

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Проект допущено до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики
_____ І.Л. Лебединський
«__» _____ 20 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Проектування системи електропостачання цеху
металооброблювальних верстатів з числовим програмним
керуванням»**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав студент гр. ЕТм-91	_____ А.М. Полевик
Керівник, к.т.н.	_____ С.М. Лебеда
Консультант з економічної частини	
к.е.н., доцент	_____ О.М. Маценко
Нормоконтроль	_____ М.А. Никифоров

Суми 2020

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

І.Л. Лебединський

“ ___ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу

Полевика Антона Миколайовича

1. Тема кваліфікаційної роботи «Проектування системи електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням» затверджено наказом по університету № _____ від _____
2. Термін здачі студентом завершеної роботи _____ . 20 _____ р.
3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для проектування системи електропостачання є генеральний план приміщень з указанням місць розташування основних електроприймачів; перелік електроприймачів з указанням їхньої потужності та кількості.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)
 - Вступ;
 - Характеристика технологічного процесу;
 - Розрахунок електричних навантажень, вибір силової, компенсуючої, комутаційної та захисної апаратури;
 - Розрахунок короткого замикання, засобів грозозахисту та заземлення;
 - Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях;
 - Розрахунок освітлення приміщень цеху засобами DIALux з моделюванням у 3D;
 - Економічна частина;
 - Висновки;
 - Використана літератури.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)
 - План розміщення електрообладнання цеху;
 - План цехової підстанції;
 - Однолінійна схема цехової підстанції.

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	Маценко О.М.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник проекту _____
(підпис)

Задання прийняв до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз об'єкту проектування	01.10.2020
2	Розрахункова частина	01.10.2020
3	Охорона праці на підприємстві	15.10.2020
4	Розрахунок економічної частини	30.10.2020
5	Оформлення пояснювальної записки	15.11.2020

Студент-дипломник _____ Полевик А.М.
(підпис)

Керівник проекту _____ Лебедка С.М.
(підпис)

Реферат

109 сторінок, 28 рисунків, 55 таблиць, 22 джерела.

Бібліографічний опис: Полевик А.М. Проектування системи електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістр; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / А.М. Полевик; наук. керівник. – к.т.н. С.М. Леbedка Суми: СумДУ, 2020 – 109 с.

Ключові слова: електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з ЧПК, трансформатори, компенсуючий пристрій, кабельна лінія, освітлення DIALux.

Электроснабжения цеха высокоточных металообрабатывающих станков с ЧПК, трансформаторы, компенсирующее устройство, кабельная линия, освещение DIALux.

Power supply of the shop of CNC machine tools, transformers, compensating device, cable line, lighting DIALux.

Короткий огляд - У магістерській роботі на тему: «Проектування системи електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням» були розраховані параметри електрообладнання, на основі яких і вимог до технологічного процесу обрано компенсуючі, комутаційні та захисні пристрої та апарати, кабельні лінії, силові та вимірювальні трансформатори, спосіб виконання пристроїв АВР.

Для розрахунку освітлення цеху було використано програмне забезпечення DIALux 4.13 та DIALuxEVO. Програми забезпечують надвисоку точність розрахунку освітленості робочих зон.

Особливу увагу при дипломному проектуванні було приділено питанням охорони праці та техніки безпеки. Для службового персоналу даного цеху пред'являються високі вимоги щодо дотримання правил техніки безпеки під час виконання будь-яких робіт з електроустановками цеху.

Проведено економічний розрахунок капітальних витрат на експлуатацію та ремонт електроустаткування цеху, розрахували оплату праці електротехнічного персоналу цеху.

У пункті «Наукова частина» відповідно, до поставленої задачі, умов відповідності суміщення електромагнітних систем лінійного двигуна та двигуна обертального руху, була розроблена модель лінійного двигуна в програмі Simulink.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ЧПК – числове програмне керування;
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;
ВН – висока напруга;
НН – низька напруга;
ЛЕП – лінія електропередачі;
РПНН – розподільчий пункт низької напруги;
АВР – автоматичний ввід резерву;
СП – силовий пункт;
КП – компенсуючий пристрій;
ТП – трансформаторна підстанція;
КЗ – коротке замикання;
ГПП – головна понижуюча підстанція;
ТС – трансформатор струму;
ТН – трансформатор напруги;
ЗП – заземлюючий пристрій;
ПВ – тривалість ввімкнення;
АД – асинхронний двигун;
ППР – планово попереджувальний ремонт;
ФОП – фонд оплати праці.

Зміст

Вступ	8
1. Аналіз об'єкту проектування	9
1.1 Розрахунок електричних навантажень	10
2. Розрахункова частина	17
2.1 Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності	17
2.2 Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції	18
2.3 Розрахунок номінальних струмів всіх споживачів і вибір живлячих кабелів	20
2.4 Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури	24
2.5 Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми	29
2.6 Перевірка електрообладнання і струмопровідних частин на термічну і динамічну стійкість	33
2.7 Вибір трансформаторів струму та напруги	35
3. Охорона праці та техніка безпеки	39
3.1 При приведенні робіт біля слюсарних лещат	39
3.2 При проведенні робіт по різанню листового металу ножицями кривошипними листовими з похилим ножом НД 3316 Г	43
3.3 Під час виконання робіт на токарних верстатах	48
3.4 Розрахунок заземлення та грозозахисту	56
3.5 Розрахунок освітлення приміщень цеху програмними засобами в середовищі DIALux	61
4. Економічна частина	72
4.1 Організація технічного обслуговування та ремонту електрообладнання	74
4.2 Розрахунок чисельності ремонтного та чергового персоналу	82

					MP 3.8.141.266 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Полевик А.М.						
Перевір.		Лебедка С.М.					6	109
Реценз.						СумДУ ЕТМ-91		
Н. Контр.		Никифоров М.А						
Затверд.		Лебединський						

4.3 Розрахунок капітальних витрат на електрообладнання цеху	86
4.4 Розрахунок поточних витрат на електрообладнання цеху	90
4.5 Техніко-економічні показники електрослужби цеху	97
5. Наукова частина	98
5.1 Актуальність роботи.....	98
5.2 Дослідницька частина	100
Висновки	106
Список літератури	108

Вступ

У сучасному світі енергетика є основою розвитку базисних галузей індустрії, що визначають прогрес суспільного виробництва. В усіх промислово розвинених країнах темпи розвитку енергетики випереджали темпи розвитку інших галузей. Виникли системи електропостачання.

Системою електропостачання називають сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією.

У свою чергу під електроустановками розуміють сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного обладнання (разом із спорудами та приміщеннями в яких вони встановлені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії та перетворення її в інші види енергії.

Збільшення енергоємності промислових підприємств, різноманітність вимог до електропостачання залежно від характеру технологічного процесу та розвитку нової техніки в галузі електропостачання значно ускладнили розрахунки, пов'язані з проектуванням і експлуатацією систем електропостачання.

В Україні паливно-енергетичний комплекс відстає від передових світових тенденцій. Саме через цю причину при проектуванні нових підприємств або нових цехів на вже існуючих підприємствах виникає необхідність збільшувати надійність системи електропостачання на своїй території. Нове електричне обладнання висуває високі вимоги не тільки до надійності електропостачання а й до якості електроенергії. Саме тому у кваліфікаційній роботі прийняті до уваги не тільки категорія по надійності електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням, а й показники якості електроенергії (відхилення напруги, коефіцієнт потужності, можливі провали напруги) які регламентуються чинним законодавством України.

					МР 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

1. Аналіз об'єкту проектування

Цех використовується для обробки металевих елементів, що потребує надвисокої точності (до 1мкм). Металооброблювальне обладнання працює у тривалому режимі. Для коректної роботи токарних та фрезерних металооброблювальних станків у приміщенні витримується постійна температура впродовж всього року (20 – 22°C), для чого використовуються опалювальні котли та агрегати опалення з вентиляторами. У приміщенні цеху, для забезпечення коректної роботи вимірювальних приладів металооброблювальних верстатів з ЧПК, використовується потужна вентиляційна апаратура, що забезпечує видалення пилу і стружки під час роботи верстатів, а також сильний приплив чистого повітря.

Категорія будівлі з надійності електропостачання – II, адже будь яка незапланована зупинка технологічного процесу може привести до значних економічних збитків і виходу з ладу металооброблювальних верстатів з ЧПК.

Згідно з вихідними даними:

- скласти схему електропостачання цеху;
- обрати живильні кабелі, трансформатори, захисну та комутаційну апаратуру;
- розрахувати засоби грозозахисту та заземлення будівлі;
- розробити креслення проекту.

Таблиця 1.1 – Параметри електрообладнання цеху

Назва	Тип	Кількість, шт	P_H , кВт	Коефіцієнт використання, Кв	$\cos\varphi$
Токарний верстат	SR10GS	5	20.1	0.9	0.82
Токарний верстат	2100LMS	17	34	0.9	0.83

					MP 3.8.141.266 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Полевик А.М.			Аналіз об'єкту проектування	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лебедка С.М.					9	8
Реценз.						СумДУ ЕТМ-91		
Н. Контр.		Никифоров М.А						
Затверд.		Лебединський						

Продовження таблиці 1

Назва	Тип	Кількість, шт	P_H , кВт	Коефіцієнт використання, Кв	$\cos\varphi$
Фрезерний верстат	DNM400A	4	30	0.9	0.86
Компресор	TIDY15	2	11.1	0,7	0.84
Токарний верстат	SR20GS	9	25.1	0.9	0.73
Котел опалювальний	KEO-90	2	90	0.7	0.95
Циркуляційний електронасос	Aaquatica	2	1	0.7	0.76
Вентагрегат ВР287-46.1-5.1	АИР112М4	2	5.5	0.6	0.83
	АИР160S4	1	15		0.85
	АИР132S4	1	7.5		0.84
Агрегат повітряний опалювальний АО-ЕВР5.7-100	ПНЕ-100	3	90	0.6	0.95
	АИР100L6	3	2.2		0.76
Кондиціонер		3	20.1	0.6	0.85

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку грозозахисту, заземлення та КЗ

$S_{КЗ}$, МВА	ρ , Ом/м	A, м	B, м	h, м	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	I_3 , А	Кліматична зона
166.7	110	77.9	20.4	5	6	0.4	22	2

1.1 Розрахунок електричних навантажень

Всі електроспоживачі розбиваємо на однорідні за режимом роботи групи з однаковим значенням коефіцієнта використання. Вихідні дані до розрахунку наведені у таблиці 1.1.

Оскільки всі споживачі працюють в тривалому режимі роботи, розраховуємо встановлену потужність електроспоживачів P_B , кВт, за формулою:

$$P_B = P_H * n$$

де P_H – номінальна потужність споживача, кВт;

n – кількість споживачів даного типу.

Для кожної групи однорідних електроприймачів визначаємо середнє активне навантаження за найбільш завантажену зміну P_{CM} , кВт за формулою:

$$P_{CM} = K_B * P_B$$

де K_B – коефіцієнт використання;

P_B – встановлена потужність, кВт.

та реактивне навантаження Q_{CM} , кВар за формулою:

$$Q_{CM} = P_{CM} * tg\varphi$$

Результати розрахунків наведені у таблиці 1.3.

Для вузла приєднання підсумовуємо активні складові потужностей по групах різнорідних електроспоживачів $P_{CM.Вуз}$, кВт за формулою:

$$P_{CM.Вуз} = \sum P_{CM} = 1287.14 \text{ кВт}$$

та реактивні складові потужностей по групах різнорідних електроспоживачів $Q_{CM.Вуз}$, кВар за формулою:

$$Q_{CM.Вуз} = \sum Q_{CM} = 727.325 \text{ кВар}$$

Підраховуємо сумарну встановлену потужність всіх електроприймачів вузла $P_{B.Вуз}$, кВт за формулою:

$$P_{B.Вуз} = \sum P_B = 1599 \text{ кВт}$$

Таблиця 1.3 – Результати розрахунку

Назва	Тип	P_B , кВт	P_{CM} , кВт	Q_{CM} , кВар	$tg\varphi$
Токарний верстат	SR10GS	100.5	90.45	63.134	0.698
Токарний верстат	SR20GS	225.9	203.31	136.625	0.672

Продовження таблиці 1.3

Назва	Тип	P_B , кВт	P_{CM} , кВт	Q_{CM} , кВАр	$tg\varphi$
Токарний верстат	2100LMS	578	520.0	308.669	0.5934
Компресор	TIDY15	22.2	15.54	14.549	0.9362
Фрезерний верстат	DNM400A	120	108	69.761	0.6459
Котел опалювальний	КЕО-90	180	126	41.414	0.3287
Циркуляційний електронасос	Aaquatica	2	1.4	1.197	0.8552
Вентагрегат BP287-46.1-5.1	AIP112M4	11	6.5	4.435	0.6720
	AIP160S4	15	9	5.578	0.6197
	AIP132S4	7.5	4.5	2.907	0.6459
Агрегат повітряний опалювальний АО-ЕВР5.7-100	ПНЕ-100	270	162	53.247	0.3287
	AIP100L6	6.6	3.96	3.386	0.8552
Кондиціонер		60.3	36.18	22.422	0.6197

Визначаємо середньозважене значення коефіцієнта використання вузла, $K_{B.Вуз}$ за формулою:

$$K_{B.Вуз} = \frac{P_{CM.Вуз}}{P_{B.Вуз}} = \frac{1287.14}{1599} = 0.805$$

Визначаємо середньозважене значення коефіцієнта потужності вузла, $tg\varphi_{Вуз}$ за формулою:

$$tg\varphi_{Вуз} = \frac{Q_{CM.Вуз}}{P_{CM.Вуз}} = \frac{727.325}{1287.14} = 0.5651$$

виходячи зі значення $tg\varphi_{Вуз}$, $\cos\varphi_{Вуз} = 0.8706$

Розраховуємо ефективне число споживачів цеху. Розраховуємо коефіцієнт m ,

за формулою:

$$m = P_{Hmax}/P_{Hmin} = 90/1 = 90$$

де P_{Hmax} – номінальна потужність найпотужнішого споживача, кВт;

P_{Hmin} – номінальна потужність найменш потужного споживача, кВт.

При виконанні умов: $K_B \geq 0.2$ та $m > 3$, ефективне число споживачів цеху $n_{еф}$, шт. за формулою:

$$n_{еф} = 2 * \sum P_{Hi}/P_{Hmax} = 2 * 1599/90 = 35.533 \approx 36 \text{ шт}$$

де $\sum P_{Hi}$ – сума номінальних потужностей всіх споживачів, кВт.

Виходячи зі значень $K_{B.Вуз}$ та $n_{еф}$, визначаємо коефіцієнт максимуму – $K_M = 1.0485$.

Визначаємо максимальне розрахункове навантаження вузла P_M , кВт, за формулою:

$$P_M = K_M * P_{CM.Вуз} = 1.0485 * 1287.14 = 1349.58 \text{ кВт}$$

та розрахункове реактивне навантаження Q_M , кВАр, за формулою:

$$Q_M = K_M * Q_{CM.Вуз} = 1.0485 * 727.325 = 762.608 \text{ кВАр}$$

Визначаємо повну потужність споживачів S_M , кВА, за формулою:

$$S_M = \sqrt{(P_M + P_{OCB})^2 + Q_M^2} = \sqrt{(1349.58 + 53.983)^2 + 762.608^2} = 1597.36 \text{ кВА}$$

де P_M та Q_M – розрахункові потужності споживачів з $K_B \geq 0.2$;

P_{OCB} – потужність освітлення цеху, кВт.

Потужність освітлення P_{OCB} кВт, знаходимо за формулою:

$$P_{OCB} = P_M * 4\%/100\% = 1349.58 * 4\%/100\% = 53.983 \text{ кВт}$$

Розподіляємо споживачів за групами приєднання до силових пунктів і розраховуємо потужності. Розрахункова потужність силового пункту P_P , кВт, розраховується за формулою:

$$P_P = P_B * K_B$$

де P_B – встановлена потужність СП, кВт.

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						13
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

Результати розрахунків наведені у таблицях 1.4-1.13.

Таблиця 1.4 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП1

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Токарний верстат	SR10GS	2	0.9	142.2	127.98
Токарний верстат	2100LMS	3			

Таблиця 1.5 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП2

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Токарний верстат	2100LMS	5	0.9	170	153

Таблиця 1.6 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП3

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Токарний верстат	2100LMS	5	0.9	170	153

Таблиця 1.7 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП4

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Токарний верстат	2100LMS	4	0.9	136	122.4

Таблиця 1.8 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП5

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Токарний верстат	SR10GS	3	0.9	135.6	122.04
Токарний верстат	SR10GS	3			

Таблиця 1.9 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП6

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Токарний верстат	SR10GS	6	0.9	150.6	135.54

Таблиця 1.10 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП7

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Фрезерний верстат	DNM400A	4	0.9	120	108

Таблиця 1.11 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП8

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Компресор	TIDY15	2	0.7	204.2	142.94
Котел опалювальний	KEO-90	2			
Циркуляційний електронасос	Aaquatica	2			

Таблиця 1.12 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП9

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Вентагрегат BP287-46.1-5.1	АИР112М4	2	0.6	125.7	75.42
	АИР160S4	2			
	АИР132S4	2			
Агрегат повітряний опалювальний АО-ЕВР5.7-100	ПНЕ-100	1			
	АИР100L6	1			

Таблиця 1.13 – Дані споживачів приєднаних до силового пункту СП10

Найменування споживача	Тип	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Кондиціонер		3	0.6	244.7	146.82
Агрегат повітряний опалювальний АО-ЕВР5.7-100	ПНЕ-100	2			
	АИР100L6	2			

2. Розрахункова частина

2.1 Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності

Для вирішення питання про доцільність або недоцільність застосування КП визначаємо середньозважений коефіцієнт потужності:

$$\cos\varphi_{\text{ср.в}} = P_M / S_M = 1349.58 / 1597.36 = 0.84$$

де P_M – максимальне розрахункове навантаження вузла, кВт;

S_M – повна потужність споживачів, кВА.

Оскільки середньозважений коефіцієнт потужності менше 0.9 то треба розрахувати компенсуючий пристрій.

З метою підвищення $\cos\varphi_{\text{ср.в}}$ до значення 0.9-0.93 встановлюємо батареї статичних конденсаторів, реактивну потужність яких $Q_{\text{КП}}$, кВАр розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{КП}} = P_M * (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) = 1349.58 * (0.6332 - 0.3952) = 321.126 \text{ кВАр}$$

де $tg\varphi_1$ – тангенс кута, що відповідає $\cos\varphi_{\text{ср.в}} = 0.84$;

$tg\varphi_2$ – тангенс кута бажаного коефіцієнта потужності ($\cos\varphi_{\text{Б}} = 0.93$).

Дані обраних компенсуючих пристроїв наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри обраного компенсуючого пристрою [15]

Тип	Кількість, шт	$Q_{\text{КУ}}$, кВАр	$U_{\text{Н}}$, кВ
КРМ 0.4-160-20 УЗ-У1	2	160	0.4

З метою безпеки, щоб усунути електричний заряд на відключених від мережі конденсаторах, паралельно їм повинні автоматично включатись розрядні резистори опором $R_{\text{РОЗР}}$, Ом, величина яких підраховується за формулою:

$$R_{\text{РОЗР}} = (15 * U_{\text{Ф}}^2 * 10^6) / Q_{\text{КУ}} = (15 * 0.4^2 * 10^6) / 160 = 15000 \text{ Ом}$$

де $U_{\text{Ф}}$ – напруга на одній фазі батареї конденсаторів, кВ;

					МР 3.8.141.266 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Полевик А.М.			Розрахункова частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лебедка С.М.					17	22
Реценз.						СумДУ ЕТМ-91		
Н. Контр.		Никифоров М.А						
Затверд.		Лебединський						

$Q_{КУ}$ – потужність батареї конденсаторів, кВАр.

2.2 Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції

Напруга на вищій стороні дорівнює 6 кВ, тому обираємо закриту підстанцію, оскільки відкриту підстанцію будують для підстанцій 35 кВ і вище. Трансформаторні підстанцію розташована в будівлі цеху в окремому приміщенні, вбудованому в будівлю цеху. В даному випадку вибрана звичайна ТП так як вона пом'якшить вимогу до набору персоналу її обслуговування. Оскільки категорія з надійності електропостачання цеху II застосовуємо 2 трансформатори з РПНН та АВР, АВР виконується завдяки використанню спеціального рубильника з мотоприводом і електронним керуванням на місці секційного вимикача, приєднання кабелю до трансформатора глухе. Трансформатори з'єднуються з РУНН за допомогою кабельної вставки, адже її легше змонтувати. Використовуємо 5 шаф РПНН: 2 лінійних, 1 секційний та 2 ввідних. Тип шаф РПНН – ЩО-90 з розмірами 800*600*2000 мм.

Після включення обраної батареї конденсаторів необхідну потужність, котру повинні забезпечувати трансформатори S_P , кВА визначаємо за формулою:

$$S_P = \sqrt{(P_M + P_{ОСВ})^2 + (Q_M - n_{КУ} * Q_{КУ})^2} = \\ = \sqrt{(1349.58 + 53.983)^2 + (762.608 - 2 * 160)^2} = 1471.696 \text{ кВА}$$

де Q_M – максимальна реактивна потужність споживачів, кВАр;

P_M – максимальна активна потужність споживачів, кВт;

$n_{КУ}$ – кількість конденсаторних установок, шт.;

$Q_{КУ}$ – потужність однієї конденсаторної установки, кВАр;

$P_{ОСВ}$ – потужність освітлення цеху, кВт.

Потужність трансформатора, встановленого на живлячій підстанції $S_{Н.ТР}$, кВА розраховуємо за формулою:

$$S_{Н.ТР} = S_P / K_3 * n = 1471.696 / 0.75 * 2 = 981.131 \text{ кВА}$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження трансформаторів, $K_3 = 0.75$ для будівель з

					МР 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

II категорією по надійності електропостачання;

n – сумарна кількість трансформаторів, шт.

Так як середньорічна температура охолоджуючого повітря відрізняється від 35°C, розраховуємо номінальну фактичну потужність трансформаторів $S_{H,\Phi}$, кВА за формулою:

$$S_{H,\Phi} = S_{H.KAT} * \left(1 + \frac{(35 - \theta)}{100}\right) = 1600 * \left(1 + \frac{(35 - 20)}{100}\right) = 1840 \text{ кВА}$$

де θ – фактична середньорічна температура охолоджуючого повітря, °C;

$S_{H.KAT}$ – потужність трансформатора за каталогом, кВА. Обирається з умови: $S_{H.KAT} \geq S_{H.TP}$.

На ділянці знаходяться 2 трансформатори, тому потрібно перевірити кожний із трансформаторів за після аварійним режимом у разі виходу із ладу одного із трансформаторів, згідно наступної формули:

$$\begin{aligned} S_{AB} &= \sqrt{(P_{M1} + P_{OCB} + 0.5P_{M2})^2 + (Q_{M1} + 0.5Q_{M2} - n_{KY} * Q_{KY})^2} = \\ &= \sqrt{(1349.58 + 53.983 + 0.5 * 0)^2 + (762.608 + 0.5 * 0 - 2 * 160)^2} = \\ &= 1527.457 \text{ кВА} \end{aligned}$$

де P_{M1}, Q_{M1} – розрахункові потужності споживачів з $K_B \geq 0.2$;

P_{M2}, Q_{M2} – розрахункові потужності споживачів з $K_B < 0.2$;

Перевіряємо за умовою: $S_{H,\Phi} = 1840 \geq S_{AB} = 1527.457$ кВА. Умова виконується, тому остаточно обираємо трансформатори ТМ-1600/6-У1. Дані обраних трансформаторів наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри обраних трансформаторів [7]

Тип	$S_{НОМ}$, кВА	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	Габаритні розміри, мм	U_K , %	$I_{ХХ}$, %	ПБЗ
ТМ-1600/6-У1	1600	6	0.4	2220x1130x2830	6.0	0.60	±2x2.5%

2.3 Розрахунок номінальних струмів всіх споживачів і вибір живлячих кабелів

Номінальний струм споживача I_H , А розраховуємо за формулою:

$$I_H = \frac{P_H}{(\sqrt{3} * U_H * \cos\varphi)}$$

де P_H – номінальна потужність споживача, кВт;

U_H – номінальна лінійна напруга, кВ.

