

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра електроенергетики

Проект допущений до захисту

Завідувач кафедри

_____ І.Л.Лебединський

“ _____ ” _____ 2020 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Проектування системи електропостачання столярного цеху
деревообробного заводу»

Спеціальність: 8.141– Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконала студентка гр. ЕТмз – 91с _____ Д.Р. Фабрика

Керівник к.ф.-м.н., доцент _____ М.В. Петровський

Консультант

з економічної частини к.е.н, доцент _____ О.М. Маценко

Нормоконтроль ст.викл. _____ М.А. Никифоров

РЕФЕРАТ

с. 127, табл. 20, рис. 5.

Бібліографічний опис: Фабрика Д.Р. Проектування системи електропостачання столярного цеху деревообробного заводу [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Д.Р. Фабрика; керівник М.В. Петровський. – Суми: СумДУ, 2020. – 127 с.

Ключові слова: електропостачання, трансформатор, напруга, електричний кабель, автоматичний вимикач; электроснабжение, трансформатор, напряжение, электрический кабель, автоматический выключатель; power supply, transformer, voltage, electrical cable, circuit breaker.

Короткий огляд. Проведено розрахунок силової та освітлювальної мереж електропостачання столярного цеху деревообробного заводу. Здійснено розрахунок потужності та обрано трансформатор цехової трансформаторної підстанції. Також розраховано необхідну кількість світильників для забезпечення мінімальної освітленості робочої поверхні в столярному цеху. Розраховані перерізи кабелів та проводів силової мережі живлення, мережі розподілу та освітлювальної мережі цеху. Виконано розрахунок струмів трифазного та однофазного короткого замикання, в різних точках системи електропостачання цеху. Для захисту мереж живлення обрані типи та характеристики автоматичних вимикачів. Здійснено узгодження пристроїв захисту з перерізом кабелів та проводів мережі електропостачання цеху. Здійснено вибір та розрахунок необхідного контуру заземлення. Розглянуто питання з охорони праці, пожежної безпеки та розраховано освітлювальну установку з використанням LED ламп їх кількість та розміщення в цеху. Виконано порівняльний техніко-економічний аналіз при використанні двох типів світильників.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВАТ – відкрите акціонерне товариство;
ГПП – головна понижувальна підстанція;
ДЖ – джерело живлення;
ЕА – електричний апарат;
ЕД – електродвигун;
ЕМ – електрична мережа;
ЕО – електрообладнання;
ЕП – електричний приймач;
ЕС – енергосистема;
ЕУ – електроустановка;
ЗП – заземлюючий пристрій;
КБ – конденсаторна батарея;
КЗ – коротке замикання;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ККУ – комплектні конденсаторні установки;
КЛ – кабельна лінія;
КУ – конденсаторна установка;
ЛЕП – лінія електропередачі;
НН – низька напруга;
ПЗ – пристрій заземлення;
ПС – підстанція;
ПУЕ – правила улаштування електрообладнання;
РП – розподільний пункт;
СЕП – система електропостачання;
СРШ – силова розподільна шафа;
ТВ – тривалість вмикання;
ТП – трансформаторна підстанція;
ТС – трансформатор струму;
ЦТП – цехова трансформаторна підстанція;
ЩАО – щиток аварійного освітлення;
ЩРО – щиток робочого освітлення.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Короткий опис технологічних процесів	9
1.2 Загальні відомості про навантаження підприємства	12
1.3 Загальні відомості про цехові навантаження	14
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХУ	20
2.1 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання	22
2.2 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання	26
2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на третьому рівні електропостачання	31
2.4 Розрахунок загального електричного освітлення цеху	34
2.5 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції	40
2.6 Розрахунок пікових струмів	44
3 ВИБІР НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРА ЦЕХОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ	46
3.1 Вибір силового трансформатора для даного цеху	47
4 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ	50
4.1 Вибір перерізу кабельної лінії напругою до 10 кВ	50
4.1.1 Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом	51
4.1.2 Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом	51
4.1.3 Перевірка перерізу кабелю на термічну стійкість	54
4.2 Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ	57
4.2.1 Вибір перерізу кабелів	58

					MP 5.8.141.376 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання столярного цеху деревообробного заводу. Пояснювальна записка							
Разроб.		Фабрика Д.Р.								Арк.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Петровський М.В.								5	127	
Консульт.										СумДУ, ЕТмз-91с		
Н. Контр.		Никифоров М.А.										
Затвердив		Лебединський І.Л.										

4.3	Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ	61
4.3.1	Вибір проводів від СРШ і ЩРО до ЕП	62
5	РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	66
5.1	Розрахунок струмів трифазного короткого замикання	67
5.2	Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.....	75
6	ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ	81
6.1	Вибір автоматичних вимикачів	81
6.1.1	Вибір автоматів живильної мережі цеху	85
6.2	Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі з вибраними апаратами захисту	89
7	РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЕННЯ ЦЕХОВОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ	92
8	ОХОРОНА ПРАЦІ	98
8.1	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів	99
8.2	Заходи зниження негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	102
8.2.1	Мікроклімат робочого приміщення	103
8.2.2	Небезпека ураження електричним струмом працюючого персоналу	104
8.2.3	Норми освітлення виробничих приміщень	105
8.2.4	Вимоги пожежної безпеки та вибухонебезпечності на підприємстві	105
8.2.5	Нормування шуму та вібрації на робочому місці.....	107
8.3	Розрахунок штучного освітлення цеху	108
9	ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОХ РІЗНИХ ТИПІВ СВІТИЛЬНИКІВ.....	113
	ВИСНОВОК.....	120
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	121

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А.....	123
План розташування будівель деревообробного заводу	123
ДОДАТОК Б	124
План розташування електрообладнання в цеху	124
ДОДАТОК В.....	125
Схема електричного з'єднання освітлення столярного це	125
ДОДАТОК Г	126
Принципова схема розподільчої мережі цеху	126
ДОДАТОК Д.....	127
Схема розташування LED світильників в цеху.....	127

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Системою електропостачання називають сукупність пристроїв для виробництва, передачі та розподілу електричної енергії.

Особливістю системи електропостачання є те що, неможливо створити запаси продукту, який використовується - електроенергії. Вся отримана електроенергії відразу споживається. У разі виникнення непередбачуваних стрибків потужності, необхідна швидка реакція системи керування, яка зможе компенсувати проблему (дефект), що виник.

Від надійності та безперебійності в електропостачання залежить робота підприємства. Головною метою для ефективного функціонування підприємства, є схема електропостачання, яка повинна забезпечувати відповідний рівень надійності та безпеки.

За структурою чи принципом роботи, характеру встановленого обладнання система електропостачання пропонує використання автоматизації, що дозволить підвищити надійність та безпеку роботи системи та її обслуговування. Потрібний рівень надійності та безпеки схеми електропостачання забезпечується суворим дотриманням при виборі обладнання та елементів захисту норм і правил, які описані в ПУЕ, СНіПах та ГОСТах.

Профілем проектуемого підприємства, а саме деревообробного заводу, є: виготовлення сучасних віконних та дверних блоків, міжкімнатних дверей, дерев'яних профільних матеріалів, меблевої та столярної продукції.

На підприємстві використовується технології та обладнання закордонних фірм, екологічно чисті сертифіковані сировинні матеріали.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Короткий опис технологічних процесів

До промисловості відносяться деревообробні підприємства, що випускають широкий асортимент виробів з деревини. Сировиною для підприємств є деревина, що надходить з сировинних бірж. До складу великих деревообробних підприємств входить кілька виробництв, які працюють як в комплексній технологічній схемі підприємства, так і випускають асортимент продукції власних виробництв (міні заводи).

В якості об'єкта для магістерської роботи розглядається деревообробний завод у місті Конотоп, заснований у 1982 році. Конотопський деревообробний завод розташований за адресою: Сумська обл., м. Конотоп, вул. Котляревського, 1. Завод працює лише в одну зміну, п'ять днів на тиждень, з 8⁰⁰ – 16⁰⁰ години. Кількість працюючого персоналу налічує 100 осіб.

Завод у своєму підпорядкуванні має декілька невеликих цехів. До головних цехів деревообробного заводу, які випускають продукцію, можна віднести такі, як: лісорозпилювальний цех, по виробництву віконних блоків, столярний, лінії фарбування та сушильний цех.

Лісопильний цех займається обробкою сировинної деревини цехом обладнаний: рамними пилорамами, колодопильні дискові верстати, стрічкові горизонтальні пилорами, стрічкові вертикальні пилорами, обладнання для виробництва оциліндрованих колод, багатопильні верстати, кромкообрізні верстати, торцовоотрезні станки. Продукція, що випускається товарна продукція цеху - не обрізна і обрізна дошка різної товщини, брус різних розмірів, заготовки для столярного виробництва. Відходи виробництва – горбиль, деревна тирса [1].

Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата	MP 5.8.141.376 ПЗ			
Разроб.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата				
Разроб.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата	<i>Проектування системи електропостачання столярного цеху деревообробного заводу. Пояснювальна записка</i>	Арк	Аркуш	Аркушів
Керівник	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата			9	127
Консульт.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата				
Н. Контр.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата				
Затвердив	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата				

Основними електроприймач цеху є деревообробні верстати, система пиловловлювання і пиловидалення, система вентиляції. Потужність верстатів при напрузі мережі 0,4 кВ становить сотні кВт. Режим роботи тривалий або повторно короткочасний. Категорія електропостачання 2 – 3. Умови середовища – технологічна пил. Категорія розміщення електрообладнання 2 – 3. Ступінь захисту електрообладнання – IP51 [2].

У лісопильному цеху встановлена потужність якого 200 кВт, розпилюють ліс – кругляк на брус, дошки, рейки. Готовий матеріал чи продукція завантажується в автомобіль і транспортується на об'єкт, де проводяться будівельні роботи.

Столярний цех забезпечує заготовками та виробами облицювальний цех виробництва та випускає різну столярну продукцію. Сировиною для цеху є суха деревина з підготовчого провадження і заготовки і окремі вироби. Цех оснащений великою кількістю верстатів різного призначення. Основні з них: токарні, свердлильні, фрезерні, фуговальні, шліфувальні, шипорізні, комбіновані. Присутні й інші спеціалізовані деревообробні верстати і преса. Основні електроприймачі цеху: приводу різних деревообробних верстатів, сушильні камери, витяжна і припливна вентиляція. Потужність верстатів і пресів 5 – 180 кВт, напруга живлення 0,4 кВ. Категорія електропостачання – 2 – 3. Умови середовища - технологічна пил. Категорія розміщення електрообладнання – 4. Ступінь захисту електрообладнання IP50 [2].

До другої категорії надійності по електропостачанню відносяться: виробничі лінії лісопильного цеху, цеху по виробництву віконних блоків, технологічні установки лінії фарбувань, столярний цех.

Також на підприємстві є сушильний цех, потужністю (150 кВт), який передбачений для сушіння матеріалу до та після його обробки. Сирий пиломатеріал з лісопильного цеху піддається сушінню. До складу комплексу сушильного обладнання входять: блоки сушильних камер; лінія остаточної

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки сухих пиломатеріалів; майданчик для розміщення буферного запасу сирих штабелів; навіси для зберігання сухих пакетів.

У сушильній блоці встановлюються спеціальні сушильні камери (автоклави) двох типів:

- конвективні, де нагрів повітря здійснюється за допомогою калориферів, з використанням в якості теплоносія води або пари;
- вакуумні, робота камер заснована на вакуум-конвективному способі сушіння. Такий спосіб дає можливість проводити сушку в м'якому режимі.

Споживана потужність камер при напрузі мережі 380 В, складає близько 30 – 600 кВт. Основними електроприймач цеху є сушильні камери, система вентиляції. Категорія електропостачання 2 – 3. Умови середовища – вплив підвищеної температури. Категорія розміщення електрообладнання – 3 (4). Ступінь захисту електрообладнання – IP 50 [2].

Допоміжні цехи і служби. Допоміжні цехи деревообробних підприємств призначені для забезпечення безперебійної роботи технологічних установок всіх виробництв. У групі допоміжних цехів основними є: котельня, компресорна і насосна станції, центрально-заводська лабораторія, транспортний цехи (автобаза), цех погрузки готової продукції.

На території підприємства знаходиться компресорна, встановлена потужність якої 60 кВт. Компресорний цех розташований в окремому приміщенні, оснащений компресорами німецького виробництва. Він подає стиснене повітря на місце, де випробовуються блоки, панелі, перекриття. На підприємстві функціонує котельня, встановлена потужність якої 20 кВт, забезпечує обігрів приміщень в холодну пору року, а цілий рік забезпечує гарячою водою для власних потреб.

Допоміжні служби: адміністративно-технічна служба, служба охорони об'єктів, адміністративно-господарська служба.

Основне обладнання цехів і служб: компресори, насоси, металообробні верстати, спеціалізовані установки і прилади хімічних та електротехнічних лабораторій, системи витяжної і приточної вентиляції. Категорія приймачів з

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

електропостачання - 3. Умови середовища - нормальні. Категорія розміщення обладнання – 3 (4). Ступені захисту електрообладнання – IP 00 [2].

Освітлення в усіх цехах природне і штучне, використовуються металогалогенні лампи та лампи типу ЛБ.

При проектуванні електропостачання заводу враховуємо в розрахунках та виборі електроприладів такі кліматичні параметри: район кліматичних умов по вітру – II, по гололеду – II, розрахункова температура повітря – максимальна +39°C, мінімальна – 28°C, число грозових годин на рік – 40 – 45, грубіна промерзання ґрунту досягає 68 см.

Вибір способу прокладання провідників виконується у відповідності з ПУЕ. Радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання. Однак вони вимагають великих витрат на електрообладнання і монтаж, тому деякі споживачі заживлені магістрально та радіально-магістрально.

1.2 Загальні відомості про навантаження підприємства

Живлення заводу відбувається від підстанції «Конотоп» 35/10 кВ. Територія заводу приблизно 110 × 65 метрів, площа приблизно 7 150 м².

Довжина лінії живлення 10 км. Враховуючи третю категорію електроспоживання за надійністю, об'єкт заживлюється одноцепною ЛЕП, з цехової однострансформаторної підстанції, живлення цехових мереж та об'єкта в цілому, здійснюється від одного джерела живлення, що рекомендує ПУЕ.

Розміщення споживачів підприємства показаний в Додатку А. – План розташування будівель деревообробного заводу. Найменування цехів, номінальні навантаження та деякі розрахункові коефіцієнти наведені в таблиці 1.1.

З точки зору технології виробництва існують групи технологічно залежних цехів, наприклад, компресорна при припиненні електропостачання першого призводить до припинення роботи другого, в такому випадку

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доцільніше заживляти такі цехи магістрально, що дасть змогу зменшити затрати на спорудження кабельних ліній, куди входить риття траншей і безпосередньо прокладка кабелю, яким буде заживлено той чи інший цех. Але не завжди таке заживлення може бути доцільним, оскільки також потрібно враховувати відстань розташування даних цехів від цехових ТП.

Вихідні данні про споживачів підприємства представлені у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні данні про споживачів підприємства

№	Назва цеха підприємства	Площа приміщення, м ²	$P_{ном}$, кВт	K_6	$\cos \varphi$
	1	2	3	4	5
1	Цех №1 столярний	300	114	0,2	0,6
2	Цех №2 лісопильний	300	200	0,99	0,8
3	Цех №3 лінія по фарбуванні	95	120	0,8	0,85
4	Цех №4 виробництво віконних блоків	110	60	0,99	0,9
5	Цех №5 погрузки готової продукції	140	35	0,90	0,75
6	Цех №6 сушильний	120	150	0,99	0,7
7	Котельня	40	20	0,90	0,7
8	Компресорна	35	60	0,7	0,85
9	Автобаза	250	12	0,8	0,7
10	Прохідна	12,5	1	0,99	0,7
11	Підсобка	200	20	0,8	0,7
12	Кладова	25	1	0,8	0,8
13	Адміністративна будівля	50	10	0,9	0,7
Всього по підприємству			803		

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Загальні відомості про цехові навантаження

Для розрахунку в дипломному проекті обираємо столярний цех, тому будемо розглядати відомості про електроспоживачів, специфіку та цехові навантаження.

Основною роботою столярного цеху є виробництво. Під столярними виробами розуміють: вікна, двері, сходи, погонажні вироби (підлогова дошка, плінтус). Найбільш ходовим товаром є міжкімнатні двері. Цех може виготовляти й інші вироби з дерева, наприклад – столи, стільці, полички. Однак це виробництво не є масовим, оскільки ціна на ці дерев'яні вироби вища, ніж з композиційних матеріалів (ДВП, ДСП, тощо). На будь-якому столярному виробництві повинні бути дотримані правила розміщення верстатів. За словами спеціалістів представництва “FELDER - GROUP Україна”, послідовність розміщення обладнання визначають технологією виробництва.

В даному цеху знаходиться токарно - револьверний станок номінальною потужністю 3,5 кВт. Верстати токарної групи призначені для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання (циліндричної, конічної і фасонних), обробки плоских торцевих поверхонь (підрізання торців), нарізування різьби і деяких інших робіт. Для обробки отворів використовуються свердла, зенкери, розгортки та ін. Головний рух у всіх верстатів токарної групи - обертання заготовки. Подачею є поступальне переміщення інструментів уздовж або поперек осі шпинделя (поздовжня або поперечна).

Також в даному цеху є настільний свердлильний станок, який виконує різання інструментом, що обертається (свердлом) з одночасним переміщенням в напрямку, паралельному осі обертання. При цьому траєкторія руху різання являє собою гвинтову лінію. Свердління використовують для отримання наскрізних отворів і гнізд круглого перетину, які призначені, наприклад, для дерев'яних шипів (шкантів) чи металічних

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

кріпильних деталей (болтів, стержнів, шурупів). При зароблянні сучків та інших дефектів свердлінням усувають дефектні ділянки і на це місце встановлюють дерев'яну пробку.

Верстат фугувальний односторонній СФ – 4 призначений для фугування (прямолінійного стругання, поздовжнього фрезерування) заготовок з деревини різних порід по площині і під кутом. Верстат застосовується на підприємствах меблевої і деревообробної промисловості.

Станина виконана чавунної, суцільнолитий, коробчатої форми, всередині якої встановлений електродвигун приводу ножового вала. Обертання ножового вала передається клиновими ременями. Для натягу ременів передбачено вертикальне переміщення подмоторної плити. Ремінна передача закрита кожухом. Опори ножового вала змонтовані в цілісному блоці з від'ємними кришками, що дозволяє знизити механічні шуми і вібрацію від обертання ножового вала. Гальмування ножового вала здійснюється через ремінну передачу електродвигуном. Подача заготовок на верстаті здійснюється вручну. Передній і задній столи являють собою чавунні литі шліфовані плити з ребрами жорсткості по нижній площині. Регулювання переднього і заднього столів верстата по вертикалі здійснюється за допомогою ексцентрикових валиків через систему важелів і тяг з приводом від рукоятки для переднього столу і гвинта з гайкою для заднього столу. З бічних сторін столу встановлені щитки. Показчик глибини стругання - лімб поміщений у вікні щитка. Переміщення напрямної лінійки здійснюється вручну. Лінійка може переміщатися поперек столу в залежності від ширини струганого матеріалу і може бути встановлена на необхідний кут у вертикальній площині (до 45°). На верстаті є круглий двухножевая вал з клиновим кріпленням ножів.

Ширина стругання на верстаті 40 см, товщина шару, що знімається 6мм, діаметр ножового вала 125 мм, діаметр різання 128 мм, число ножів на валу

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2, потужність електродвигуна ножового вала 2,8 кВт, число обертів ножового вала в хвилину 5000, вага верстата 620 кг [1,3].

Шліфувальний верстат призначений для калібрування (вирівнювання заготовок за товщині) і шліфування (одержання необхідної шорсткості поверхні) площин заготовок. Він використовується шліфування масиву деревини різних порід (м'які – сосна, ялина; тверді – дуб, береза і т.д), шліфування пофарбованих поверхонь (грунт, лак, фарба). Шліфувально - калібрувальні верстати застосовуються в наступних видах виробництв: стільці, столи, двері, вікна, підвіконня, погонаж, і т.д.

Технічні данні шліфувального верстата: висота центрів 240 мм; найбільші розміри шліфування (діаметр) 400 мм; розміри отвору, що шліфується 30 – 200 мм.; діапазон швидкостей переміщення 0,05 - 5,0 мм; найбільший кут повороту верхнього столу за годинниковою стрілкою 3° (град); найбільший кут повороту верхнього столу проти годинникової стрілки - 8° ; частота обертання виробу 25 - 300 об/хв; найбільший кут повороту за годинниковою стрілкою 30° ; найбільший кут повороту проти годинникової стрілки 90° ; потужність електродвигуна приводу виробу 1,5 кВт; розміри шліфувального круга $600 \times 80 \times 305$ мм; швидкість різання 50 м/с; періодична подача 0,001 - 0,05 мм [3].

Потужність електродвигуна приводу кола 11 кВт; потужність електродвигуна приводу внутрішньошліфувального пристосування 1,1 кВт. Інші - 4.7 кВт. Сумарна потужність електродвигунів встановлених на верстаті 18,3 кВт. Габаритні розміри верстата: 5290/2580/2220 мм. Маса верстата 7560кг [3].

Шипорізний верстат моделі ШСК - 500 - М за бажанням може мати нерухомий або рухливий шпindel, поставлятися з рухомим шпindelом і пушер, або ж доповнений розворотним столом поряд з рухомим шпindelом і пушер.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані варіанти дозволяють вибрати саме ту комплектацію, яка відповідає вашим вимогам і умовам роботи. Основним призначенням шипорізного верстата є фрезерування мінішип на торцях деревних заготовок перетином пакета до 155 × 500 мм, що часто потрібно в деревообробному виробництві.

Верстат розрахований на різну навантаження, починаючи з дрібних, закінчуючи великими виробництвами.

Продуктивність шипорізного верстата прохідного типу ШСК 500 - М становить 250 - 500 погонних метрів на годину або ж 2 - 3 циклу в хвилину. Найбільша висота пакета дощок 150 мм. Швидкість подачі 0 - 25 метрів в хвилину. Діаметр фрези 125 ÷ 160 (3,8 × 10) мм. Число оборотів шпинделя 5800 об/хв. Діаметр посадкового місця під фрезу 40 мм. Діаметр пили торцювання 250 мм. Число оборотів пили торцювання 2850 оборотів в хвилину. Габаритні розміри: довжина 2100, ширина 1950, висота 1450 мм. Встановлена потужність: потужність приводу фрезерного шпинделя – 7,5 кВт; потужність приводу торцевої пили – 3 кВт; потужність приводу подачі каретки 0.55 кВт. Маса 950 кг [1,3].