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності споживача.

За знайденим номінальним струмом приймачів обираємо перетин кабелю і його тип згідно з умови: $I_{\text{доп}} \geq I_H$. Результати розрахунків наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Номінальні струми споживачів. Дані обраних кабелів [14]

Найменування споживача	Тип	I_H , А	Марка обраного кабелю	$I_{\text{доп}}$, А
Токарний верстат	SR10GS	37.242	ВВГ 5x10	66
Токарний верстат	SR20GS	45.946	ВВГ 5x10	66
Токарний верстат	2100LMS	60.067	ВВГ 5x16	87
Фрезерний верстат	DNM400A	54.262	ВВГ 5x16	87
Компресор	TIDY15	23.102	ВВГ 5x4	37
Котел опалювальний	KEO-90	143.938	ВВГ 4x70	210
Циркуляційний електронасос	Aaquatica	1.999	ВВГ 3x1.5	21
Вентагрегат ВР287-46.1-5.1	АИР112М4	10.068	АВБбШв 4x2.5	19
	АИР160S4	26.812	АВБбШв 4x10	46
	АИР132S4	13.566	АВБбШв 4x4	26
Агрегат повітряний опалювальний АО-ЕВР5.7-100	ПНЕ-100	143.938	ВВГ 4x70	210
	АИР100L6	4.398	ВВГ 4x1.5	19

Продовження таблиці 2.3.

Найменування споживача	Тип	I_H , А	Марка обраного кабелю	$I_{Доп}$, А
Кондиціонер		35.928	АВБбШв 4х10	46

Встановлений струм I_B , А силового пункту розраховуємо за формулою:

$$I_B = \frac{P_B}{(\sqrt{3} * U_H)}$$

де P_B – встановлена потужність силового пункту, кВт;

U_H – номінальна лінійна напруга, кВ.

Розрахунковий струм I_P , А силового пункту розраховуємо за формулою:

$$I_P = \frac{P_P}{(\sqrt{3} * U_H)}$$

де P_P – розрахункова потужність силового пункту, кВт.

За знайденим встановленим струмом приймачів обираємо перетин кабелю і його тип згідно з умови: $I_{Доп} \geq I_H$. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Встановлені та розрахункові струми силових пунктів. Дані обраних кабелів [14]

Позначення силового пункту	I_B , А	I_P , А	Марка обраного кабелю	$I_{Доп}$, А	L , м
СП1	216.051	194.445	ВВГ 5х120	274	50
СП2	258.288	232.459	ВВГ 5х150	321	60
СП3	258.288	232.459	ВВГ 5х150	321	70
СП4	206.631	185.968	ВВГ 5х120	274	90
СП5	206.023	185.421	ВВГ 5х120	274	30
СП6	228.813	205.932	ВВГ 5х120	274	60

					МР 3.8.141.266 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		21

Продовження таблиці 2.4.

Позначення силового пункту	I_B, A	I_P, A	Марка обраного кабелю	$I_{Доп}, A$	$L, м$
СП7	182.321	164.089	ВВГ 5x95	228	70
СП8	310.25	217.175	ВВГ 5x150	321	120
СП9	190.981	114.589	ВВГ 5x95	228	35
СП10	371.783	223.070	ВВГ 5x185	390	37

Струм трансформатора I_P, A на стороні ВН та НН розраховуємо за формулою:

$$I_P = \frac{(1.4 * S_{TP})}{(\sqrt{3} * U_H)}$$

де S_{TP} – номінальна потужність трансформатора, кВА;

U_H – номінальна лінійна напруга на стороні ВН/НН трансформатора, кВ.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Струми на сторонах ВН та НН трансформатора. Дані обраних кабелів [14]

Сторона трансформатора	I_P, A	Марка обраного кабелю	$I_{Доп}, A$	$L, м$	$r_0, Ом/км$	$x_0, Ом/км$
ВН	215.544	ААШв 3x150	275	6841	0.206	0.088
НН	3403.328	9 ВВГ 4x185	9x391	10	0.1	0.0596

Економічний переріз кабелю на стороні ВН $S_{ЕК}, мм^2$ розраховуємо за формулою:

$$S_{ЕК} = I_P / j_{ЕК} * n = 215.544 / 1.4 * 2 = 79.98 мм^2$$

де $j_{ЕК}$ – економічна густина струму, А/мм².

n – кількість живлячих кабелів, що підходять до ТП згідно з вимогами до надійності II категорії електропостачання споживачів.

Фактичне значення втрати напруги на стороні ВН ΔU , % розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{\sqrt{3} * 100}{U_H} * I_P * L * (\cos\varphi * r_0 + \sin\varphi * x_0) = \\ &= \frac{\sqrt{3} * 100}{6000} * 215.544 * 6.841 * (0.93 * 0.206 + \sqrt{1 - 0.93^2} * 0.088) = \\ &= 9.5\% \end{aligned}$$

де U_H – номінальна лінійна напруга на стороні ВН трансформатора, В;

L – довжина лінії, км;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності отриманий після встановлення засобів компенсації реактивної потужності.

$\Delta U = 9.5 \leq \Delta U_{\text{доп}} = 10$ %, умова задовольняється.

Струм основного освітлення $I_{\text{осв}}$, А розраховуємо за формулою:

$$I_{\text{осв}} = \frac{P_{\text{осв}}}{(\sqrt{3} * U_H)} = \frac{53.983}{(\sqrt{3} * 0.38)} = 82.019 \text{ А}$$

де $P_{\text{осв}}$ – потужність освітлення, кВт.

Струм аварійного освітлення $I_{\text{ав.осв}}$, А розраховуємо за формулою:

$$I_{\text{ав.осв}} = I_{\text{осв}} * 0.1 = 82.019 * 0.1 = 8.198 \text{ А}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.6.

Фактичне значення втрати напруги в освітленні ΔU , % розраховується за формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 100}{U_H} * I_P * L * r_0 = \frac{\sqrt{3} * 100}{380} * 82.019 * 0.006 * 1.16 = 0.26 \%$$

$\Delta U = 0.26 \leq \Delta U_{\text{доп}} = 7.5$ %, умова задовольняється.

Таблиця 2.6 – Дані обраних кабелів основного та аварійного освітлення [14]

Тип освітлення	I , А	Марка обраного кабелю	$I_{\text{доп}}$, А	L , м
Основне	82.019	ВВГ 5x16	87	6
Аварійне	8.202	ВВГ 5x2.5	28	6

2.4 Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури

Для захисту комутації споживачів на стороні 0,4 кВ та захисту від КЗ та перевантаження обираємо автоматичні вимикачі з електромагнітними та тепловими розчіплювачами.

Комутаційна і захисна апаратура перш за все повинна задовольняти умови:

$$U_{H.A} \geq U_{H.EM}; \quad I_{H.A} \geq I_{TP}$$

де $U_{H.A}$ – номінальна напруга апарата, В;

$U_{H.EM}$ – номінальна напруга електромережі, де встановлюється апарат, В;

$I_{H.A}$ – номінальний струм апарата, А;

I_{TP} – розрахунковий довгочасний струм в колі з апаратом, А.

Пікові (пускові) струми споживачів $I_{П,А}$ розраховуємо за формулою:

$$I_{П} = K_{П} * I_{H}$$

де I_{H} – номінальний струм споживача, А;

$K_{П}$ – коефіцієнт тяжкості пуску. Приймаємо $K_{П} = 7$

Струм уставки електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача $I_{УС.ЕМ}$, А розраховуємо за формулою:

$$I_{УС.ЕМ} \geq K_3 * I_{П}$$

де K_3 – коефіцієнт запасу. Приймаємо $K_3 = 1.25$.

Струм уставки теплового розчіплювача автоматичного вимикача $I_{УС.Т}$, А розраховуємо за формулою:

$$I_{УС.Т} \geq K_3 * K_{ПЕР} * I_{H}$$

де $K_{ПЕР}$ – коефіцієнт перевантаження. Приймаємо $K_{ПЕР} = 1.05$.

Результати розрахунків наведені у таблиці 2.7.

Дані обраних автоматичних вимикачів наведені у таблиці 2.8.

					МР 3.8.141.266 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		24

Таблиця 2.7 – Струми споживачів для вибору комутаційної та захисної апаратури

Назва споживача	Тип	$I_{п, А}$	$I_{у.с.ем, А}$	$I_{у.с.т, А}$
Токарний верстат	SR10GS	260.697	325.871	48.881
Токарний верстат	SR20GS	321.625	402.031	60.305
Токарний верстат	2100LMS	420.469	525.586	78.838
Фрезерний верстат	DNM400A	379.836	474.795	71.219
Компресор	TIDY15	161.716	202.145	30.322
Котел опалювальний	KEO-90	1007.564	1259.455	188.918
Циркуляційний електронасос	Aaquatica	13.994	17.493	2.624
Вентагрегат BP287-46.1-5.1	AIP112M4	70.476	88.094	13.214
	AIP160S4	187.684	234.604	35.191
	AIP132S4	94.959	118.699	17.805
Агрегат повітряний опалювальний АО-EBP5.7-100	ПHE-100	1007.564	1259.455	188.918
	AIP100L6	30.787	38.483	5.773
Кондиціонер		251.496	314.370	47.155

Таблиця 2.8 – Дані обраних автоматичних вимикачів [17]

Назва споживача	Тип	Марка авт. вим.	$U_{НОМ}, В$	$I_{НОМ}, А$	$I_{у.с.ем}, А$	$I_{у.с.т}, А$
Токарний верстат	SR10GS	BA88-32 3P	380	50	500	50
Токарний верстат	SR20GS	BA88-32 3P	380	63	630	63
Токарний верстат	2100LMS	BA88-32 3P	380	80	800	80
Фрезерний верстат	DNM400A	BA88-32 3P	380	80	800	80
Компресор	TIDY15	BA88-32 3P	380	32	500	32
Котел опалювальний	KEO-90	BA88-35 3P	380	250	2500	250
Цирк. електронасос	Aaquatica					

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

MP 3.8.141.266 ПЗ

Арк

25

Продовження таблиці 2.8.

Назва споживача	Тип	Марка авт. вим.	$U_{НОМ},$ В	$I_{НОМ},$ А	$I_{УС.ЕМ},$ А	$I_{УС.Т},$ А
Вентагрегат ВР287-46.1-5.1	АИР112М4	ВА88-32 3Р	380	16	500	16
	АИР160S4	ВА88-32 3Р	380	40	500	40
	АИР132S4	ВА88-32 3Р	380	25	500	25
Агрегат повітряний опалювальний АО-ЕВР5.7-100	ПНЕ-100	ВА88-35 3Р	380	200	2000	200
	АИР100L6					
Кондиціонер		ВА88-32 3Р	380	40	500	40

Також обираємо магнітні пускачі з тепловими реле та кнопкою для віддаленого пуску вентиляційних агрегатів. Дані обраних магнітних пускачів наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Дані обраних магнітних пускачів з тепловим реле [8]

Назва споживача	Тип	Марка маг. пуск. з тепл. реле	$U_{НОМ},$ В	$I_{НОМ},$ А	$I_{НОМ.ТР},$ А	$I_{УС.ТР},$ А
Вентагрегат ВР287-46.1-5.1	АИР112М4	ПКМ-18621, РТ1321	380	18	18	18
	АИР160S4	ПКМ-32665, РТ2355	380	36	36	36
	АИР132S4	ПКМ-18621, РТ1323	380	18	18	18

Для захисту силових пунктів від КЗ та перевантаження обираємо автоматичні вимикачі з електромагнітними та тепловими розчіплювачами за умовами:

$$U_{Н.А} \geq U_{Н.ЕМ}; \quad I_{Н.А} \geq I_{ТР}$$

Сумарний тривалий струм силового пункту I_{Σ} , А розраховуємо за формулою:

$$I_{\Sigma} = K_{НВ} * I_B$$

де I_B – встановлений струм силового пункту, А;

$K_{НВ}$ – коефіцієнт неодночасності включення. Приймаємо $K_{НВ} = 1$.

Струм уставки електромагнітного розчіплювача $I_{УС.ЕМ}$, А розраховуємо за формулою:

$$I_{УС.ЕМ} \geq I_{П} + K_{ПОП} * \sum_i^{n-i} I_H$$

де $I_{П}$ – піковий (пусковий) струм найпотужнішого споживача приєданого до СП, А;

$\sum_i^{n-i} I_H$ – сума струмів номінальних струмів всіх споживачів що живляться від збірки, без номінального струму споживача з найбільшим пусковим струмом, А;

$K_{ПОП}$ – коефіцієнт попиту для навантаження всієї збірки. Приймаємо $K_{ПОП} = 1$.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Розраховані струми силових пунктів. Дані обраних автоматичних вимикачів [17]

Позначення силового пункту	I_{Σ} , А	$I_{УС.ЕМ}$, А	Марка авт. вим.	$U_{НОМ}$ В	$I_{НОМ}$, А	$I_{УС.ЕМ}$ А	$I_{УС.ТР}$ А
СП1	216.051	615.088	ВА88-35 3Р	380	250	2500	250
СП2	258.288	660.737	ВА88-37 3Р	380	400	4000	400
СП3	258.288	660.737	ВА88-37 3Р	380	400	4000	400
СП4	206.631	600.670	ВА88-35 3Р	380	250	2500	250
СП5	206.023	525.245	ВА88-35 3Р	380	250	2500	250
СП6	228.813	551.357	ВА88-35 3Р	380	250	2500	250
СП7	182.321	542.622	ВА88-35 3Р	380	250	2500	250
СП8	310.250	1201.705	ВА88-37 3Р	380	400	4000	400
СП9	190.981	1072.476	ВА88-35 3Р	380	250	2500	250
СП10	371.783	1268.082	ВА88-37 3Р	380	400	4000	400

Для комутації на стороні ВН та НН в колі трансформатора, а також комутації в РПНН проводимо розрахунок вимикачів. Обираємо вимикачі за умовами:

$$U_{H.A} \geq U_{H.EM}; \quad I_{H.A} \geq I_{max}$$

Максимальний струм на стороні ВН I_{max}^{BH} , А розраховуємо за формулою:

$$I_{max}^{BH} = \frac{1.4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{ВН}} = \frac{1.4 * 1600}{\sqrt{3} * 6} = 215.544 \text{ А}$$

де $S_{НОМ}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{ВН}$ – номінальна напруга на стороні ВН трансформатора, кВ.

Струм у колі ввідних вимикачів на боці НН I_{max}^{HH} , А розраховуємо за формулою :

$$I_{max}^{HH} = \frac{1.4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН}} = \frac{1.4 * 1600}{\sqrt{3} * 0.4} = 3403.328 \text{ А}$$

де $U_{НН}$ – номінальна напруга на стороні НН трансформатора, кВ.

Струм у колі секційного вимикача (АВР) I_{max}^{CB} , А розраховуємо за формулою :

$$I_{max}^{CB} = \frac{0.7 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН}} = \frac{0.7 * 1600}{\sqrt{3} * 0.4} = 1701.664 \text{ А}$$

Дані обраних вимикачів навантаження заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Дані обраних вимикачів навантаження у колі трансформатора та РПНН [18]

Місце встановлення	$U_{НОМ}$, кВ	I_{max} , А	Марка вимикача	$U_{НОМ.В}$, кВ	$I_{НОМ.В}$, А	$I_{В.max}$, кА
Сторона ВН	6	215.544	ВН-11У3	6	400	31.5
Сторона НН	0.4	3403.328	ОТ-4000	0.4	4000	60
РПНН	0.4	1701.644	Hager НІС493Е	0.4	2000	55

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми

Розрахунок проводимо для найпотужнішого і найбільш віддаленого споживача. Складаємо розрахункову схему для розрахунку струмів КЗ. Схеми проілюстровані на рисунках 1-2.

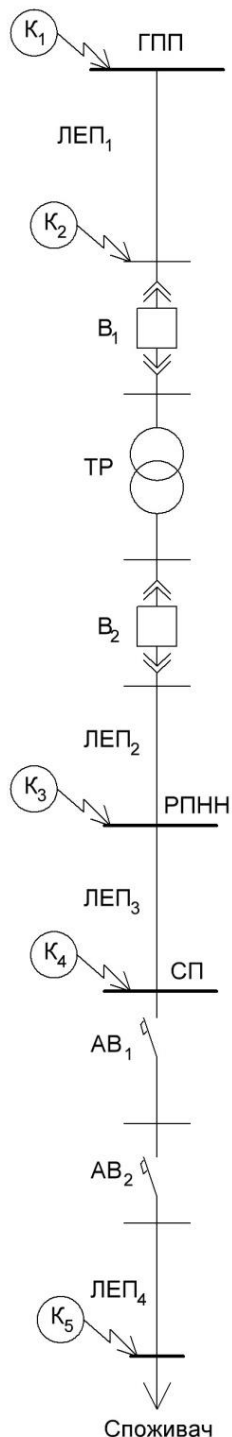


Рисунок 1 – Схема для розрахунку струмів КЗ у характерних точках

					МР 3.8.141.266 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		29

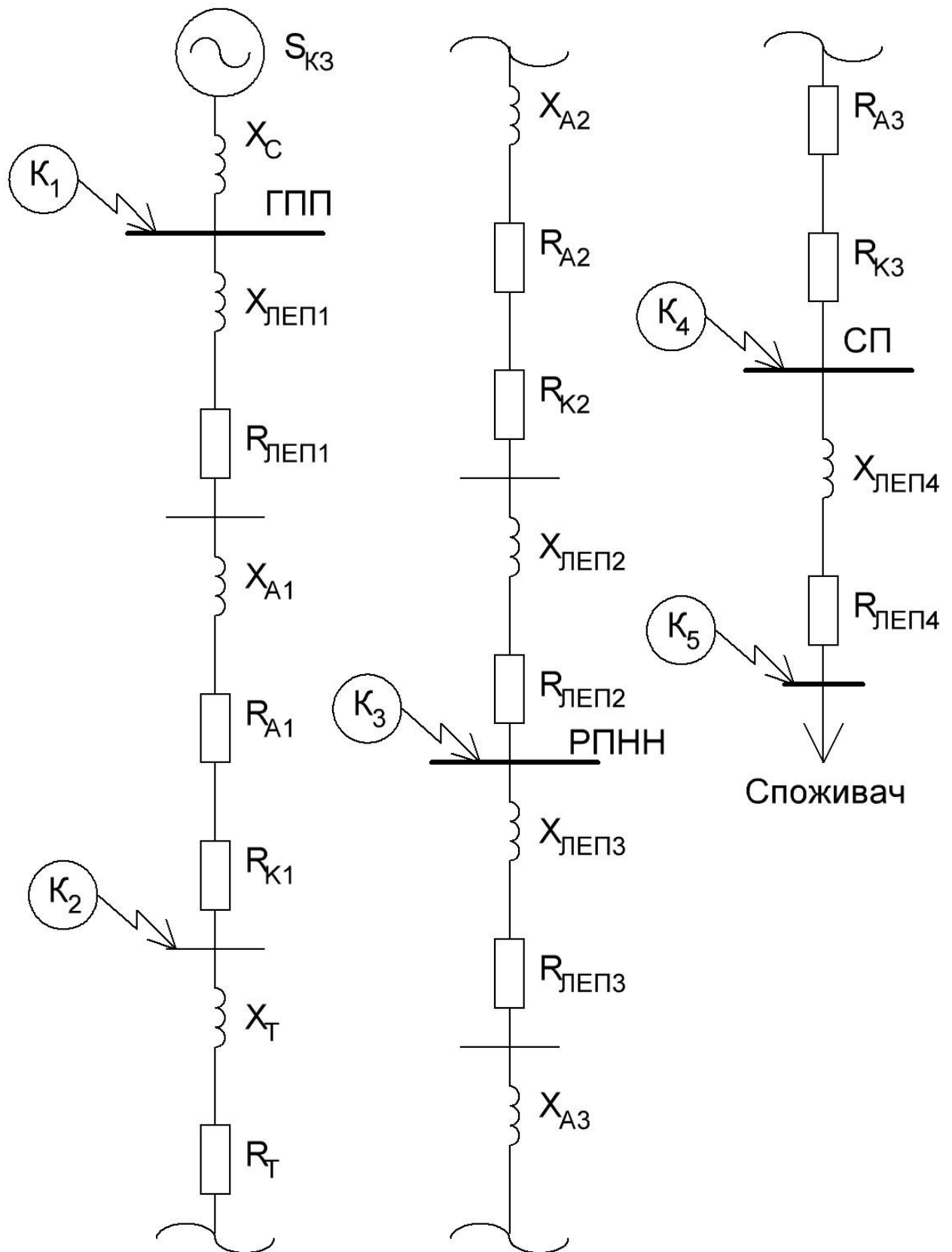


Рисунок 2 – Схема заміщення для розрахунку струмів К3

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

30

Розраховуємо параметри елементів схеми за вихідними даними з таблиць 2.12-2.14.

Таблиця 2.12 – Параметри трансформатора для розрахунку струмів КЗ [7]

Тип	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	$U_{ВН}$, кВ	U_K , %	$I_{ХХ}$, %	ΔP_K , кВт	$\Delta P_{ХХ}$, кВт	X_T , Ом	R_T , Ом
ТМ-1600/6-У1	6	0.4	6	6.0	0.60	18	2.2	1.35	0.253

Таблиця 2.13 – Внутрішні опори комутаційних апаратів для розрахунку струмів КЗ [17,18]

Місце встановлення	Марка	X_A , мОм	R_K , мОм	R_A , мОм
Коло ВН трансф.	ВН-11У3	4.5	1.3	5.5
Коло НН трансф.	ОТ-4000	0.05	0.05	0.04
СП (ввідний автомат)	ВА88-37 3Р	0.17	0.4	0.15
СП (фідерний автомат)	ВА88-35 3Р	0.5	0.6	0.4

Таблиця 2.14 – Параметри кабельних ліній для розрахунку струмів КЗ [14]

	Марка кабелю	l , м	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км
ЛЕП ₁	ААШв 3х150	6841	0.088	0.206
ЛЕП ₂	9 ВВГ 4х185	10	0.1	0.0596
ЛЕП ₃	ВВГ 5х150	95	0.124	0.0596
ЛЕП ₄	ВВГ 4х70	25	0.265	0.0612

Реактивний опір системи X_C , Ом розраховуємо за формулою:

$$X_C = \frac{U_C^2}{S_{КЗ}} = \frac{6.3^2}{166.7} = 0.238 \text{ Ом}$$

де U_C – середня номінальна напруга системи, кВ;

$S_{КЗ}$ – потужність короткого замикання системи.

Активний опір $R_{ЛЕП}$, Ом кабельної лінії розраховуємо за формулою:

$$R_{ЛЕП} = r_0 * l$$

де r_0 – питомий опір жил кабельної лінії, Ом/км;

l – довжина кабельної лінії, км.

Реактивний опір $X_{ЛЕП}$, Ом кабельної лінії розраховуємо за формулою:

$$X_{ЛЕП} = x_0 * l$$

де x_0 – питомий опір жил кабельної лінії, Ом/км;

У подальших розрахунках опір використовуємо у міліомах. Результати розрахунків наведені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Розраховані параметри кабельних ліній

	Марка кабелю	$R_{ЛЕП}$, мОм	$X_{ЛЕП}$, мОм
ЛЕП ₁	ААШВ 3х150	602.008	1409.246
ЛЕП ₂	9 ВВГ 4х185	0.000662	0.0662
ЛЕП ₃	ВВГ 5х150	11.78	5.662
ЛЕП ₄	ВВГ 4х70	6.625	1.53

Струм короткого замикання $I_{К1}$, кА для першої характерної точки розраховуємо за формулою:

$$I_{К1} = S_{КЗ} / (\sqrt{3} * U_C)$$

Струм короткого замикання $I_{Кn}$, кА для решти характерних точок розраховуємо за формулою:

$$I_{Кn} = U_{НОМ} / (\sqrt{3} * \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2})$$

де $U_{НОМ}$ – номінальна напруга для характерної точки КЗ, В;

R_{Σ} – сумарний активний опір до характерної точки КЗ, мОм;

X_{Σ} – сумарний реактивний опір до характерної точки КЗ, мОм.

Для визначення опорів обмотки трансформатора на стороні НН, необхідно врахувати коефіцієнт трансформації трансформатора – K за формулою:

$$K = U_{ВН} / U_{НН} = 6 / 0.4 = 15$$

де $U_{ВН}$ – напруга на стороні ВН трансформатора, кВ;

$U_{НН}$ – напруга на стороні НН трансформатора, кВ.

Ударний струм КЗ , кА розраховуємо за формулою:

$$i_{уд} = \sqrt{2} * K_y * I_{Kn}$$

де K_y – ударний коефіцієнт, приймаємо $K_y = 1.61$.

Результати розрахунків наведені у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Результати розрахунків струму КЗ

Характерна точка	R_{Σ} , мОм	X_{Σ} , мОм	I_K , кА	$i_{уд}$, кА
К ₁	0	238.092	15.277	34.784
К ₂	608.808	1651.838	1.968	4.48
К ₃	3.921	13.458	16.475	37.512
К ₄	16.251	19.29	9.156	20.847
К ₅	23.876	21.32	7.215	16.427

2.6 Перевірка електрообладнання і струмопровідних частин на термічну і динамічну стійкість

Автоматичні вимикачі та вимикачі навантаження повинні задовольняти наступні умови:

$$I_{B.НОМ} \geq I_K \quad I_{B.max} \geq i_{уд}$$

де $I_{B.НОМ}$ – номінальна робоча відключаюча здатність апарату, кА;

$I_{B.max}$ – максимальна відключаюча здатність апарату, кА.

Оскільки потужність приєднання в порівнянні з потужністю системи невелика, то струм, напруга і періодичні складові струму короткого замикання в процесі перехідного режиму при короткому замиканні не змінюються. Дійсна тривалість дії струму при короткому замиканні менше однієї секунди, то наведений час дії струму КЗ $t_{ПР}$, с знаходимо за формулою:

$$t_{ПР} = t_{ПРА} + t_{ПРП} = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ с}$$

де $t_{ПРА}$ – наведений час дії аперіодичної складової струму КЗ, с;

$t_{ПРП}$ – приведений час дії періодичної складової струму КЗ, с.

Результати розрахунків наведені у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Результати перевірки комутуючої апаратури на електродинамічну стійкість [5,17]

Характерна точка	I_K , кА	$i_{уд}$, кА	Марка	$I_{B.НОМ}$, кА	$I_{B.max}$, кА
К ₂	1.968	4.48	ВН-11У3	31.5	80
К ₃	16.475	37.512	ОТ-4000	60	176
К ₄	9.156	20.847	ВА88-37 3Р	35	35
К ₅	7.215	16.427	ВА88-35 3Р	25	35

Оскільки, в якості прикладу використані розрахунки для найпотужнішого та найбільш віддаленого споживача, комутаційні апарати задовольняють усі вимоги, то і для інших менш потужних споживачів вимоги щодо електродинамічної стійкості автоматичних вимикачів також виконуються.

Силові трансформатори повинні задовольняти умову:

$$t_{ПР} \leq 900 / K^2$$

де $t_{ПР}$ – тривалість протікання струму КЗ по обмотках трансформатора, с;

K – кратність струму КЗ.

$$K = I_K / I_{НОМ} = 16475 / 3403.328 = 4.841$$

де $I_{НОМ}$ – номінальний струм тієї обмотки трансформатора, що живить точку КЗ (в даному випадку К₃), А;

I_K – струм короткого замикання точки КЗ (К₃), А.

Умова: $t_{ПР} = 0.15 \leq 900 / K^2 = 4.841$ виконується, отже трансформатор витримає значення струму КЗ до його відключення захистом.

Кабелі перевіряємо на здатність витримати термічний імпульс КЗ за умовою:

$$S_{min} \leq S_{КАБ}$$

де S_{min} – мінімальний термічно стійкий переріз кабелю, мм²;

$S_{КАБ}$ – реальний переріз кабельної лінії, мм².

Термічний імпульс струму КЗ B_K , А²*с розраховуємо за формулою:

$$B_K = I_K^2 * t_{ПР}$$

де I_K – струм короткого замикання, що протікає кабельною лінією під час КЗ, А;

$t_{пр}$ – час протікання струму КЗ через кабельну лінію, с.

Мінімальний термічно стійкий переріз S_{min} , мм² розраховуємо за формулою:

$$S_{min} = \sqrt{B_K / C}$$

де C – коефіцієнт, що враховує матеріал жили кабелю.

Результати розрахунків наведені у таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Результати перевірки кабельних ліній на термічну стійкість

	Марка кабелю	C	$B_K, A^2 \cdot c$	$S_{min}, \text{мм}^2$	$S_{КАБ}, \text{мм}^2$
ЛЕП ₁	ААШв 3x150	90	580971.82	8.468	150
ЛЕП ₂	9 ВВГ 4x185	160	40714879	39.88	9x185
ЛЕП ₃	ВВГ 5x150	160	12574583	22.163	150
ЛЕП ₄	ВВГ 4x70	160	7807797	17.464	70

Усі обрані кабелі задовольняють вимогу термічної стійкості струму КЗ.

2.7 Вибір трансформаторів струму та напруги

Для ввімкнення електровимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту необхідна установка трансформаторів струму і напруги. У даному проекті релейний захист детально не розробляється, тому перевірку трансформаторів за вторинним навантаженням виконуємо з урахуванням ввімкнення тільки вимірювальних приладів.

У ланцюзі силового трансформатора з боку нижчої напруги встановлюється амперметр, вольтметр, варметр, на стороні 6 кВ – вольтметр із перемикачем для виміру трьох міжфазових напруг, лічильники активної і реактивної енергії, на секційному вимикачі 0,4 кВ – амперметр. Розрахунок вторинного навантаження трансформатора струму наведений у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Вторинне навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження по фазах		
		А	В	С
Амперметр	1	0.5	0.5	0.5
Ватметр	1.5	0.5	-	0.5
Варметр	1.5	0.5	-	0.5
Лічильник активної енергії	1	2.5	-	2.5
Лічильник реактивної енергії	1.5	2.5	-	2.5
Сумарне навантаження струму в колі силового т-ра з боку НН		1.5	0.5	1.5
Сумарне навантаження струму в колі секц. вимикача на НН		0.5	0.5	0.5
Сумарне навантаження струму в колі силового т-ра на боці ВН		5.5	0.5	5.5

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів $Z_{\text{прил}}$, Ом за формулою:

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ТС.втор}}^2}$$

де $S_{\text{прил}}$ – потужність приладів по фазі, ВА;

$I_{\text{ТС.втор}}$ – вторинний струм ТС, А.

Опір сполучних контактів $Z'_{\text{пр}}$, Ом може бути рівним:

$$Z'_{\text{пр}} = Z_{\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - Z_{\text{К}}$$

де $Z_{\text{ном}}$ – номінальний опір навантаження, ($Z_{\text{ном}} = 4$) Ом;

$Z_{\text{К}}$ – опір контактів, ($Z_{\text{К}} = 0.1$) Ом.

Перетин жил F , мм² при довжині сполучного кабеля l , м розраховуємо за формулою:

$$F = \rho * \frac{l}{Z_{\text{пр}}}$$

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

де ρ – питомий опір матеріалу жил сполучного кабелю, Ом*мм/м.

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менше ніж 2.5 мм² для мідних жил і не менше ніж 4 мм² для алюмінієвих жил.

Тоді опір сполучних контактів $Z_{пр}$, Ом розраховуємо за формулою:

$$Z_{пр} = \rho * \frac{l}{F}$$

Загальний опір струмового кола Z_H , Ом розраховуємо за формулою:

$$Z_H = Z_{пр} + Z_{прил} + Z_K$$

Результати розрахунків наведені у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Результати розрахунків для вибору ТС

Місце встановлення ТС	$I_{ТС.втор}$, А	$Z_{прил}$, Ом	$Z'_{пр}$, Ом	ρ , Ом*мм/м	l , м	F , мм ²	$Z_{пр}$, Ом	Z_H , Ом
В колі силового т-ра з боку НН	5	0.06	3.84	0.0283	6	4	0.0425	0.202
В колі секц. вимикача на НН	5	0.02	3.88	0.0283	6	4	0.0425	0.162
В колі силового т-ра на боці ВН	5	0.22	3.64	0.0283	6	4	0.0425	0.362

Дані обраних трансформаторів струму наведені у таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Параметри обраних трансформаторі струму [19]

Місце встановлення ТС	Марка ТС	Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
В колі силового т-ра з боку НН	ТШЛШ-0.66	$U_C \leq U_H$	0.4 кВ	0.66 кВ
		$I_{max} \leq I_{НОМ}$	3403.328 А	4000 А
		$i_{уд} \leq I_{СКВ}$	37.512 кА	-
		$B_K \leq I_T^2 t_r$	40.714 кА ² с	16875 кА ² с
		$Z_H \leq Z_{H.НОМ}$	0.202 Ом	0.4 Ом
В колі секц. вимикача на НН	ТШЛШ-0.66	$U_C \leq U_H$	0.4 кВ	0.66 кВ
		$I_{max} \leq I_{НОМ}$	1701.644 А	2000 А
		$i_{уд} \leq I_{СКВ}$	37.512 кА	-
		$B_K \leq I_T^2 t_r$	40.714 кА ² с	7500 кА ² с
		$Z_H \leq Z_{H.НОМ}$	0.162 Ом	0.4 Ом
В колі силового т-ра на боці ВН	ТОЛ-10	$U_C \leq U_H$	6 кВ	10 кВ
		$I_{max} \leq I_{НОМ}$	215.544 А	300 А
		$i_{уд} \leq I_{СКВ}$	4.48 кА	100 кА
		$B_K \leq I_T^2 t_r$	0.581 кА ² с	992.25 кА ² с
		$Z_H \leq Z_{H.НОМ}$	0.362 Ом	0.4 Ом

Як вимірювальні трансформатори напруги на стороні 6 кВ використовуємо ЗНОЛ.06-6, а на стороні 0.4 кВ – НОЛ.12 ОмЗ.

3. Охорона праці та техніка безпеки

3.1 При приведенні робіт біля слюсарних лещат.

3.1.1. Загальні положення.

3.1.1.1. Ця інструкція діє спільно із загальною інструкцією з охорони праці №1 (Загальні вимоги безпеки в цеху 16).

3.1.1.2. Термін дії інструкції - 5 років.

3.1.1.3. Робота біля слюсарних лещат - безпечна, але вимагає уважного ставлення. Не дотримання вимог техніки безпеки при роботі у лещат може призвести до нещасного випадку.

3.1.1.4. До самостійної роботи у слюсарних лещат допускаються особи, які досягли 18-ти річного віку, які пройшли медичний огляд навчені і атестовані з охорони праці та допущені розпорядженням по цеху до самостійної роботи.

3.1.1.5. Новоприйнятий працівник повинен пройти вступний інструктаж в кабінеті вступного інструктажу з записом в журналі інструктажів.

3.1.1.6. Потім робочий проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці у майстра з розписом інструктували та особи, яка інструктує в журналі інструктажів.

3.1.1.7. Після первинного інструктажу, працівник повинен пройти навчання під керівництвом досвідченого працівника безпечним методам ведення робіт.

3.1.1.8. Повторний інструктаж робітників проводиться майстра один раз на місяць з 1-ого по 5-те число, із записом в журналі інструктажів.

3.1.1.9. Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками індивідуально або з групою працівників загальної спеціальності:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;

- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування,

					MP 3.8.141.266 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Полевик А.М.			Охорона праці та техніка безпеки	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Лебедка С.М.					39	33
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕТМ-91		
<i>Н. Контр.</i>		Никифоров М.А						
<i>Затверд.</i>		Лебединський						

приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;

- при порушенні працівником нормативних актів про охорону праці, які можуть призвести до травми, аварії або до отруєння;

- на вимогу працівників органу державного нагляду за охороною праці або державної виконавчої влади в разі, якщо виявлено незнання працівником прийомів роботи або нормативних актів про охорону праці;

- при перерві в роботі більше 15 днів (хвороба, відпустка).

3.1.1.10. Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників:

- при виконанні разових робіт, не пов'язаних з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху і т.п.);

- при ліквідації аварій або стихійного лиха;

- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск або розпорядження.

3.1.1.11. Особи, що знаходяться в стадії алкогольного чи наркотичного сп'яніння, до роботи не допускаються.

3.1.1.12. Перелік видів спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту:

- костюм х/б;

- черевики шкіряні;

- захисні окуляри.

3.1.1.13. Робочий зобов'язаний:

виконувати тільки ту роботу, якої він навчений, проведено інструктаж на робочому місці та отримано дозвіл майстра.

3.1.1.14. Недотримання цієї інструкції розглядається як порушення трудової дисципліни і правил внутрішнього трудового розпорядку.

					МП 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

3.1.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

3.1.2.1. Привести в порядок спецодяг, спецвзуття (костюм х/б, черевики).

3.1.2.2. Перед початком роботи необхідно переконатися в справності лещат. Вони повинні міцно кріпитися до поверхні робочого верстата щоб уникнути перекидання лещат.

3.1.2.3. Лещата повинні мати справний затискної гвинт, рифлення губки і міцно прикріплюватися до столу.

3.1.2.4. Роботу на слюсарних лещатах робити тільки справним інструментом, який повинен відповідати таким вимогам:

- молотки і кувалди повинні мати рівну, чи не збиту, злегка опуклу поверхню бойка. Ручки виготовлені з щільних в'язких порід дерева (молодий дуб, в'яз, та ін.) повинні бути прямими, овального перетину, гладкі без сучків, надламів і інших дефектів, щільно насаджені і розклинені;

- зубила, крейцмесселі, борідки, кернери і обтискача повинні мати рівні, що не збиті, чи не скошені, що не загартовані потилиці без задирок. Робочі кінці повинні мати правильну заточку, рівні краї без зламів і вищербин. Довжина зубила, крейцмесселів, бородків повинна бути не менше 150 мм, відтягнути частину зубила повинна дорівнювати 60-70мм;

- напилки і шабери повинні мати справні, точні ручки без тріщин, збитих місць, на ручки повинні бути насаджені металеві кільця. Працювати таким інструментом без ручок забороняється;

- гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок і головок болтів і не мати тріщин і забоїн. Губки ключів повинні бути строго паралельними;

- забороняється відкручувати і закручувати гайки гайковим ключем великих розмірів з підкладкою металевих пластинок між гранями гайки і ключа;

- розвідні ключі не повинні бути ослабленими у рухомих частинах;

- забороняється проводити подовження ключа за допомогою труб і інших предметів.

3.1.2.5. Слюсарний верстак повинен бути стійкий.

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						41
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

3.1.2.6. Для захисту від часток, що відлітають металу на верстатах повинні бути поставлені запобіжні дрібні сітки (з вічком не більше 3 мм або щити висотою не менше 1 м).

3.1.2.7. Біля верстата повинна бути справна дерев'яна решітка, з відстанню між планками 25 -30 мм.

3.1.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.

3.1.3.1. Під час роботи у лещат робітник повинен ставати так, щоб випадково зірвався молоток, кувалда, зубило не могли поранити спільно працюючих осіб або проходить повз робітника.

3.1.3.2. Виконуючи роботу на лещатах, слід тримати корпус тіла на достатній відстані від рухомих елементів обладнання.

3.1.3.3. Необхідно берегти руки і пальці від випадкового затискання лещатами або встановленими в них деталями.

3.1.3.4. При затиску деталі в лещатах застосовувати такий спосіб, щоб деталі трималися в них без особливих зусиль, так як деталь, затиснута з працею внаслідок невідповідності своїх поверхонь з поверхнями губок лещат, може призвести до нещасного випадку.

3.1.3.5. Чи не затискати деталь в лещата за допомогою ударів молотка і не налягати тулубом на важіль лещат.

3.1.3.6. При обточуванні деталей або рубці робочий зобов'язаний надіти сітчасті захисні окуляри.

3.1.3.7. При відкручування гайок і головок в незручних місцях необхідно застосовувати торцеві ключі.

3.1.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.

3.1.4.1. Привести в порядок робоче місце: прибрати стружку з верстата, відходи металу, інструмент, пристосування, очистити верстат від бруду, витерти і змастити тертьові частини верстата, акуратно поскладати готові деталі і заготовки.

3.1.4.2. Прибрати інструмент у відведені для цієї мети місця. Дотримуватись чистоти і порядку в шафці для інструменту.

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						42
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

3.1.4.3. Після закінчення роботи повідомити майстру про всі несправності, виявлені під час роботи.

3.1.4.4. Після закінчення роботи вимити руки з милом, прийняти душ. Спецодяг повісити в спеціальну шафу.

3.2 При проведенні робіт по різанню листового металу ножицями кривошипними листовими з похилим ножем НД 3316 Г.

3.2.1. Загальні положення.

3.2.1.1. Ця інструкція діє спільно із загальною інструкцією з охорони праці №1 (Загальні вимоги безпеки в цеху 16).

3.2.1.2. Робота електромонтера з різання листового металу на ножицях кривошипних листових з похилим ножем НД 3316 Г відноситься до робіт з підвищеною небезпекою і при порушенні правил техніки безпеки може призвести до нещасного випадку.

3.2.1.3. Термін дії інструкції - 3 роки.

3.2.1.4. До роботи на ножицях кривошипних листових з похилим ножем НД 3316 Г допускаються особи, які досягли 18-річного віку, які пройшли медичний огляд, навчені і атестовані з питань охорони праці, і допущені розпорядженням по цеху до самостійної роботи.

3.2.1.5. Періодична перевірка знань з питань охорони праці проводиться 1 раз на рік, а медичний огляд 1 раз в 2 роки. Працівники у віці до 21 року повинні проходити медичний огляд щорічно.

3.2.1.6. Новоприйнятий працівник повинен пройти вступний інструктаж в класі вступного інструктажу з записом в журналі інструктажів.

3.2.1.7. Потім робочий проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці у майстра з розписом інструктували та особи, яка інструктує в журналі інструктажів.

3.2.1.8. Знову прийняті працівники після первинного інструктажу на робочому місці повинні пройти навчання з питань охорони праці в обсязі 30- годинної

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

програми та стажування на робочому місці, здійснювану під наглядом досвідченого працівника і під керівництвом майстра.

Термін стажування - від 2 до 15 робочих змін.

3.2.1.9. Після закінчення терміну навчання перед допуском до самостійної роботи працівник здає іспит комісії, призначеної наказом директора, з оформленням протоколу перевірки знань і видачею посвідчення на право самостійного виконання робіт.

3.2.1.10. Повторний інструктаж робітників проводиться майстром один раз на місяць з 1-ого по 5-те число, із записом в журналі інструктажів.

3.2.1.11. Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками індивідуально або з групою працівників загальної спеціальності:

- При введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;

- При зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;

- При порушенні працівником нормативних актів про охорону праці, які можуть призвести до травми, аварії або до отруєння;

- За вимогою працівників органу державного нагляду за охороною праці або державної виконавчої влади в разі, якщо виявлено незнання працівником прийомів роботи або нормативних актів про охорону праці;

- При перерві в роботі більше 15 днів (хвороба, відпустка).

3.2.1.12. Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників:

- при виконанні разових робіт, не пов'язаних з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху і т.п.);

- при ліквідації аварій або стихійного лиха;

- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						44
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

оформляється наряд-допуск або розпорядження.

3.2.1.13. Особи, що знаходяться в стадії алкогольного чи наркотичного сп'яніння, до роботи не допускаються.

3.2.1.14. Ножиці кривошипні листові з похилим ножом НД 3316 Г призначені для різання листового металу з автоматичною установкою потрібної величини зазору між ножами в залежності від товщини металу, що розрізає листа.

3.2.1.15. Технічна характеристика ножиць кривошипних листових з похилим ножом НД 3316 Г:

Робоча напруга - 380 В,

Найбільша товщина листів, що розрізають - 4 мм,

Найбільша ширина листів, що розрізають - 2000 мм,

Найбільша ширина смуги, що відрізається по задньому упорі - 600 мм,

Частота ходу ножа - 50 об / хв,

Кут нахилу рухомого ножа - 1°19`,

Хід ножа - 65 мм,

Зусилля притиску - 9,3 кН,

Потужність електродвигуна - 7,5 кВт,

Габарити верстата Довжина Ширина Висота - 2760 × 1630 × 1520 мм,

Маса - 3200 кг.

3.2.1.16. Основні небезпечні виробничі фактори, які впливають на робітника:

- можливість травмування верхніх кінцівок обертовими деталями верстата,
- можливість ураження електричним струмом.

3.2.1.17. Перелік видів спецодягу, спецвзуття, засобів індивідуального захисту:

- костюм х / б;
- черевики;
- окуляри захисні;
- рукавиці х / б.

3.2.1.18. Робочий зобов'язаний:

					МП 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						45
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Виконувати тільки ту роботу, якої він навчений, проведено інструктаж на робочому місці та отримано дозвіл майстра.

3.2.1.19. Дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих працівників в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства.

3.2.1.20. Виконувати вимоги інструкцій з охорони праці, знання і виконання яких є обов'язковим на його робочому місці (професії або виду робіт); дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства.

3.2.1.21. Недотримання цієї інструкції розглядається як порушення трудової дисципліни і правил внутрішнього трудового розпорядку.

3.2.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

3.2.2.1. Перед початком роботи потрібно надіти покладену за нормами спецодяг, застібнути або підв'язати рукави, волосся сховати під головний убір.

3.2.2.2. Перевірити чистоту робочого місця, стан ножів, надійність їх кріплення, наявність інструкції з охорони праці та правил ведення робіт, перевірити роботу ножиць на холостому ході.

3.2.2.3. Ножиці повинні бути обладнані місцевим освітленням напругою не вище 36В.

3.2.2.4. Перевірити надійність огорожі, що запобігає потраплянню пальців рук робочого під притиск і ножі.

3.2.2.5. Зробити змащення тертьових деталей відповідно до карти змащення.

3.2.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.

3.2.3.1. Металевий лист подати до упору або встановити по лінії розмітки, після чого натисканням кнопки "Пуск" включити робочий хід ножа і зробити різку листа.

3.2.3.2. Забороняється робити різання металу без захисного огороження перед ножами.

3.2.3.3. Щоб уникнути нещасного випадку при падінні відрізуваної частини листа під час роботи забороняється заходити за ножиці.

					МП 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						46
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

3.2.3.4. Забороняється під час роботи відволікатися і розмовляти.

3.2.3.5. Систематично контролювати робочий зазор між ножами (не більше 0,5 мм) і надійність їх кріплення.

3.2.3.6. Щоб уникнути порізу рук металом роботу робити тільки в рукавицях.

3.2.3.7. При різанні довгомірних листів застосовувати надійні зварні підставки.

3.2.3.8. Забороняється проводити на ножицях різання пруткового металу.

3.2.3.9. Збирання обрізків і заготовок виробляти тільки при вимкнених ножицях.

3.2.3.10. Забороняється працювати при несправному електрообладнанні, обірваному або пошкодженому заземленні.

3.2.3.11. Забороняється відкривати електрощітки, проводити ремонтні роботи при працюючих ножицях.

3.2.3.12. Забороняється залишати без нагляду включене обладнання.

3.2.3.13. Забороняється при ремонтних роботах на обладнанні самовільно знімати огороження і попереджувальні плакати.

3.2.3.14. Електрозбірки і електрощитові повинні бути закриті на ключ.

3.2.3.15. Робоче місце і проходи навколо ножиць повинні міститися в чистоті і порядку. Металеві листи і заготовки повинні зберігатися в відведених місцях.

3.2.3.16. Робочий зобов'язаний виконувати ту роботу, якої він навчений, по якій проведено інструктаж на робочому місці та отримано дозвіл майстра.

3.2.3.17. Забороняється включати обладнання, на якому не отримано дозволу працювати.

3.2.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.

3.2.4.1. Після закінчення роботи зупинити ножиці вимиканням електродвигуна шляхом натискання кнопки "Стоп".

3.2.4.2. Прибрати робоче місце від заготовок і відходів металу.

3.2.4.3. Про виявлені при роботі несправності доповісти майстру.

					МП 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						47
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

3.2.4.4. Заходи особистої гігієни:

- не торкатися до обличчя і очам брудними руками;
- перед прийомом їжі і після закінчення праці ретельно вимити руки з милом, в разі потреби прийняти душ;
- зберігати і приймати їжу тільки в спеціально відведеному місці.

3.3 Під час виконання робіт на токарних верстатах

3.3.1. Загальні положення.