Фрезерний верстат моделі 6 P81, призначені для виконання різноманітних фрезерних робіт циліндричними, торцевими, кінцевими, фасонними та іншими фрезами.

Розміри робочої поверхні стола, 1000 × 250 мм. Число Т - образних пазів столу – 4. Відстань між Т - образними пазами, 50 мм. Відстань від осі шпинделя до робочої поверхні стола, 50 – 440 мм. Відстань від осі горизонтального шпинделя до хобота (повзуна), 138 мм. Відстань від торця шпинделя до торця підтримки, 580 мм. Переміщення столу, поздовжнє 710 мм, поперечне 250 мм, вертикальне 390 мм. Переміщення столу на один поворот лімба, поздовжнє, поперечне 6 мм, вертикальне 2 мм.

Число ступенів обертання шпинделя горизонтального та вертикального 21. Частота обертання шпинделя: горизонтального або вертикального 16 - 1600 об/хв. Число подач столу 16. Робоча подача стола,

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поздовжня 35 - 1020 мм/хв, поперечна 27 - 7910 мм/хв, вертикальна 8 - 264 мм/хв. Швидке переміщення стола поздовжнє 2900 мм/хв, поперечне 2300 мм/хв, вертикальне 765 мм/хв. Допустимий діаметр фрез, горизонтального і вертикального шпинделів 125 мм. Кількість електродвигунів на верстаті - 3. Сумарна потужність, 12,8 кВт. Габарити 2135 × 1725 × 1695 мм. Маса – 2300 кг [3].

Біля двох зовнішніх стін приміщення розташовано два витяжних вентилятори, для очистки повітря, потужністю по 2 кВт кожний. Систем аспірації дерево - виробничих приміщень заснований на нормах кратності повітрообміну по СНіП 41.01.2003 і забезпечується обладнанням для змішування природної та штучної вентиляції з підігрівом або охолодженням повітря. На лініях по деревообробці вентиляція вимагає включення в проектну схему – вентиляторів та іншого обладнання для проходження санітарно – гігієнічного контролю, що відповідає характеристикам і вимогам БЖД.

Розташування електричного обладнання в столярному цеху деревообробного заводу зображено в Додатку Б. Споживані потужності, найменування обладнання, коефіцієн корисної дії, кількість електроприймачів та деякі розрахункові коефіцієнти електроприймачів (ЕП) зведені до таблиці 1.2 – Паспортні дані силових електроприймачів столярного цеху.

Основними споживачами електроенергії являються електродвигуни, але в цеху також є мережа освітлення, яка споживає невелику кількість електроенергій.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Паспортні дані силових ЕП столярного цеху

№	Назва електроприймача	Марка ЕП	$P_{ном}$, кВт	Кількість ЕП, п	$P_{заг}$, кВт	$\cos \varphi$	K_B , коэф.використ.
1	Верстат токарний	ТНФА2	3,5	3	10,5	0,5	0,14
2	Верстат свердлильний	2М112	1,5	4	6	0,5	0,14
3	Верстат фрезерний	6Р81	4,3	3	38,4	0,5	0,14
			5			0,5	0,14
			3,5			0,5	0,14
4	Верстат фуговальний	СФ - 4	2,8	2	11,2	0,8	0,14
			2,8			0,85	0,14
5	Верстат шліфувальний	ЗУ142	11	1	18,3	0,86	0,14
			1,1			0,92	0,14
			1,5			0,84	0,14
			4,7			0,8	0,14
6	Верстат шипорізний	ШСК-500 - М	7,5	2	22,1	0,76	0,14
			3			0,78	0,14
			0,55			0,86	0,14
7	Вентилятор витяжний	-	2	2	4	0,8	0,6
8	Освітлення	-	0,25	12	3	0,5	0,85

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХУ

Розрахункове навантаження споживача або елемента мережі (активне P_p , реактивне Q_p , повне S_p , струм I_p) необхідне: для вибору перерізу струмопровідних частин (кабелів, шинопроводів, проводів, тощо), номінального струму електро апаратів, потужності силових трансформаторів, пристроїв компенсації реактивної потужності і перетворювачів, для визначення втрат і відхилень напруги, втрат потужності та електроенергії.

Кожен ЕП характеризується номінальними параметрами, які забезпечують йому найбільший коефіцієнт корисної дії (ККД) та гарантують безвідмовну його роботу протягом гарантованого строку. Основною характеристикою кожного ЕП є його номінальна потужність (указана в паспорті), на яку він розрахований при тривалому режимі роботи і за інших номінальних параметрів, як:

- напруга;
- частота струму;
- коефіцієнт потужності.

Пусковий та піковий струми необхідні для вибору уставок розчеплювачів автоматів та плавких вставок запобіжників, визначення розмаху зміни напруги для оцінки допустимості коливань напруги та перевірки можливості самозапуску ЕД. Піковий струм - це максимальний короткочасний струм тривалістю в кілька секунд.

Для визначення розрахункового навантаження силових електроприймачів розраховуємо їх встановлену (номінальну) потужність:

– для електроприводу деревообробних верстатів, які працюють в тривалому режимі роботи номінальна потужність відповідає сумі паспортних даних двигунів:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном,i} \quad (2.1)$$

де n – кількість електродвигунів верстата;

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{ном,i}$ - номінальна активна потужність i -го електродвигуна, кВт;

Коефіцієнт потужності та коефіцієнт корисної дії електроприводів деревообробних верстатів визначаємо як середні значення відповідних паспортних $\cos\varphi$ та ККД окремих електродвигунів, що входять до складу електроприводу:

$$\cos\varphi = \sum_{i=1}^n \cos\varphi_i / n, \quad (2.2)$$

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta_i / n, \quad (2.3)$$

Таким чином, спираючись на вираз (2.1) визначаємо номінальну потужність електроприводу фрезерного верстата (ЕП №3):

$$P_{ном} = 4,3 + 5 + 3,5 = 12,8 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт потужності та коефіцієнт корисної дії (ККД) електроприводу фрезерного верстата розраховуємо за формулою (2.2), (2.3):

$$\cos\varphi_{ном3} = \frac{0,5 + 0,5 + 0,5}{3} = 0,5$$

$$\eta_{ном3} = \frac{84 + 85 + 88}{3} = 85,6$$

Аналогічно розраховуємо номінальні потужності, коефіцієнти потужності та коефіцієнти корисної дії електроприводів для інших деревообробних верстатів (№4, №5, №6), отримані значення заносимо до таблиці 2.1.

У проєктованій внутрішньоцеховій системі електропостачання, при розрахунку навантаження виділяють три рівні за характером формування навантаження: перший, другий та третій.

Перший рівень електропостачання – це електричні мережі напругою 380 В, які приєднують окремих силових споживачів до розподільчих шаф.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий рівень електропостачання – це електричні мережі напругою 380 В, які живлять розподільчі шафи від ввідного пристрою

Третій рівень – це кабельна лінія, що живить ввідний розподільчий пристрій РП.

Рівні визначення розрахункових навантажень наведені на рисунку 2.1.

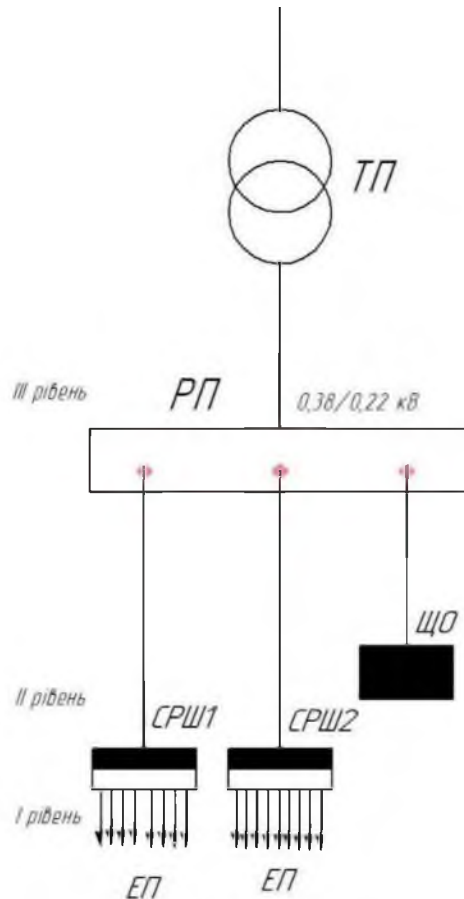


Рисунок 2.1 – Рівні розрахункових навантажень

2.1 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

На першому рівні електропостачання навантаження на лінія (провід, кабель) створюється одним електроприймачем. Так як фактичний коефіцієнт завантаження k_z невідомий, то при проектуванні приймаємо $k_z = 1$. Таким чином, за розрахункове активне навантаження приймається номінальна потужність електроприймача при $TB = 1$.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові активні та реактивні навантаження першого рівня електропостачання визначаємо за формулами:

$$p_{p.1} = k_3 \cdot p_{ном}, \quad (2.4)$$

$$q_{p.1} = p_{p.1} \cdot tg\varphi, \quad (2.5)$$

$$S_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2}, \quad (2.6)$$

$$I_{p.1} = \frac{S_{p.1}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (2.7)$$

де $tg \varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $cos \varphi$, яке характерне для даного електроприймача.

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі, $U_{ном} = 380$ В.

Для фрезерного верстату (ЕП № 3, 11, 16) за формулою (2.4) при прийнятому $k_3=1$ розрахункове активне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$p_{p.1} = 1 \cdot 12,8 = 12,8 \text{ кВт.}$$

За формулою (2.5) при прийнятому коефіцієнті реактивної потужності $tg\varphi = 1,73$, який відповідає заданому коефіцієнту активної потужності $cos\varphi = 0,5$, розрахункове реактивне навантаження на першому рівні електропостачання для ЕП № 3, 11, 16:

$$q_{p.1} = 12,8 \cdot 1,73 = 22,17 \text{ квар.}$$

Для фрезерного верстата за формулою (2.6) розрахункове повне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$S_{p.1} = \sqrt{12,8^2 + 22,17^2} = 25,60 \text{ кВА.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного електроприймача за формулою (2.7) розрахунковий струм першого рівня електропостачання:

$$I_{p.1} = \frac{25,60}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 38,90 \text{ А.}$$

Номінальний струм електроприймача визначається як:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном.д.}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_{ном.д} \cdot \eta_{ном.д}}, \quad (2.8)$$

де $P_{ном.д}$ – номінальна активна потужність ЕД;

$\cos \varphi_{ном.д}$ – номінальний коефіцієнт потужності ЕД;

$\eta_{ном.д}$ – номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) ЕД.

Величини $\cos \varphi_{ном.д}$ і $\eta_{ном.д}$ приймаються з каталогів заводів - виготовлювачів і довідників [1].

Доцільно також для кожного ЕП обчислити його пусковий струм:

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном}, \quad (2.9)$$

де $k_{пуск}$ – коефіцієнт пуску,

$I_{пуск}$ – номінальний струм ЕП.

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними. Якщо вони відсутні, то щодо номінального струму ЕП величина пускового струму приймається:

- 5 - кратною для асинхронних двигунів (АД) з короткозамкненим ротором та синхронних двигунів (СД);
- 2,5 - кратною для двигунів постійного струму та АД з фазним ротором;
- 3 - кратною для зварювальних і пічних трансформаторів, машин контактного зварювання при максимальній вторинній напрузі. [1]

При проектуванні для ЕП приймаємо $k_{пуск} = 5$.

Визначаємо пусковий струм за формулою (2.9):

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{тук}} = 5 \cdot 38,90 = 194,48 \text{ А.}$$

Отримані за формулами (2.4) – (2.9) результати розрахунків для фрезерного верстата, а також для інших ЕП цеху заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

№ за планом	Найменування ЕП	$P_{\text{ном}}$, кВт	$\cos \varphi$	$\text{tg} \varphi$	Розрахункові дані				
					$P_{p.l.}$, кВт	$q_{p.l.}$, квар	$S_{p.l.}$, кВА	$I_{p.l.}$, А	$I_{\text{тук}}$, А
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
1	Верстат токарний	3,5	0,5	1,73	3,5	6,06	7,00	10,64	53,18
2	Верстат свердлильний	1,5	0,5	1,73	1,5	2,6	3,00	4,56	22,79
3	Верстат фрезерний	12,8	0,5	1,73	12,8	22,17	25,6	38,9	194,48
4	Верстат фуговальний	5,6	0,82	0,69	5,6	3,91	6,83	10,38	51,88
5	Верстат шліфувальний	18,3	0,85	0,62	18,3	11,34	21,53	32,71	163,55
6	Верстат шипорізний	11,05	0,8	0,75	11,05	8,28	13,81	20,99	104,93
7	Вентилятор витяжний	2	0,8	0,75	2	1,5	2,5	3,80	18,99
8	Верстат токарний	3,5	0,5	1,73	3,5	6,06	7,00	10,64	53,18
9	Верстат свердлильний	1,5	0,5	1,73	1,5	2,60	3,00	4,56	22,79
10	Верстат токарний	3,5	0,5	1,73	3,5	6,06	7,00	10,64	53,18
11	Верстат фрезерний	12,8	0,5	1,73	12,8	22,17	25,60	38,90	194,48
12	Верстат свердлильний	1,5	0,5	1,73	1,5	2,60	3,00	4,56	22,79
13	Верстат фуговальний	5,6	0,82	0,69	5,6	3,91	6,83	10,38	51,88

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14	Верстат шипорізний	11,05	0,8	0,75	11,05	8,29	13,81	20,99	104,93
15	Верстат свердлильний	1,5	0,5	1,73	1,5	2,60	3,00	4,56	22,79
16	Верстат фрезерний	12,8	0,5	1,73	12,8	22,17	25,60	38,90	194,48
17	Вентилятор витяжний	2	0,8	0,75	2	1,5	2,5	3,80	18,99

2.2 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до розподільчої шафи. Оскільки одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде більшим від середнього навантаження за максимально завантаженою зміну (за малої кількості ЕП) або дорівнювати йому (за значної кількості ЕП), що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень $K_{p,a}$ і розрахункових реактивних навантажень $K_{p,p}$.

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K_{p,a}$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , середньовиваженого коефіцієнта використання активної потужності $K_{e,cv}$ та сталої часу нагрівання мережі T_o , яка на другому рівні електропостачання приймається $T_o = 10$ хв (розрахунковий інтервал часу $3T_o = 30$ хв.).

Схема живлення електроприймачів столярного цеху рис. 2.1. Згідно із схемою електропостачання цеху здійснюється від ТП, яка знаходиться на території заводу, кабельною лінією 0,4 кВ, прокладеною в землі до ввідного розподільчого пристрою РП. Від нього кабельною прокладкою отримують живлення розподільчі шафи СРШ1, СРШ2 та освітлювальний щиток ЩРО.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До розподільчої шафи СРШ2 підключені різні види електроприймачів деревообробних верстатів з нормальним режимом роботи (ЕП №2 – 3,7, 10 – 14,17).

За формулою (2.1) визначаємо сумарну активну номінальну потужність ЕП:

$$P_{\text{номСРШ2}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном},i},$$

$$P_{\text{номСРШ2}} = 1,5 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 3,5 + 12,8 \cdot 2 + 5,6 + 11,05 = 52,75 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт використання активної потужності приймаємо з табл 1.3 або додатка Р [1], $K_e = 0,14$ для електроприводів деревообробних верстатів з нормальним режимом роботи та $K_e = 0,6$ для вентиляторів витяжних.

Для розподільчої шафи СРШ2 середньовиважений коефіцієнт використання активної потужності:

$$K_{e,св} = \sum_i^k k_{e,i} \cdot p_{\text{ном},i} / \sum_i^n p_{\text{ном},i}, \quad (2.10)$$

$$K_{e,св.СРШ2} = \frac{(2 \cdot 2) \cdot 0,6 + (1,5 \cdot 2 + 3,5 + 12,8 \cdot 2 + 5,6 + 11,05) \cdot 0,14}{52,75} = 0,17$$

Групові коефіцієнти потужності визначаємо за формулами:

$$\cos \varphi_{gp} = \sum_i^n \cos \varphi_i \cdot p_{\text{ном},i} / \sum_i^n p_{\text{ном},i}, \quad (2.11)$$

$$\text{tg} \varphi_{gp} = \sum_i^n k_{e,i} \cdot p_{н,i} \cdot \text{tg} \varphi_i / \sum_i^n k_{н,i} \cdot p_{н,i}, \quad (2.12)$$

де $\cos \varphi_i$, $\text{tg} \varphi_i$ – індивідуальні коефіцієнти потужності окремих електроприймачів.

Для розподільчої шафи СРШ2 розрахуємо групові коефіцієнти потужності:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\cos \varphi_{\text{СРШ2}} = \frac{1,5 \cdot 0,5 + 12,8 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,8 + 3,5 \cdot 0,5 + 12,8 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 0,5 + 5,6 \cdot 0,82 +}{52,75}$$

$$\frac{+11,05 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,8}{52,75} = 0,61$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_{\text{СРШ2}} = & \frac{(1,5 \cdot 1,73 \cdot 0,14 + 12,8 \cdot 1,73 \cdot 0,14 + 2 \cdot 0,75 \cdot 0,6 + 3,5 \cdot 1,73 \cdot 0,14 + 12,8 \cdot 1,73 \cdot 0,14 +}{0,14 \cdot (1,5 + 12,8 + 2 + 3,5 + 12,8 + 1,5 + 5,6 + 11,05 + 2)} \\ & \frac{+1,5 \cdot 1,73 \cdot 0,14 + 5,6 \cdot 0,69 \cdot 0,14 + 11,05 \cdot 0,75 \cdot 0,14 + 2 \cdot 0,75 \cdot 0,6}{0,14 \cdot (1,5 + 12,8 + 3,5 + 12,8 + 1,5 + 5,6 + 11,05) + 0,6 \cdot (2 \cdot 2)} = 1,22 \end{aligned}$$

Аналогічно розраховуємо коефіцієнт потужності для інших груп споживачів цеху, результати розрахунку заносимо до таблиці 2.2.

Середні за максимально завантажену зміну навантаження являє собою можливий нижній рівень групового навантаження, обумовлений неоднаковим завантаженням у даний момент часу окремих споживачів. Фактичне значення розрахункового навантаження залежно від кількості споживачів у групі та їх режиму роботи перевищує середнє, якщо розглядаються лише електроприймачі, або буде нижчим від середнього, якщо враховуємо ймовірність одночасної роботи всього технологічного устаткування, тобто залежить від рівня в СЕП, на якому визначається навантаження. Тому величину середнього навантаження за максимально завантажену зміну використовують для визначення розрахункового навантаження.

Групове середнє активне навантаження за максимально завантажену зміну i -ї групи електроприймачів визначається за формулою:

$$P_{\text{см.}i} = \sum_{i=1}^n k_{\text{в.}i} \cdot P_{\text{ном.}i}, \quad (2.13)$$

де n - кількість електроприймачів в групі;

$k_{\text{в.}i}$ – коефіцієнт використання активної потужності i -го ЕП;

$P_{\text{ном.}}$ – номінальна активна потужність i -го електроприймача при $TB=1$.

Для розподільчої шафи СРШ2 групове середнє активне навантаження:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{см.СРШ2} = (1,5 \cdot 2 + 12,8 \cdot 2 + 3,5 + 5,6 + 11,05) \cdot 0,14 + (2 \cdot 2) \cdot 0,6 = 9,23 \text{ кВт.}$$

Сумарне середньозмінне реактивне навантаження для всіх електроприймачів СРШ2 визначається як:

$$Q_{см.СРШ2} = P_{см.СРШ2} \cdot \operatorname{tg} \phi_{СРШ2}, \quad (2.14)$$

$$Q_{см.СРШ2} = 9,23 \cdot 1,22 = 11,28 \text{ квар.}$$

Ефективне число електроприймачів n_e – це така умовна кількість однорідних за режимом роботи споживачів однакової потужності яка обумовлює те саме значення розрахункового навантаження, як і група споживачів різних за режимом роботи та потужністю.

Величина ефективного числа споживачів n_e визначається:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{ном.i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{ном.i}^2}, \quad (2.15)$$

де n - кількість працюючих ЕП в групі;

$P_{ном.i}$ - номінальна активна потужність i -го ЕП при $TB = 1$.

Знайдені за формулою (2.15) значення n_e округляються до найближчого меншого цілого числа. Число ефективних ЕП n_e приймається рівним дійсному числу ЕП n , якщо відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3.

$$P_{ном.макс} / P_{ном.мін} \leq 3, \quad (2.16)$$

$$12,8/1,5 = 8,53 \approx 8 \geq 3$$

Умова не виконується, тому ефективне число споживачів для СРШ2 визначається за формулою (2.15):

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_e = \frac{52,75^2}{1,5^2 \cdot 2 + 12,8^2 \cdot 2 + 2^2 \cdot 2 + 3,5^2 + 5,6^2 + 11,05^2} = 5,50 \text{ шт.}$$

Знайдене значення округляємо до найближчого меншого цілого числа $n_e = 5$ шт. Для наведених вище СРШ2 $n_e = 5$ шт. і $K_{e.св.} = 0,17$ з табл. К.2. додатка К [1], коефіцієнт розрахункового активного навантаження $K_{p.a.} = 1,95$; коефіцієнт розрахункового реактивного навантаження $K_{p.p.} = 1,1$, так як $n_e = 5 < 10$ шт.

На другому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{p.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p.2}$ для n споживачів в групі визначається формулою:

$$P_{p.2} = K_{p.a.} \sum_{i=1}^n k_{в.і.} P_{ном.і} = K_{p.a.} \sum_{i=1}^n P_{см.і} , \quad (2.17)$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p.} \sum_{i=1}^n k_{в.і.} P_{ном.і} \operatorname{tg} \varphi_{ном.і.} = K_{p.p.} \sum_{i=1}^n g_{см.і} , \quad (2.18)$$

де $P_{см.і.}$, $g_{см.і.}$ – середні активна та реактивна потужності за максимально завантаженою зміну i -го ЕП відповідно;

$\operatorname{tg} \varphi_{ном.і.}$ – відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_{ном.і.}$, яке характерне для даного виду ЕП.