3.3.1.1. Ця інструкція діє спільно із загальною інструкцією з охорони праці №1 (Загальні вимоги безпеки в цеху 16).

3.3.1.2. Робота на токарному верстаті відноситься до робіт з підвищеною небезпекою і вимагає уважного ставлення до роботи.

3.3.1.3. Термін дії інструкції - 3 роки.

3.3.1.4. До роботи на токарному верстаті допускаються особи, які досягли 18-річного віку, які пройшли медичний огляд, навчені і атестовані з питань охорони праці, які мають II кваліфікаційну групу з електробезпеки, і допущені розпорядженням по цеху до самостійної роботи.

3.3.1.5. Періодична перевірка знань з питань охорони праці проводиться 1 раз на рік, а медичний огляд 1 раз в 2 роки. Працівники у віці до 21 року повинні проходити медичний огляд щорічно.

3.3.1.6. Новоприйнятий працівник повинен пройти вступний інструктаж в класі вступного інструктажу з записом в журналі інструктажів.

3.3.1.7. Потім робочий проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці у майстра з розписом інструктували та особи, яка інструктує в журналі інструктажів.

3.3.1.8. Знову прийняті працівники після первинного інструктажу на робочому місці повинні пройти навчання з питань охорони праці в обсязі 30- годинної програми та стажування на робочому місці, здійснювану під на-дотриманням досвідченого працівника і під керівництвом майстра.

Термін стажування - від 2 до 15 робочих змін.

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						48
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

3.3.1.9. Після закінчення терміну навчання перед допуском до самостійної роботи працівник здає іспит комісії, призначеної наказом директора, з оформленням протоколу перевірки знань і видачею посвідчення на право само-самостійності виконання робіт.

3.3.1.10. Повторний інструктаж робітників проводиться майстром один раз на місяць з 1-ого по 5-те число, із записом в журналі інструктажів.

3.3.1.11. Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками індивідуально або з групою працівників загальної спеціальності:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;

- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;

- при порушенні працівником нормативних актів про охорону праці, які можуть призвести до травми, аварії або до отруєння;

- За вимогою працівників органу державного нагляду за охороною праці або державної виконавчої влади в разі, якщо виявлено незнання працівником прийомів роботи або нормативних актів про охорону праці;

- При перерві в роботі більше 15 днів (хвороба, відпустка).

3.3.1.12. Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників:

- при виконанні разових робіт, не пов'язаних з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху і т.п.);

- при ліквідації аварій або стихійного лиха;

- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформляється наряд-допуск або розпорядження.

3.3.1.13. Новоприйнятий токар проходить інструктаж з електробезпеки з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці та отримує

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						49
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

I групу з електробезпеки. Інструктаж з електробезпеки на групу I має провадити особа, відповідальна за електрогосподарство або, за її письмовим розпорядженням, особа зі складу електротехнічних працівників з групою III.

3.3.1.14. У той же день розпорядженням по підрозділу начальник цеху направляє новоприйнятого токаря на навчання на II групу з електробезпеки із зазначенням терміну навчання і стажування, і особи, відповідальної за навчання і стажування з електробезпеки.

3.3.1.15. Після закінчення навчання і стажування працівник повинен пройти перевірку знань у кваліфікаційній комісії з присвоєнням групи з електробезпеки.

3.3.1.16. Особи, що знаходяться в стадії алкогольного чи наркотичного сп'яніння, до роботи не допускаються.

3.3.1.17. На працівника при роботах на токарному верстаті можуть впливати такі шкідливі і небезпечні фактори:

- підвищення напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини;
- обертіві частини верстатів і оброблюваних деталей;
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях інструментів і обладнання;
- підвищення рівні шуму.

3.3.1.18. Перелік видів спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту:

- костюм х / б,
- черевики шкіряні;
- бере;
- захисні окуляри.

3.3.1.19. Працівник зобов'язаний:

Виконувати тільки ту роботу, якої він навчений, проведено інструктаж на робочому місці та отримано дозвіл майстра.

3.3.1.20. Дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоро-

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

в'я оточуючих працівників в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства.

3.3.1.21. Виконувати вимоги інструкцій з охорони праці, знання і виконання яких є обов'язковим на його робочому місці (професії або виду робіт); дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства.

3.3.1.22. Проходити в установленому порядку періодичні медичні огляди.

3.3.1.23. Співпрацювати з адміністрацією підприємства в справі організації безпечних і нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи здоров'ю, або оточуючих його робочих і природному середовищу, повідомляти про небезпеку свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу.

3.3.1.24. Здійснювати особистий контроль (самоконтроль) з охорони праці на своєму робочому місці в рамках обов'язкових для нього, інструкцій та інших нормативно-правових актів з охорони праці, що діють на підприємстві.

3.3.1.25. Забороняється робочим ходити в майстерні, де вони не працюють.

3.3.1.26. Помітивши порушення цієї інструкції іншими робітниками чи небезпеку для оточуючих, не залишатись байдужим, а попередити робітника про необхідність дотримання вимог, що забезпечують безпеку роботи.

3.3.1.27. Недотримання цієї інструкції розглядається як порушення трудової дисципліни і правил внутрішнього трудового розпорядку.

3.3.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.

3.3.2.1. Робочий зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яка доручена майстром, на виконання якої він проінструктований і атестований, а також має допуск на її самостійне проведення. Забороняється - включати обладнання, на якому не отримано дозволу працювати.

3.3.2.2. Перед початком роботи привести в порядок спецодяг, застебнути рукава, прибрати волосся під головний убір. Звільнити проходи і не захарашувати їх.

3.3.2.3. Під ногами у робітника не повинно бути матеріалу (металу), заготовок, готових виробів, ганчірок і відходів виробництва.

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						51
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

3.3.2.4. Якщо на робочому місці підлога слизька (залитий маслом) - необхідно негайно прибрати.

3.3.2.5. Перевірити справність інструменту і пристосувань, блокувань, заземлюючих пристроїв.

3.3.2.6. Перевірити на холостому ходу верстата:

- справність органів управління (механізмів головного руху, подачі, пуску, зупинки верстата);

- справність системи змащення і охолодження (переконалися в тому, що масло і охолоджувальна рідина подаються безперебійно);

- чи немає заїдання або зайвої слабини в рухомих частинах верстата, особливо в шпинделі, в поздовжніх і поперечних санчатах супорта.

3.3.2.7. Щодня перед початком роботи потрібно перевірити за вказівником рівень масла в резервуарі і при необхідності долити.

3.3.2.8. Затискні патрони токарних верстатів повинні мати огороження, легко відводяться для встановлення і зняття заготовки і не обмежують технологічні можливості верстата.

3.3.2.9. Вкласти деталі в тару або стійко на підкладки, не захаращувати робоче місце.

3.3.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.

3.3.3.1. Забороняється під час виконання робіт на металообробних верстатах токарної групи:

- користуватися затискними патронами, в яких зношені робочі площини кулачків;

- працювати зі спрацьованими або забитими центрами;

- працювати з не обертається центром задньої бабки при швидкісному різанні;

- гальмувати обертання шпинделя натиском руки на частини верстата чи деталі;

- залишати в револьверної голівці інструмент, який не використовується для

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						52
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

обробки цієї деталі;

- перебувати між деталлю і верстатом при установці деталі на верстат;
- притримувати руками кінець важкої деталі або заготовки, яка відрізається;
- класти деталі, інструмент та інші предмети на станину верстата і кришку

передньої бабки;

- закладати і подавати рукою в шпindel оброблюваний пруток при включеному верстаті;
- вимірювати оброблювану деталь скобою, калібром, масштабною лінійкою, штангенциркулем, мікрометром до повної зупинки верстата, відведення супорта і револьверної головки на безпечну відстань.

3.3.3.2. Щоб уникнути травми через інструменту необхідно:

- включити спочатку обертання шпинделя, а потім подачу, при цьому оброблювану деталь слід привести в обертання до зіткнення її з різцем, врізання виробляти плавно без ударів;
- перед зупинкою верстата спочатку включити подачу, відвести ріжучий інструмент від деталі, а потім включити обертання шпинделя.

3.3.3.3. При обпилюванню, зачистці, шліфуванні оброблюваних деталей на верстаті:

- не доторкатися руками або одягом до оброблюваної деталі;
- не виробляти зазначених операцій з деталями, що мають виступаючі частини, пази і виїмки (пази і виїмки попередньо закладати дерев'яними пробками), не працювати з несправною блокуванням.

3.3.3.4. Планшайбу при надяганні на кінець шпинделя необхідно очищати від стружки і забруднень.

3.3.3.5. Встановлювати важкі патрони і планшайби на верстат і знімати їх з верстата за допомогою підйомного пристрою і спеціально захоплюючого пристосування.

3.3.3.6. При закріпленні деталі в кулачковому патроні або використанні планшайб, слід захоплювати деталь кулачками на можливо більшу величину. Не

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						53
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

допускати, щоб після закріплення деталі кулачки виступали з центру або планшайби за межі їх зовнішнього діаметра. У разі якщо кулачки виступають, необхідно замінити патрон або встановити спеціальне огородження.

3.3.3.7. При установці (нагвинчуванні) патрона або планшайби на шпindel підкладати під них на верстатах дерев'яні прокладки з виїмкою по формі патрона (планшайби).

3.3.3.8. Забороняється згвинчувати патрон (планшайбу) раптовим гальмуванням шпинделя.

Згвинчувати патрон (планшайбу) ударами кулачків об підставку допускається тільки в разі його ручного обертання, при цьому необхідно застосовувати підставки з довгими ручками.

3.3.3.9. Допускається закріплювати в кулачковому патроні без підпору центром задньої бабки тільки короткі, завдовжки не більше двох діаметрів, зрівноважені деталі. В інших випадках для підпору необхідно використовувати задню бабку.

3.3.3.10. Для обробки деталей, закріплених в центрах, застосовувати безпечний диск приводу або безпечні хомутики.

3.3.3.11. При закріпленні деталі в центрах:

- перевірити, чи закріплена задня бабка;
- протерти і змастити центрові отвори після установки виробу;
- не застосовувати центр зі зношеними або забитими конусами;
- стежити за тим, щоб деталь спиралася на центр, надійно закріпити задню бабку і шпindel.

3.3.3.12. Задній центр при виконанні робіт також необхідно періодично змащувати, а при обробці довгомірних деталей - перевіряти осьової затиск.

3.3.3.13. Після закріплення деталі в патроні вийняти торцевий ключ.

3.3.3.14. При обробці в центрах деталей довжиною, рівній 12 діаметрам і більше, а також при швидкісному та силового різання деталей довжиною, що дорівнює 8 діаметрам і більше, застосовувати додаткові опори (люнети).

3.3.3.15. Прутковий матеріал, який подається для обробки на верстат, не по-

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						54
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

винен мати кривизни.

3.3.3.16. Для обробки в'язких металів (сталей), що дають зливну стрічкову стружку, необхідно застосовувати різці з накладними стружкоуловлювачами або стружкозавивачами.

3.3.3.17. Для обробки крихких металів (чавуну, бронзи і т.д.) з утворенням мілко подрібненої сталевої стружки необхідно застосовувати захисні пристрої (спеціальні стружковідвідники, прозорі екрани).

3.3.3.18. Револьверну головку і супорт з інструментом необхідно відводити на безпечну відстань при:

- заміні супорта;
- установці або знятті деталей і інструменту;
- ручній обробці деталі (зачистці, шліфовці);
- усунення биття.

3.3.3.19. Для зачистки виробів на верстаті наждачним шкіркою або порошком необхідно застосовувати притискні колодки.

3.3.3.20. Різці необхідно закріплювати з мінімально можливим вильотом з різцетримачем (виліт різця не повинен перевищувати більш ніж в 1,5 рази висоту власника) і не менше ніж двома болтами. Ріжуча кромка різця повинна виставлятися по осі оброблюваної деталі.

3.3.3.21. Чи не заточувати коротко різці без відповідної оправки.

3.3.3.22. Стежити за правильною установкою різця і не підкладати під нього різні шматки металу, користуватися підкладками, рівними площі різця.

3.3.3.23. При підведенні різця до оправці або планшайби дотримуватися обережності і уникати надмірно глибокої подачі різця.

3.3.3.24. Різець відводити на безпечну відстань при виконанні наступних операцій:

- центрування деталей на верстаті;
- зачистці;
- шліфуванні деталей заточним кругом;

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						55
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

- обпилюванню, шабровки, вимірюванні деталей.

При зміні патрона і деталі відсувати подалі також центр (задню бабку).

3.3.3.25. Оброблювану поверхню розташовувати, як можна ближче до опорного або затискного пристосування.

3.3.3.26. Чи не гальмувати обертання шпинделя натиском руки на обертові частини верстата або деталі, не прибирати руками стружку.

3.3.3.27. Під час роботи верстата стружку з різця або деталі видаляти - забороняється. Видаляти стружку тільки спеціальним гачком типу «Рапіра», зупинивши верстат або щіткою-кмітливістю.

3.3.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.

3.3.4.1. Після закінчення роботи необхідно вимкнути джерело верстат.

3.3.4.2. Прибрати верстат і навколо верстата.

3.3.4.3. Прибрати інструмент у спеціальну шафу, деталі та заготовки скласти в спеціально відведене місце.

3.3.4.4. Змастити труться верстата.

3.3.4.5. Вимити руки з милом, зняти спецодяг.

3.3.4.6. Заходи особистої гігієни:

- не торкатися до обличчя і очам брудними руками;
- перед прийомом їжі і після закінчення роботи ретельно вимити руки з милом, по необхідності прийняти душ;
- зберігати і приймати їжу тільки в спеціально відведеному місці.

3.4 Розрахунок заземлення та грозозахисту

Зона захисту подвійного стрижневого блискавковідводу складається з зовнішніх областей зони захисту (напівконусів з габаритами h_0 , r_0 , висотою і радіусом на рівні землі відповідно), що виконуються за формулами для одиничних стрижневих блискавковідводів.

Розміри внутрішніх областей визначаються параметрами h_0 і h_c , перший з яких задає максимальну висоту зони безпосередньо біля блискавковідводів, а другий – мінімальну висоту зони посередині між блискавковідводами. Далі наведений

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						56
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

розрахунок зони захисту пари стрижневих блискавковідводів висотою $h = 30\text{м}$ при надійності захисту з $P = 0.999$. Вихідні дані до розрахунку беремо з таблиці 1.2.

Висота зони захисту одиничного блискавковідводу h_{0n} , м розраховується за формулою:

$$h_{0n} = 0.7 * h_n = 0.7 * 30 = 21 \text{ м}$$

де h_n – висота одиничного блискавковідводу, м.

Радіус конуса захисту на рівні землі r_{0n} , м розраховуємо за формулою:

$$r_{0n} = 0.6 * h_n = 0.6 * 30 = 18 \text{ м}$$

Зона захисту одиничного блискавковідводу r_{xn} , м на заданій висоті розраховується за формулою:

$$r_{xn} = r_{0n} * (h_{0n} - h_x) / h_{0n} = 18 * (21 - 6) / 21 = 12.857 \text{ м}$$

де h_x – задана висота, на рівні якої повинен бути забезпечений надійний блискавкозахист, м.

Оскільки для захисту від ураження будівлі блискавкою у проекті використана пара блискавковідводів однакої висоти, то параметри захисту одиничного блискавковідводу для них однакові (схема розміщення проілюстрована на рисунку 3).

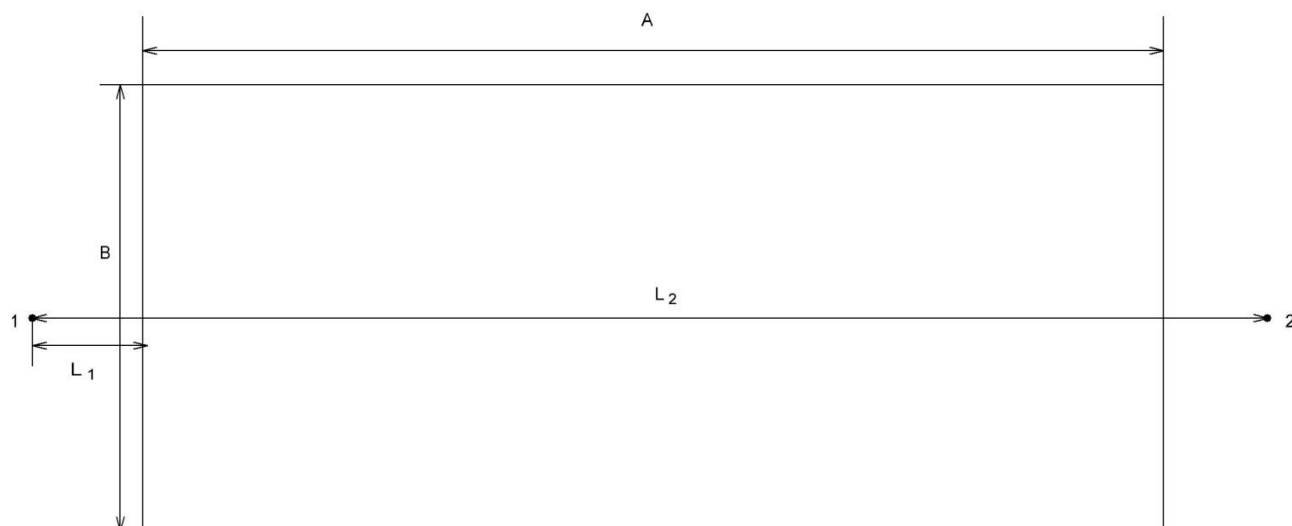


Рисунок 3 – Схема розміщення блискавковідводів

Відстань між блискавковідводами L_2 , м розраховуємо за формулою:

$$L_2 = A + L_1 * 2 = 77.9 + 3 * 2 = 83.9 \text{ м}$$

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

57

де L_1 – відстань від блискавковідвода до будівлі по перпендикуляру, ($L_1 = 3$) м;

A – довжина будівлі, м.

Граничну відстань між двома блискавковідводами L_{max} , м розраховуємо за формулою:

$$L_{max} = 4.25 * h_n = 4.25 * 30 = 127.5 \text{ м}$$

Середню відстань між двома блискавковідводами L_C , м розраховуємо за формулою:

$$L_C = 2.25 * h_n = 2.25 * 30 = 67.5 \text{ м}$$

Мінімальну висоту зони блискавкозахисту між двома стрижневими блискавковідводами h_C , м розраховуємо за формулою:

$$h_C = \left(\frac{(L_{max} - L_2)}{(L_C - L_2)} \right) * h_{0n} = \left(\frac{(127.5 - 83.9)}{(67.5 - 83.9)} \right) * 21 = 15.26 \text{ м}$$

Ширину горизонтального перерізу зони захисту між двома блискавковідводами r_{cx} , м розраховуємо за формулою:

$$r_{cx} = \frac{r_{0n} * (h_C - h_x)}{h_C} = \frac{18 * (15.26 - 6)}{15.26} = 10.923 \text{ м}$$

оскільки $L_C < L_2 \leq L_{max}$.

Перерізи зони захисту блискавковідводів проілюстровані на рисунках 4 і 5.

Масштаб 1:1000 мм

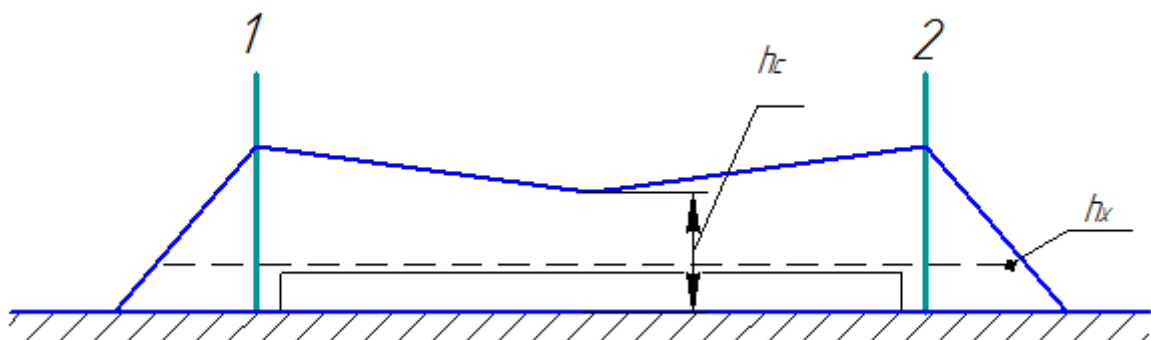


Рисунок 4 – Горизонтальний переріз зони захисту блискавковідводів

Масштаб 1:1000 мм

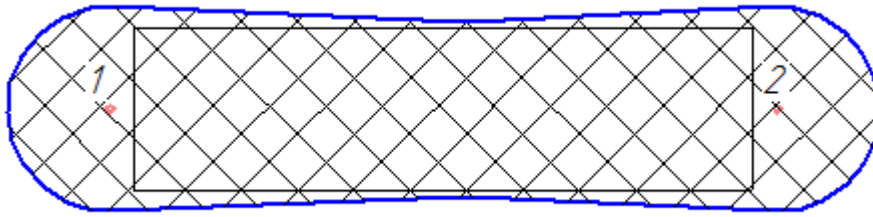


Рисунок 5 – Зона захисту блискавковідводів

Заземлення виконуємо у вигляді замкненого контуру з вертикальних електродів з'єднаних сталлюю смугою.

Згідно з ПУЕ опір ЗП, що використовується для електроустановок до і вище 1000 В сумісно, $R_{ЗП}$, Ом розраховуємо за формулою:

$$R_{ЗП} = 125 / I_3 = 125 / 22 = 5.682 \text{ Ом}$$

де I_3 – струм замикання на землю, А.

але не більше 4,4 Ом, оскільки при $\rho > 100$ Ом/м опір заземлення можна збільшити в 0.01ρ разів. Тому остаточно приймаємо: $R_{ЗП} = 4.4$ Ом.

Розрахунковий опір одного вертикального електрода r_B , Ом розраховуємо за формулою:

$$r_B = \rho_{розр} / (2\pi * l) * \left(\ln(2l/d) + 1/2 \ln \left(\frac{2p + l/2}{2p - l/2} \right) \right) = 42.488 \text{ Ом}$$

де l – довжина вертикального електрода, ($l = 5$) м;

$\rho_{розр} = \rho * K_{СЕЗ.В} = 170$ Ом/м – розрахунковий питомий опір ґрунту;

$K_{СЕЗ.В} = 1.7$, $K_{СЕЗ.Г} = 4.8$ – сезонні коефіцієнти вертикального і горизонтального електродів згідно кліматичної зони;

$$p = t + l/2 = 3.2 \text{ м};$$

t – глибина закладення вертикальних заземлювачів від поверхні землі, ($t = 0.7$) м.

Необхідну кількість вертикальних електродів без урахування екранування

$N'_{B.P}$, шт розраховуємо за формулою:

$$N'_{B.P} = r_B / R_{3П} = 42.488 / 4.4 = 9.656 \approx 10 \text{ шт}$$

Так як контурний ЗП закладається на відстані не менше 1 м до будівлі, то довжина по периметру закладання $L_{П}$, м дорівнює:

$$L_{П} = (A + 2) * 2 + (B + 2) * 2 = 204.6 \text{ м}$$

де A – довжина будівлі, м;

B – ширина будівлі, м.

Відстань між вертикальними електродами, м розраховуємо за формулою:

$$a = L_{П} / N'_{B.P} = 204.6 / 10 = 20.46 \text{ м}$$

Необхідну кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування $N_{B.P}$, шт розраховуємо за формулою:

$$N_{B.P} = N'_{B.P} / \eta_B = 10 / 0.76 = 14 \text{ шт}$$

де $\eta_B, \eta_{Г}$ – коефіцієнти використання вертикального і горизонтального електродів.

Далі відстань між електродами уточнюється з урахуванням форми об'єкта. По кутах установлюють по одному вертикальному електроду, а ті що залишилися – між ними. Розміщуємо елементи ЗП на плані та уточнюємо відстані.

Для рівномірного розподілу електродів остаточно приймається:

$$N_{B.P} = 14 \text{ шт.}$$

Відстань між електродами по довжині будівлі a_A , м розраховуємо за формулою:

$$a_A = A + 2 / n_A - 1 = 77.9 + 2 / 7 - 1 = 13.317 \text{ м}$$

де n_A – кількість вертикальних електродів по довжині будівлі, шт.