Визначаємо розрахункове силове активне та реактивне навантаження електроприймачів СРШ2 за формулами (2.17), (2.18):

$$P_{p.2} = 1,95 \times 9,23 = 17,99 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.2} = 1,1 \times 11,28 = 12,40 \text{ квар.}$$

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2} , \quad (2.19)$$

Розрахунковий струм:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{p.2.} = \frac{S_{p.2.}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (2.20)$$

Розрахункове числове повне навантаження електроприймачів СРШ2:

$$S_{p.2.} = \sqrt{17,99^2 + 12,40^2} = 21,85 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм споживачів СРШ2:

$$I_{p.2.} = \frac{21,85}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 33,20 \text{ А.}$$

Навантаження на іншій СРШ1 визначається аналогічно. Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на третьому рівні електропостачання

На третьому рівні електропостачання кількість ЕП ще більша, ніж на другому рівні електропостачання. Результируюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде або більше (у разі малої кількості ЕП), або менше (у разі значної кількості ЕП) середнього навантаження за максимально завантажену зміну, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ і розрахункових реактивних навантажень $K'_{p.p}$ [3].

На цьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ також залежить від ефективного числа ЕП n_e , середньовиваженого коефіцієнта використання активної потужності $K_{в.ср}$ та сталої часу нагрівання мережі T_o , яка приймається $T_o = 2,5$ год.

На третьому рівні електропостачання через значну кількість ЕП допускається величину ефективного числа ЕП n_e визначати за спрощеною формулою:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^m P_{ном.i}}{P_{ном.макс.}}, \quad (2.21)$$

де m – усі ЕП (без резервних), які живляться від шин ТП або ШМА;

$P_{ном.макс.}$ – номінальна активна потужність найбільш потужного ЕП усієї групи.

Якщо знайдене за формулою (2.21) значення $n_e > n$, то приймається $n_e = n$. Значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа. Середньовиважений коефіцієнт використання активної потужності визначається за формулою (2.22), але для всіх працюючих ЕП кількістю m .

$$K_{в.св.} = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} P_{см.i.}}{\sum_{i=1}^{\kappa} P_{ном.i.}}, \quad (2.22)$$

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ наводяться у відповідній довідковій технічній літературі [1]. На третьому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{p.з}$ визначається за формулою:

$$P_{p.з.} = K'_{p.a.} \cdot \sum_{i=1}^m k_{в.i.} \cdot P_{ном.i} = K'_{p.a.} \cdot \sum_{i=1}^m P_{зм.i.}, \quad (2.23)$$

На третьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ та коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K'_{p.p}$ приймаються рівними ($K'_{p.a} = K'_{p.p}$), тому розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p.з}$ визначається як:

$$Q_{p.з} = K'_{p.p.} \cdot \sum_{i=1}^m k_{в.i.} \cdot P_{ном.i} \cdot tg\varphi_{ном.i} = P_{p.з} \cdot tg\varphi_{см}, \quad (2.24)$$

де $tg\varphi_{св}$ – відповідає середньовиваженому значенню коефіцієнта потужності $cos\varphi_{св}$.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове силове повне навантаження цеху на третьому рівні електропостачання можна визначити так:

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2}, \quad (2.25)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (2.26)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ.

Величина ефективного числа n_e визначається за спрощеною формулою (2.19):

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^m p_{срш1} + p_{срш2}}{P_{ном.макс.}},$$

$$n_e = \frac{2 \cdot (52,75 + 57,75)}{18,3} = 12,07 \text{ шт.}$$

Приймається найближче менше ціле число $n_e = 12$ шт.

Середньовиважений коефіцієнт використання активної потужності для всіх ЕП цеху розраховується за формулою (2.22):

$$K_{в.св.} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{сшв1} + P_{сшв2}}{\sum_{i=1}^k P_{ном.i}},$$

$$K_{в.св.} = \frac{9,23 + 8,09}{110,5} = 0,16.$$

З таблиці джерела [1,3] $n_e = 12$ шт. і $K_{в.св.} = 0,16$ коефіцієнт розрахункового активного навантаження $K'_{p.a} = 1,5$. При $n_e > 10$ шт. коефіцієнт розрахункового реактивного навантаження приймається $K'_{p.p} = 1$.

За формулою (2.23) розрахункове силове активне навантаження на третьому рівні електропостачання:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{p.3} = 1,5 \cdot 17,31 = 25,97 \text{ кВт.}$$

Розрахункове силове реактивне навантаження визначається за формулою (2.24), ураховуючи, що $k'_{p.a.} = k'_{p.p.} = 1,5$:

$$Q_{p.3} = K_{p.p.} \cdot (Q_{см.СРШ1} + Q_{см.СРШ2}),$$

$$Q_{p.3} = 1,5 \cdot (11,28 + 8,81) = 30,13 \text{ квар.}$$

Розрахункове силове повне навантаження визначається за формулою (2.25):

$$S = \sqrt{25,97^2 + 30,13^2} = 39,75 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм на третьому рівні електропостачання визначається за формулою (2.26):

$$I_{p.3} = \frac{39,75}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 60,43 \text{ А.}$$

Розрахункові величини та розрахункові навантаження силових ЕП на третьому рівні електропостачання наводяться в таблиці 2.2.

2.4 Розрахунок загального електричного освітлення цеху

Електричне освітлення виробничих приміщень є загальним рівномірним освітленням і виконується світильниками, які розподіляють рівномірно між окремими фазами трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження.

Розрахункове навантаження загального освітлення цеху визначаються методом коефіцієнта попиту [3]. Для цього слід розрахувати встановлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху $P_{уст.з.}$, яке визначається світлотехнічним розрахунком за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо електроосвітлення цеху, розміри якого становлять: довжина – 20 м., ширина – 15 м., висота – 5 м.

Враховуючи світлотехнічні характеристики та економічність існуючих джерел світла та згідно рекомендації діючих нормативних актів у галузі будівництва, використовуємо металогалогенні лампи. Для освітлення виробничих приміщень приймаємо систему загального рівномірного освітлення.

Враховуючі умови навколишнього середовища проєктованого приміщення, користуючись довідниковою літературою [4,5], вибираємо світильник з металгалогенними лампами типу ГСП.

Величину нормованої освітленості для цеху залежить від призначення виробничого приміщення та типу прийнятого джерела світла, вибираємо за ДНБ В.2.5 – 28 – 2006 [6]. Нормоване значення освітлення для виробничого приміщення при загальному освітленні та використанні газоразрядних ламп складає – 300 лк.

При проєктуванні електроосвітлювальних установок враховуємо, що число, розміщення і спосіб установки світильників повинен забезпечувати нормальні умови освітлення при найменших приведених затратах, лінії електроосвітлення повинні мати найменшу довжину і бути зручними у монтажі мережі.

В додатку В, приведена схема електричного з'днання освітлення столярного цеху.

Згідно до ПУЕ [2] мінімальна висота підвису світильника становить $h_{\text{нід.мін}} = 2,5$ м., приймаємо висоту підвису $h_{\text{нід}} = 3$ м. Мінімальна освітленість, $E = 300$ лк.

Визначаємо відстань між світильниками:

$$L = h_{\text{нід}} \cdot \lambda, \quad (2.27)$$

де λ – коефіцієнт, що визначає найвигіднішу відстань між світильниками, приймаємо $\lambda = 1,6$ тоді:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = 3 \cdot 1,6 = 4,8 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість свільників в ряду:

$$n_A = \frac{A}{L}, \quad (2.28)$$

де A – довжина приміщення, за вихідними даними $A = 20$ м;

$$n_A = 20 / 4,8 = 4,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_A = 4$ світильники.

Визначаємо кількість рядів:

$$n_B = \frac{B}{L}, \quad (2.29)$$

де B – ширина приміщення, за вихідними даними $B = 15$ м.

$$n_B = 15 / 4,8 = 3,12$$

Приймаємо $n_B = 3$ ряди.

Загальна кількість свільників становить:

$$n = n_A \cdot n_B, \quad (2.30)$$
$$n = 4 \cdot 3 = 12 \text{ шт.}$$

Визначаємо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{mid}} \cdot (A + B)}, \quad (2.31)$$
$$i = \frac{20 \cdot 15}{3 \cdot (20 + 15)} = 2,85.$$

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку. Орієнтовне значення коефіцієнта відбиття поверхонь $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$, $\rho_{\text{стін}} = 30\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 10\%$.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно до таблиці з [5] загальний коефіцієнт використання світлового потоку становить $\eta_e = 64\%$.

Визначаємо необхідний світловий потік світильника:

$$\Phi_c = \frac{E_{\text{норм}} \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta_e \cdot N}, \quad (2.32)$$

де Φ_c – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

$E_{\text{норм}}$ – нормальна освітленість робочої поверхні приміщення, лк.;

S – площа приміщення;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5 - 2$;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для металогалогенних $z = 1,1$;

N – кількість світильників;

η_e – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_c = \frac{300 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,64 \cdot 12} = 19335,9 \text{ лм.}$$

Для створення необхідного рівня освітленості в приміщенні використовуємо світильники з металогалогенними лампами типу DRI – 250, потужністю 250 Вт, світловий потік складає $\Phi_c = 20000$ лм.

Визначаємо фактичну освітленість:

$$E_\phi = \frac{\Phi_l \cdot \eta_e \cdot n}{S \cdot k \cdot z}, \quad (2.33)$$

$$E_\phi = \frac{20000 \cdot 0,64 \cdot 12}{300 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 310,3 \text{ лк.}$$

Знаходимо відхилення фактичної освітленості від нормованого значення:

$$\Delta E = \frac{E_\phi - E_n}{E_n} \cdot 100\%, \quad (2.34)$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E = \frac{310,3 - 300}{300} \cdot 100\% = +3,43\%$$

Порівнюючи нормативне значення освітленості з фактичним, можна зробити висновок, що використання ламп даного типу забезпечує необхідну освітленість робочої поверхні, при цьому відхилення освітленості не перевищує допустимих норм (+20%...-10%) [5]. Визначимо відстань між світильниками і рядами для розташування світильників на плані.

Відстань між світильниками в ряду:

$$L_A = \frac{A}{n_A}, \quad (2.35)$$

$$L_A = \frac{20}{4} = 5 \text{ м.}$$

Відстань від світильників до стіни в ряду:

$$l_a = 0,5 \cdot L_A = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ м.}$$

Відстань між рядами:

$$L_B = \frac{B}{n_B}, \quad (2.36)$$

$$L_B = \frac{15}{3} = 5 \text{ м.}$$

Відстань від стін до першого ряду:

$$l_b = 0,5 \cdot L_B = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ м.}$$

Встановлена потужність освітлювальної установки:

$$P_{уст.о} = P_l \cdot n, \quad (2.37)$$

де P_l – потужність лампи, кВт.

$$P_{уст.о} = 0,025 \cdot 12 = 3 \text{ кВт.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху:

$$P_{p.o.} = k_{n.o.} \cdot P_{уст.o.}, \quad (2.38)$$

де $k_{n.o.}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення.

Для виробничих будівель, приймається коефіцієнт попиту освітлення $k_{n.o.} = 0,85$.

$$P_{p.o.} = 0,85 \cdot 3 = 2,55 \text{ кВт.}$$

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху:

$$Q_{p.o.} = P_{p.o.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_o, \quad (2.39)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_o$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_o$ залежно, від виду джерела світла. Для металогалогенних ламп типу ДРИ – 250 приймаємо коефіцієнт активної потужності $\cos \varphi_o = 0,5$, якому відповідає $\operatorname{tg} \varphi_o = 1,73$.

$$Q_{p.o.} = 2,55 \cdot 1,73 = 4,41 \text{ квар.}$$

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою:

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.o.}^2 + Q_{p.o.}^2}, \quad (2.40)$$

$$S_{p.o.} = \sqrt{2,55^2 + 4,41^2} = 5,09 \text{ кВА.}$$

Тоді розрахунковий струм буде дорівнювати:

$$I_{p.o.} = \frac{S_{p.o.}}{\sqrt{3} \cdot 0,38}, \quad (2.41)$$

$$I_{p.o.} = \frac{5,09}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 7,74 \text{ А.}$$

Розташування ламп ДРИ, зображено на рис. 2.2. Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.2.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

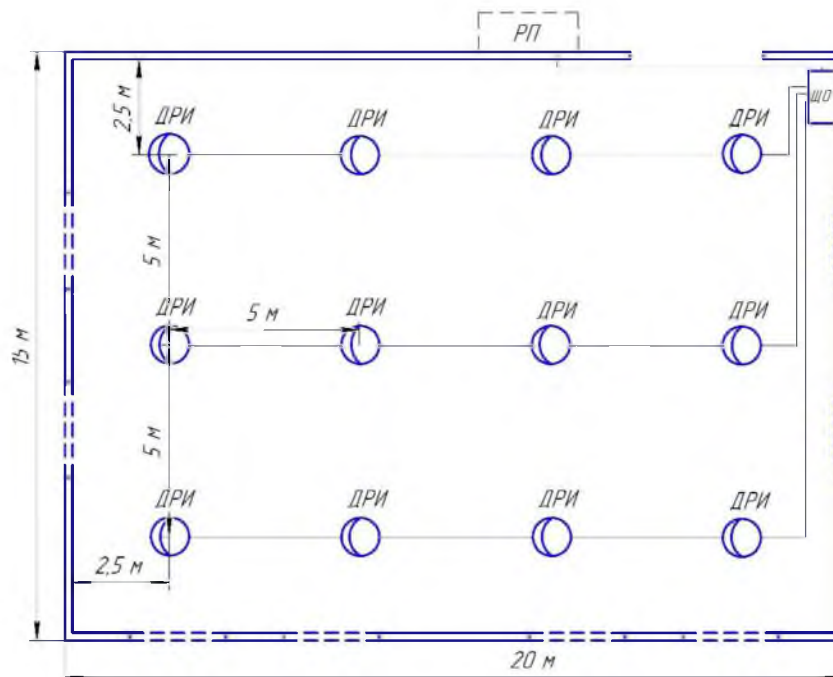


Рисунок 2.2 – Схема електричного освітлення цеху

2.5 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Розрахункове навантаження на шинах ТП (третій рівень електропостачання) необхідне для вибору номінальної потужності трансформаторів і розрахунку потужності пристроїв компенсації реактивної потужності споживача. До розрахункових активного $P_{p.з}$ і реактивного $Q_{p.з}$ навантажень силових ЕП слід додати розрахункові активне $P_{p.0}$ і реактивне $Q_{p.0}$ навантаження загального робочого освітлення та аварійного освітлення ($P_{p.a.o.}$, $Q_{p.a.o.}$). При обчисленні загального розрахункового навантаження ТП з урахуванням розрахункового навантаження загального електричного освітлення цеху приймається коефіцієнт одночасності збігання максимумів навантаження $K_0 = 1,0$. Необхідні розрахункові дані беруться з таблиці 2.2.

Загальне розрахункове активне навантаження ТП визначається за формулою:

$$P_{p.ТП} = P_{p.з.} + P_{p.0.} + P_{p.a.o.} \quad (2.42)$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальне розрахункове реактивне навантаження ТП можна визначити:

$$Q_{p.ТП} = Q_{p.з.} + Q_{P.O.} + Q_{P.A.O.}, \quad (2.43)$$

Таким чином, загальне розрахункове повне навантаження ТП можна визначити як:

$$S_{p.ТП} = \sqrt{P_{p.ТП}^2 + Q_{p.ТП}^2}, \quad (2.44)$$

Тоді розрахунковий струм буде дорівнювати:

$$I_{p.ТП} = \frac{S_{p.ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.45)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до або понад 1 кВ.

Визначення розрахункового навантаження на стороні НН ТП. Розрахункове навантаження аварійного освітлення приймаємо 10% від робочого.

Розрахуємо загальне активне навантаження ТП, використовуючи формулу (2.42):

$$P_{p.ТП} = 25,97 + 2,55 + 0,26 = 28,77 \text{ кВт.}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження ТП визначаємо за формулою (2.43):

$$Q_{p.ТП} = 30,13 + 4,41 + 0,441 = 34,98 \text{ квар.}$$

Загальне розрахункове повне навантаження ТП визначається за формулою (2.44):

$$S_{p.ТП} = \sqrt{28,77^2 + 34,98^2} = 45,29 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм з боку НН ТП визначаємо за формулою (2.45):

$$I_{p.ТП} = \frac{45,29}{\sqrt{3} \cdot 0,30} = 68,82 \text{ А.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку електричних навантажень

Найменування вузла, номер ЕП	Найменування ЕП	Кількість ЕП, <i>n</i>	Номінальна потужність, кВт		К-т використання K_{Σ}	Коефіцієнти потужності	
			Одного	Загальна		$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8
2,12	Верстат свердлильний	2	1,5	3	0,14	0,5	1,73
3,11	Верстат фрезерний	2	12,8	25,6	0,14	0,5	1,73
7,17	Вентилятор витяжний	2	2	4	0,6	0,8	0,75
10	Верстат токарний	1	3,5	3,5	0,14	0,5	1,73
13	Верстат фуговальний	1	5,6	5,6	0,14	0,82	0,69
14	Верстат шипорізний	1	11,05	11,05	0,14	0,8	0,75
Всього по СРШ2		9		52,75	0,17	0,6	1,22
1,8	Верстат токарний	2	3,5	7	0,14	0,5	1,73
4	Верстат фуговальний	1	5,6	5,6	0,14	0,82	0,69
5	Верстат шліфувальний	1	18,3	18,3	0,14	0,85	0,62
6	Верстат шипорізний	1	11,05	11,05	0,14	0,8	0,75
9,15	Верстат свердлильний	2	1,5	3	0,14	0,5	1,73
16	Верстат фрезерний	1	12,8	12,8	0,14	0,5	1,73
Всього по СРШ1		8		57,75	0,14	0,7	1,09
3 – й рівень		17		110,50	0,16	0,7	1,16
Робоче освітлення				3	0,85	0,5	1,73
Аварійне освітлення							
Всього				113,50		0,6	1,23

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.141.376 ПЗ

Арк.

42

$K_e p_n$	$K_e p_n$ $tg\varphi$	Ефективна кількість ЕП, n_e	К-т розрахунко- вого	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
				Активна, кВт	Реактивна, кВАр	Повна, кВА	
9	10	11	12	13	14	15	16
0,42	0,73	4,5					
3,58	6,20	327,68					
2,40	1,80	8					
0,49	0,85	12,25					
0,78	0,54	31,36					
1,55	1,16	122,1025					
9,23	11,28	5	1,95	17,99	12,40	21,85	33,20
0,98	1,70	24,5					
0,78	0,54	31,36					
2,56	1,59	334,89					
1,55	1,16	122,1025					
0,42	0,73	4,5					
1,79	3,10	163,84					
8,09	8,81	4	2,5	20,21	9,69	22,42	34,05
17,31	20,09	12	1,5	25,97	30,13	39,78	60,43
2,55	4,41			2,55	4,41	5,09	7,74
				0,26	0,441		
19,86	24,50			28,77	34,98	45,29	68,82

2.6 Розрахунок пікових струмів

Піковий струм групи ЕП напругою до 1 кВ визначається як [7]:

$$I_{пik} = I_{пyск.макс} + \sum_1^{n-1} I'_{ном}, \quad (2.46)$$

де $I_{пyск.макс}$ – найбільший з пускових струмів ЕД у групі за паспортними даними;

$\sum_1^{n-1} I'_{ном}$ – сумарний номінальний струм групи ЕП без урахування

номінального струму найбільшого за потужністю ЕД.

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП до 1 кВ, при активно – індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну сумму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом при $TB = 1$ [1]:

$$I_{пik} = I_{пyск.макс} + (I_{p.2} - k_v \cdot I_{ном.макс}), \quad (2.47)$$

де $I_{p.2}$ – розрахунковий струм усіх ЕП групи;

k_v – коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

$I_{ном.макс}$ – номінальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при $TB = 1$.

Найбільший пусковий струм ЕД $I_{пyск.макс}$ для даної групи вибираємо з таблиці 2.1.

Пікова (пускова) потужність визначається як:

$$S_{пik(пyск)} = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I_{пik(пyск)}, \quad (2.48)$$

де $I_{пik}$ – піковий струм, який визначається за формулою (2.46), (2.47), а пусковий струм $I_{пyск}$ за формулою (2.9).

Розрахуємо пікові струми від ЕП до СРШ2, наведена на рис. 2.1.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від СРШ2 живляться: два свердлильні верстати, два фрезерні, токарний, фуговальний, шипорізний та два вентилятори. Найпотужніший електроприймач цієї групи ЕП – фрезерний верстат $P_{ном} = 12,8$ кВт, коефіцієнт активної потужності $\cos\varphi = 0,5$, коефіцієнт використання $k_e = 0,17$.

Номинальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при $TB = 1$ і за відсутності паспортних даних ЕД для цієї групи ЕП визначаються за формулою (2.8):

$$I_{ном.макс} = \frac{12,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 1} = 38,90 \text{ А,}$$

а його пусковий струм за формулою (2.9):

$$I_{пуск.макс} = 5 \cdot 38,90 = 194,48 \text{ А.}$$

З табл 2.2 розрахунковий струм для другого рівня електропостачання для СРШ2 $I_{р.2.} = 33,20$ А.

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП визначається за формулою (2.46):

$$I_{пик} = 194,28 + (33,20 - 0,17 \cdot 38,90) = 221,06 \text{ А.}$$

Аналогічно розраховуємо пікові струми інших груп ЕП.

Отримані результати зводимо до таблиці 2.3 і використовуємо для вибору уставок розщерлювачів автоматів та плавких вставок запобіжників.

Таблиця 2.3 – Розрахунок пікових навантажень

Найменування	Дані найпотужнішого ЕП		Розрахунковий струм $I_{р.2.}$, А	Коефіцієнт використання k_B ,	Піковий струм $I_{пик.}$, А
	номинальний струм $I_{ном.макс.}$, А	пусковий струм $I_{пуск.макс.}$, А			
СРШ2	12,8	194,48	33,20	0,17	221,06
СРШ1	18,3	278,04	34,06	0,14	304,31

3 ВИБІР НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРА ЦЕХОВОЇ ПІДСТАНЦІ

При виборі потужності ТП слід враховувати їх навантажувальну здатність.

Потужність трансформаторів ТП вибирають за розрахунковим навантаженням. Оскільки воно на шинах 0,38 кВ належить до 3-го рівня електропостачання і визначається за середньозмінним навантаженням за найбільш завантажену зміну, то ця умова виконується, тому що потроєна постійна часу трансформатора ($3T_0 = 3 \cdot 2,5 = 7,5$ год) порівняна з тривалістю зміна.

Потужність трансформатора вибирають з урахуванням основних ЕП 2-ї категорії. Мінімальна потужність трансформаторів буде в тому випадку, коли через них реактивна потужність не передається, а повністю компенсуються на стороні до 1 кВ. Це базовий варіант, при якому розрахункове реактивне навантаження ТП $Q_{p.тп}$ дорівнює встановленню всієї потужності низьковольтних конденсаторів (НК) $Q_{н.к.}$.