Відстань між електродами по ширині будівлі a_B , м розраховуємо за формулою:

$$a_B = B + 2 / n_B - 1 = 20.4 + 2 / 2 - 1 = 20.4 \text{ м}$$

де n_B – кількість вертикальних електродів по ширині будівлі, шт.

					MP 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						60
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Уточнене значення опору горизонтального заземлювача R_{Γ} , Ом розраховуємо за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{0.4}{L_{\Pi} * \eta_{\Gamma}} * \rho * K_{\text{СЕЗ.}\Gamma} * \lg \frac{2 * L_{\Pi}^2}{b * t} = 12.925 \text{ Ом}$$

де b – ширина горизонтальної заземлюючої смуги, ($b = 0.04$) м.

Уточнене значення опору вертикальних електродів R_B , Ом розраховуємо за формулою:

$$R_B = r_B / N_{B.P} * \eta_B = 42.488 / 14 * 0.74 = 4.101 \text{ Ом}$$

Фактичний опір ЗП, Ом розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{ЗП.}\Phi} = R_B * R_{\Gamma} / R_B + R_{\Gamma} = 4.101 * 12.925 / 4.101 + 12.925 = 3.115 \text{ Ом}$$

$R_{\text{ЗП.}\Phi} = 3.115 \leq 4.4$ Ом заземлення задовольняє всі вимоги. Схема розміщення пристроїв заземлення проілюстрована на рисунку 6.

Масштаб 1:500 мм

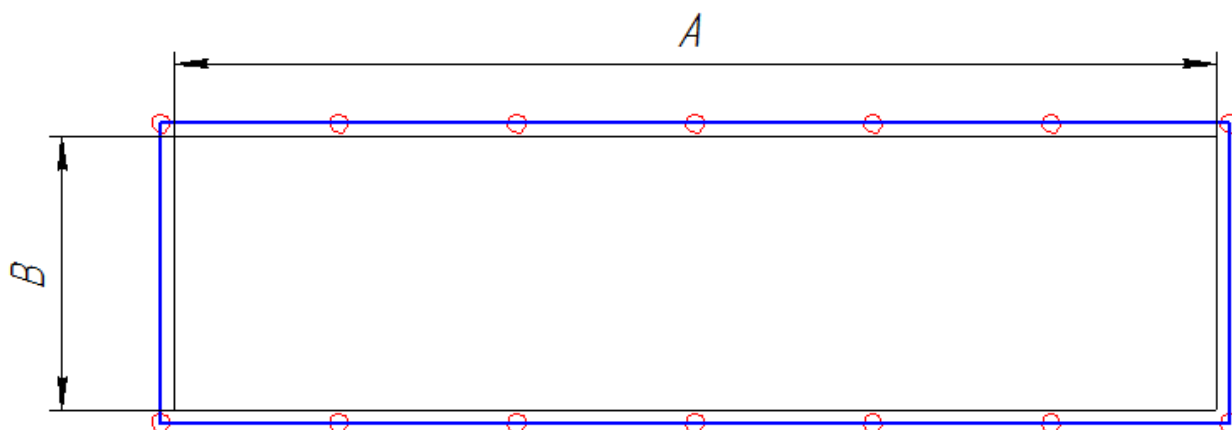


Рисунок 6 – Схема розміщення ЗП

3.5 Розрахунок освітлення приміщень цеху програмними засобами в середовищі DIALux

До освітленості приміщень, де безпосередньо відбувається обробка металевих деталей, висуваються вимоги згідно з класом зорових робіт, а саме – зорові роботи надвисокої точності з предметами розрізнення менше ніж 0,5 мм. Інші приміщення, що використовується для розміщення силових трансформаторів, опалюва-

льних та вентиляційних агрегатів, засобів контролю живленням та захисту трансформаторів, освітлюються згідно з потребами персоналу і не суперечать нормам мінімальної освітленості згідно законодавства. Оскільки у приміщенні цеху присутні колони, а матеріали чистового покриття стін у приміщеннях різняться доречно використовувати засоби DIALux для більш точного розрахунку освітленості приміщень. При розрахунку прийнята висота робочої поверхні на рівні 0,85 м від рівня підлоги. Результати розрахунків для кожної кімнати занесені у відповідні таблиці.

Для економії електроенергії для освітлення приміщень цеху використовуємо світлодіодні світильники від компанії Philips. Монтажна висота 4,5 м від рівня підлоги, оскільки світильники кріпляться на балках.

Технічні характеристики використаних світильників наведені у таблиці 3.1. На рисунку 7 проілюстровано розповсюдження світлового потоку світильника згідно з його паспортом.

Результати моделювання освітленості приміщень наведені у таблицях 3.2-3.7, а також проілюстровані на рисунках 8-19.

Таблиця 3.1 – Характеристики використаних світильників

Найменування світильника	Φ_{CB} , Лм	P_{CB} , Вт
PHILIPS BY120P G3 1xLED105S/840 WB	10500	85

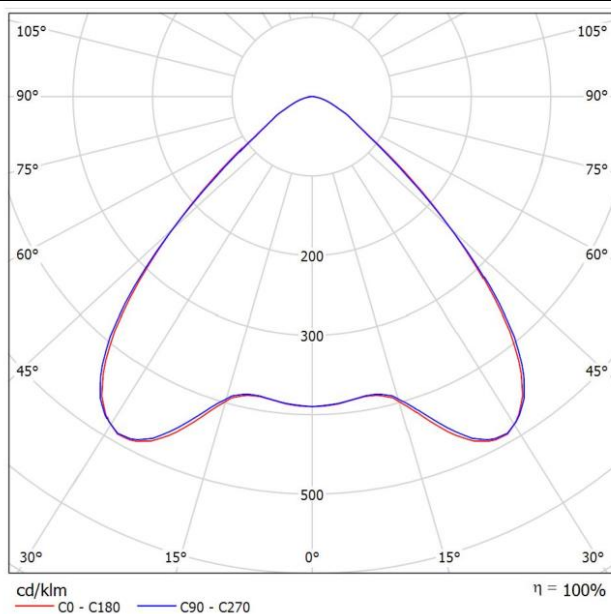


Рисунок 7 – Розповсюдження світлового потоку світильника

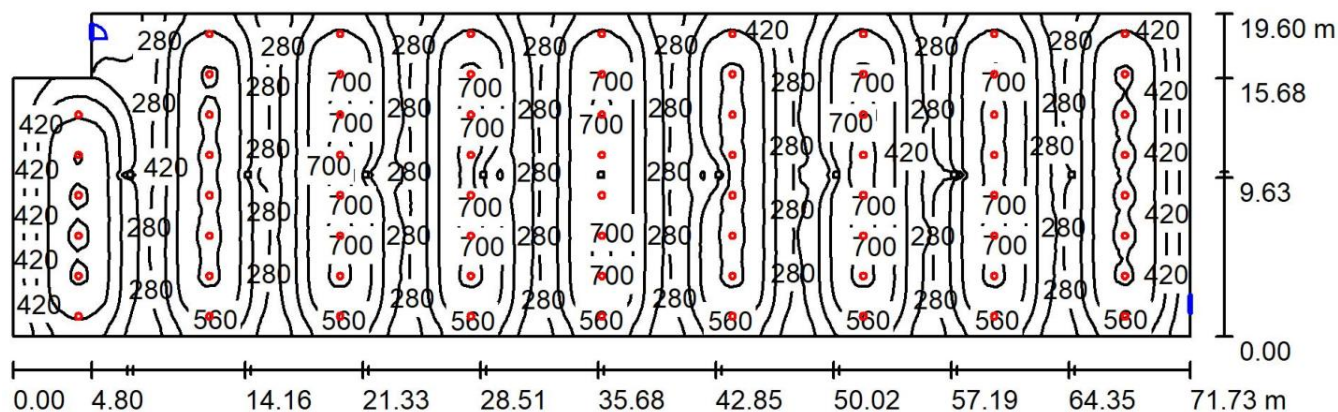


Рисунок 8 – Ізолінії освітлення приміщення ділянки верстатів з ЧПК

Таблиця 3.2 – Світлотехнічні параметри приміщення ділянки верстатів з ЧПУ керуванням

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	487	78	748	0.160
Підлога	27	478	89	638	0.187
Стеля	70	133	77	162	0.562
Стіни	78	196	77	720	-

де ρ – коефіцієнт відбиття поверхні, %;

E_{CP} – середня освітленість поверхні, Лк;

E_{min} та E_{max} – мінімальна та максимальна освітленості поверхні, Лк.

Кількість світильників у приміщенні – 70 шт.

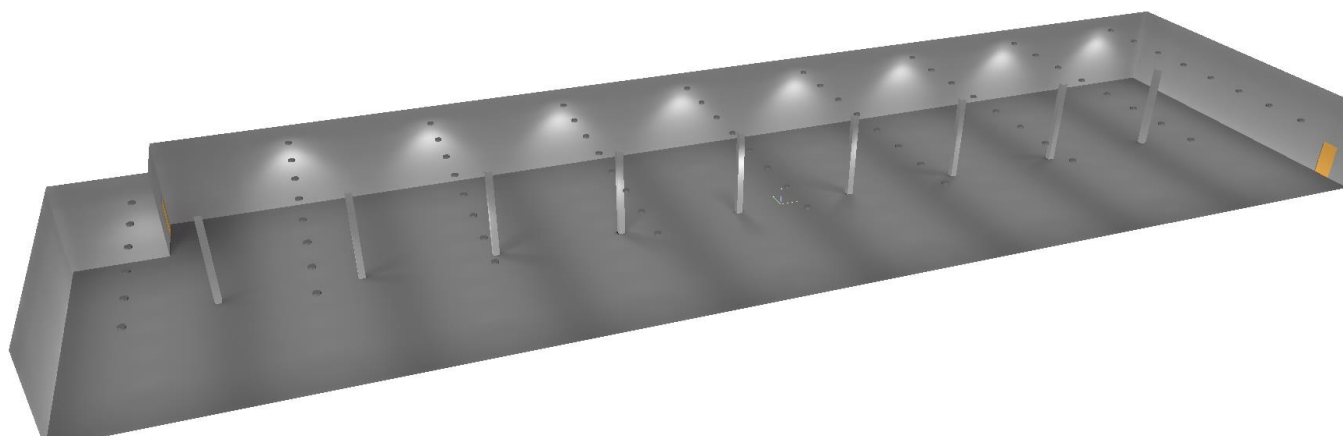


Рисунок 9 – 3D візуалізація освітлення приміщення ділянки верстатів з ЧПК

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

63

Таблиця 3.3 – Світлотехнічні параметри приміщення котельні

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	260	175	290	0.675
Підлога	27	188	156	210	0.826
Стеля	70	24	16	29	0.678
Стіни	27	106	16	311	-

Кількість світильників у приміщенні – 1 шт.

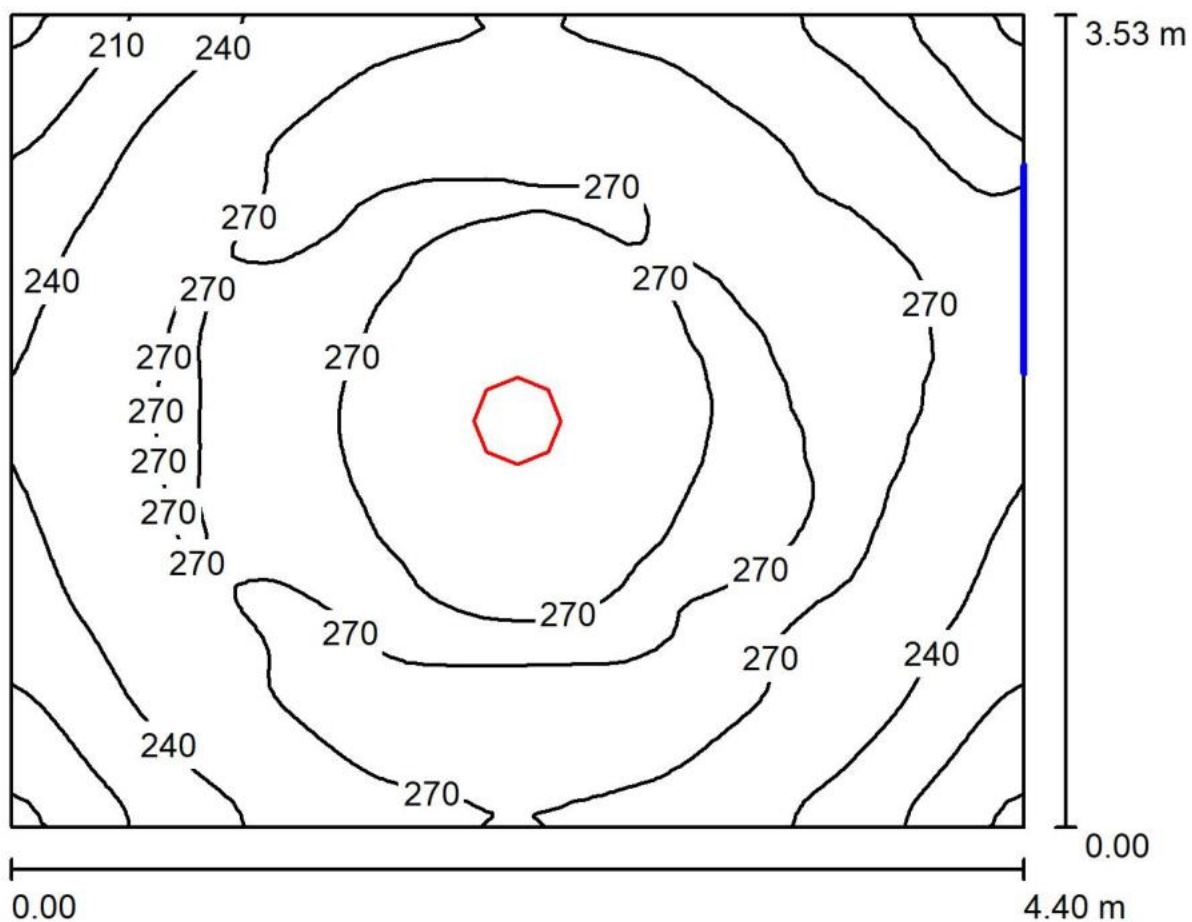


Рисунок 10 – Ізолінії освітлення приміщення котельні

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

64



Рисунок 11 – 3D візуалізація освітлення приміщення котельні

Таблиця 3.4 – Світлотехнічні параметри приміщення вентиляційної

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	260	175	290	0.675
Підлога	27	188	156	210	0.826
Стеля	70	24	16	29	0.678
Стіни	27	106	16	311	-

Кількість світильників у приміщенні – 1 шт.

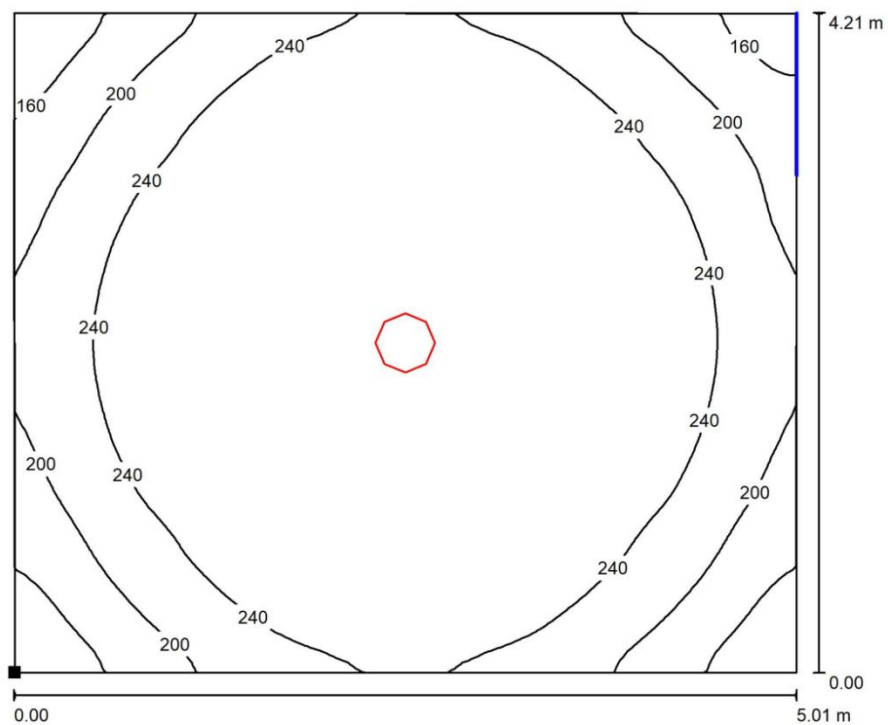


Рисунок 12 – Ізолінії освітлення приміщення вентиляційної



Рисунок 13 – 3D візуалізація освітлення приміщення вентиляційної

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

66

Таблиця 3.5 – Світлотехнічні параметри приміщення камери трансформатора

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	243	131	285	0.536
Підлога	27	183	135	200	0.742
Стеля	70	24	15	29	0.643
Стіни	27	85	14	248	-

Кількість світильників у приміщенні – 1 шт.

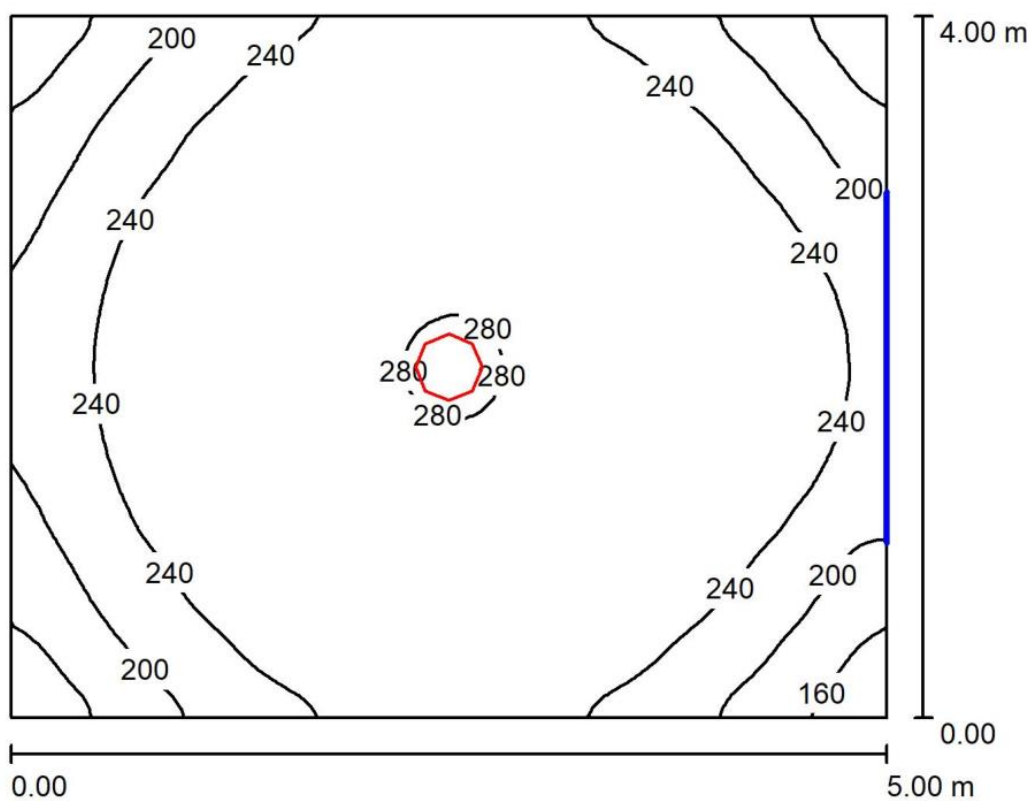


Рисунок 14 – Ізолінії освітлення приміщення камери трансформатора

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

67

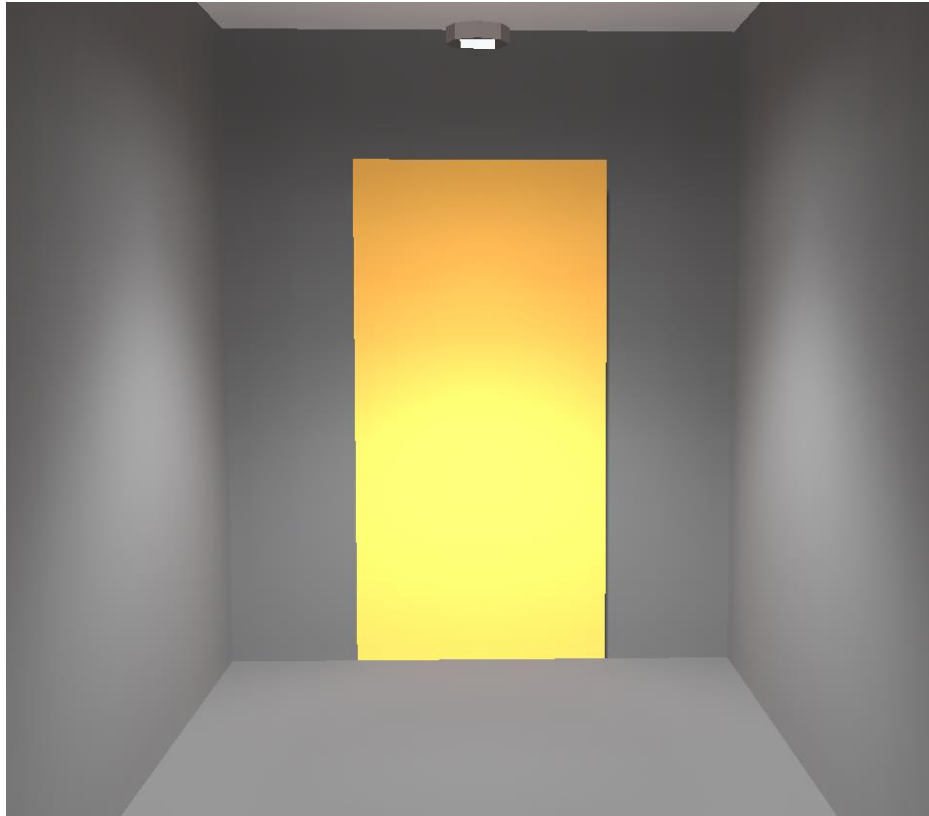


Рисунок 15 – 3D візуалізація освітлення приміщення вентиляційної

Таблиця 3.6 – Світлотехнічні параметри приміщення ВРП цеху

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	243	131	285	0.536
Підлога	27	183	135	200	0.742
Стеля	70	24	15	29	0.643
Стіни	27	85	14	248	-

Кількість світильників у приміщенні – 2 шт.

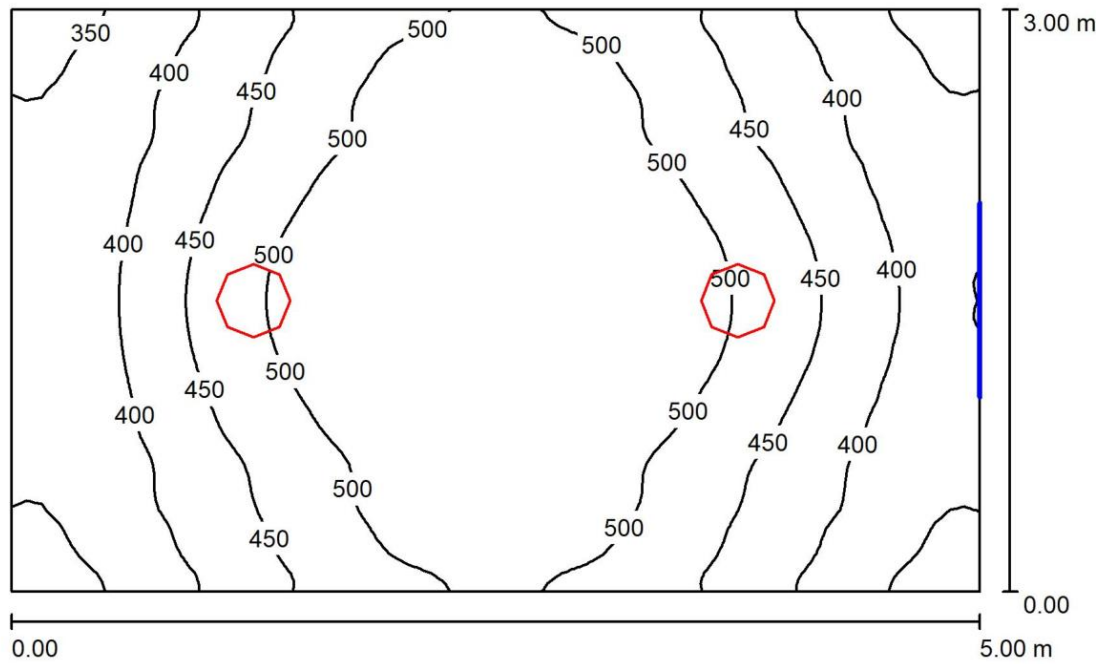


Рисунок 16 – Ізолінії освітлення приміщення ВРП цеху

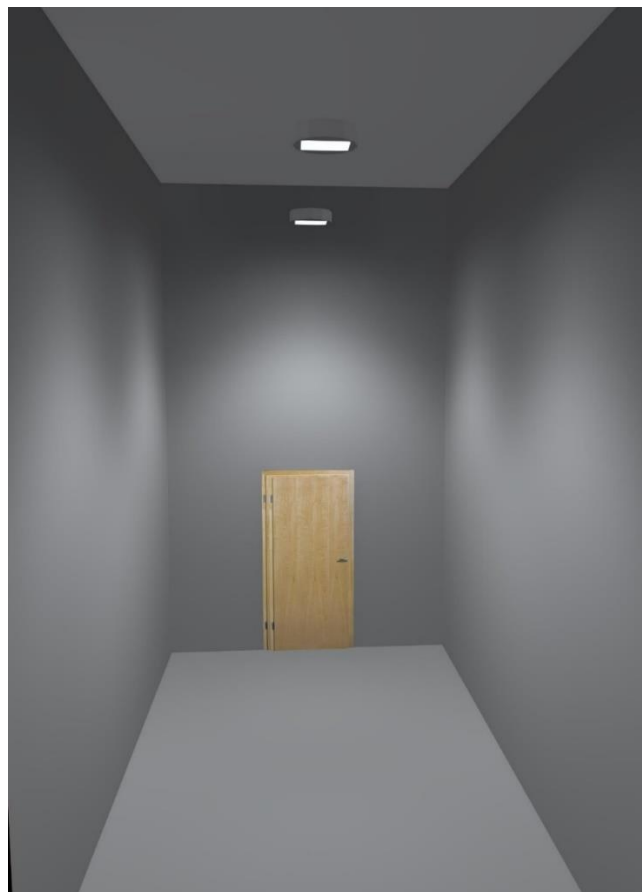


Рисунок 17 – 3D візуалізація освітлення приміщення ВРП цеху

					МР 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						69
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

Таблиця 3.7 – Світлотехнічні параметри прохідного приміщення цеху

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	415	315	462	0.759
Підлога	27	336	293	365	0.872
Стеля	70	146	111	166	0.759
Стіни	78	235	105	617	-

Кількість світильників у приміщенні – 1 шт.

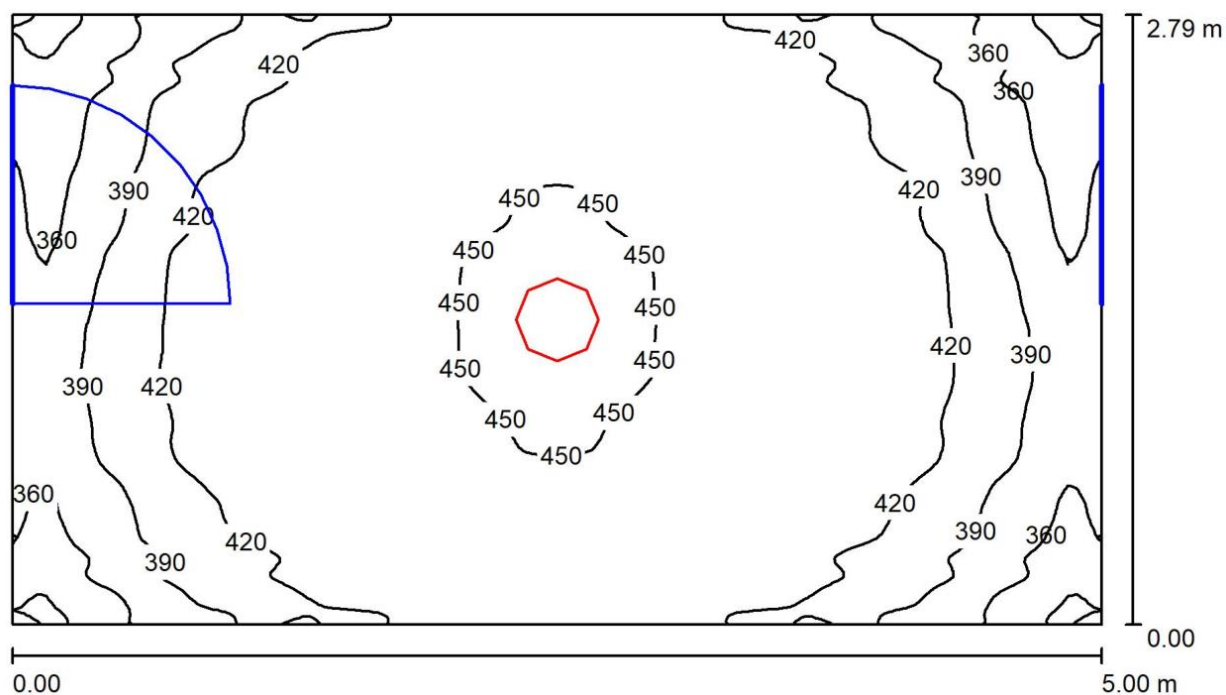


Рисунок 18 – Ізолінії освітлення прохідного приміщення цеху

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

70



Рисунок 19 – 3D візуалізація освітлення прохідного приміщення цеху

					МП 3.8.141.266 ПЗ	Арк
						71
Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата		

4. Економічна частина

У пункті «Економічна частина» ми розрахуємо кошторис витрат на експлуатацію та ремонт електроустаткування цеху. Вихідні дані до розрахунку наведені у таблицях 4.1-4.3.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані до розрахунку технічного обслуговування та ремонту електрообладнання (дані системи ППР базового підприємства) [13]

Найменування показників	Цифрові дані									
Назва електрообладнання	Електродвигуни потужністю, кВт								Оп. та вент.	Тр-р
	1	1.6-3	3.1-5.5	5.6-10	10.1-17	17.1-22	22.1-30	30.1-40		
Кількість електрообладнання, N	2	3	2	1	3	8	13	17	5	2
Ремонтний цикл, Ц (год)	51840	51840	51840	51840	51840	51840	51840	51840	51840	86400
Міжремонтний період, Ц _п (год)	4320	4320	4320	4320	4320	4320	4320	4320	4320	8640
Трудомісткість ремонту в люд-год:										
	-капітального, m_k	7	12	17	23	31	38	44	52	380
-поточного, m_n	2	3	3	4	6	7	8	10	17	75
Час простою в ремонті, в годинах:										
	-у капітальному, t_k	24	24	72	72	72	72	72	96	144
-у поточному, t_n	3	3	8	8	8	8	8	16	16	32

					МР 3.8.141.266 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Полевик А.М.				Економічна частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Маценко О.М.						72	26
Реценз.						СумДУ ЕТМ-91		
Н. Контр.	Никифоров М.А							
Затверд.	Лебединський							

Таблиця 4.2 – Вихідні дані до розрахунку фонду оплати праці ремонтного персоналу цеху (дані базового підприємства)

Найменування показників	Цифрові дані
<p>Режим роботи:</p> <p>-ремонтного персоналу цеху</p> <p>-чергового персоналу цеху</p>	<p>-5-денний робочий тиждень, $T_3 = 8$ год</p> <p>-безперервний 3-х змінний</p>
<p>Система оплати праці:</p> <p>-ремонтного персоналу</p> <p>-чергового персоналу</p>	<p>погодинно-преміальна</p> <p>погодинно-преміальна</p>
<p>Тарифні ставки , $T_{C_{год}}$, грн:</p> <p>- $T_{C_{5р}}$</p> <p>- $T_{C_{6р}}$</p>	<p>22.17</p> <p>26.44</p>
<p>Розмір преміювання, P_p %</p>	<p>10</p>
<p>Розмір відрахувань на соц. потреби,</p> <p>$V_{c.п}$, %</p>	<p>22</p>
<p>Планові невиходи на роботу, дн.:</p> <p>-відпустки (Відп)</p> <p>-державні обов'язки (ДО)</p> <p>-хвороби (ХВ)</p> <p>-пільгові години (Пільг)</p>	<p>24</p> <p>1</p> <p>6</p> <p>-</p>
<p>Шкідливість, $D_{шк}$, %</p>	<p>8</p>
<p>Вислуга років, $V_{рок}$, %</p>	<p>1.5</p>
<p>Річне преміювання, $P_{річ}$, %</p>	<p>2</p>

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

Таблиця 4.3 – Вихідні дані до розрахунку витрат на основні фонди підприємства (дані базового підприємства)

Найменування показників	Цифрові дані									
	Електродвигуни потужністю, кВт								Оп. та вент.	Тр.
Назва електрообладнання	1	1.6-3	3.1-5.5	5.6-10	10.1-17	17.1-22	22.1-30	30.1-40		
Оптові ціни на електрообладнання, Ц ₀ , грн	6250	2700	3550	4950	36750	277300	482000	527000	12480	287000
Витрати на монтаж, В _М , %	24									
Транспортно-заготівельні витрати, З _{ТР-З} , %, до оптової ціни	2.6									
Норми амортизації на електрообладнання, Н _А , %	10									

4.1 Організація технічного обслуговування та ремонту електрообладнання

4.1.1 Розрахунок структури ремонтного циклу

Встановленими нормами визначається структура ремонтного циклу.

Ремонтний цикл – це час роботи між двома капітальними ремонтами.

Міжремонтний період – це час між двома суміжними ремонтами.

Структура ремонтного циклу – це чергування ремонтів у відповідній послідовності між двома капітальними ремонтами.

Ремонтний та його структура залежать від умов експлуатації електро-

обладнання. В період ремонтного циклу здійснюється один або декілька по-точних ремонтів. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.4

Кількість поточних ремонтів a_n , розраховуємо за формулою:

$$a_n = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_\Pi} - 1$$

де Ц – тривалість ремонтного циклу, в міс, (год);

Ц_Π – тривалість міжремонтного періоду, міс, (год);

1 – кількість капітальних ремонтів у ремонтному циклі.

Кількість поточних ремонтів $a_{n.гр}$ для групи споживачів, розраховуємо за формулою:

$$a_{n.гр} = a_n * N$$

де N – кількість споживачів у групі, шт;

Таблиця 4.4 – Результати розрахунків

Найменування обладнання	Кількість, N , шт	Тривалість, міс		Кількість поточних ремонтів		
		ремонтного циклу	міжремонтного періоду	на одиницю, a_n	на всю кількість, $a_{n.гр}$	
Електродрвигуни	1	2	72	6	11	22
	1.6-3	3	72	6	11	33
	3.1-5.5	2	72	6	11	22
	5.6-10	1	72	6	11	11
	10.1-17	3	72	6	11	33
	17.1-22	8	72	6	11	88
	22.1-30	13	72	6	11	143
	30.1-40	17	72	6	11	187
Оп. та вент.	5	72	6	11	55	
Трансформатори	2	120	12	9	18	

На рисунках 20-21 проілюстрована структура ремонтного циклу цеху.

роки \ Міс	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
	1-ий						П					
2-ий						П						П
3-ий						П						П
4-ий						П						П
5-ий						П						П
6-ий						П						К

де П – поточний ремонт;

К – капітальний ремонт.

Рисунок 20 – Структура ремонтного циклу для електродвигунів, вентиляційних агрегатів та агрегатів опалення

роки \ Міс	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
	1-ий											
2-ий												П
3-ий												П
4-ий												П
5-ий												П
6-ий												П
7-ий												П
8-ий												П
9-ий												П
10-ий												К

Рисунок 21 – Структура ремонтного циклу для трансформаторів

4.1.2 Розрахунок середньорічної трудомісткості ремонтів

Згідно зі складеною структурою ремонтного циклу електрообладнання та вибраним з системи ППР нормам трудомісткості робіт при різних видах ремонтів розраховується трудомісткість робіт у ремонтному циклі та середньорічна трудомісткість робіт, відповідно до якої виконується розрахунок чисельності ремонтного персоналу.

Трудомісткість робіт являє собою затрати праці у людино-годинах на виробництво одиниці продукції або виконання відповідно обсягу робіт. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.5.

Загальна трудомісткість ремонтних робіт у ремонтному циклі при капітальному ремонті для даного виду електрообладнання з урахуванням його кількості T_p^k , люд-год, визначаємо за формулою:

$$T_p^k = m_k * a_k * N$$

де m_k – норма трудомісткості робіт при капітальному ремонті для даного виду обладнання, люд-год;

a_k – кількість капітальних ремонтів у ремонтному циклі, шт;

N – кількість одиниць даного виду електрообладнання, шт.

Загальна трудомісткість ремонтних робіт при поточному ремонті, T_p^n , люд-год, для даного виду обладнання з урахуванням його кількості визначаємо за формулою:

$$T_p^n = m_n * a_n * N$$

де m_n – норма трудомісткості робіт при капітальному ремонті для даного виду обладнання, люд-год.

Загальна трудомісткість ремонтних робіт в ремонтному циклі, $T_p^{заг}$, люд-год:

$$T_p^{заг} = T_p^k + T_p^n$$

Середньорічна трудомісткість ремонтних робіт, $T_p^{ср.річн.}$, люд-год, розраховуємо за формулою:

$$T_p^{cp.p\acute{u}чн.} = (T_p^{заг} * 12) / Ц$$

де 12 – кількість місяців в року;

Ц – ремонтний цикл в місяцях.

Таблиця 4.5 – Середньорічна трудомісткість ремонтних робіт електрообладнання

Найменування та тип електрообладнання	Кількість одиниць електрообладнання	Капітальний ремонт			Поточний ремонт			Загальна трудомісткість у ремонтному циклі, люд-год	Тривалість ремонтного циклу, міс	Середньорічна трудомісткість усього виду електрообладнання, люд-год	
		Кількість ремонтів	Норма трудомісткості, люд-год	Загальна трудомісткість ремонтів, люд-год	Кількість ремонтів	Норма трудомісткості, люд-год	Загальна трудомісткість ремонтів, люд-год				
Електродвигуни	1	2	1	7	14	11	2	44	58	72	9.67
	1.6-3	3	1	12	36	11	3	99	135	72	22.5
	3.1-5.5	2	1	17	34	11	3	66	100	72	16.67
	5.6-10	1	1	23	23	11	4	44	67	72	11.17
	10.1-17	3	1	31	93	11	6	198	291	72	48.5
	17.1-22	8	1	38	304	11	7	616	920	72	153.33
	22.1-30	13	1	44	572	11	8	1144	1716	72	286
	30.1-40	17	1	52	884	11	10	1870	2754	72	459
Опалення та вентиляція	5	1	85	425	11	17	935	1360	72	226.67	
Тр-ри	2	1	380	760	9	75	1350	2110	120	211	
Всього:	56	-	-	3145	108	-	6366	9511	-	1444.51	

Трудомісткість технічного обслуговування T_p^{TO} , люд-год, складає 10% від трудомісткості поточного ремонту:

$$T_p^{TO} = (T_p^p * 10\%) / (100\%) = (6366 * 10\%) / (100\%) = 636.6 \text{ люд} - \text{год}$$

4.1.3 Розрахунок тривалості простою електрообладнання під час ремонту

Для визначення ефективного фонду часу роботи обладнання, а також витрат електроенергії зі рік, необхідно знати час простою електрообладнання в ремонті впродовж року.

При розрахунку часу простою електрообладнання в ремонті використовуються 3 системи ППР з урахуванням трудомісткості виконуваних робіт з ремонту електрообладнання. Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.6.

Загальний час простою при капітальному ремонті $T_{пр}^k$, год, визначаємо за формулою:

$$T_{пр}^k = t_k * N * a_k$$

де t_k – норма простою обладнання при капітальному ремонті для даного виду електрообладнання, год.

Загальний час простою при поточному ремонті у ремонтному циклі, $T_{пр}^п$, год., визначаємо за формулою:

$$T_{пр}^п = t_n * N * a_n$$

де t_n – норма простою обладнання в поточному ремонті для даного виду електрообладнання, год.

Сума затрат часу на простій під час ремонту в ремонтному циклі, $T_{пр}^{заг}$, год., становить:

$$T_{пр}^{заг} = T_{пр}^k + T_{пр}^п$$

Середньорічний простій електрообладнання в ремонті, $T_{пр}^{ср.річн}$, год., розраховуємо за формулою:

$$T_{пр}^{ср.річн} = (T_{пр}^{заг} * 12) / Ц$$

де 12 – кількість місяців року;

Ц – тривалість ремонтного циклу, міс.

										Арк
										79
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата						

Таблиця 4.6 – Середньорічна тривалість простою електрообладнання в ремонті

Найменування та тип електрообладнання	Кількість одиниць електрообладнання	Капітальний ремонт			Поточний ремонт			Затрати часу на простій під час ремонту в ремонтному циклі, год	Тривалість ремонтного циклу, міс	Середньорічний простій в ремонті, год	
		Кількість ремонтів	Норма простою у ремонті, год	Загальні затрати часу на ремонт, год	Кількість ремонтів	Норма простою у ремонті, год	Загальні затрати часу на ремонт, год				
Електродвигуни	1	2	1	24	48	11	3	66	114	72	19
	1.6-3	3	1	24	72	11	3	99	171	72	28.5
	3.1-5.5	2	1	72	144	11	8	176	320	72	53.33
	5.6-10	1	1	72	72	11	8	88	160	72	26.67
	10.1-17	3	1	72	216	11	8	264	480	72	80
	17.1-22	8	1	72	576	11	8	704	1280	72	213.33
	22.1-30	13	1	72	936	11	8	1144	2080	72	346.67
	30.1-40	17	1	96	1632	11	16	2992	4624	72	770.67
Опалення та вентиляція	5	1	96	480	11	16	880	1360	72	226.67	
Тр-ри	2	1	144	288	9	32	576	864	120	86.4	
Всього:	56	-	-	4464	108	-	6989	11453	-	1851.24	

4.1.4 Річний графік ППР електрообладнання

Обслуговування і ремонт обладнання відбувається по раніше розробленому графіку ППР. В графіку встановлюються тверді строки проведення окремих видів ремонтів та їх почерговості.

Для побудови графіка ППР на запланований рік необхідно знати рік та місяць вводу в дію електрообладнання, а також необхідно врахувати структуру ремонтного циклу на цьому електрообладнанні.

Кількість капітальних ремонтів в загальному періоді для усього типового електрообладнання P_K , шт, розраховуємо за формулою:

$$P_K = \frac{8640 * N * a_k * K}{\text{Ц}}$$

де 8640 – календарний фонд часу, год;

N – кількість типового електрообладнання;

a_k – кількість капітальних ремонтів у ремонтному циклі для одиниці обладнання;

K – коефіцієнт використання обладнання за календарним часом, приймаємо рівним 1;

Ц – тривалість ремонтного циклу, год.

Кількість поточних ремонтів у планованому році для усього типу обладнання $P_{\text{П}}$, шт, розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{П}} = \frac{8640 * N * a_n * K}{\text{Ц}}$$

де a_n – кількість поточних ремонтів у ремонтному циклі для одиниці обладнання.

Детальний розрахунок трудомісткості капітального і поточного ремонтів та часу простою під час ремонту для кожної одиниці обладнання не проводимо. Дані розрахунків округлюємо до найближчого цілого числа відмінного від нуля. Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.7.

									Арк
									81
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

Таблиця 4.7 – Результати розрахунків ремонтів для графіка ППР

Найменування та тип		Кількість обладнання	Кількість ремонтів за рік	
			П _к , шт	П _п , шт
Електродвигуни	1	2	1	4
	1.6-3	3	1	6
	3.1-5.5	2	1	4
	5.5-10	1	1	2
	10.1-17	3	1	6
	17.1-22	8	1	15
	22.1-30	13	2	24
	30.1-40	17	3	31
Оп. та вент.		5	1	9
Трансформатори		2	1	2

4.2 Розрахунок чисельності ремонтного та чергового персоналу

При визначенні чисельності робітників потрібно розрізняти явочний і списковий склад.

Явочна чисельність – це кількість працівників, які повинні вийти на роботу на протязі зміни чи доби, заповнити всі робочі місця та забезпечити нормальний хід виробничого процесу.

Облікова чисельність – включає явочну чисельність, а також запас на відшкодування невиходів на роботу в зв'язку з тимчасовою непрацездатністю, черговими і додатковими відпустками, виконанням державних і громадських обов'язків.

Облікова чисельність завжди більш явочної.

Вихідними даними для розрахунку чисельності ремонтного і чергового персоналу є трудомісткість ремонтних робіт і річний баланс робочого часу.

4.2.1 Річний баланс робочого часу

Для того щоб розрахувати чисельність ремонтного і чергового персоналу

необхідно знати кількість днів у році, які відпрацьовує один середньосписковий робітник при відповідних ремонтних роботах.

Для цього складається річний баланс робочого часу.

Баланс робочого часу – показує кількість днів і годин, які повинен відпрацювати один робітник на протязі планового року.

Графік змінності – характеризує послідовність виходу на роботу, порядок переходу робітників зі зміни в зміну, чередування днів праці та відпочинку.

Коефіцієнт невиходів – визначається як частка номінального фонду робочого часу на ефективний фонд робочого часу, показує у скільки разів облікова чисельність більше явочної.

В балансі розрізняють календарний час (T_K), номінальний час ($T_{НОМ}$), та ефективний час ($T_{ЕФ}$).

Календарний фонд робочого часу – це кількість днів в році.

Номінальний фонд робочого часу – це максимально можливий фонд робочого часу, який може бути відпрацьований одним робітником на протязі року.

Номінальний фонд робочого часу, $T_{НОМ}$, дн., розраховуємо за формулою:

$$T_{НОМ.пер} = T_K - (B + Cв)$$

$$T_{НОМ.безпер} = T_K - B$$

де T_K – календарний фонд часу, дн;

B – кількість днів відпочинку в році;

$Cв$ – кількість святкових днів.

Ефективний фонд робочого часу для перервного та безперервного режимів роботи $T_{ЕФ}$, дн. розраховується за формулою:

$$T_{ЕФ} = T_{НОМ} - (Відп + ХВ + ДО + Пільг)$$

де Відп – чергові та додаткові відпустки, дн;

$ХВ$ – витрати часу через хвороби; дн;

$ДО$ – час виконання державних і громадських обов'язків;

$Пільг$ – пільгові години підліткам, дн.

									Арк
									83
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

Коефіцієнт невиходів на роботу $K_{\text{НЕВ}}$, розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{НЕВ}} = T_{\text{НОМ}} / T_{\text{ЕФ}}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Баланс робочого часу робітника

Назва фондів часу	Буквене позначення	Дні	
		Для ремонтного персоналу	Для чергового персоналу
Календарний фонд	$T_{\text{К}}$	366	366
Вихідні дні	В	104	91
Святкові дні	Св	10	-
Номінальний фонд	$T_{\text{НОМ}}$	252	275
Невиходи на роботу:			
- відпустка	Відп	24	24
- хвороба	ХВ	6	6
- державні обов'язки	ДО	1	1
- пільгові	Пільг	-	-
Ефективний фонд робочого часу (в днях)	$T_{\text{ЕФ}}$	221	244
Тривалість зміни	$T_{\text{ЗМ}}$	8	8
Ефективний фонд робочого часу (в годинах)	$T_{\text{ЕФ}}$	1768	1952
Коефіцієнт невиходів	$K_{\text{НЕВ}}$	1.14	1.13

4.2.2 Розрахунок чисельності ремонтного персоналу

Розраховуємо чисельність ремонтного персоналу проводиться на основі трудомісткості ремонтних робіт електроустаткування цеху $Ч_{\text{ОБЛ}}$, чол, за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}} = \frac{T_{\text{р}}^{\text{ср.річн.}}}{T_{\text{ЕФ}} * K_{\text{НОРМ}}} = \frac{1444.51}{1798 * 1.1} = 0.74 \text{ чол}$$

де $T_{\text{р}}^{\text{ср.річн.}}$ – середньорічна трудомісткість ремонтних робіт, люд-год;

$K_{\text{НОРМ}}$ – коефіцієнт виконання норм (виробітку, часу), приймається

$K_{\text{НОРМ}}=1-1.2$.