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження трансформатора P_m за емпіричною формулою [1]:

$$S_{ном.Т} \geq S_{ном.Т.p} = \frac{P_{р.тп}}{N \cdot \beta}, \quad (3.1)$$

де $S_{ном.Т.p}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

$P_{р.тп}$ - сумарне розрахункове активне навантаження ТП;

N - кількість трансформаторів ТП.

Вибирається найближча більша стандартна номінальна потужність трансформатора [1,3].

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.1 Вибір силового трансформатора для даного цеху

Первинна напруга трансформатора 6 кВ. Через те що ЕП переважно належать до 3-ї категорії та є ЕП 2-ї категорії надійності, приймається однострансформаторна ТП з коефіцієнт завантаження трансформатора $\beta_m = 0,7$ [1].

За формулою (3.1):

$$S_{ном.Т} \geq S_{ном.Т.р} = \frac{28,77}{1 \cdot 0,7} = 41,1 \text{ кВА.}$$

Вибираємо трансформатор з номінальною потужністю $S_{ном.Т} = 250$ кВА типу ТМЗ – 250/6/0,4.

3.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ.

Оскільки в більшості випадків $S_{ном.Т} > S_{ном.Т.р.}$, то через вибрані трансформатори 6/0,4 кВ доцільно передавати реактивну потужність від її джерел 6 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта завантаження β_T .

Ця реактивна потужність визначається як:

$$Q_T = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_{ном.Т})^2 - P_{р.ТП}^2}, \quad (3.2)$$

Якщо під коренем величина зі знаком мінус, то приймають $Q_T = 0$. Потужність НК з номінальною напругою 0,4 кВ визначається так:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{н.к.} = Q_{р.ТП} - Q_T, \quad (3.3)$$

де $Q_{р.ТП}$ - сумарне розрахункове реактивне навантаження ТП з табл.2.2.

Якщо $Q_{н.к.} < 0$, то встановлювати конденсатори з номінальною напругою 0,4 кВ не потрібно.

Якщо цехова живильна мережа виконується тільки кабелями, то комплектні конденсаторні установки (ККУ) рекомендується приєднувати до шин розподільного пристрою НН цехової ПС [8]. Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності ККУ $Q_{н.к.ст.}$, яка вибирається зі спеціальної технічної літератури (каталогів заводів - виготовлювачів) та з таблиці Л.2 додатка Л [8].

При двох трансформаторах на ПС кількість ККУ має бути парною.

Якщо при встановленні низьковольтних конденсаторних установок (НКУ) залишається некомпенсована реактивна потужність, то її компенсують за допомогою додаткових високовольтних конденсаторних установок (ВКУ) напругою 6,3 або 10,5 кВ, які встановлені на шинах РП, ЦРП, ПГВ, ГПП. Величина цієї некомпенсованої реактивної потужності для кожної ЦТП незначна, що обумовлене достатньо близьким кроком стандартних величин потужності ККУ, але в разі наявності на підприємстві великої кількості цехових ПС частка її зростає.

Некомпенсовану реактивну потужність визначають за формулою (3.4):

$$Q_{неск.} = Q_{н.к.} - Q_{н.к.ст.}, \quad (3.4)$$

Вибираємо необхідну потужність ККУ, яка приєднана до шин НН однострансформаторної ТП .

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За формулою (3.2) через трансформатор з коефіцієнтом завантаження трансформатора $\beta_m = 0,7$ зі сторони 6 кВ у мережу напругою до 1 кВ передається така реактивна потужність:

$$Q_T = \sqrt{(1 \cdot 0,7 \cdot 250)^2 - 28,77^2} = 172,61 \text{ квар.}$$

За формулою (3.3) потужність НК з конденсаторами номінальною напругою 0,4 кВ:

$$Q_{н.к.} = 34,98 - 172,61 = -137,63 \text{ квар.}$$

Оскільки $Q_{н.к.} < 0$, то встановлювати конденсатори з номінальною напругою 0,4 кВ не потрібно.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

У даному дипломному проекті вибору підлягають перерізи таких провідників:

- кабельні лінії напругою 6 кВ, які з'єднують трансформатор цехових ПС з шинами РП;
- усієї силової живильної мережі до 1 кВ;
- розподільної мережі від СРШ до ЕП;
- мережі пересувних ЕП.

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, форсованому (перевантаження) і аварійному (КЗ) режимах СЕП.

Вибір перерізу провідників у загальному випадку визначається за:

- економічною густиною струму;
- нагріванням;
- втратами;
- відхиленнями напруги;
- електродинамічною стійкістю й механічною міцністю (природно, що ізоляція провідників має відповідати класу напруги) [1,8].

4.1 Вибір перерізу кабельної лінії напругою до 10 кВ

Вибір перерізу кабельної лінії напругою 6 кВ здійснюється за нормальним режимом навантаження, а перевірка вибраного перерізу – за максимальним режимом навантаження і на стійкість за аварійним режимом.

Перевірку за умовами корони, а також на механічну міцність жил кабелів робити не потрібно, бо мінімальний переріз алюмінієвої жили для кабелів становить 2,5 мм², мідної — 1,5 мм², що відповідає мініимальному перерізу провідника

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.1 Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом

При виборі перерізу кабелю, який живить ТП з трансформатором (трансформаторами) 6/0,4 кВ, як струм нормального режиму $I_{норм}$ при радіальній схемі незалежно від числа трансформаторів ТП (один або два) приймається номінальний первинний струм трансформатора, який визначається за паспортними даними трансформатора за формулою:

$$I_{норм.} = I_{ном.Т.1} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.Т.1}}, \quad (4.1)$$

де $S_{ном.Т.}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{ном.Т.1}$ – номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

Економічно вигідний переріз кабелів визначається як:

$$S_{ек} = \frac{I_{норм}}{J_{ек}}, \quad (4.2)$$

де $I_{норм}$ – струм нормального режиму, А;

$J_{ек}$ – нормоване значення економічно вигідної густини струму, А/мм².

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{ек}$ округляється до найближчого більшого або меншого стандартного перерізу $S_{ст}$, мм².

4.1.2 Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I_{дон}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в таблицях М2 і М3 додатка М [1], порівнюють зі струмом його форсованого режиму $I_{ф}$ з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{пер} \cdot I'_{доп} \geq I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_{норм}, \quad (4.3)$$

При проектуванні у вихідних даних не задається графік навантаження ЕП цеху, тому ми приймаємо коефіцієнт допустимого перевантаження $K_{пер} = 1$.

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою 6 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається так:

$$I'_{доп.} = K_{сер} \cdot K_{пр.} \cdot I_{доп}, \quad (4.4)$$

де $K_{сер}$ – поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної (таблиця 1.3.3 ПУЕ [2] або таблиця М4, додатка М [1]);

$K_{пр.}$ – поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ [2] або таблиця М5, додатка М [1]);

$I_{доп.}$ – допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (для однієї окремої лінії; стандартних температур для землі та води $+15^{\circ}\text{C}$ і $+25^{\circ}\text{C}$ для повітря) залежно від матеріалу жил, їх ізоляції, способу прокладання, (таблиця М6, М7, додатка М [1]).

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{сер}$ можна також обчислити за формулою:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{T_{ж.н.} - T_{сер.}}{T_{ж.н.} - T_{сер.н}}}, \quad (4.5)$$

де $T_{ж.н.}$ – нормовані тривало допустимі температури жили та середовища відповідно;

$T_{сер.}$ – фактична температура навколишнього середовища (у даному дипломному проекті приймається залежно від реальних даних).

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Допустимі температури провідників у нормальному, форсованому та аварійному режимах

Вид провідника	Допустима температура жили $T_{ж.н.}, ^\circ\text{C}$		
	тривала за нормами	короткотривала при перевантаженнях	гранична при коротких замиканнях
Кабелі з паперовою просоченою ізоляцією:			
- до 1 кВ	80	125	200
- 6 кВ	65	100	200
- 10 кВ	60	90	200
Кабелі і проводи з ізоляцією:			
- гумовою звичайною	55	100	150
- гумовою	65	110	150
теплостійкою	70	90	150
- полівінілхлоридною	70	80	120
- поліетиленовою			

Допустимі температури нагрівання провідників залежать від їх конструкції та режиму (таблиця 4.1) [9].

Струм форсованого режиму I_{ϕ} для однострансформаторних ПС з резервуванням між сусідніми ПС за допомогою кабельних перемичок при напрузі до 1 кВ приймається $K_{рез} = 1,3$, при резервуванні за допомогою шинних перемичок НН – $K_{рез} = 1,4$, без резервування – коефіцієнт систематичного перенавантаження приймаємо $K_{рез} = 1,0$, за відсутності даних.

У разі невиконання умови за формулою (4.3) необхідно прийняти нове значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю, щоб вона виконувалась.

4.1.3 Перевірка перерізу кабелю на термічну стійкість

При напрузі понад 1 кВ кабелі, які захищаються запобіжниками, на термічну стійкість при КЗ не перевіряються.

Термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом кабелю (мм^2), термостійким до струмів КЗ, як:

$$S_{\text{мін}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{I_k^2 t}}{C} = \frac{I_k \sqrt{t}}{C}, \quad (4.6)$$

де B_k – тепловий імпульс струму КЗ, $\text{А}^2\text{с}$;

C – температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури кабелю (наводиться в таблиця М8, додатка М [1]), $\text{Ас}^{1/2} / \text{мм}^2$;

$I_k = I_{\text{п.о.}}$ – початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ, А ;

t – дійсний час вимикання КЗ, с .

Величина дійсного часу вимикання КЗ t складається з часу дії основного релейного захисту (РЗ) $t_{\text{зах.}}$ часу вимикання вимикача вимик в $t_{\text{вимик.в.}}$ (можна прийняти вимик в $t = 0,05 \text{ с}$) і сталої часу аперіодичної складової струму КЗ ($T_a = 0,05 \text{ с}$).

$$t = t_{\text{зах.}} + t_{\text{вимик.в.}} + T_a, \quad (4.7)$$

На лініях до ТП, які відходять від шин РП, застосовується двоступеневий струмовий РЗ, який складається зі струмової відсічки (СВ) і максимального струмового захисту (МСЗ).

Основним захистом для радіальних схем живлення ЦТП без ЕА на ввіді до трансформатора (глухий ввід) при коротких лініях, що характерно для промислових підприємств, є СВ. У цьому випадку дійсний час вимикання КЗ можна прийняти $t = 0,2 \text{ с}$.

Якщо після розрахунку за формулою (4.6) виконується умова $S_{\text{ст}} > S_{\text{мін}}$, то залишається стандартний переріз кабелю. Якщо в результаті розрахунку

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{ст} < S_{мін.}$, то необхідно прийняти нове найближче більше значення стандартного перерізу кабелю $S_{ст} > S_{мін.}$. Кабель марки ААШВ застосовують досить часто. Він має алюмінієві жили, паперову просочену масло - каніфольну та нестікаючою масами ізоляцію, алюмінієву оболонку, шланг поверхневий полівінілхлоридний.

Вибір перерізу кабелю напругою 6 кВ до ТП

Вибираємо переріз кабелю напругою до 10 кВ, номінальна потужність трансформатора $S_{ном.Т.} = 250$ кВА.

РП є вбудованим у будівлю цехе. Від РП живляться ЕП 2-ї категорії. Тому приймається кількість годин використання максимуму навантаження за рік $T_{макс} = 5000$ год/рік, коефіцієнт допустимого перевантаження кабелю $K_{пер} = 1$, марка кабелю ААШВ, температура навколишнього середовища (землі) $T_{сер} = 20^{\circ}\text{C}$, початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ у максимальному режимі на шинах РП $I_{н.о.} = 6$ кА.

За формулою (4.1) визначається номінальний первинний струм трансформатора:

$$I_{ном.Т.1} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 6} = 24,05 \text{ А.}$$

Для кабелів із паперовою ізоляцією з алюмінієвими жилами при $T_{макс} = 5000$ год/рік економічна густина струму $J_{ек} = 1,2$ А/мм². За формулою (4.2) економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи:

$$S_{ек} = \frac{24,05}{1,2} = 20,04 \text{ мм}^2$$

Вибирається найближчий більший стандартний переріз кабелю $S_{ст.} = 25$ мм².

При нормованій тривало допустимій температурі кабелю марки ААШВ напругою 6 кВ $T_{ж.н} = 65^{\circ}\text{C}$, нормованій тривало допустимій температурі середовища $T_{сер н} = 15^{\circ}\text{C}$ і фактичній температурі навколишнього середовища

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{сер} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища за формулою (4.5):

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 0,95.$$

З таблиці 1.3.3 ПУЕ [2] або таблиці М4, додатка М, [1] поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{сер} = 0,94$.

Поправковий коефіцієнт на кількість кабелів при прокладці кабелю всередині приміщення цеху приймається $K_{пр} = 1$.

При прокладці в землі для трижильних кабелів марки ААШв напругою 6 кВ і перерізом жили 25 мм^2 допустимий тривалий струм $I_{дон} = 105 \text{ А}$. За формулою (4.4):

$$I_{дон} = 0,95 \cdot 1 \cdot 105 = 99,75 \text{ А}.$$

За вихідними даними резервування на стороні НН не передбачене, тому приймається коефіцієнт допустимого резервування $K_{рез} = 1$.

Умова перевірки перерізу кабелю в режимі максимального навантаження за формулою (4.3) виконується:

$$1 \cdot 99,75 > 1 \cdot 24,05 \text{ А}.$$

$$99,75 > 24,05 \text{ А}.$$

Для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами і паперовою ізоляцією при напрузі 6 кВ приймається температурний коефіцієнт $C = 92 \text{ Ас}^{1/2} / \text{мм}^2$.

Для радіальної схеми живлення ТП без ЕА на ввіді до трансформатора (глухий ввід) при коротких лініях дійсний час вимикання КЗ приймається $t = 0,2 \text{ с}$. Найменший переріз кабелю, який є термостійким до струмів КЗ, визначається за формулою (4.6):

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\min} = \frac{3 \cdot 10^2 \sqrt{0,2}}{92} = 14,58 \text{ мм}^2$$

Таким чином, $S_{\text{ст.}} = 25 \text{ мм}^2 > S_{\min} = 14,58 \text{ мм}^2$, тому вибирається кабель ААШв – 6 (3×25).

4.2 Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз живильних мереж в основному вибирають за умовами нагрівання або за економічною густиною струму лише в разі досить великої кількості годин використання максимуму навантаження (понад 4000 – 5000 год), яка в цехових електричних мережах буває досить рідко.

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку (загорання ізоляції) може призвести до пожежі. Тому для всіх видів провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму й класу ізоляції.

Як критерій допустимості того чи іншого режиму за нагріванням використовують сумарний вплив на строк служби провідника максимальної температури й тривалості зносу ізоляції за розглянутий період. При різких піках навантаження більшу небезпеку становить можливість перевищення максимально допустимої температури, якщо графік навантаження рівномірний, більшу вагу має складова теплового зносу ізоляції. Гранично допустима температура нагрівання провідників наведена в таблиці 4.1.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.1 Вибір перерізу кабелів

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового:

$$I'_{\text{дон}} \geq I_{p.2}, \quad (4.8)$$

де $I_{p.2}$ – розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

Допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{нопр}}$ так:

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{нр}} \cdot K_{\text{нопр}} \cdot I_{\text{дон}}, \quad (4.9)$$

де $K_{\text{нопр}} = 0,92$

Поправковий коефіцієнт $K_{\text{нопр}}$ уводиться при визначенні $I_{\text{дон}}$ для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті з таблиці 1.3.7 ПУЕ [2] або додатка М, таблиці М9 [1], як для трижильних кабелів.

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості поправковий коефіцієнт $K_{\text{нр}} = 1$, нормована температура середовища $T_{\text{сер}} = 25$ °С.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата.

Форсований режим в електричних мережах напругою до 1 кВ буває досить рідко.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U_{кб} = \frac{P_{p.2} \cdot R_{кб} + Q_{p.2} \cdot X_{кб}}{10 \cdot U_{ном}^2}, \quad (4.10)$$

де $P_{p.2}$ і $Q_{p.2}$ – максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і квар;

$R_{кб}$ і $X_{кб}$ – активний і реактивний опори кабелю відповідно, Ом;

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами:

$$R_{кб} = r_n \cdot l_{кб}, \quad (4.11)$$

$$X_{кб} = x_n \cdot l_{кб}, \quad (4.12)$$

де r_n і x_n – активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км (наводяться в довідниках);

$l_{кб}$ – довжина кабелю, км.

Таким чином, остаточно за умовами нагрівання вибирається лише той переріз кабелю, для якого тривалий допустимий струм буде більший у формулі (4.9), а також виконуються умови допустимої втрати напруги й відповідності до захисного апарата.

При виборі перерізу кабелів іноді замість одного кабелю більшого перерізу доцільно вибрати два (навіть три) кабелі меншого перерізу, що полегшує умови прокладення. Крім того, допустимий струм кабелю більшого перерізу менше ніж у двох (трьох) кабелів такого самого сумарного перерізу [1].

Для кабелю марки АВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили $T_{ж.н} = 70$ °С, нормована температура середовища при прокладці в повітрі $T_{сер.н} = 25$ °С. Тоді за формулою (4.5) поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{70 - 20}{70 - 25}} = 1,05.$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З таблиці 1.3.3 ПУЕ [2] або додатка М, таблиці М4 [1] поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища також $K_{сер} = 1,05$.

При прокладці кабелю всередині приміщення цеху поправковий коефіцієнт $K_{пр} = 1$.

З таблиці 2.2 розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання лінії, яка живить СРШ2, $I_{р.2} = 33,20$ А.

З таблиці М9, додатка М [1] для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 16$ мм² допустимий струм $I_{дон} = 60$ А. За формулою (4.9):

$$I'_{дон} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 60 = 57,96 .$$

Таким чином,

$$I'_{дон} = 57,96 \geq I_{р.2} = 33,20 \text{ А} - \text{умова виконується.}$$

З таблиці 2.2 розрахункове активне навантаження 2-го рівня електропостачання $P_{р.2} = 17,99$ кВт, розрахункове реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання $Q_{р.2} = 12,40$ квар.

З таблиці М11, додатка М [1] для кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{СТ} = 16$ мм² приймаються такі питомі опори кабелю:

$r_n = 1,95$ мОм/м, $x_n = 0,095$ мОм/м. Довжина кабелю $l_{кб} = 19$ м. Розрахуємо тоді за формулами (4.11) і (4.12) $R_{кб}$, $X_{кб}$:

$$R_{кб} = 1,95 \cdot 19 \cdot 10^{-3} = 0,037 \text{ Ом.}$$

$$X_{кб} = 0,095 \cdot 19 \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ Ом.}$$

За формулою (4.10):

$$\Delta U_{кб} = \frac{17,99 \cdot 0,037 + 12,40 \cdot 0,002}{10 \cdot 0,38^2} = 0,48\%$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибирається чотирижильний кабель АВВГ (3×16+1×10). Переріз кабелів живильної мережі до РП цеху (ЩРО, СРШ1, СРШ2), вибирається аналогічно, як і до СРШ2. Розрахунок втрат напруги також проводиться аналогічно. Результати розрахунків наводяться в таблиці 4.2.

Таблиці 4.2 – Вибір перерізу кабелів живильної мережі

Кабель до ПРЕ	$S_{ст}, \text{мм}^2$	$I'_{доп}, \text{А}$	$I_{р,2}, \text{А}$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип кабелю	$l, \text{м}$
До ЩРО	2,5	18,35	7,74	0,11	АВВГ 3×2,5+1×2,5	5
До СРШ2	16	57,96	33,20	0,48	АВВГ 3×16+1×10	19
До СРШ1	16	57,96	34,06	0,42	АВВГ 3×16+1×10	15

4.3 Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою:

$$I'_{доп} \geq I_{р,1} \quad (4.13)$$

де $I_{р,1}$ – розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання (номінальний струм ЕП).

Допустимий тривалий струм для проводів $I_{доп}$ з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів у трубі наводиться в таблиці 1.3.5 ПУЕ [2] та в таблиці М10, додатка М [1]. Для остаточного вибору перерізу проводу слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю,

допустимою втратою напруги. Переріз провідників приймається найбільшим за вище наведеними вимогами.

За умовою механічної міцності мінімальний переріз алюмінієвих проводів – 2,5 мм², мідних – 1,5 мм².

Втрата напруги в проводах у відсотках визначається як:

$$\Delta U_{np} = \frac{P_{p.1} \cdot R_{np} + q_{p.1} \cdot X_{np}}{10 \cdot U_{np}^2}, \quad (4.14)$$

де $P_{p.1}$ і $q_{p.1}$ – розрахункові активне і реактивне навантаження 1-го рівня електропостачання ЕП відповідно, кВт і квар;

R_{np} і X_{np} – активний і реактивний опори проводів відповідно, Ом;

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори проводів обчислюють за формулами:

$$R_{np} = r_n \cdot l_{np}, \quad (4.15)$$

$$X_{np} = x_n \cdot l_{np}, \quad (4.16)$$

де r_n і x_n – активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км (наводяться в довідниках);

l_{np} – довжина кабелю, км.

4.3.1 Вибір проводів від СРШ і ЩРО до ЕП

Приймаємо марку одножильного проводу АПВ, прокладення проводів у сталевій трубі, фактичну температуру навколишнього середовища $T_{сер} = 20^\circ\text{C}$.

Для проводу марки АПВ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили $T_{ж.н} = 65^\circ\text{C}$, нормована температура середовища при прокладенні в землі $T_{сер.н} = 15^\circ\text{C}$. Тоді за формулою (4.5) поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища $K_{сер} = 0,95$. З таблиці 1.3.3 ПУЕ [2] або таблиці М4, додатка М [1], поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища також $K_{сер} = 0,95$.

При прокладенні проводу всередині приміщення цеху в сталевих трубах поправковий коефіцієнт $K_{np} = 1$, бо в довідкових таблицях ураховуються умови прокладки залежно від кількості проводів у трубі.

Для фрезерних верстатів (ЕП №3,11,16) з таблиці 2.2 $\cos\varphi = 0,5$, ККД приймається $\eta_{ном.д.} = 1$.

Номінальний струм № 3,11,16 визначається за формулою (2.8):

$$I_{ном.д.} = \frac{12,8}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 1} = 38,9 \text{ А.}$$

З таблиці М10, додатка М [1] для чотирьох одножильних проводів, які прокладені в одній трубі, для стандартного перерізу $S_{СТ} = 16 \text{ мм}^2$ допустимий струм для стандартних умов $I_{дон} = 55 \text{ А}$. Допустимий струм з урахуванням умов навколишнього середовища й умов прокладення визначається за формулою (4.4):

$$I'_{дон.} = 0,95 \cdot 1 \cdot 55 = 52,25, \text{ А}$$

За формулою (4.13):

$$I'_{дон.} = 52,25 \geq I_{p.1} = I_{ном.д.} = 38,9 - \text{умова виконується.}$$

Умова механічної міцності також виконується ($16 \text{ мм}^2 > 2,5 \text{ мм}^2$).

З таблиці М 11, додатка М [1] для проводу зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{СТ} = 16 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори: $r_n = 1,95 \text{ мОм/м}$, $x_n = 0,095 \text{ мОм/м}$.

Довжина проводу до найбільш віддаленого ЕП № 16 $l_{np} = 14 \text{ м}$. Тоді за формулами (4.15) і (4.16):

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{np} = 1,95 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,027 \text{ Ом.}$$

$$X_{np} = 0,095 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ Ом.}$$

Для фрезерних станків при $\operatorname{tg}\varphi_{\text{ном.д.}} = 1,73$, який відповідає $\cos\varphi_{\text{ном.д.}} = 0,5$, за формулою (2.5) розрахункове реактивне навантаження першого рівня електропостачання:

$$q_{p.1} = 12,8 \cdot 1,73 = 22,17 \text{ квар.}$$

Вибраний стандартний переріз проводу перевіряється на втрату напруги за формулою (4.14):

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{12,8 \cdot 0,027 + 22,17 \cdot 0,001}{10 \cdot 0,38^2} = 0,26 \%$$

Оскільки величина втрат напруги в проводі не перевищує допустимо (5%), то переріз проводу вибраний правильно.

Для трьох проводів стандартного перерізу $S_{CT} = 16 \text{ мм}^2$, прокладених у сталевій трубі, вибирається провід АПВ (1×16) Т32.

Переріз проводів розподільної мережі до інших ЕП вибирається аналогічно. Перевірка на втрати напруги, вибір діаметру сталевих труб також здійснюється аналогічно.

До ЕП прийняті такі довжини проводів (береться найбільша довжина провода до ЕП з однаковими параметрами, так як розрахунку втрати будуть найбільші).

Результати розрахунків та довжина проводу до ЕП, наводяться в таблиці 4.3 – Вибір перерізу проводів розподільної мережі від СРШ до ЕП. Принципова схема розподільчої мережі цеху наведений у Додатку Г.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Таблиця 4.3 – Вибір перерізу проводів розподільної мережі від СРШ до ЕП

Провід до ЕП №	$S_{см.}$	$I'_{дон}$	$l_{пров.}, м$	$\Delta U_{пр}, \%$	Тип кабелю
1	2	3	4	5	6
1	4	21,85	3	0,06	АПВ(1×4) Т20
2	4	21,85	13	0,11	АПВ(1×4) Т20
3	16	52,25	5	0,09	АПВ(1×16) Т32
4	4	21,85	11	0,34	АПВ(1×4) Т20
5	10	52,25	2	0,08	АПВ(1×10) Т32
6	4	21,85	7	0,42	АПВ(1×4) Т20
7	4	21,85	3	0,03	АПВ(1×4) Т20
8	4	21,85	12	0,23	АПВ(1×4) Т20
9	4	21,85	8	0,07	АПВ(1×4) Т20
10	4	21,85	13	0,25	АПВ(1×4) Т20
11	16	52,25	3	0,06	АПВ(1×16) Т32
12	4	21,85	10	0,08	АПВ(1×4) Т20
13	4	21,85	10	0,31	АПВ(1×4) Т20
14	4	21,85	9	0,54	АПВ(1×4) Т20
15	4	21,85	11	0,04	АПВ(1×4) Т20
16	16	52,25	14	0,26	АПВ(1×16) Т32
17	4	21,85	10	0,11	АПВ(1×4) Т20

5 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Елементи СЕП, які потрапили в короткозамкнутий ланцюг, зазнають термічного й електродинамічного впливу струмів. Якщо величина цього впливу перевищує допустиму, елемент ушкоджується і завдає СЕП збитків.

Щоб запобігти цьому, треба:

а) визначити величину струмів КЗ;

б) перевірити допустимість цих струмів для вибраних ЕА і струмопровідних частин (якщо струми виявляються більші за допустимі, то потрібно вибрати елемент, що має більшу стійкість або обмежити струми шляхом збільшення індуктивного опору ланцюга);

в) розрахувати захист для селективного вимикання пошкодженої ділянки.

Відповідно до вимог ПУЕ щодо режиму КЗ на стійкість до впливу струмів КЗ в ЕУ до 1 кВ повинні перевірятися розподільні щити, струмопроводи та силові шафи.

Для вибору і перевірки стійкості ЕА і струмопровідних частин до струмів КЗ розрахунку підлягають:

– найбільше початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{n(0)}$;

– ударний струм i_y трифазного КЗ.

При виборі й перевірці апаратури щодо її стійкості до струмів КЗ розрахунковим вважається максимальний режим, за якого струми КЗ мають максимальні значення.

При розв'язанні завдань захисту розрахункові умови залежать від цілей розрахунку, яких існує дві: вибір параметрів спрацьовування захистів, перевірка чутливості.

Для перевірки чутливості розрахункові умови відповідають найменшим значенням струмів КЗ у місці установлення захисту (мінімальний режим

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи живильної енергосистеми, найбільша кількість послідовно ввімкнених елементів між джерелами генерації і точкою КЗ).

Унаслідок цього для цілей вибору параметрів спрацьовування захисту визначають найбільші $I_{к\max}$ і для перевірки чутливості найменші $I_{к\min}$ значення періодичної складової струму в місці КЗ в елементах мережі, для якої проектується захист. Розрахунок здійснюється для початкового моменту часу.

Таким чином, розрахунковим видом КЗ є:

- при виборі ЕА і провідників за їх стійкістю до дії струмів КЗ – трифазне КЗ;
- при виборі захисту – трьох – і однофазні КЗ [1].

5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньоцехового електропостачання слід виконати достовірний розрахунок струмів КЗ.

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, у цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗ; при цьому враховують усі перехідні опори контактів (рубильників, автоматів, уставних контактів, болтових з'єднань) і опір дуги в місці пошкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

- застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела та ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;

– не враховувати струми намагнічування трансформаторів;

– не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;

До особливостей розрахунку струмів КЗ в електричних мережах:

– напругою до 1 кВ можна віднести таке:

– розрахунки доцільно проводити в іменованих одиницях;

– початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ можна вважати незмінним $I_{n(0)} = I_K^{(3)}$;

– активні опори елементів ланцюга КЗ мають суттєве значення і можуть навіть перевершувати реактивні.

Методика розрахунку початкового діючого значення періодичної складової струму КЗ залежить від способу електропостачання - від енергосистеми чи від автономного ДЖ.

Розрахунок струмів КЗ починається зі складання розрахункової схеми, схеми заміщення й вибору точок КЗ. При складанні еквівалентних схем заміщення параметри елементів вихідної розрахункової схеми слід приводити до ступеня напруги мережі, на якому знаходиться точка КЗ [1].

Так як відсутні достовірні дані щодо контактів і їх перехідних опорах, то при обчисленні струмів КЗ урахуємо їх умовний сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужністю до 1600 кВА включно, згідно з такими рекомендаціями [8]:

• на розподільних пристроях НН трансформаторів ПС – $R_{K1} = 15$ мОм;

• на первинних цехових розподільних пунктах (СРШ, збірках) і на затискачах ЕА, які живляться радіальними лініями від розподільних пристроїв НН ПС або головних магістралей (ШМА) – $R_{K2} = 20$ мОм;

• на вторинних цехових розподільних пунктах і затискачах ЕА, які живляться від первинних розподільних пунктів – $R_{K3} = 25$ мОм;

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

• на затискачах ЕА, установлених безпосередньо у ЕП, які живляться від вторинних розподільних пунктів – $R_{к4} = 30 \text{ мОм}$ [1].

Алгоритм визначення струмів трифазного короткого замикання. Визначаємо струм трифазного КЗ у початковий момент часу в електричній мережі напругою цеху в точках K_1, K_1', K_2, K_2' і K_3 для схеми на рисунку 5.1.

Вихідні дані взяті з попередніх результатів розрахунків:

Система: $I_{n(0)} = 6 \text{ кА}$, $U_{ном.вн} = 10,5 \text{ кВ}$.

Трансформатор типу: ТМЗ - 250/6; $S_{ном.т} = 250 \text{ кВА}$; $U_{ном.вн} = 6 \text{ кВ}$;
 $U_{ном.нн} = 0,4 \text{ кВ}$.

Автомати:

$QF1$: ВА2004 - 400: $I_{ном а} = 400 \text{ А}$;

$QF2$: ВА2004 - 60: $I_{ном а} = 50 \text{ А}$;

$QF3$: ВА2004: $I_{ном а} = 40 \text{ А}$.

Трансформатори струму: ТА1 з коефіцієнтом трансформації 100/5;

Кабельні лінії:

$K\delta 1$: ААШВ - 6 (3×25); $l_{к\delta 1} = 30 \text{ м}$;

$K\delta 2$: АВВГ(3×16+1×10); $l_{к\delta 2} = 19 \text{ м}$;

Провід до ЕП № 16: АПВ5(1×16); $l_{пр} = 14 \text{ м}$.

Базисна напруга ступеня в електричній мережі напругою до 1 кВ:

$$U_{\text{в}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном.нн.}} = 1,05 \cdot 380 = 400 \text{ В.}$$

1 етап: Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.

– Індуктивний опір системи, який приведений до ступеня НН, визначається за формулою:

$$X_c = \frac{U_{\text{ном.серНН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.ВН}} \cdot U_{\text{ном.серВН}}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 6300} = 2,44 \text{ мОм.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

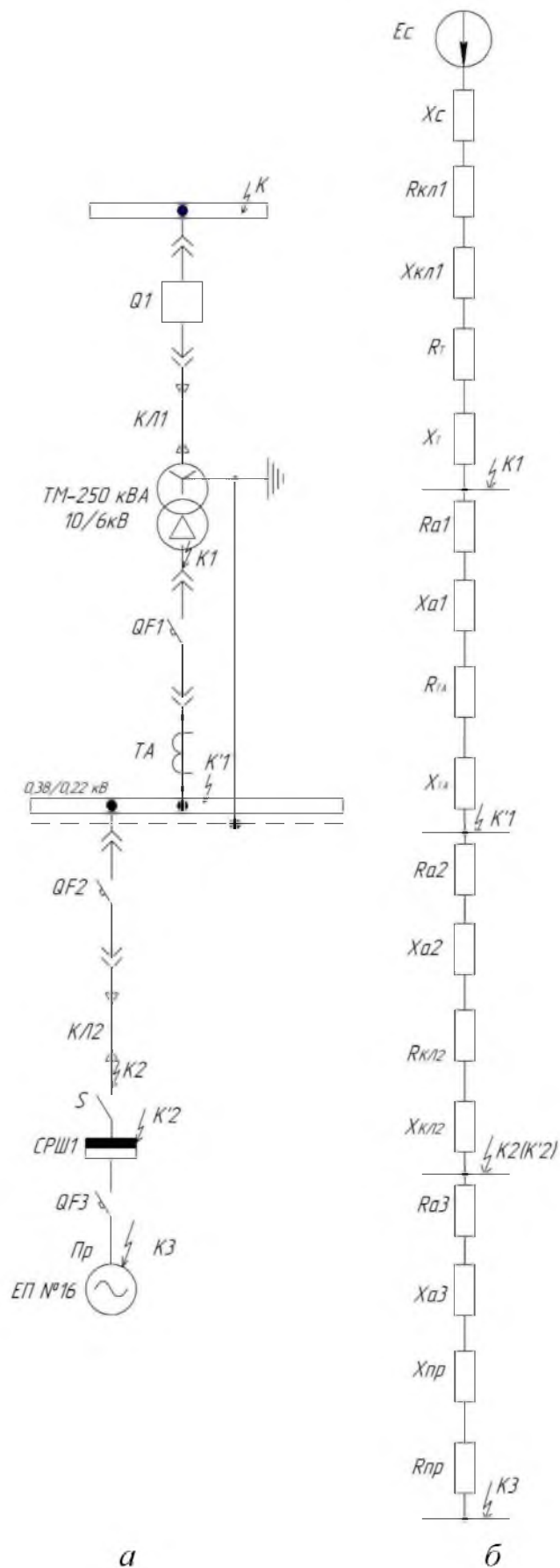


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів трифазного короткого замикання

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

– У таблиці М.11 додатка М [1] для кабельної лінії напругою 6 кВ (К61) питомі опори такі: $r_n = 1,25$ мОм/м; $x_n = 0,091$ мОм/м. Активний та індуктивний опори кабельної лінії, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_{кб.1} = r_n \cdot l_{кб1} \cdot \frac{U_{ном.серНН}}{U_{ном.серВН}}, \quad (5.1)$$

$$X_{кб.1} = x_n \cdot l_{кб1} \cdot \frac{U_{ном.серНН}}{U_{ном.серВН}}, \quad (5.2)$$

Використовуємо формулу (5.1), (5.2.):

$$R_{кб.1} = 1,25 \cdot 30 \cdot \frac{400}{6300} = 2,3 \text{ мОм}$$

$$X_{кб.1} = 0,091 \cdot 30 \cdot \frac{400}{6300} = 0,17 \text{ мОм}$$

– З таблиці Л.1 додатка Л [1] приймаються втрати КЗ $P_{к.ном} = 3,7$ кВт, напруга КЗ $u_k = 4,5$ %. Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{к.ном} \cdot U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}^2} \cdot 10^6, \quad (5.3)$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.Т}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}} \cdot 10^4, \quad (5.4)$$

де $P_{к.ном}$ – номінальні втрати КЗ у трансформаторі, кВт;

$U_{ном.НН}$ – номінальна напруга обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.т}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Використовуємо формули (5.3), (5.4):

$$R_T = \frac{3,7 \cdot 0,4^2}{250^2} \cdot 10^6 = 9,47 \text{ мОм.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_T = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{250} \cdot 10^4 = 27,19 \text{ мОм.}$$

4) З таблиці Н.1 додатка Н [1] для автомата *QF1* (ВА – 2004/400) приймається $R_{a.1} = 0,65 \text{ мОм}$; $X_{a.1} = 0,17 \text{ мОм}$.

5) З таблиці Н.2 додатка Н [1] для ТС (ТА1) з коефіцієнтом трансформації 100/5 для класу точності 1 приймається $R_{tal} = 2,7 \text{ мОм}$; $X_{tal} = 1,7 \text{ мОм}$.

6) З таблиці Н.1 додатка Н [1] для автомата *QF2* (ВА2004 – 60) приймається $R_{a.2} = 7 \text{ мОм}$; $X_{a.2} = 4,5 \text{ мОм}$.

7) З таблиці М.11 додатка М [1] для кабельної лінії напругою до 1 кВ ($K_{б2}$) з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_n = 1,95 \text{ мОм/м}$; $x_n = 0,095 \text{ мОм/м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії $K_{б2}$ визначаються за формулами (4.11) і (4.12):

$$R_{кб2} = r_n \cdot l_{кб2} = 1,95 \cdot 15 = 29,25 \text{ мОм.}$$

$$X_{кб2} = x_n \cdot l_{кб2} = 0,095 \cdot 15 = 1,425 \text{ мОм.}$$

8) З таблиці Н.1 додатка Н [1] для автомата *QF3* (ВА2006) приймається $R_{a.3} = 7 \text{ мОм}$; $X_{a.3} = 4,5 \text{ мОм}$.

9) У таблиці М.11 додатка М [1] для проводу до ЕП № 16 питомі опори такі: $r_n = 1,95 \text{ мОм/м}$; $x_n = 0,095 \text{ мОм/м}$. За формулами (4.15) і (4.16) визначаються активний та індуктивний опори:

$$R_{np} = r_n \cdot l_{np} = 1,95 \cdot 14 = 27,3 \text{ мОм.}$$

$$X_{np} = x_n \cdot l_{np} = 0,095 \cdot 14 = 1,33 \text{ мОм.}$$

2 етап: Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент (початкового надперехідного струму) у різних точках схеми.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Визначення струму трифазного КЗ у точці $K1$. Сумарні опори щодо точки $K1$ визначаються так:

$$R_{\sum K1} = R_{к\delta 1} + R_T = 2,3 + 9,47 = 11,77 \text{ мОм.}$$

$$X_{\sum K1} = X_c + X_{к\delta 1} + X_T = 2,44 + 0,17 + 27,19 = 29,8 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\sum K1} = \sqrt{R_{\sum K1}^2 + X_{\sum K1}^2} = \sqrt{11,77^2 + 29,8^2} = 32,04 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\sum K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 32,04} = 7,2 \text{ А.}$$

2) Визначення струму трифазного КЗ у точці $K1'$. Сумарні опори щодо точки $K1'$ визначаються так:

$$R_{\sum K1'} = R_{\sum K1} + R_{a1} + R_{ta1} + R_{k1} = 11,77 + 0,65 + 2,7 + 15 = 30,12 \text{ мОм.}$$

$$X_{\sum K1'} = X_{\sum K1} + X_{a1} + X_{ta1} = 29,8 + 0,17 + 1,7 = 31,67 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\sum K1'} = \sqrt{R_{\sum K1'}^2 + X_{\sum K1'}^2} = \sqrt{30,12^2 + 31,67^2} = 43,71 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1'(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\sum K1'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 43,71} = 5,28 \text{ А.}$$

3) Визначення струму трифазного КЗ у точці $K2$. Сумарні опори щодо точки $K2$ визначаються так:

$$R_{\sum K2} = R_{\sum K1} + R_{a2} + R_{к\delta 2} + R_{k2} = 11,77 + 7 + 29,25 + 20 = 68,02 \text{ мОм.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{\sum K_2} = X_{\sum K_1'} + X_{a2} + X_{k\delta 2} = 30,12 + 4,5 + 1,425 = 37,60 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\sum K_2} = \sqrt{R_{\sum K_2}^2 + X_{\sum K_2}^2} = \sqrt{68,02^2 + 37,60^2} = 73,02 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\sum K_2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 73,02} = 2,97 \text{ А.}$$

4) Визначення струму трифазного КЗ у точці К₂'.

Сумарні опори щодо точки К₂' визначаються так:

$$R_{\sum K_2'} = R_{\sum K_1} + R_{a2} + R_{k\delta 2} + R_{k3} = 11,77 + 7 + 29,25 + 25 = 73,02 \text{ мОм.}$$

$$X_{\sum K_2'} = X_{\sum K_2} = 37,60 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\sum K_2'} = \sqrt{R_{\sum K_2'}^2 + X_{\sum K_2'}^2} = \sqrt{73,02^2 + 37,60^2} = 82,13 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2'(0)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\sum K_2'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 82,12} = 2,81 \text{ А.}$$

5) Визначення струму трифазного КЗ у точці К₃.

Сумарні опори щодо точки К₃ визначаються так:

$$R_{\sum K_3} = R_{\sum K_1} + R_{a2} + R_{k\delta 2} + R_{a3} + R_{np} + R_{k4} = 11,77 + 7 + 29,25 + 7 + 27,3 + 30 = \\ = 112,32 \text{ мОм.}$$

$$X_{\sum K_3} = X_{\sum K_2} + X_{a3} + X_{np} = 37,60 + 4,5 + 1,33 = 43,43 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\sum K_3} = \sqrt{R_{\sum K_3}^2 + X_{\sum K_3}^2} = \sqrt{112,32^2 + 43,43^2} = 120,42 \text{ мОм.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 120,42} = 1,92 \text{ А.}$$

Результати розрахунку струмів трифазних КЗ у початковий момент часу в електричній мережі цеху в точках K_1 , K_1' , K_2 , K_2' і K_3 наводяться в таблиці 5.1.

5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції та появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес становить мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде наприкінці ділянки, що захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацьовування захисту (запобіжника, розчеплювача автомата або вимикача чи запобіжника в ланцюзі 6 кВ, якщо захист у ланцюзі 0,38 кВ нечутливий).

Якщо потужність живильної енергосистеми значна ($X_c < 0,1X_T$), початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ визначаємо за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{z_T^{(1)}}{3} + z_{ПТ}}, \quad (5.5)$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі, В;

$z_{ПТ}$ – повний опір петлі "фаза - нуль" від трансформатора до точки КЗ, обмірюваний при іспитах або знайдений із розрахунків, мОм;

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z_T^{(1)}$ – повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності та схеми з'єднання трансформаторів приймається з таблиці Н.3 додатка Н [1] або визначається як:

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T})^2}, \quad (5.6)$$

де R_{1T} і X_{1T} – активний та індуктивний опори трансформатора струмам прямої послідовності, мОм;

$R_{2T} = R_{1T}$ і $X_{2T} = X_{1T}$ – те саме зворотної послідовності, мОм;

R_{0T} і X_{0T} – те саме нульової послідовності, мОм.

Опори трансформатора струмам нульової послідовності значною мірою залежать від схеми з'єднання обмоток трансформатора, тому рекомендується схема "трикутник - зірка з нейтраллю" (Δ/Y_H), у якій порівняно зі схемою "зірка - зірка з нейтраллю" (Y/Y_H) струм однофазного КЗ на шинах НН (до 1 кВ) у 3 рази більший, що сприяє надійному спрацьовуванню захисних апаратів (автоматів).

Якщо живильна енергосистема має обмежену потужність, то значення $Z_T^{(1)}$ збільшується з урахуванням опору енергосистеми [10].

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2 \cdot R_C)^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2 \cdot X_C)^2}, \quad (5.7)$$

Опір петлі "фаза - нуль" для ланцюга з n послідовно з'єднаних ділянок визначається за формулою:

$$Z_{\Pi T} = \sum_{i=1}^n Z_{n.nm.i} \cdot l_i, \quad (5.8)$$

де $Z_{n.nm.i}$ – питомий опір петлі "фаза - нуль" кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ, (величини $Z_{n.nm.i}$ наведені в таблицях Н.6 [1]);

l_i – довжина i -ї ділянки, м.

Свинцеві оболонки кабелів як заземлюючі провідники використовувати не дозволяється. Для вибухонебезпечних приміщень на допоміжні

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

провідники занулення (алюмінієві оболонки кабелів, сталеві смуги) у розрахунковій схемі не зважають.

Для більш точного визначення струмів однофазних КЗ, крім опорів трансформатора й зовнішньої живильної мережі, ураховують сумарний активний і індуктивний опори петлі "фаза -нуль", що містять опори шинопроводів, апаратів і перехідних опорів, починаючи від нейтралі знижувального трансформатора, а також опір дуги.