Приймаємо: 1 чол.

Так як вся трудомісткість ремонтних робіт складається із трудомісткості слюсарних, верстатних та інших робіт, то всі робітники будуть поділятися за спеціальностями на електрослюсарів і верстатних робітників.

Облікова чисельність верстатників $\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{вер}}$, чол, розраховуємо за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{вер}} = \frac{T_{\text{р}}^{\text{ср.річн.}} * 10\%}{T_{\text{ЕФ}} * K_{\text{НОРМ}} * 100\%} = \frac{1444.51 * 10\%}{1798 * 1.1 * 100\%} = 0.07 \text{ чол}$$

де 10% – відсоток верстатних робіт в загальному обсязі верстатних робіт.

Приймаємо: 0 чол, так як верстатні роботи буде виконувати електрослюсар за сумісництвом

Облікова чисельність електрослюсарів $\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{сл.}}$, чол, розраховуємо за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{сл.}} = \frac{T_{\text{р}}^{\text{ср.річн.}} * (80\% + 10\%)}{T_{\text{ЕФ}} * K_{\text{НОРМ}} * 100\%} = \frac{1444.51 * (80\% + 10\%)}{1798 * 1.1 * 100\%} = 0.67 \text{ чол}$$

де 80% – відсоток слюсарних робіт в загальному обсязі ремонтних робіт.

Приймаємо: 1 чол

Після розрахунку чисельності ремонтних робітників створюється бригада з урахуванням кваліфікації електрослюсарів. Приймаємо:

- 1 електрослюсар 6 розряду

4.2.3 Розрахунок чисельності чергового персоналу цеху

Розрахунок чисельності чергового персоналу цеху проводиться на основі трудомісткості технічного обслуговування електроустаткування $\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}$, чол, за формулою:

									Арк
									85
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

$$Ч_{\text{ОБЛ}} = \frac{T_p^{\text{ТО}}}{T_{\text{ЕФ}} * K_{\text{НОРМ}}} = \frac{636.6}{1952 * 1.1} = 0.3 \text{ чол}$$

де $T_p^{\text{ТО}}$ – трудомісткість технічного обслуговування, люд-год.

Приймаємо: 1 чол.

Ефективний фонд часу вибирається на основі балансу робочого часу з урахуванням режиму роботи. Якщо чисельність чергового персоналу не буде відповідати кількості робітників з обліку режиму роботи базового підприємства і правилам ТБ, то приймається потрібне число робітників з урахуванням того, що вони будуть обслуговувати електроустаткування сусіднього цеху.

Кваліфікаційний склад чергових робітників складає:

- електрослюсар 5 розряд – чоловік

4.3 Розрахунок капітальних витрат на електрообладнання цеху

Сума капітальних витрат на електроустаткування складається з витрат на його придбання (ціна), поставку і монтаж. При цьому враховується матеріали, необхідні для монтажу і експлуатацію устаткування (провід, кабель).

Вартість монтажних робіт V_M , грн, визначається в розмірі 24% від оптової ціни, отже розраховуємо за формулою:

$$V_M = C_0 * 24\% / 100\%$$

де C_0 – оптова ціна одиниці устаткування, грн.

Транспортно-заготівельні затрати на поставку електроустаткування, що складають 2,6% від оптової ціни устаткування, розраховуємо за формулою:

$$Z_{\text{тр-заг}} = C_0 * 2.6\% / 100\%$$

Кошторисну вартість одиниці устаткування K_B , грн, розраховуємо за формулою:

$$K_B = C_0 + V_M + Z_{\text{тр-заг}}$$

Загальну кошторисну вартість всього електроустаткування $K'_{\text{ЗАГ}}$, грн, визначаємо за формулою:

									Арк
									86
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

$$K'_{\text{ЗАГ}} = K_{\text{В}} * N$$

де N – кількість електроустаткування, шт або м.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Розрахунок капітальних витрат на електрообладнання

Назва і тип електроустаткування	Кількість, шт, м	Кошторисна вартість одиниці устаткування, грн				Загальна вартість даного виду устаткування, грн, $K'_{\text{ЗАГ}}$	
		Оптові ціни, Ц ₀	Вартість монтажних робіт, В _М	Транспортивно заготовельні витрати, $Z_{\text{тр-заг}}$	Всього $K_{\text{В}}$		
							24%
Електродвигуни	1	2	6250	6250	1500	162.5	7912.5
	1.6-3	3	2700	2700	648	70.2	3418.2
	3.1-5.5	2	3550	3550	852	92.3	4494.3
	5.5-10	1	4950	4950	1188	128.7	6266.7
	10.1-17	3	36750	36750	8820	955.5	46525.5
	17.1-22	8	277300	277300	66552	7209.8	351061.8
	22.1-30	13	482000	482000	115680	12532	610212
	30.1-40	17	527000	527000	126480	13702	667182
Оп. і вент.	5	12480	12480	2995.2	324.48	15799.68	
Тр-ри	2	287000	287000	68880	7462	363342	
Всього:	56	-	-	-	-	23069938,2	
Кабелі:							
ВВГ 5x10	180	116	27.84	3.02	146.86	26434.8	
ВВГ 5x16	790	220.5	52.92	5.73	279.15	220528.5	
ВВГ 5x4	100	41.5	9.96	1.08	52.54	5254	
ВВГ 3x1.5	10	11	2.64	0.29	13.93	139.3	

Продовження таблиці 4.9

Назва і тип електроустаткування	Кількість, шт, м	Кошторисна вартість одиниці устаткування, грн				Загальна вартість даного виду устаткування, грн, К'ЗАГ
		Оптові ціни, Ц ₀	Вартість монтажних робіт, В _М	Транспортивно заготовельні витрати, З _{тр-заг}	Всього К _В	
<u>Кабелі:</u>						
АВБбШВ 4х2.5	20	17	4.08	0.44	21.52	430.4
АВБбШВ 4х10	60	35	8.4	0.91	44.31	2658.6
АВБбШВ 4х4	10	23	5.52	0.6	29.12	291.2
ВВГ 4х70	100	689	165.36	17.91	872.27	87227
ВВГ 4х1.5	10	14	3.36	0.36	17.72	177.2
ВВГ 5х120	180	1424	341.76	37.02	1802.78	324500.4
ВВГ 5х150	250	1737	416.88	45.16	2199.04	549760
ВВГ 5х95	90	1129	270.96	29.35	1429.31	128637.9
ВВГ 5х185	20	2085	500.4	54.21	2639.61	52792.2
ВВГ 5х2.5	300	29	6.96	0.75	36.71	11013
ВВГ 4х185	270	1720	412.8	44.72	2177.52	587930.4
ААШВ 3х150	13682	350	84	9.1	443.1	6062494.2
Всього:	16072	-	-	-	-	8060269.1

Продовження таблиці 4.9

Назва і тип електроустаткування	Кількість, шт, м	Кошторисна вартість одиниці устаткування, грн				Загальна вартість даного виду устаткування, грн, К'ЗАГ
		Оптові ціни, Ц ₀	Вартість монтажних робіт, В _М	Транспортно заготовельні витрати, З _{тр-заг}	Всього К _В	
<u>Вимикачі:</u>						
Нager НІС493Е	1	331475	79554	8618.35	419647.35	419647.35
ОТ-4000	2	167000	40080	4342	211422	422844
ВН-11У3	2	3500	840	91	4431	8862
ВА88-32 3Р	41	860	206.4	22.36	1088.76	44639.16
ВА88-33 3Р	2	1080	259.2	28.08	1367.28	2734.56
ВА88-35 3Р	10	1650	396	42.9	2088.9	20889
ВА88-37 3Р	3	3700	888	96.2	4684.2	14052.6
Всього:	61	-	-	-	-	933668.67
<u>Контактори:</u>						
ПКМ-18621	2	200	48	5.2	253.2	506.4
ПКМ-32665	1	550	132	14.3	696.3	696.3
Всього:	3	-	-	-	-	1202.7
КРМ 0.4-160-20 У3-У1	2	31150	7476	809.9	39435.9	78871.8
Всього капітальних витрат:	-	-	-	-	-	32143950.47

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата
-----	-----	-------------	--------	------

МР 3.8.141.266 ПЗ

Арк

89

4.4 Розрахунок поточних витрат на електрообладнання цеху

Поточні витрати на утримання електроустаткування складаються з амортизаційних відрахувань з електроустаткування і заробітної плати ремонтного і чергового персоналу.

4.4.1 Розрахунок річної суми амортизаційних відрахувань на електрообладнання цеху

Амортизація – це процес переносу вартості основних виробничих фондів по частинам, по мірі їх зносу на собівартість продукції, що випускається.

Мета амортизації – накопичення коштів для оновлення основних фондів.

Норма амортизації – це плановий річний відсоток перенесення вартості основних фондів та вартість готової продукції.

Суму амортизаційних відрахувань A , грн, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{K'_{\text{ЗАГ}} * N_A \%}{100\%}$$

де N_A – норма амортизації, %.

Амортизаційні відрахування на провід, кабелі, комутаційну і захисну апаратуру та деякі види труб не розраховуються. Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Розрахунок річної суми амортизаційних відрахувань

Назва електроустаткування	Кошторисна вартість, грн	Норма амортизації, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн	
Електродвигуни	1	15825	10	1582.5
	1.6-3	10254.6	10	1025.46
	3.1-5.5	8988.6	10	898.86
	5.5-10	6266.7	10	626.67
	10.1-17	139576.5	10	13957.65
	17.1-22	2808494.4	10	280849.44

Продовження таблиці 4.10

Назва електроустаткування	Кошторисна вартість, грн	Норма амортизації, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн
22.1-30	7932756	10	793275.6
30.1-40	726684	10	72668.4
Оп. та вент.	78998.4	10	7899.84
Трансформатори	726684	10	72668.4
Конденсаторні батареї	78871.8	10	7887.18
Всього:	23148810	-	2314881

4.4.2 Розрахунок річного фонду оплати праці ремонтного і чергового персоналу

Фонд оплати праці – представляє собою суму грошових коштів, що виплачується робітниками цеху в плановому періоді.

Фонд оплати праці (ФОП) – розраховується окремо для ремонтного і чергового персоналу, якщо для них встановлений різний режим роботи.

ФОП робітників складається з фонду основної оплати ($\Phi_{\text{ОСН}}$), фонду додаткової оплати праці ($\Phi_{\text{ДОД}}$), виплати інших і компенсаційних ($B_{\text{ІН. і К.}}$):

$$\Phi_{\text{ОП}} = \Phi_{\text{ОСН}} + \Phi_{\text{ДОД}} + B_{\text{ІН. і К.}}$$

До фонду основної заробітної плати ($\Phi_{\text{ОСН}}$) входить заробітна плата нарахована за виконану роботу за розцінками і тарифними ставками.

$$\Phi_{\text{ОСН}} = \Phi_{\text{ТАР}}$$

де $\Phi_{\text{ТАР}}$ – тарифний фонд, грн.

Тарифний фонд $\Phi_{\text{ТАР}}$, грн, обчислюємо за формулою:

$$\Phi_{\text{ТАР}} = T_{\text{СГОД}} * T_{\text{ЕФ}} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

де $T_{\text{СГОД}}$ – годинна тарифна ставка, грн;

$T_{\text{ЕФ}}$ – ефективний фонд часу 1-го робітника, год.

До фонду додаткової оплати праці ($\Phi_{\text{ДОД}}$) входять :

а) надбавки і доплати до тарифних ставок і посадових окладів, передбачених чинним законодавством:

- бригадирам з числа робітників, не звільнених від основної роботи;
- за поєднання професій;

б) оплата щорічних і додаткових відпусток;

в) оплата робочого часу робітника, який залучається до виконання державних обов'язків (ДО), якщо ці обов'язки виконуються в робочий час відповідно до законодавства;

г) оплата праці у вихідні і святкові дні, в наднормовий час;

д) доплата за роботу у важких, шкідливих, особливо шкідливих умовах праці, в вечірній час.

Додатковий фонд оплати праці $\Phi_{\text{ДОД}}$, грн, обчислюється за формулою:

$$\Phi_{\text{ДОД}} = D_{\text{ВЕЧ}} + D_{\text{НІЧ}} + D_{\text{СВ}} + V_{\text{ВІДП}} + V_{\text{ДО}} + V_{\text{ПЛ}} + D_{\text{ШК}} + D_{\text{БР}} + V_{\text{РОК}}$$

де $D_{\text{ВЕЧ}}$ – доплата за роботу у вечірній час, грн;

$D_{\text{НІЧ}}$ – доплата за роботу в нічний час, грн;

$D_{\text{СВ}}$ – доплата за роботу у святкові дні, грн;

$V_{\text{ВІДП}}$ – оплата відпусток, грн;

$V_{\text{ДО}}$ – оплата за час залучення робітників за виконання державних обов'язків, грн;

$V_{\text{ПЛ}}$ – оплата пільгових годин підлітків, грн;

$D_{\text{ШК}}$ – доплата за роботу у шкідливих, важких умовах праці, грн;

$D_{\text{БР}}$ – доплата за бригадирство, грн;

$V_{\text{РОК}}$ – сума виплат за вислугу років, грн.

Нічна зміна – зміна в якій не менше 50% часу припадає на нічний час

Нічний час – вважають час з 22.00 до 6.00 годин.

Вечірня зміна – це зміна, яка починається безпосередньо перед нічною зміною, незалежно від часу її початку та закінчення.

									Арк
									92
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

Доплату за роботу в вечірній час $D_{\text{ВЕЧ}}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$D_{\text{ВЕЧ}} = 1/3 * \Phi_{\text{ТАР}} * 20\%/100\%$$

де $1/3$ – доля вечірніх годин при 3-х змінній роботі;

20% – надбавка до тарифної ставки за роботу в вечірній час.

Доплату за роботу в нічний час $D_{\text{НІЧ}}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$D_{\text{НІЧ}} = 1/3 * \Phi_{\text{ТАР}} * 40\%/100\%$$

де $1/3$ – доля нічних годин при 3-х змінній роботі;

40% – надбавка до тарифної ставки за роботу в нічний час.

Оплата праці робітників в святкові дні $D_{\text{СВ}}$, грн, визначається в подвійному розмірі, тому розраховуємо доплати за роботу в святкові дні по формулі:

$$D_{\text{СВ}} = T_{\text{СГОД}} * T_{\text{ЗМ}} * C_{\text{В}} * Ч_{\text{ЯВ}}$$

де $T_{\text{СГОД}}$ – годинна тарифна ставка, грн;

$T_{\text{ЗМ}}$ – тривалість зміни в годинах, год;

$C_{\text{В}}$ – кількість святкових днів в періоді, дн;

$Ч_{\text{ЯВ}}$ – явочна чисельність робітників, чол.

Суму оплати відпусток $V_{\text{ВІДП}}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{ВІДП}} = Z_{\text{СР.ДН.}} * \text{Відп} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

де Відп – число днів відпустки, дн;

$Ч_{\text{ОБЛ}}$ – облікова чисельність робітників, чол;

$Z_{\text{СР.ДН.}}$ – середньоденна зарплата основних робітників, грн.

Середньоденну зарплата $Z_{\text{СР.ДН.}}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$Z_{\text{СР.ДН.}} = (\Phi_{\text{ТАР}} + D_{\text{ВЕЧ}} + D_{\text{НІЧ}} + D_{\text{СВ}} + D_{\text{ШК}}) / (Ч_{\text{ОБЛ}} * T_{\text{ЕФ}})$$

де $T_{\text{ЕФ}}$ – ефективний фонд праці одного середньоспискового робітника, дн.

Суму оплати за час виконання державних обов'язків $V_{\text{ДО}}$, грн, визначаємо за формулою:

$$V_{\text{ДО}} = Z_{\text{СР.ДН.}} * \text{ДО} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

									Арк
									93
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

де D_0 – кількість днів виконання державних обов'язків, дн.

Суму доплат підліткам за невідпрацьований час, але підлягає оплаті $V_{ПЛ}$, грн, визначаємо за формулою:

$$V_{ПЛ} = Z_{СР.ДН.} * ПІЛЬГ * Ч_{ОБЛ}$$

де $ПІЛЬГ$ – тривалість пільгового часу, дн.

Доплату за роботу в шкідливих умовах праці $D_{ШК}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$D_{ШК} = \Phi_{ТАР} * \%D_{ШК} / 100\%$$

де $\%D_{ШК}$ – надбавки у відсотках до тарифної ставки за працю в шкідливих умовах.

Премія Pr , грн, розраховується за формулою:

$$Pr = (\%Pr * (\Phi_{ТАР} + D_{ВЕЧ} + D_{НІЧ} + D_{ШК})) / 100\%$$

де $\%Pr$ – відсоток преміювання, %.

Суму виплат за вислугу років $V_{РОК}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$V_{РОК} = (\%V_{РОК} * \Phi_{ТАР}) / 100\%$$

де $\%V_{РОК}$ – відсоток виплати за вислугу років, %.

До інших витрат і компенсаційних відносяться:

- а) накопичення за результати роботи за рік ($Pr_{РІЧ}$);
- б) одноразова нагорода.

$$V_{ІН. і К.} = Pr_{РІЧ}$$

де $Pr_{РІЧ}$ – премія за результати роботи за рік, грн.

Розміри виплат в вигляді премії за рік $Pr_{РІЧ}$, грн, розраховуємо за формулою:

$$Pr_{РІЧ} = (\%Pr_{РІЧ} * \Phi_{ОСН}) / 100\%$$

де $\%Pr_{РІЧ}$ – відсоток річного преміювання, %.

Середньомісячну заробітну плату робітників $Z_{СР.МІС.}$, грн, визначаємо за формулою:

									Арк
									94
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

$$Z_{\text{СР.МІС.}} = \Phi_{\text{ОП}} / (\text{Ч}_{\text{ОБЛ}} * 12)$$

Крім того необхідно розрахувати відрахування на соціальні потреби $V_{\text{СОЦ.П.}}$, грн, які в даний час становлять 22% до фонду оплати праці:

$$V_{\text{СОЦ.П.}} = (\%V_{\text{СОЦ.П.}} * (\Phi_{\text{ТАР}} + \Phi_{\text{ДОД}})) / 100\%$$

де $\%V_{\text{СОЦ.П.}}$ – відсоток відрахувань на соціальні потреби, %.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11- Результати розрахунку фонду оплати праці (ФОП)

Показник	Оплата праці персоналу цеху, грн	
	Ремонтного	Чергового
Тарифний фонд, $\Phi_{\text{ТАР}}$	46745.92	43275.84
Доплата за роботу у вечірній час, $D_{\text{ВЕЧ}}$	0	2885.06
Доплата за роботу у нічний час, $D_{\text{НІЧ}}$	0	5770.11
Оплата за роботу у святкові дні, $D_{\text{СВ}}$	0	1773.6
Оплата відпусток, $V_{\text{ВІДП}}$	5482.56	5622.96
Середньоденна зарплата, $Z_{\text{СР.ДН.}}$	228.44	234.29
Оплата за час виконання ДО, $V_{\text{ДО}}$	228.44	234.29
Сума пільгових доплат, $V_{\text{ПЛ}}$	0	0
Доплата за роботу в шкідливих умовах, $D_{\text{ШК}}$	3739.67	3462.07
Премія, Pr	5048.56	5539.31
Вислуга років, $V_{\text{РОК}}$	701.19	649.14
Фонд додаткової оплати праці, $\Phi_{\text{ДОД}}$	15200.42	25936.54
Річне преміювання, $Pr_{\text{РІЧ}}$	934.92	865.52
Середньомісячна оплата, $Z_{\text{СР.МІС.}}$	5240.11	5839.83
Відрахування на соціальні потреби, $V_{\text{СОЦ.П.}}$	13628.19	15226.72
Фонд оплати праці, $\Phi_{\text{ОП}}$	62881.26	70077.9

4.4.3 Кошторис витрат на утримання та експлуатацію електрообладнання цеху

Собівартість продукції це грошовий вираз на виробництво і реалізацію продукції. Це комплексний економічний показник, який об'єднує в собі витрати уречевленої праці (обладнання), та витрати на спожиті засоби виробництва, й витрати живої праці та витрати на заробітну плату працівників підприємства.

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування є однією із статей калькуляції собівартості продукції, випущеної цехом. Для їх визначення складається кошторис витрат в якому відображаються всі витрати на утримання і експлуатацію устаткування, а також на його ремонт. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Кошторис витрат на утримання і експлуатацію устаткування

Назва витрат	Сума, грн
Амортизаційне відрахування	2314881
Експлуатація устаткування	642879.01
Основна заробітна плата ремонтного і чергового персоналу	90021.76
Відрахування на соціальні потреби	28854.91
Ремонт електроустаткування	1285758.02
Знос малоцінних і швидко зношуваних інструментів і приладів	160719.75
Інші витрати	321439.5
Додаткова зарплата ремонтного і чергового персоналу	41136.96
Всього:	4885690.91

Примітка до таблиці:

1. Сума амортизаційних витрат береться з таблиці 4.10
2. Витрати на експлуатацію устаткування складає в середньому 2% від капітальних затрат.

3. Сума основної заробітної плати і відрахувань на соціальні потреби береться з таблиці 4.11.

4. Витрати на ремонт електроустаткування складають приблизно 4% від капітальних витрат на електроустаткування.

5. Знос малоцінних і швидко зношуваних інструментів і приладів складає 0.5% від капітальних затрат на електроустаткування.

6. Інші витрати беруться в розмірі 1% від капітальних затрат на електрообладнання.

4.5 Техніко-економічні показники електрослужби цеху

На основі проведених розрахунків складаємо таблицю техніко-економічних показників електрообладнання цеху.

Таблиця 4.13 – Техніко-економічні показники електрослужби цеху

Показники	Одиниці вимірювання	Цифрові дані
Капітальні затрати	грн.	32143950.47
Річна сума амортизаційних відрахувань	грн.	2314881
Чисельність ремонтної бригади:		
- 6 ^{го} розряду	чол.	1
Чисельність чергових електрослюсарів:		
- 5 ^{го} розряду	чол.	1
Річний фонд плати праці	грн	132959.16
Середньомісячна заробітна плата 1-го робітника:		
- ремонтного	грн	5240.11
- чергового	грн	5839.83
Витрати по утриманню та експлуатації електрообладнання	грн	4885690.91
Загальна трудомісткість ремонтних робіт	люд.-год.	1444.51

5. Наукова частина

5.1 Актуальність роботи.

На даний час використовуються архаїчні двигуни оберտального руху у електроприводах транспорту (поїзди електровози і т.п.), верстаків (металооброблювальних, ткацьких і т.д.), нажаль використання даного типу електродвигунів пов'язане з використанням різних пристроїв для передачі моменту від двигуна до робочого органу (РО). Недоліки електроприводів оберտального руху (через ремінну і гвинтову передачу обертального моменту):

- велика кількість проміжних елементів від джерела енергії до РВ;
- величезна інерційність цих елементів, особливо в великогабаритних верстатах;
- наявність зазорів в передавальних пристроях;
- тертя в безлічі деталей, (різко змінюється при переході системи зі стану спокою в стан руху);
- температурні і пружні деформації практично всіх передавальних ланок;
- знос сполучених елементів в процесі експлуатації і втрата початкової точності;
- похибки в кроці ходового гвинта і накопичена похибка по довжині.

Використання лінійних двигунів дозволяє усунути вище перераховані проблеми (на прикладі електроприводу металооброблювальних верстатів "СОДИК"). У таблиці 5.1 наведений порівняльний аналіз електроприводів обертального руху та лінійних електроприводів.