З урахуванням опору мережі понад 1 кВ (опорів трансформатора і живильної мережі X_c і R_c), перехідних активних опорів контактів і опору дуги фактичне значення струму однофазного КЗ буде меншим, тому в разі необхідності більш точного визначення струму (наприклад, якщо його величина близька до уставок спрацьовування захисту) за будь-якої потужності живильної енергосистеми користуються формулою [10].

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\Phi}{\frac{Z_\Sigma^{(1)}}{3} + z_{IT}}, \quad (5.9)$$

Величина $Z_\Sigma^{(1)}$ з урахуванням перехідних активних опорів контактів $R_k = 15$ мОм обчислюється як [1].

$$Z_\Sigma^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2 \cdot R_C + 3 \cdot R_{IT})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2 \cdot X_C)^2}, \quad (5.10)$$

Визначити струм однофазного КЗ у точках K_1 , K_2 і K_3 . Визначаємо струм однофазного КЗ у точках K_1 , K_2 і K_3 для схеми на рисунку 5.2.

Трансформатор типу ТМЗ – 250/6, схема з'єднання обмоток трансформатора "трикутник - зірка з нейтраллю" (Δ/Y_N).

Кабельні лінії: Кб2: АВВГ (3×16+1×10); $l_{кб2} = 15$ м;

Провід до ЕП № 16: АПВ5 (1×16); $l_{пр} = 14$ м.

З таблиці НЗ додатка Н [1] для трансформатора з номінальною потужністю 250 кВА і схемою з'єднання обмоток трансформатора

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

"трикутник - зірка з нейтраллю" (Δ/Y_H) повний опір струму однофазного КЗ $Z_T^{(1)} = 86,3$ мОм. За формулою (5.5) струм однофазного металевого КЗ в т. K_1 :

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{86,3}{3}} = 7,65 \text{ кА.}$$

З таблиці Н7 додатка Н [1] повні питомі опори $z_{n,nn}$ ланцюга "фаза - нуль" для чотирижильних кабелів та проводів з алюмінієвими жилами такі: $Z_{n,nn,кб2} = 4,43$ мОм/м; $Z_{n,nn,пр} = 4,43$ мОм/м.

Повний опір петлі "фаза - нуль" до точки K_2 , за формулою (5.8):

$$Z_{nm,2} = Z_{nm,кб1} \cdot l = 4,43 \cdot 15 = 66,45 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.5) струм однофазного металевого КЗ у точці K_2 :

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{86,3}{3} + 66,45} = 2,31 \text{ кА.}$$

Повний опір петлі "фаза - нуль" до точки КЗ визначається за формулою:

$$Z_{nm,3} = Z_{nm,кб.2} + Z_{nm,пр}$$

$$Z_{nm,3} = 66,45 + 4,43 \cdot 14 = 128,47 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.5) струм однофазного металевого КЗ у точці K_3 :

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{86,3}{3} + 128,47} = 1,54 \text{ кА.}$$

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ у точках K_1 , K_2 і K_3 наводяться в таблиці 5.1.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

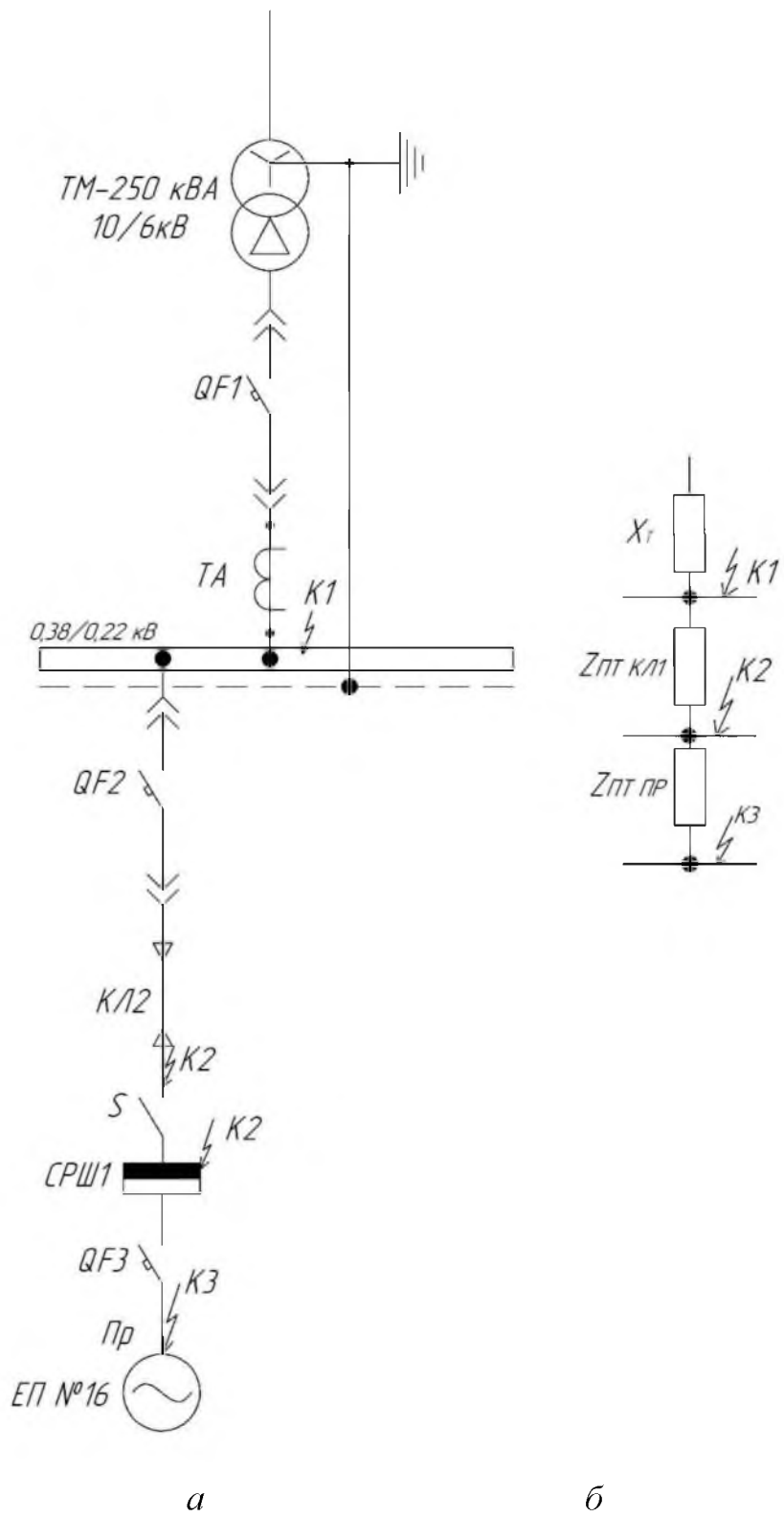


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів однофазного короткого замикання

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку струмів КЗ у різних точках електричної мережі цеху

Назва	№ ЕП	Струм трифазного КЗ, кА					Струм однофазного КЗ, кА		
		K_3	K_2'	K_2	K_1'	K_1	K_3	K_2	K_1
СРШ1	1	1,98	2,78	2,94	5,28	7,21	1,44	2,31	7,65
	8	1,26					0,60		
	4	1,31					0,64		
	5	2,30					2,20		
	6	1,58					0,88		
	9	1,50					0,81		
	15	1,82					0,64		
	16	1,92					1,54		
СРШ2	2	1,14	2,81	2,97	5,28	7,21	0,54	1,95	7,65
	12	1,31					1,54		
	3	2,09					1,83		
	11	2,17					1,97		
	7	1,88					1,29		
	17	1,31					0,65		
	10	1,16					0,54		
	13	1,31					0,65		
	14	1,37					0,70		

6 ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

6.1 Вибір автоматичних вимикачів

Вибір і перевірка всіх ЕА напругою до і понад 1 кВ мають відповідати таким умовам:

1) міцності ізоляції для роботи в тривалому режимі та при короткочасних перенапругах:

$$U_{ном.е.а.} \geq U_{ном.м.}, \quad (6.1)$$

де $U_{ном.е.а.}$ і $U_{ном.м.}$ – номінальна напруга ЕА і номінальна напруга електричної мережі (установки) відповідно, у якій застосовується ЕА;

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі:

$$I_{ном.е.а.} \geq I_{ф.}, \quad (6.2)$$

де $I_{ном.е.а.}$ і $I_{ф.}$ – номінальний струм ЕА і струм форсованого режиму відповідно, тобто тривалий максимальний робочий струм, який може через нього протікати;

3) відповідності навколишньому середовищу (нормальне, пожежо-небезпечне, вибухонебезпечне та ін.), роду установки (внутрішня, зовнішня) і конструктивному виконанню (висувна, стаціонарна) та ін.;

4) параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА – струм вимикання (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), ЕА захисту – номінальний струм плавкої вставки запобіжника чи уставки розчеплювача автомата.

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатністю при наскрізних струмах КЗ. Мають виконуватися такі умови:

5) струм електродинамічної стійкості ЕАД:

$$i_{дин} \geq i_y, \quad (6.3)$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де i_y – розрахунковий ударний струм;

б) допустимий струм термічної стійкості апарата I_T за допустимий час термічної стійкості t_T :

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t, \quad (6.4)$$

де I_K і t – розрахункові параметри струму КЗ і дійсного часу вимикання КЗ відповідно.

Таким чином, номінальна напруга цих автоматів вибирається як:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.5)$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму:

$$I_{ном.а} \geq I_\phi, \quad (6.6)$$

$$I_{ном.р} \geq I_\phi, \quad (6.7)$$

У формулах (6.6) і (6.7) беруться найближчі значення номінальних струмів автоматів і розчеплювачів. Автомати звичайно мають кілька номінальних струмів розчеплювача. Найбільше значення номінального струму розчеплювача дорівнює номінальному струму автомата, тому $I_{ном.а} \geq I_p$.

Струм форсованого режиму визначається за формулою:

$$I_\phi = K_{рез} \cdot I_p, \quad (6.8)$$

де $K_{рез}$ – коефіцієнт резервування;

I_p – розрахунковий струм (береться залежно від місця знаходження ЕА в схемі електропостачання).

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{с.п}$ (уставка струму теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$) вибирається за умови:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{c.n.} = I_{y.m.p.} \geq K \cdot I_p, \quad (6.9)$$

де K – коефіцієнт, який приймається 1,1 для автомата вводу $QF1$ і для автомата $QF2$, 1,25 – для автомата $QF3$ або 1,0 на лініях до силових ЕП, які не мають у своєму складі ЕД.

У формулі (6.9) для автомата вводу $QF1$ як розрахунковий струм приймається струм форсованого режиму трансформатора I_ϕ ; для автомата $QF2$ – розрахунковий струм другого рівня електропостачання $I_{p.2}$; для автомата $QF3$ – розрахунковий струм першого рівня електропостачання одного ЕП $I_{p.1}$ (номінальний струм ЕП $I_{ном. ЕП}$ при $k_3 = 1$).

У лініях з лампами ДРЛ (ДРІ) за умов кратності пускового струму 2,25 - 3 та його тривалості 60 - 90 с уставка струму спрацьовування від перевантаження (уставка струму теплового розчеплювача) вибирається так:

$$I_{c.n.} = I_{y.m.p.} \geq 1,3 \cdot I_{p.o.}, \quad (6.10)$$

де $I_{p.o.}$ – розрахунковий струм лінії освітлення, А.

Для автомата вводу $QF1$ спрацьовування відсічки розчеплювач миттєвої дії $I_{c.в}$ визначається за формулою:

$$I_{c.в.} \geq (6 - 10) \cdot I_{ном.Т}, \quad (6.11)$$

де $I_{ном.Т}$ – номінальний струм трансформатора на стороні НН.

У формулі (6.11) більші кратності приймаються для трансформаторів з малою номінальною потужністю ($S_{ном.Т} \leq 400$ кВА), які мають більші опори та відповідно менші струми КЗ.

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП (автомат $QF2$) і від пускових струмів для одного ЕП (автомат $QF3$) полягає у виборі уставки струму спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{c.в}$ (уставки струму електромагнітного розчеплювача $I_{y.e.p.}$) більше цих струмів відповідно не менш ніж на 25 %, тому що похибка від розкиду характеристик може досягати до 15 %.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{с.в.} = I_{у.е.р} \geq 1,25 \cdot I_{пик}, \quad (6.12)$$

$$I_{с.в.} = I_{у.е.р} \geq 1,25 \cdot I_{пуск}, \quad (6.13)$$

де $I_{пик}$ і $I_{пуск}$ – піковий струм групи ЕП за формулами (2.46), (2.47) відповідно (дані пускових і пікових струмів беруться з результатів розрахунків розділу 2, пункт 2.6.

У лініях з ККУ струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача) вибирається за формулою:

$$I_{с.в.} = I_{у.е.р} \geq 1,3 \cdot I_{ном.ККУ}, \quad (6.14)$$

де $I_{ном.ККУ}$ – номінальний струм ККУ, який обчислюється за формулою (4.3).

Як комутаційний апарат автомати перевіряють щодо здатності вимикання за умови:

$$I_{ном.в.а.} \geq I_{н.о} = I_{к}^{(3)}, \quad (6.15)$$

де $I_{ном.в.а.}$ – номінальний струм вимикання автомата при нормованих умовах роботи;

$I_{н.о} = I_{к}^{(3)}$ – початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ, до того ж для автоматів вводу й секційних автоматів цей струм визначають для металевого КЗ без перехідних опорів, а для інших (автоматів $QF2$ і $QF3$) – з урахуванням опору контактів R_K .

Відповідно до пункту 4 (функціональне призначення) для чутливості захисту (надійного його спрацювання) мінімальний струм КЗ (звичайно це струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці лінії, яка захищається) має перевищувати уставки розчеплювачів залежно від їх типів у таких співвідношеннях.

Для розчеплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_K^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{c.в}, \quad (6.16)$$

При струмі до 100 А включно:

$$I_K^{(1)} \geq 1,4 \cdot I_{c.в}, \quad (6.17)$$

Для розчеплювача уповільненої дії:

$$I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{c.в}, \quad (6.18)$$

Вибірковість дії послідовно встановлених автоматів забезпечується за умови, що їх захисні характеристики на карті селективності не повинні перетинатися, до того ж уставки струму розчеплювачів уповільненої й миттєвої дії в автомата, розташованого ближче до ЕП, мають бути в 1,5 рази менші, ніж у більш віддаленого автомата [1].

6.1.1 Вибір автоматів живильної мережі цеху

Вибір автомата вводу *QFI* для $S_{ном.Т} = 250$ кВА, вибираємо автомат ВА–2004/400: струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

За формулою (6.5) номінальна напруга автомата обирається як:

$$660 \geq 380 \text{ В.}$$

За формулою (4.15) визначимо номінальний вторинний струм трансформатора:

$$I_{ном.Т} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 379,836 \text{ А.}$$

Для одно трансформаторної ПС без резервування на стороні НН і за відсутності даних про систематичне перевантаження коефіцієнт резервування приймається $K_{рез} = 1,0$, тому струм перевантаження трансформатора за формулою (6.8) дорівнює:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{пер} = 1,0 \cdot 379,836 = 379,836 \text{ А.}$$

Тоді за формулою (6.6) номінальний струм автомата ВА–2004/400:

$$I_{ном.а} = 400 \geq I_{пер} = 379,836 \text{ А.}$$

Для автомату ВА–2004/400 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ наступні: 250, 300, 350, 400 А. Тоді за формулою (6.7) номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{ном.т.р} = 400 \geq I_{пер} = 379,836 \text{ А.}$$

Для автомату ВА–2004/400 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ ($I_{у.т.р} / I_{ном.т.р}$) становить 1,25. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{у.т.р} = 1,25 \cdot I_{ном.т.р} = 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ А.}$$

За формулою (6.9):

$$I_{у.т.р} = 500 \text{ А} > 1,1 \cdot 379,836 = 417,820 \text{ А.}$$

Для автомату ВА–2004/400 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{с.в.}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{у.е.р}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ ($I_{у.е.р} / I_{ном.т.р}$) становить 8. Таким чином, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{с.в.} = I_{у.е.р} = 8 \cdot I_{ном.т.р} = 8 \cdot 400 = 3200 \text{ А.}$$

За формулою (6.12):

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{c.в.} = 3200 \text{ A} > 8 \cdot 379,836 = 3038,688 \text{ A.}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ автоматом вводу беремо струм трифазного КЗ в точці К1 (без урахування R_K) з табл.5.1 $I_{K1(0)} = 7,21$ кА. Для автоматів ВА–2004/400 вимикаюча гранична комутаційна здатність (ВГКЗ) при $I_{ном.а} = 400$ А становить $I_{ном.в.а} = 50$ кА. За формулою (6.16):

$$50 \text{ кА} > 7,21 \text{ кА.}$$

Для перевірки чутливості захисту з табл.5.1 струм однофазного КЗ на шинах НН ТП $I_K^{(1)} = 7,65$ кА. За формулою (6.17) для електромагнітного розчеплювача з номінальним струмом більше 100А:

$$9I_K^{(1)} = 7,65 > 1,25 \cdot 3,03 = 3,79 \text{ кА.}$$

Остаточно обираємо вимикача автоматичний ВА–2004/400 з такими параметрами: $U_{ном.а} = 660$ В, $I_{ном.а} = 400$ А, $I_{ном.т.р.} = 400$ А, $I_{у.т.р.} = 500$ А, $I_{у.е.р.} = 3200$ А, $I_{ном.в.а} = 50$ кА. Дані цього автомата наводяться в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Каталожні та розрахункові дані автомата QF1 типу ВА–2004/400

Умова вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.л}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_{пер}$	$I_{ном.а} = 400 \text{ А}$	$I_{пер} = K_{рез} \cdot I_{ном.т} =$ $= 1,1 \cdot 379,836 = 379,836 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_{пер}$	$I_{ном.т.р.} = 400 \text{ А}$	$I_{пер} = K_{рез} \cdot I_{ном.т} =$ $= 1,1 \cdot 379,836 = 379,836 \text{ А}$
За номінальними струмом автомата та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 400 \text{ А}$	$I_{ном.р} = 400 \text{ А}$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{c.n} = I_{y.t.p} \geq 1,1 \cdot I_{nep}$	$I_{y.t.p.} = 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ A}$	$1,1 \cdot I_{nep} = 1,1 \cdot 379,836 = 417,820 \text{ A}$
За умови відбудови від пікових струмів $I_{y.e.p} \geq (6-10) \cdot I_{ном.Т}$	$I_{y.e.p} = 8 \cdot I_{ном.т.р.} = 8 \cdot 400 = 3200 \text{ A}$	$I_{c.в.} = 8 \cdot I_{ном.Т} = 8 \cdot 379,836 = 3038,688 \text{ A}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} = I_{н.(0)} = I_{к}^{(3)}$	$I_{ном.в.а} = 50 \text{ кА}$	$I_{к1(0)} = 7,21 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{c.в}$	$I_{к}^{(1)} = 7,65 \text{ кА}$	$1,25 \cdot I_{c.в} = 1,25 \cdot 3,03 = 3,79 \text{ кА}$

Аналогічно проводимо розрахунок для вибору лінійних автоматів і автоматів до ЕП. Результати записуємо до табл.6.2 та 6.3 відповідно.

Таблиця 6.2 – Результати вибору лінійних автоматів QF2 – QF4

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.},$ В	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.т.р.},$ А	$I_{y.t.p.},$ А	$I_{y.e.p.},$ А	$I_{ном.в.а},$ кА
До СРШ2	ВА-2004/60	660	60	40	50	400	18
До СРШ1	ВА-2004/60	660	60	40	50	400	18
До ЦРО	ВА-2004/30	660	30	10	12,5	100	18

Таблиця 6.3 – Результати вибору автоматів до ЕП

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.},$ В	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.т.р.},$ А	$I_{y.t.p.},$ А	$I_{y.e.p.},$ А	$I_{ном.в.а},$ кА
1	ВА-2006	380	16	12,5	15,62	125	-
2	ВА-2006	380	16	5	6,25	50	-
3	ВА-2004	380	40	40	50	400	-
4	ВА-2006	380	16	12,5	15,62	125	-
5	ВА-2004	380	40	40	50	400	-
6	ВА-2004	380	40	25	31,25	250	-

7	ВА-2006	380	16	5	6,25	50	-
8	ВА-2006	380	16	12,5	15,62	125	-
9	ВА-2006	380	16	5	6,25	50	-
10	ВА-2006	380	16	12,5	15,62	125	-
11	ВА-2004	380	40	40	50	400	-
12	ВА-2006	380	16	5	6,25	50	-
13	ВА-2006	380	16	12,5	15,62	125	-
14	ВА-2004	380	40	25	31,25	250	-
15	ВА-2006	380	16	5	6,25	50	-
16	ВА-2004	380	40	40	50	400	-
17	ВА-2006	380	16	5	6,25	50	-

6.2 Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі з вибраними апаратами захисту

Переріз проводів та кабелів, які було обрані за умовами нагрівання та допустимим тривалим струмом з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов перевіряємо за умовою узгодження відповідності обраним апаратам захисту за формулою:

$$I'_{\text{доп}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}, \quad (6.19)$$

де $K_{\text{зах}}$ – нормована ПУЕ кратність допустимого струмового навантаження на провідники щодо параметрів захисних апаратів;

$I_{\text{зах}}$ – струм апарату захисту.

Згідно з ПУЕ [2] для електричних мереж, які обов'язково повинні мати захист від перевантаження, умова узгодження для автоматів з тепловим розчеплювачем з нерегульованою обернено залежною від струму характеристикою для провідників усіх марок наступна:

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{ном.т.р}}, \quad (6.20)$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $I_{ном.т.р}$ – номінальний струм нерегульованого теплового розчеплювача.

Проводимо узгодження обраного перерізу кабелів живильної мережі виробничого цеху №1 для ЩРО, СРШ1, СРШ2, а також перерізу проводів розподільної мережі до електроприймачів відповідно до обраних автоматів для схеми електропостачання.

У схемі електропостачання цеху захист живильної та розподільної мережі здійснюється автоматами з тепловими та електромагнітними розчеплювачами.

1) За даними пункту 4.2.1 до СРШ1 обраний для прокладення кабель АВВГ (3x16+1x10) з $I'_{дон} = 57,96 \text{ А}$. Для захисту даного кабелю обраний автомат ВА-2004/60 з номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{ном.т.р} = 40 \text{ А}$. За формулою (6.25):

$$57,96 \text{ А} > 40 \text{ А}.$$

Умова виконується. Отже остаточно обираємо кабель АВВГ (3×16+1×10). Аналогічно узгоджуються перерізи обраних кабелів живильної мережі з іншими автоматами. Результати узгоджень наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з апаратами захисту

Живильна лінія	Обраний переріз кабелю, мм ²	$I'_{дон}$, А	$I_{ном.т.р}$, А	Остаточно обраний кабель	$I'_{дон}$, А
До СРШ1	16	57,96	40	АВВГ 3x16+1x10	57,96
До СРШ2	16	57,96	40	АВВГ 3x16+1x10	57,96
До ЩРО	6	18,35	10	АВВГ 3x2,5+1x2,5	18,35

2) Для розподільної мережі аналогічно узгоджуються перерізи обраних проводів.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За даними пункту 4.3 до ЕП №1 обраний для прокладення провід АПВ(1×4)Т20 з $I'_{дон} = 21,85 A$. Для захисту даного проводу обраний автомат ВА–2006 з номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{ном.т.р} = 16 A$. За формулою (6.25):

$$21,85 A > 16 A.$$

Умова виконується. Аналогічно узгоджуються перерізи обраних проводів розподільної мережі з іншими автоматами. Результати узгоджень наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Результати узгодження перерізу кабелів розподільної мережі з апаратами захисту

Живильна лінія	Обраний переріз проводу, мм ² .	$I'_{дон}$	$I_{ном.т.р}$, A	Тип кабелю	$I'_{дон}$, A
До ЕП №1	4	21,85	16	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №2	4	21,85	5	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №3	16	52,25	40	АПВ(1×16)Т32	52,25
До ЕП №4	4	21,85	16	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №5	10	52,25	40	АПВ(1×10)Т32	52,25
До ЕП №6	4	21,85	25	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №7	4	21,85	5	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №8	4	21,85	16	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №9	4	21,85	5	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №10	4	21,85	16	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №11	16	52,25	40	АПВ(1×16)Т32	52,25
До ЕП №12	4	21,85	5	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №13	4	21,85	16	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №14	4	21,85	25	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №15	4	21,85	5	АПВ(1×4)Т20	21,85
До ЕП №16	16	52,25	40	АПВ(1×16)Т32	52,25
До ЕП №17	4	21,85	5	АПВ(1×4)Т20	21,85

Аналіз результатів показує, що перерізи всіх проводів розподільної мережі задовольняють вимогам узгодження з апаратами захисту.

7 РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЕННЯ ЦЕХОВОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІ

При розрахунку ПЗ визначають тип заземлювачів, їх кількість та місце розміщення, а також переріз заземлюючих провідників. Розрахунок ПЗ являє собою визначення опору розтікання струму штучних заземлювачів, який не перевищить нормованого значення $R_{з,ном}$ залежить від провідності ґрунту, конструкції заземлювача та глибини його закладання. Провідність ґрунту характеризується питомим опором ρ (Ом·см або Ом·м), який залежить від складу ґрунту, його вологості, температури та інших показників і може змінюватися в широкому діапазоні.

Питомий опір ґрунту – це опір між протилежними сторонами кубика ґрунту з ребром 1 см. або 1 м. ПУЕ рекомендує визначати питомий опір ґрунту шляхом безпосередніх вимірів в тому місці, де будуть розміщуватися заземлювачі. При цьому слід враховувати сезонні коливання питомого опору ґрунту. Навесні та восени питомий опір ґрунту нижчий, ніж узимку та влітку. Збільшення питомого опору ґрунту взимку та влітку враховується за допомогою коефіцієнта підвищення опору, який має три значення [9].

У разі відсутності даних виміру для розрахунків користуються значеннями питомих опорів ґрунтів, які рекомендуються. Приблизні значення питомих опорів ґрунтів ρ наводяться в довідковій та технічній літературі, у таблиці 1.13.3 [9].

За формою розташування заземлювачів розрізняють зосереджені й контурні заземлення. При контурному заземленні заземлювачі розташовуються за периметром території, яка захищається, а іноді також і всередині неї. Спосіб розміщення заземлювачів (у ряд або за контуром) визначається за планом установки.

Розрахуємо ПЗ одностансформаторної ТП – 250 кВА напругою 6/0,4 кВ.
Для розрахунку використовуються вихідні дані табл. 7.1:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Вихідні дані

ТП V_1/V_2 , кВ	Площа $A \times B$, м	t , м	Вид ЗП	Кліматична зона	Грунт, ρ , Ом·м	Штучні заземлювачі, розмір, мм	
						В	Г
6/0,4	3×4	0,7	Контурне	III	100	Кругла сталь $d = 12$ $l_e = 5$ м.	Смуга 40×4

Найбільший розрахунковий струм замикання на землю через ПЗ на стороні 6 кВ $I_3 = 12,5$ А.[9]. З урахуванням вихідних даних приймається $U_3 = 125$ В, і його величина має бути не більшою ніж 10 Ом., таблиця 1.13.1 [9].

Намічається ПЗ для цехової ТП із зовнішнього боку з розташуванням вертикальних заземлювачів за контуром з відстанню між ними $a = 5$ м. Матеріал вертикальних заземлювачів – кругла сталь (електрод) діаметром $d = 12$ мм і довжиною $l_e = 5$ м. Метод занурення вертикальних заземлювачів – вкручування. Верхні кінці вертикальних заземлювачів занурені на глибину $t_2 = 0,7$ м і приварені до горизонтального заземлювача із сталеві смуги шириною $b = 40$ мм і висотою $h = 4$ мм.

Визначаємо розрахунковий опір одного вертикального електрода:

$$r_e = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{сез.в}, \quad (7.1.)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, Ом·м;

$K_{сез.в}$ – коефіцієнти вертикальної прокладки K_B і горизонтальної прокладки K_G приймаються з таблиці 1.13.2 [9] (для 3-го кліматичного району $K_B = 1,3$, $K_G = 2,5$).

Розрахуємо використовуючи формулу (7.1):

$$r_e = 0,3 \cdot 100 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо опір, так як в ЕУ напругою 6 кВ, якщо ПЗ одночасно використовується і для ЕУ з напругою до 1 кВ, опір ПЗ визначається за формулою:

$$R_3 \leq \frac{U_3}{I_3}, \quad (7.2)$$

$$R_{з.у1} \leq \frac{125}{12,5} = 10 \text{ Ом.}$$

При виконанні ПЗ одночасно для заземлення ЕО до і понад 1 кВ приймається опір ПЗ тієї установки, де він є мінімальним. Зі сторони напруги 0,38/0,22 кВ. $R_{з.у2} \leq 4 \text{ Ом}$. Остаточо приймається $R_{з.норм} = 4 \text{ Ом}$.

Визначаємо кількість вертикальних електродів:

– Без урахуванням екранування:

$$N'_{в.р.} = \frac{r_n}{R_{з.у}}, \quad (7.3)$$

$$N'_{в.р.} = \frac{45}{10} = 4,5.$$

Приймаємо найближча більша ціла кількість вертикальних заземлювачів $N'_{в.р.} = 5 \text{ шт.}$

– З урахуванням екранування:

$$N_{в.р.} = \frac{N'_{в.р.}}{\eta_e}, \quad (7.4)$$

де η_e – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування.

При попередньо вибраній кількості електродів у контурі $n = 5 \text{ шт.}$ та відношенні $a/l_B = 1$, з таблиці 1.13.5 [9] $\eta_e = 0,69$.

$$N_{в.р.} = \frac{5}{0,69} = 7,25$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо найближча більша ціла кількість вертикальних заземлювачів
 $N_{e.p.} = 10$ шт.

Розміщуємо ЗП на плані (рис.7.1), уточнюємо відстань, та позначаємо на плані. Так як контурне ЗП закладається на відстані не менш за 1 м. то довжина по периметру закладки буде дорівнювати:

$$L_{\Pi} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2, \quad (7.5)$$

де A, B – довжина та ширина, м.

$$L_{\Pi} = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 = (3 + 2) \cdot 2 + (4 + 2) \cdot 2 = 22 \text{ м.}$$

Тоді уточняємо відстань між електродами з урахуванням форми об'єкту. По куткам встановлюємо по одному вертикальному електроду, а решту встановимо між ними (рис. 7.1).

Для рівномірного розподілу електродів остаточно приймаємо $N_{e.p.} = 10$ шт., тоді:

Відстань між електродами по ширині об'єкту:

$$a_e = \frac{B'}{n_e - 1}, \quad (7.6)$$

де B' – ширина об'єкту з урахуванням по одному метру на кожную сторону;
 n_e – кількість електродів по ширині об'єкту.

$$a_e = \frac{4 + 2}{4 - 1} = 2 \text{ м.}$$

Відстань між електродами по довжині об'єкту:

$$a_a = \frac{A'}{n_a - 1}, \quad (7.7)$$

де A' – довжина об'єкту з урахуванням по одному метру на кожную сторону.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n_a – кількість електродів по довжині об'єкту.

$$a_a = \frac{3+2}{3-1} = 2,5 \text{ м.}$$

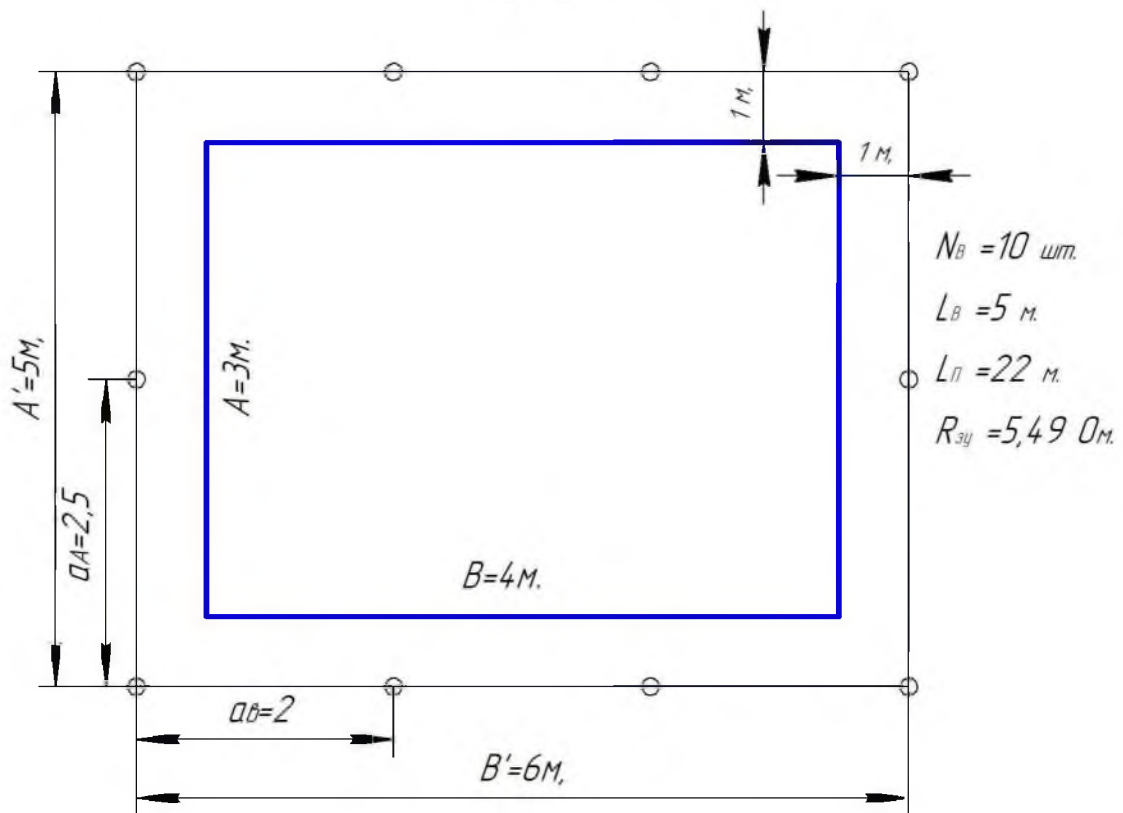


Рисунок 7.1 – План розташування заземлювального пристрою ТП

Для уточнення приймаємо середнє значення відношення:

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{cp} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{a_B + a_A}{3}\right), \quad (7.7)$$

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{cp} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2 + 2,5}{3}\right) = 1,1$$

За допомогою таблиці 1.13.5 [9] уточнемо коефіцієнт використання:

$$\eta_e = F(1,1; 10) = 0,57;$$

$$\eta_z = F(1,1; 10) = 0,52;$$

Визначаємо уточнене значення опору вертикальних та горизонтальних електродів.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для горизонтальних:

$$R_T = \frac{0,4}{L_n \cdot \eta_e} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.з}} \lg \frac{2 \cdot L_{II}^2}{b \cdot t}, \quad (7.8)$$

$$R_T = \frac{0,4}{22 \cdot 0,52} \cdot 100 \cdot 2,31 \lg \frac{2 \cdot 22^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 18,05 \text{ Ом.}$$

Для вертикальних:

$$R_B = \frac{r_e}{N_e \cdot \eta_e}, \quad (7.9)$$

$$R_B = \frac{45}{10 \cdot 0,57} = 7,89 \text{ Ом.}$$

Визначимо фактичний опір ЗП:

$$R_{\text{зв.ф.}} = \frac{R_e \cdot R_2}{R_e + R_2}, \quad (7.10)$$

$$R_{\text{зв.ф.}} = \frac{7,89 \cdot 18,05}{7,89 + 18,05} = 5,49 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{зв.ф.}}(5,49) < R_{\text{зв.}}(10) \text{ Ом.}$$

Умова виконується, з цього слідує те що, ЗП є ефективним.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці, або виробничої безпеки, на деревообробних підприємствах спрямована на забезпечення здорових і безпечних умов праці і являє собою систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Охорона праці виявляє і вивчає можливі причини виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою усунення цих причин і створення безпечних і сприятливих для людини умов праці. З питаннями охорони праці нерозривно пов'язані і питання охорони природи.

Складність що стоять перед охороною праці завдань вимагає використання досягнень і досліджень багатьох наукових дисциплін, прямо або опосередковано пов'язаних із завданнями створення здорових і безпечних умов праці. В даний час не дивлячись на впровадження нових, більш сучасних, безпечних для людини технологій, а також нормативно-правових актів з охорони праці залишається багато галузей промисловості, в яких травматизм є значною проблемою. Це в повній мірі відноситься і до процесів деревообробки.

Особливістю сучасного деревообробного виробництва є застосування на одному підприємстві різного устаткування і технологічних процесів (і швидка їх зміна), які нерідко недостатньо вивчені, що також сприяє виникненню травматизму і професійних захворювань. Вивчення питань охорони праці на підприємствах дає можливість робочим освоїти організаційно-технічні основи безпеки праці, способи і засоби захисту від

					MP 5.8.141.376 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Фабрика Д.Р.</i>			<i>Проектування системи електропостачання столярного цеху деревообробного заводу. Пояснювальна записка</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Петровський М.В</i>					98	127
<i>Консульт.</i>						<i>СумДУ, ЕТмз-91с</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров М.А.</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>						

небезпечних і шкідливих виробничих факторів при обробці деревини, знизити і виключити виробничий травматизм і захворювання.

8.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів проводимо відповідно до ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» (додаток 1) [13]. Результати аналізу заносимо в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

	Назва	Джерело небезпеки	Характер впливу на людину	Засоби захисту та профілактики
1	Рухомі машини та механізми, частини виробничого обладнання, виробничі матеріали	Технологічне обладнання	Ймовірність отримати травми людиною, при випадковому контакті	Захисні пристосування та пристрої
2	Підвищений рівень шуму	Технологічне обладнання, система вентиляції	Вплив на нервову систему, органи слуху	Звукопоглинаючі кожухи, спеціальні навушники.
3	Підвищений рівень вібрації	Технологічне обладнання	Віброхвороба	Застосування засобів віброзахисту технологічних процесів
4	Підвищення значення напруги в електричних мережах	Технологічне обладнання	Ураження електричним струмом, електричний та біологічний вплив на серце, легені.	Захисне заземлення, ізоляція та огорожування струмоведучих частин

5	Недостатня освітленість робочого місця	Виробничі приміщення	Втома, травмування, хвороба очей, зниження працездатності	Природне, штучне освітлення відповідно до розряду виконуваної роботи
6	Підвищення або зниження температури робочої зони	Технологічне обладнання, кліматичні умови	Втома, перегрів, переохолодження, захворювання, обмороження	Система вентиляції, опалення
7	Підвищення запилення та загазовування повітря робочої зони	Технологічне обладнання	Захворювання органів зору та дихання	Система витяжки вентиляції
8	Підвищений рівень статичної електрики	Технологічне обладнання, одяг, взуття.	Займання горючих речовин, пожари, електричне враження	Заземлення, обробка синтетичних матеріалів антистатиком

Відповідно до міжнародного стандарту OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту охорони здоров'я та забезпечення безпеки праці» [14] повинна бути проведена процедура ідентифікації небезпеки та оцінки ризиків, що враховує поведінку людини, небезпеки, що виникають поблизу і поза робочим місцем, обладнання та матеріали на робочому місці, зміни в організації та системі в цілому. Тому, для оцінки ризиків у сфері промислової безпеки, охорони праці та навколишнього середовища, проводимо експертний аналіз ризиків, причин і можливих наслідків відслідковуються відмов (FMEA - аналіз). Визначення рангу факторів і умов праці проводиться відповідно до критеріїв оцінки виникнення небезпеки, ймовірності виявлення і оцінки значущості наслідків, далі намічається черговість (в залежності від

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

певного рангу) заходів щодо зниження впливу шкідливих і дискомфортних умов праці.

Ранги видів впливу визначаються за певною формулою (8.1).

$$R = (A + B) \times C, \quad (8.1)$$

де A – оцінка ймовірності впливу (в балах);

B – оцінка ймовірності виявлення (в балах);

C – оцінка серйозності наслідків (в балах).

Таблиця 8.2 – Ранжування видів впливу

№	Назва	Ймовірність впливу	Ймовірність виявлення	Серйозності наслідків	Ранг
1	Підвищене значення напруги, коротке замикання	3	6	9	81
2	Гострі кромки, шорсткість на поверхні заготовки, інструментів	3	3	1	6
3	Рухомі частини виробничого обладнання	9	8	9	153
4	Рухомі машини та механізми	3	6	8	72
5	Рухомі вироби, заготовки, матеріали	6	7	7	91
6	Відсутність або недостатність природного світла	1	1	2	4
7	Недостатня освітленість робочої зони	1	1	4	8

8	Підвищення або зниження температури	3	2	2	10
9	Збільшення рівня шуму	7	2	1	11
10	Збільшення запилення	7	2	1	11
11	Підвищення рівня вібрації	5	1	4	24

Як бачимо з таблиці 8.2 до найбільш шкідливих і небезпечних виробничих факторів відносяться: рухомі частини виробничого обладнання; пересуваються вироби, заготовки, матеріали; рухомі машини і механізми.

8.2 Заходи зниження негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Заходи щодо зниження негативного впливу ОВПФ передбачають:

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

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До ефективних заходів належать кваліфіковане проведення вступного, на робочому місці, періодичного (повторний), позапланового та поточного інструктажів працівників з техніки безпеки. При роботі на деревообробних верстатах необхідно виконувати правила і вказівки які містяться в ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки» [15], а також для кожного типу деревообробного обладнання ГОСТ 12.2.026 -80 ССБТ «Обладнання деревообробне. Техніка безпеки" [16].

Згідно до норм всі деревообробні верстати і механізми повинні мати пристосування і пристрої, що виключають: можливість стикання з рухомими частинами або робочим інструментом верстата, виліт ріжучого інструменту або його частин, а також інших деталей, потрапляння в верстатника частинок оброблюваного матеріалу, що відкидаються ріжучим інструментом. Кожен верстат повинен бути забезпечений надійно діючим гальмовим пристосуванням, що забезпечує зупинку його протягом 2 – 6 секунд з моменту виключення двигуна.

8.2.1 Мікроклімат робочого приміщення

На підприємствах на самопочуття, стан здоров'я людини впливає мікроклімат виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, рухомості повітря і теплового випромінювання. Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Для підтримки нормальних параметрів мікроклімату в робочій зоні застосовують такі основні заходи: механізацію та автоматизацію технологічних процесів, захист від джерел теплового випромінювання,

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрій систем вентиляції, кондиціонування повітря і опалення. У ГОСТ 12.1.005-88 вказані оптимальні та допустимі показники мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Системи опалення та вентиляції повинні забезпечувати в робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин в повітрі відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" і "Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони" (№ 4617-88, затв. наказом МОЗ України) [17].

8.2.2 Небезпека ураження електричним струмом працюючого персоналу

Відповідно до електробезпеки, цех відносять до категорії з підвищеною небезпекою (2 клас).

Для захисту робітників від ураження електричним струмом необхідно передбачити наступні вимоги:

– захисне заземлення, яке виконується сталевими трубами, розміщеними в ряд і об'єднаними сполучної смугою по ГОСТ 12.1.005-88 [16];

– ізоляція і огороження всіх доступних струмопровідних частин;
– персоналу, який обслуговує електрообладнання, виділені засоби індивідуального захисту;

– навчання виробничого персоналу правилам техніки безпеки;
– обслуговуючий персонал повинен мати допуск для роботи з електроустаткуванням;

– на ГПП застосована система блокування, яка передбачає доступ до струмоведучих частин тільки після відключення апаратів.

Способом боротьби зі статичною електрикою є:

- заземлення апаратів і трубопроводів;
- зволоження повітря;
- обробка синтетичних матеріалів антистатиками.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

8.2.3 Норми освітлення виробничих приміщень

Для забезпечення достатньої видимості в виробничих, адміністративних та допоміжних приміщеннях проектованого цеху застосовується природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через віконні прорізи та віконні фонарі. Штучне освітлення здійснюється за допомогою металогалогенних ламп типу ДРИ – 250. Освітленість робочих місць відповідає розрядами робіт за ступенем точності згідно СНіП 23-05-95.

Посилаючись до вимог штучного освітлення, відповідно СНіП 23-05-95 прийняті наступні норми освітлення:

- технологічні приміщення 300 лк.;
- адміністративні приміщення 300 лк.;
- санітарно-побутові приміщення 75 лк.

Освітлення ГПП живиться від трансформаторів власних потреб. Трансформатори забезпечені: автоматичним вимикачем резерву при аварії на одній із секцій збірних шин. Освітлення приміщення ЗРП комбіноване, природне здійснюється через світлові прорізи, а штучне – люмінесцентними лампами і лампами розжарювання.

8.2.4 Вимоги пожежної безпеки та вибухонебезпечності на підприємстві

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» цех відноситься до категорії «В»: рідини з температурою спалаху парів вище 61° С; горючі пил або волокна, нижня межа вибуховості яких понад 65 г/м³ до об'єму повітря; речовини, здатні тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.