					MP 3.8.141.266 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Полевик А.М.			Наукова частина	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Лебедка С.М.					98	7
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕТМ-91		
<i>Н. Контр.</i>		Никифоров М.А						
<i>Затверд.</i>		Лебединський						

Таблиця 5.1 – Порівняння електроприводів обертального руху та лінійних електроприводів

Параметри	Приводи обертального руху	Лінійні приво- ди
Проміжні елементи передачі до РО	Ротор, вал, шків, ремінь, шків, гвинт, кульки, гайка	-
Передача енергії на РО	Від статора електродвигуна на ротор, через вал ротора на шків, на ходовий гвинт, на кульки гайки, на гайку і на РВ	-
Втрати на тертя	Підшипники ротора, ремінна передача, підшипники ходового гвинта, кульки, площині профілю канавки гайки	-
Елементи з пружними деформаціями	Вал ротора, ремінь шківа, вал гвинта, площині профілю канавки гвинта, кульки, площині профілю канавки гайки	-
Елементи з температурними деформаціями в приводі	Ротор двигуна, вал ротора, підшипники ротора, шків, ремінь, шків, підшипники гвинта, гвинт, кульки, гайка	-
Елементи приводу, що зношуються	Підшипники ротора електродвигуна, шків, ремінь, шків, підшипники гвинта, ходовий гвинт, кульки, гайка	-
Обов'язкові зони для змащування	Підшипники ротора, підшипники гвинта, зона КГП	-

Продовження таблиці 5.1.

Параметри	Приводи обертального руху	Лінійні приво- ди
Елементи, що створюють інерційні навантаження при прискоренні та реверсі	Обертний ротор, вал ротора, внутрішні кільця підшипників вала ротора, шків, ремінь, підшипники гвинта, гвинт, гайка і кульки при поступальному русі	Плоский ротор приводу при поступальному русі
Основні зони забруднення (рівень складності очищення)	Підшипники вала ротора двигуна (складно), підшипники ходового гвинта (складно), КПП-гайка (дуже складно)	Зазор між статором і плоским ротора (просто)

Так як лінійні двигуни отримують живлення аналогічно з традиційними електроприводами обертального руху (синхронні і асинхронні двигуни), актуальною є можливість дослідження роботи лінійного електроприводу для підбору його в якості заміни для традиційних електроприводів. Використання лінійних електроприводів дозволить зменшити витрати на обслуговування і зменшити час ремонту електроустановок та транспортних засобів (електровозів, за умови заміни їх приводу на лінійний).

5.2 Дослідницька частина

Першим етапом роботи є визначення відповідності параметрів лінійного двигуна, що досліджується, і синхронного двигуна, модель якого присутня в пакеті MATLAB/Simulink/SimPowerSystems, а також визначити його електромагнітні параметри. На основі розрахованих даних у другому етапі роботи проводиться моделювання. Вказаний підхід до моделювання справедливий тільки тоді, коли виконуються наступні умови:

- відносно малі швидкості руху рухомої частини ЕД, що дозволяє знехтувати крайовим ефектом;

- ЕД має короткий статор або довгий якір, що дозволяє усунути вплив його кінцевих ділянок на процеси в активній зоні статора;
- приблизно справедлива рівність електромагнітних параметрів трьох обмоток.

На рисунках 22-24 проілюстровані будова лінійного двигуна та співставлення його основних елементів з двигуном обертового руху.

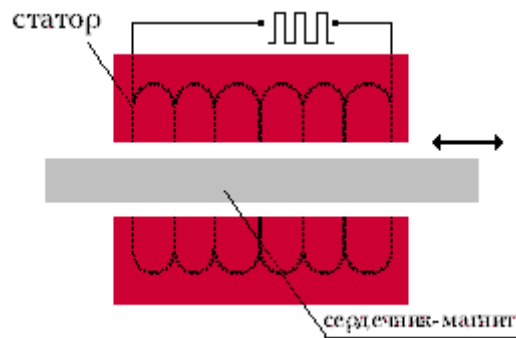


Рисунок 22 – Електромагнітна система лінійного двигуна

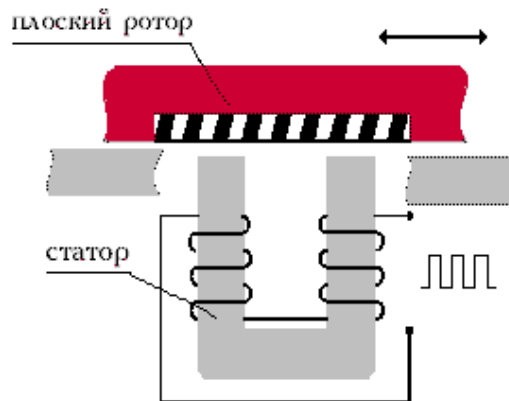


Рисунок 23 – Лінійний двигун

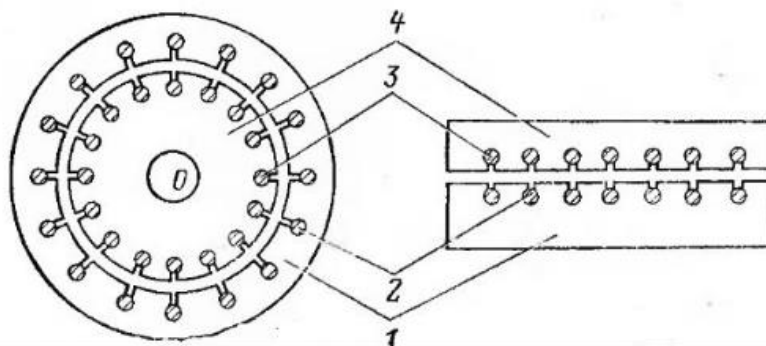


Рисунок 24 – Принцип побудови лінійного двигуна (1- статор, 2 – обмотка статора, 3 – обмотка ротора, 4 – ротор/якір).

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

За умови, що вказані вище припущення справедливі, електромагнітні процеси в лінійному двигуні будуть подібні процесам у відповідному йому синхронному двигуні обертального руху. Основні кількісні характеристики цих процесів будуть співпадати при виконанні таких умов:

- геометрична подібність структури активної зони і рівність основних її геометричних розмірів (τ) полюсного кроку, довжина і ширина активної зони, (p) число пар полюсів і т.п.);

- рівність лінійної швидкості на поверхні якоря:

$$\omega r * R = v, (v = 2 * \tau * f)$$

де ωr – кутова частота обертання двигуна;

R – радіус якоря двигуна обертального руху;

f – частота мережі живлення.

- рівність механічної потужності:

$$T_e * \omega r = F_e * v \Rightarrow F_e = T_e / R$$

де T_e – електромагнітний момент;

F_e – електромагнітна сила.

- рівність кінетичної енергії рухомої частини ЕД:

$$J * \omega r_2 / 2 = m * v_2 / 2 \Rightarrow J = m R_2$$

де J – момент інерції;

m – маса якоря лінійного двигуна.

Також радіус якоря R можна розрахувати з рівності $2\pi R = 2p\tau$, де величина $2p\tau$ - довжина активної зони лінійного двигуна.

При виконанні цих умов, електромеханічний процес в лінійному двигуні можна описувати такими ж рівняннями, як і у машини обертального руху, і отримувати такі ж значення параметрів, що входять в цю систему.

Для дослідження параметрів лінійного двигуна використовувалась модель, створена в пакеті Matlab/Simulink. Модель проілюстрована на рисунку 25.

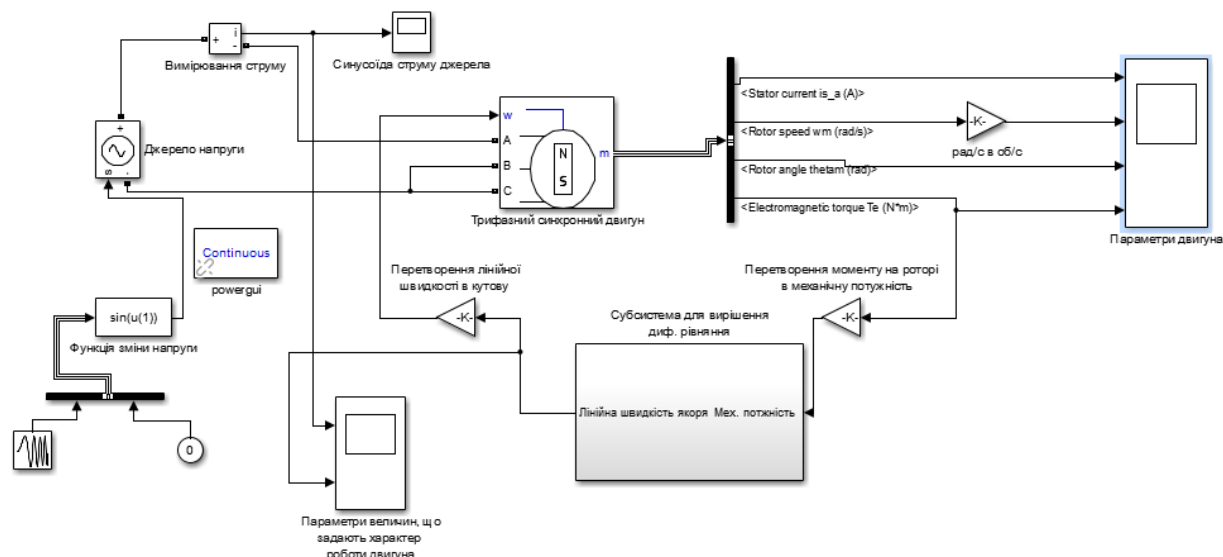


Рисунок 25 – модель досліджуваного двигуна в пакеті Matlab

Двигун являє собою стандартний трифазний синхронний двигун з ротором – постійним магнітом, що живиться від контрольованого джерела напруги. Амплітуду синусоїди напруги та її частоту можна змінювати згідно з потребами моделювання у блоках Chirp Signal та Fcn. Модель дозволяє виконувати вимірювання всіх параметрів всіх величин як на вході двигуна, так і на його виході, а також перетворювати отримані сигнали у доступну для сприйняття форму.

В якості рівняння руху якоря в моделі використане рівняння:

$$m(d^2x/dt) + c(dx/dt) + kx = Fe$$

де m – маса рухомої частини;

c, k – коефіцієнти в'язкого тертя і пружності пружин відповідно.

Рівняння інтегрується у блоці (Субсистема для вирішення диф. рівняння), на вхід якого подається значення електромагнітної сили отриманої шляхом перетворення значення електромагнітного моменту якоря. На виході субсистеми отримуємо миттєві значення лінійної швидкості та координат якоря досліджуваного двигуна. Пройшовши перетворення в кутову частоту обертання, значення лінійної швидкості подається на вхід синхронного двигуна.

Приклад моделювання лінійного двигуна за раніше розрахованими параметрами:

$m = 75 \text{ кг}$, $R = 50 \text{ мм}$, $c = 350 \text{ кг/с}$, $k = 0.6 \text{ Н/м}$. Зміна частоти в діапазоні: 0-100 Гц. Рівняння напруги: $\sin(u)$.

Результати моделювання проілюстровані на рисунках 26-28.

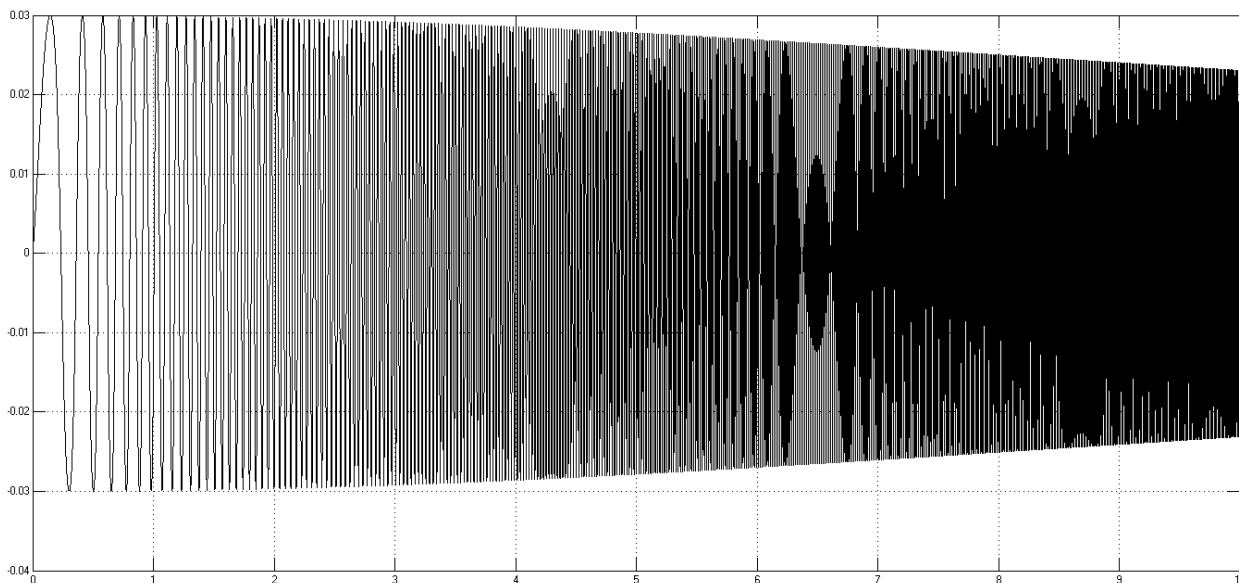


Рисунок 26 – Струм джерела напруги

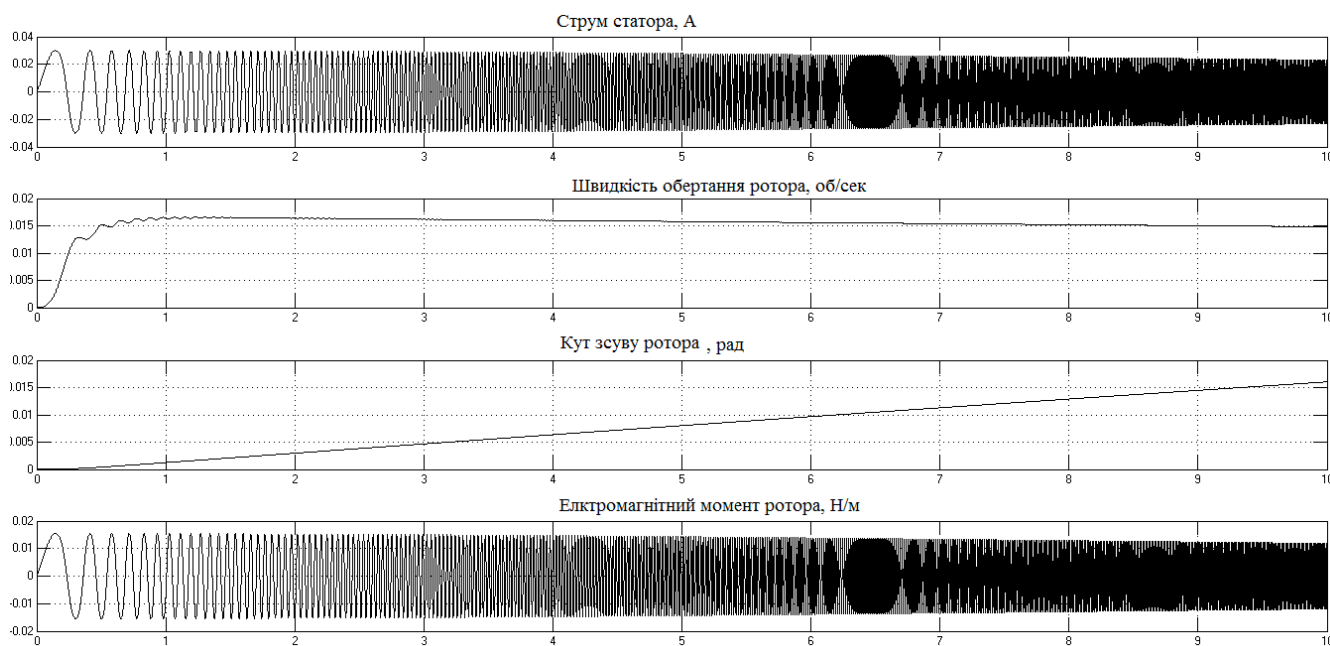


Рисунок 27 – Параметри двигуна

Зм.	Арк	№ Документу_	Підпис_	Дата

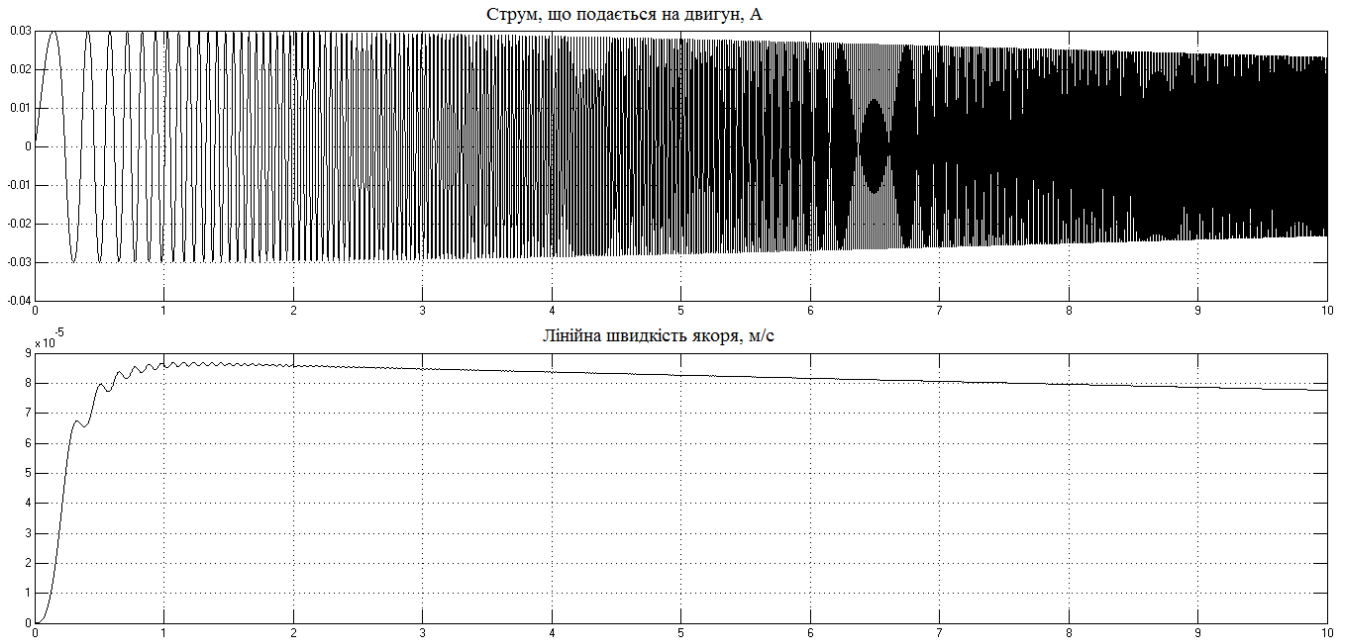


Рисунок 28 – Струм, що подається на двигун, лінійна швидкість двигуна

Дана модель дозволить на етапі проектування трифазного лінійного електроприводу провести моделювання його роботи. Визначити поведінку лінійного електроприводу при зміні якості електроенергії, а саме:

- коливання частоти;
- відхилення амплітуди напруги;
- появи 3-ї і вище гармонік.

Висновки

У магістерській роботі розглянуті питання по забезпеченню електропостачання цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням. На основі переліку електрообладнання та їхніх технічних характеристик, вимог до технологічного процесу та категорії з електропостачання цеху були проведені наступні розрахунки. Перш за все, було розраховано навантаження споживачів з урахуванням режимів роботи та коефіцієнтом використання. На основі цих розрахунків ми рівномірно розділили навантаження для їх приєднання до 10-ох силових пунктів марки ПР11. Використовуючи дані попередніх розрахунків, було обрано КП для збільшення коефіцієнта потужності до бажаного значення в 0.93 [3].

Із аналізу режимів роботи споживачів цеху для їхнього електропостачання було обрано два силових трансформатори ТМ-1600/6 та обладнання електричної частини підстанції цеху: силові шафи, АВР, комутуючі апарати. Також трансформатори було перевірено на термічну дію струмів КЗ та роботу в після аварійному режимі. У випадку виходу з ладу або необхідності ремонту одного з трансформаторів ТМ-1600/6 забезпечує надійне електропостачання всіх споживачів цеху у штатному режимі. АВР виконано рубильником Nager НІС493Е з мотоприводом та електронним керуванням у колі секційного вимикача.

З метою вибору живлячих кабелів та захисної апаратури споживачів і СП розраховані: номінальні струми, пікові струми, що виникають під час вмикання електроустановок, довготривалі струми СП з урахуванням коефіцієнтів використання споживачів, мінімально необхідні струми уставок теплового і електромагнітного розчіплювачів автоматичних вимикачів. План розміщення силових кабелів і електрообладнання цеху наведений на відповідному кресленні.

Використовуючи дані обраних кабельних ліній, комутуючої та захисної апаратури, а також дані про потужність короткого замикання системи, ми провели розрахунок режиму короткого замикання та перевірили на здатність захисної апаратури та струмопровідних ліній витримати електродинамічну та термічну дію струмів КЗ.

									Арк
									106
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

Для живлення релейного захисту і контрольної апаратури підстанції розраховані і обрані трансформатори струму, а також трансформатори напруги, що задовольняють вимогам за номінальною напругою та доступним вторинним навантаженням.

У пункті «Охорона праці та техніка безпеки» наведені основні внутрішні інструкції до працівників цеху металооброблювальних верстатів з числовим програмним керуванням, що не суперечать чинному законодавству України.

Засоби блискавкозахисту та заземлення були розраховані згідно з вимогами ПУЕ та габаритними розмірами будівлі, що захищається.

Освітлення розраховане за допомогою програмних засобів DIALux з високою точністю. У якості освітлювальних пристроїв використовуються світлодіодні світильники PHILIPS BY120P G3 1xLED105S/840 WB.

У пункті «Економічна частина» розраховували кошторис витрат на експлуатацію та ремонт електроустаткування цеху. Для цього розраховували капітальні витрати на утримання електрообладнання і його ремонт на основі розрахунків необхідної кількості капітальних та поточних ремонтів з системи ППР. На основі необхідної кількості капітальних і поточних ремонтів була розрахована трудомісткість робіт, що є основою для визначення мінімально необхідної кількості чергового і ремонтного персоналу. Для забезпечення можливості заміни зношеного обладнання розраховані амортизаційні відрахування. Для оплати праці персоналу розраховували основну та додаткову оплату за роботу у нічний, вечірній час, за шкідливість і працю у святкові дні, фонд оплати праці склав 132959.16 гривень.

У пункті «Наукова частина» відповідно, до поставленої задачі, умов відповідності суміщення електромагнітних систем лінійного двигуна та двигуна обертового руху, була розроблена модель в програмі Simulink. Вихідні дані для моделювання можуть корегуватись при проектуванні нових лінійних електроприводів або при проектуванні електроприводів для заміни існуючих приводів обертового руху. В моделі також, за необхідності, можуть бути враховані деякі показники якості електроенергії.

									Арк
									107
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., перероблене і доповнене (станом на 21.07.2017). – Міненерговугілля України, 2017.
2. С.М. Сегеда «Електричні мережі та системи» – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 540 с.
3. П.О. Василега Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2019. – 521 с.
4. Осташевський М.О. Електричні машини і трансформатори: Навчальний посібник. – Харків: ФОП Панов А.М., 2017. – 452 с.
5. Гаряжа В.М., Карюк А.О. «Електрична частина станцій та підстанцій» конспект лекцій. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. – 149 с.
6. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
7. «Тольяттинский трансформатор. Номенклатурный каталог» – Тольятти, 2016.
8. В.Е. Гапон «Методичний посібник з виконання курсових проектів студентам всіх форм навчання за спеціальністю 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустановок підприємств і цивільних споруд», Шостка, 2011. – 91 с.
9. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕ С 62305:2006, NEQ). – Київ : Мінрегіонбуд України , 2008.
10. А.В. Кабышев. «Молниезащита электроустановок систем электроснабжения» Учебное пособие – Издательство ТПУ, Томск. 2006 – 124 с.
11. Богиня Д.П., Грішнова О.А. Основи економіки праці: Навч. посіб. / Богиня Д.П., Грішнова О.А. – К.: Знання-Прес, 2000. – 313 с.
12. Осінова Л.В. Основи підприємства: навч.пос. / Л.В. Осінова, Г.М. Силяєва. – К.: Ельга, 2004. – 528 с.
13. Белова М.А. Управління виробничою інфраструктурою: підручник / М.А. Белова. – К.: КНЕУ, 2005. – 207 с.

									Арк
									108
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата					

MP 3.8.141.266 ПЗ