Пожежна безпека на ГПП обумовлена наявністю в вживаному електрообладнанні горючих ізоляційних матеріалів. Всілякі лаки і компаунди, ізоляційне (трансформаторне) масло, бітум, каніфоль, сірка і ряд інших електроізоляційних і конструкційних матеріалів є горючими і

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пожежонебезпечними. Найбільшу пожежну небезпеку представляють масло наповнені апарати - трансформатори, бакові вимикачі високої напруги, а також кабелі з паперовою ізоляцією, просоченої маслоскладом. Дуже небезпечні в пожежному відношенні кабелі високої напруги з паперовою ізоляцією, просоченої компаундом, прокладені відкрито в приміщенні або в кабельних спорудах. Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель, територій, протипожежний інструктаж робітників і службовців, організацію добровільних пожежних дружин, пожежно-технічних комісій, видання наказів з питань посилення пожежної безпеки і т. д.

До технічних заходів належать: дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будинків, при влаштуванні електропроводки і устаткування, опалення, вентиляції, освітлення, правильного розміщення обладнання.

До заходів режимного характеру відноситься заборона куріння в невстановлених місцях, виробництва електрозварювальних та інших вогневих робіт в пожежонебезпечних приміщеннях і ін.

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування. З метою запобігання пожежі на ГПП виконуються наступні заходи: а) обмеження кількості горючих речовин і їх належне розміщення; б) ізоляція займистою середовища; в) запобігання поширенню пожежі за межі вогнища; г) застосування засобів пожежогасіння; д) застосування конструкцій виробничих об'єктів з регламентованим межею їх вогнестійкості і горючості; е) евакуація людей на випадок пожежі; ж) застосування засобів колективного та індивідуального захисту від вогню; з) застосування засобів пожежної сигналізації та засобів сповіщення про пожежу; і) організація пожежної охорони об'єкта (призначення осіб, відповідальних за пожежну безпеку; к) організація протипожежної підготовки (протипожежні інструктаж

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і заняття з пожежно-технічного мінімуму) всіх працівників ГПП;
 л) організація на об'єкті добровільну пожежну дружину та пожежно-технічної комісії; м) встановлення протипожежного режиму і постійний контроль його дотримання всіма працівниками підприємства (режим паління, зберігання сировини і продукції, проведення вогневих робіт та ін.);
 н) перевірка стану пожежної безпеки об'єкта, наявності та справності технічних засобів боротьби з пожежами, боєдатністю пожежної охорони.

8.2.5 Нормування шуму та вібрації на робочому місці

Шум нормується на робочих місцях відповідно до Держстандарту 12.1.003-83. Відповідно СНіП 23-03-2003, передбачаються звукопоглинальні кожухи, зовнішня поверхня яких покрита шаром противошумної мастики № 589. Для персоналу, що обслуговує найбільш гучне обладнання, передбачені спеціальні навушники з ГОСТ 12.1.003-83 (Із змінами 1989 р.), а також лікувально - профілактичні заходи (проведення регулярних медоглядів - не рідше 1 разу на рік).

Розрізняють гігієнічне та технічне нормування вібрації. При гігієнічному нормуванні регламентуються відповідні умови відносно захисту від вібрації людини, а при технічному - відносно захисту машин, устаткування, механізмів. Дії вібрації, яка може призвести до їх пошкодження чи передчасно виходом з ладу. Основними нормативними документами з охорони праці стосовно вібрації є ГОСТ 12.1.012-90 та ДСН 3.3.6.039-99.

Дія вібрації на організм людини залежить від таких характеристик: інтенсивності, спектрального складу, тривалості впливу, напрямку дії.

Захист від вібрації передбачає:

- застосування вібробезпечних машин;
- застосування засобів віброзахисту, що знижують впливає на працюючих вібрацію на шляхах поширення;

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектування технологічних процесів і виробничих приміщень, що забезпечують дотримання санітарних норм вібрації на робочих місцях;
- організаційно-технічними заходами, спрямованими на поліпшення експлуатації машин, своєчасний їх ремонт і контроль вібраційних параметрів;
- розробкою раціональних режимів праці та відпочинку;
- обмеження параметрів вібрації робочих місць і поверхні контакту з руками робітників, виходячи з фізіологічних вимог, які виключають можливість виникнення вібраційної хвороби.

8.3 Розрахунок штучного освітлення цеху

У виробничому приміщенні з розмірами $A \times B$ і висотою H робоча поверхня перебуває на висоті $h_p = 0,8$ м. стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить $h_c = 1,2$ м.

Розрахувати освітлення цеху методом коефіцієнта використання що створює на робочій поверхні нормовану освітленість E . Коефіцієнт запасу $k = 1,1$. Інші параметри зазначені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Параметри для розрахунку освітлення

Розмір цеху, $A \times B$, м	Висота приміщення, H , м	Мінімальна освітленість, E_{min} , лк	Коефіцієнт відбиття, $\rho_{ст}, \rho_c, \rho_p$
20×15	5	300	50, 30, 10

Визначаємо відстань між світильниками в елементарному полі:

$$L = \lambda_c \cdot h, \quad (8.2)$$

де λ_c – відносна відстань між світильниками;

h – розрахункова висота що визначається формулою:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (8.3)$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовуючи формулу (8.2) та (8.3) знайдемо:

$$h = 5 - 0,8 - 1,2 = 3 \text{ м.}$$

Приймаємо для світильника LED $\lambda_c = 1,6$.

$$L = \lambda_c \cdot h = 1,6 \cdot 3 = 4,8 \text{ м.}$$

Знаючи розмір елементарного світлового поля, визначається розміщення світильників у приміщенні з урахуванням «правила третин»:

Кількість світильників N_A уздовж довгої сторони А:

$$N_A = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1, \quad (8.4)$$

$$l = \frac{1}{3} \cdot L, \quad (8.5)$$

$$N_A = \frac{A - 2 \cdot \frac{L}{3}}{L} + 1 = \frac{A}{L} - \frac{2L}{3L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3}, \quad (8.6)$$

$$N_A = \frac{A}{L} + \frac{1}{3} = \frac{20}{4,8} + \frac{1}{3} = 4,1 \approx 4 \text{ шт.}$$

Використовуючи аналогічну формулу (8.6) знайдемо кількість світильників N_B уздовж коротшої сторони В:

$$N_B = \frac{B - 2 \cdot \frac{L}{3}}{L} + 1 = \frac{B}{L} - \frac{2L}{3L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3}$$

$$N_B = \frac{B}{L} + \frac{1}{3} = \frac{15}{4,8} + \frac{1}{3} = 3,1 \approx 3 \text{ шт.}$$

Загальна кількість світильників у приміщенні:

$$N = N_A \cdot N_B \quad (8.7)$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		109

$$N = 4 \cdot 3 = 12 \text{ шт.}$$

Розраховуємо відстань між світильниками:

Вздовж сторони А:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l_a}{N_A - 1} \quad (8.8)$$

$$l_a = \frac{1}{3} \cdot L_A \quad (8.9)$$

$$L_A = \frac{A - \frac{2L_A}{3}}{N_A - 1} = \frac{A}{N_A - 1} - \frac{2L_A}{3(N_A - 1)} = \frac{3A}{3N_A - 1} = \frac{A}{N_A - 1/3} \quad (8.10)$$

$$L_A = \frac{20}{4 - 1/3} = 5,45 \text{ м.}$$

Використовуючи формулу (8.9), знайдемо відстань від світильників до стіни в ряду:

$$l_a = \frac{1}{3} \cdot 5,45 = 1,8 \text{ м.}$$

Вздовж сторони В розрахуємо використовуючи аналогічні формули (8.10):

$$L_B = \frac{B}{N_B - 1/3}$$

$$L_B = \frac{15}{3 - 1/3} = 5,62 \text{ м.}$$

Відстань від стін до першого ряду:

$$l_b = \frac{1}{3} \cdot 5,62 = 1,87 \text{ м.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання світлового потоку η :

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_n, \quad (8.11)$$

де – ККД світильника 93 % (беремо з технічної характеристики світильника LED);

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

– ККД приміщення. Він залежить від типу світильника (його ККД і кривої сили світла), коефіцієнт відбиття стелі, стін, робочої поверхні приміщення і від індексу приміщення, що враховує співвідношення площі приміщення, висоти і його форми:

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \times B}{h(A + B)}, \quad (8.12)$$

де A і B – ширина й довжина освітлювального приміщення

$$i = \frac{15 \times 20}{3(15 + 20)} = 2,85$$

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку.

Орієнтовне значення коефіцієнта відбиття поверхонь $\rho_{стелі} = 50\%$, $\rho_{стін} = 30\%$, $\rho_{підлоги} = 10\%$. Згідно до таблиці з [5] загальний коефіцієнт використання світлового потоку становить $\eta_n = 59\%$.

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_n = 0,93 \cdot 0,59 = 0,55$$

Визначаємо світловий потік лампи, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості:

$$\Phi_p = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad (8.13)$$

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,55} = 15000 \text{ лм.}$$

де Φ_c – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

E – нормоване значення освітленості;

S – площа робочої поверхні;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості $z=1$;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,1$;

n – кількість світильників;

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

η_e – коефіцієнт використання світлового потоку.

Значення z для освітлювальних установок, у яких можна не враховувати затемнення устаткуванням робочих місць, залежить від відношення L/h .

Для світильника з діодними лампи типу LED рекомендується $z=1$, коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в процесі експлуатації в результаті зменшення світлового потоку джерела світла в процесі горіння, зниження ККД світильників у результаті забруднення стін і стелі приміщення $k=1,1$.

Розрахувавши світловий потік лампи, знаючи її тип, за таблицею додатка А [5] обираємо потужність P_L стандартної лампи так, щоб світловий потік обраної лампи дорівнював або відрізнявся від розрахункового не більше ніж на $-10...+20\%$.

Вибираємо світильника з діодними лампи типу LED з світловим потоком $\Phi_L = 15750$ лм. Відхилення світлового потоку обраної лампи від розрахункового становить. Місце розташування LED світильників для столярного цеху спроектовано у додатку Д:

$$\delta = \frac{\Phi_L - \Phi_p}{\Phi_p} \cdot 100\%, \quad (8.14)$$
$$\delta = \frac{15750 - 15000}{15750} \cdot 100\% = +4,7\%$$

Це відхилення лежить в діапазоні $-10...+20\%$ і свідчить про правильний вибір кількості та потужності світильників.

Визначаємо загальну встановлену потужність освітлювальної установки:

$$P_{вст} = N \cdot P_L, \quad (8.15)$$

де P_L – потужність лампи, Вт

$$P_{вст} = 12 \cdot 150 = 1800 \text{ Вт.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

9 ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ОСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОХ РІЗНИХ ТИПІВ СВІТИЛЬНИКІВ

Проведемо порівняльний аналіз двох варіантів системи освітлення:

1. Для освітлення цеху використовуються світильники типу ГСП із металгалогенними лампами ДРИ-250;
2. Для освітлення цеху використовуються світильники із світлодіодними лампами типу LE-ССП-22-160-0590-65X.

Для проведення порівняльного аналізу при використанні двох різних типів світильників необхідно знайти повні витрати на впровадження даних заходів та здійснити їх порівняння.

Як зазначено вище, для розрахунків системи освітлення було обрано 2 типи світильників: ГСП і LE, із лампами відповідно ДРИ-250 і LED. У таблиці 9.1 наведені технічні характеристики цих освітлювальних приладів.

Таблиця 9.1 – Технічні характеристики світильників

Найменування	Тип світильника	
	ГСП-10У-250 -012У2	LE-ССП-22-160-0590-65X
Тип лампи	ДРИ - 250	LED
Потужність (P_n), Вт	250	150
Світловий потік лампи (Φ_n), лм	20000	15750
Кількість ламп у світильнику (n), шт.	1	1
Термін служби, годин	10000	50000

MP 5.8.141.376 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата				
Разроб.		Фабрика Д.Р.			Проектування системи електропостачання столярного цеху деревообробного заводу. Пояснювальна записка	Арк	Аркуш	Аркушів
Керівник		Петровський М.В.					113	127
Консульт.		Маценко О.М.				СумДУ, ЕТмз-91с		
Н. Контр.		Никифоров М.А.						
Затвердив		Лебединський І.Л.						

Для порівняльного аналізу було обрано світильник LE потужністю 150 Вт із світлодіодними лампами, та світловим потоком $\Phi_{л} = 15750$, опираючись на отримані розрахунки.

Використовуючи формулу (2.32) згідно пункту 2.4 для визначення необхідного світлового потоку світильника LE:

$$\Phi_c = \frac{E_{норм} \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta_e \cdot N} = \frac{300 \cdot 300 \cdot 1,1 \cdot 1}{0,55 \cdot 12} = 15000 \text{ лм.}$$

де Φ_c – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

$E_{норм}$ – нормальна освітленість робочої поверхні приміщення, (300 лк.);

S – площа приміщення, (300 м²);

k – коефіцієнт запасу, для світлодіодних ламп складає $k = 1,1$ [7];

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для діодних ламп $z = 1$ [7];

N – кількість світильників з пункту 2.4 $N = 12$ шт.;

η_e – коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку, опираючись на формулу (2.31) з пункту 2.4, де $i = 2,85$. При орієнтованому значенні коефіцієнта відбиття поверхонь $\rho_{стелі} = 50\%$, $\rho_{стін} = 30\%$, $\rho_{підлоги} = 10\%$.

Згідно до таблиці з [5] загальний коефіцієнт використання світлового потоку становить $\eta_e = 55\%$.

За формулою (2.33), визначаємо фактичну освітленість:

$$E_{\phi} = \frac{15750 \cdot 0,55 \cdot 12}{300 \cdot 1,1 \cdot 1} = 315 \text{ лк.}$$

Тоді за формулою (2.34) знаходимо відхилення фактичної освітленості від нормованого значення:

$$\Delta E = \frac{315 - 300}{300} \cdot 100\% = +5\%$$

					MP.3.8.141.175.ПЗ	Арк.
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівнюючи нормативне значення освітленості з фактичним, можна зробити висновок, що використання ламп LED забезпечує необхідну освітленість робочої поверхні, при цьому відхилення освітленості не перевищує допустимих норм (+20%... –10%) [2].

Кількість світильників LE, необхідна для освітлення цеху (світ $N_{світ}$), визначається по формулі:

$$N_{світ} = \frac{E_{норм} \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\Phi_l \cdot n \cdot \eta}, \quad (9.1)$$

Необхідна кількість світильників ГСП була розрахована у пункті 2.4 Вона складає $N_{світ} = 12$ світильників.

Вартість світильників, які встановлюються в цеху ($Ц_{св}$), визначається по формулі:

$$Ц_{св} = (Ц_c + Ц_l \cdot n) \cdot N, \quad (9.2)$$

де $Ц_c$ – ціна одного світильника, грн.;

$Ц_l$ – ціна однієї лампи, грн.;

n – кількість ламп у світильнику, шт.

N – кількість світильників, шт.

Використовуючи дані Internet та прайс-листи знаходимо ціну необхідних нам світильників та ламп для них, зводимо таблицю 9.2.

Таблиця 9.2 – Вартість освітлювальної установки

№	Назва	Ціна, грн.
1	Світильник ГСП	1070
	Лампа ДРИ - 250	190
2	Світильник діодний типу LE	12500

Розрахуємо вартість всіх світильників ГСП:

$$C_{св.ГСП} = (1070 + 190 \cdot 1) \cdot 12 = 15120 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість всіх світильників LE:

$$C_{св.LE} = 12500 \cdot 12 = 150000 \text{ грн.}$$

Вартість монтажу світильників визначається по формулі:

$$C_{УСТ} = C_{уст} \cdot N, \quad (9.3)$$

де $C_{уст}$ – ціна монтажу одного світильника, грн.

Використовуючи дані Internet та прайс-листи на монтаж. Ціна монтажу світильника ГСП становить – 80 грн., також як світильника типу LE – 80 грн.

Розрахуємо вартість монтажу світильників ГСП:

$$C_{УСТ ГСП} = 80 \cdot 12 = 960 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість монтажу світильників LE:

$$C_{УСТ LE} = 80 \cdot 12 = 960 \text{ грн.}$$

Кількість електричної енергії, що споживається за рік (K), визначається по формулі:

$$K = k \cdot N_n \cdot n \cdot N, \quad (9.4)$$

де k – час роботи лампи за рік, годин. Для ламп час роботи становить 2400 годин за рік.

N_n – потужність лампи, кВт.

Споживана електроенергія при використанні світильників ГСП становить:

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{ГСП} = 2400 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 12 = 7200 \text{ (кВт/рік)}$$

Споживана електроенергія при використанні світильників LE:

$$K_{LE} = 2400 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 12 = 4320 \text{ (кВт/рік)}$$

Вартість електричної енергії, що споживається світильниками за рік ($C_{ЕЛ}$), визначається по формулі:

$$C_{ЕЛ} = K \cdot C_{ел}, \quad (9.5)$$

де $C_{ел}$ – ціна на електричну енергію. $C_{ел} = 2,74$ грн./кВт. [5]

Для світильників ГСП вона становить:

$$C_{ЕЛ ГСП} = 7200 \cdot 2,74 = 19728 \text{ грн./кВт.}$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників LE:

$$C_{ЕЛ LE} = 4320 \cdot 2,74 = 11836,8 \text{ грн./кВт.}$$

Витрати по експлуатації світильників визначаються по формулі:

$$C_{експл.} = G \cdot C_{л}, \quad (9.6)$$

де G – витрата ламп за період розрахунку, шт.

З урахуванням терміну служби ламп 10000 год середньорічна витрата ламп ДРИ – 250 складе 60 штук за 20 років.

Витрати по експлуатації світильників ГСП:

$$C_{експл.ГСП} = 60 \cdot 190 = 11400 \text{ грн.}$$

Витрати по експлуатації світильників LE:

$$C_{експл.LE} = 0 \text{ грн.}$$

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо повні витрати по впровадженню кожного з варіантів по формулі:

$$B_n = C_{св} + C_{уст} + C_{ел} + C_{експ.}, \quad (9.7)$$

Визначимо повні витрати по освітленню цеху світильниками типу ГСП:

$$B_{n ГСП} = 15120 + 960 + 20 \cdot 19728 + 11400 = 422040 \text{ грн.}$$

Середньорічні витрати по освітленню цеху світильниками типу ГСП складають 21102 грн.

Визначимо повні витрати по освітленню цеху світильниками типу LE:

$$B_{n LE} = 150000 + 960 + 20 \cdot 11836,8 + 0 = 387696 \text{ грн.}$$

Середньорічні витрати по освітленню цеху світильниками типу LE складають 19384, 8 грн.

Річна економія по експлуатації світильників LE, ніж при використанні світильників ГСП, складає:

$$E_{річ} = B_{n ГСП} - B_{n LE}, \quad (9.8)$$

$$E_{річ} = 21102 - 19384,8 = 1717,2 \text{ грн.}$$

Таким чином, ми бачимо, що середньорічні витрати за запропонованим другим варіантом, тобто освітлення цеху за допомогою світильників з діодами типу LE-ССП-22-160-0590-65X, менші, в порівнянні із першим варіантом (тобто освітлення цеху за допомогою світильників типу ГСП з лампою ДРИ–250) на 1717, 2 грн.

Тому економічно вигідніше використовувати для освітлення даного цеху світильники з діодами типу LE-ССП-22-160-0590-65X.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

Таблиця 9.3 – Порівняння двох варіантів освітлення

	Світильник ГСП з лампою ДРИ-250	Світильник діодний типу LE-ССП-22- 160-0590-65X
Кількість світильників, шт.	12	12
Вартість всіх світильників з лампами, грн.	15120	150000
Вартість монтажу світильників, грн.	960	960
Електрична енергія, що споживається за рік, кВт/рік.	7200	4320
Вартість електричної енергії за рік, грн.	19728	11836,8
Витрати по експлуатації світильників, грн.	11400	0
Повні витрати, грн.	422040	387696
Середньорічні витрати, грн.	21102	19384,8
Річна економія, грн.	-	1717,2

ВИСНОВКИ

У результаті написання магістерської роботи, відповідно до поставленого завдання було виконано розрахунок електричних навантажень силового та освітлювального електрообладнання, столярного цеху №1, деревообробного заводу.

Було здійснено розрахунок та вибір перерізу кабелів розподільчої мережі для кожного з силових електроприймачів, а також для освітлювальної лінії. За результатами розрахунку було вибрано апарати захисту, для запобігання пошкодження електрообладнання у випадку виникнення короткого замикання, чи перенавантаження.

Вибрані апарати захисту було перевірено за основними критеріями захисник характеристик, з урахуванням результатів розрахунку струмів КЗ, трифазного та однофазного в різних точках мережі.

У розрахунку по допустимому відхиленню напруги в розподільчій мережі був виконаний розрахунок втрат напруги в кабелях та проводі до найбільш потужного і віддаленого електроприймача, яким є фрезерний верстат.

В розділі охорона праці був проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які мають вплив на робітників виробничого цеху, та запропоновано відповідні рішення щодо усунення або мінімізації даних факторів, розглянуто заходи щодо запобігання ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу, проведений розрахунок штучного освітлення цеху, що виконаний за допомогою світлодіодних світильників.

В економічній частині проекту було проведено економічне порівняння освітлення цеху при використанні двох різних типів світильників.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 280 с.
2. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
3. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. Пособие для вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1987.–368 с.
4. Каталог светотехнической продукции Украинской электротехнической корпорации «АСКО-УКРЕМ», 2009.
5. Г. М. Кнорринг, Ю. Б. Оболенцев, Р.И. Берим , В. М. Крючков. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под. Ред. Г. М. Кнорринга. – Л.: «Энергия», 1976. – 384 с.
6. ДБН В.2.5.–28–2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінбуд Україна, 2006.
7. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д., Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –528 с.
8. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
9. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.:ФОРУМ:ИНФА-М, 2005. – 214 с.
10. Экономика предприятия: Учебное пособие / Под общ. ред. д.э.н., проф. Л.Г. Мельника. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2002. – 632с.
11. Железко Ю. С. и др. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Воротницкий В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях.. Зарубежный опыт анализа и снижения. – М.: Диалог Электро, 2006
13. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація».
14. OHSAS 18001: 2007 «Системи менеджменту охорони здоров'я та забезпечення безпеки праці».
15. ГОСТ 12.2.003 – 91 ССБТ «Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки».
16. ГОСТ 12.2.026 – 80 ССБТ «Обладнання деревообробне. Техніка безпеки».
17. ГОСТ 12.1.005 – 88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" і "Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони" (№ 4617-88, затв. наказом МОЗ України).
18. Методичні вказівки до оформлення дипломних робіт / Укладачі: М.А. Никифоров, І.Л. Лебединський.– Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 74 с.

					MP 5.8.141.376 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		