

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Управління освіти і науки

Волинської області державної адміністрації

Луцьке вище професійне училище

Спеціальність: 5.05070104 «Монтаж і експлуатація  
електроустаткування підприємств  
і цивільних споруд»

## **Дипломний проект**

на тему:

**«Електропостачання заготівельно-зварювального цеху.**

**«Електроустаткування токарно-револьверного  
верстата». Дослідження схеми пуску асинхронного  
двигуна при пониженій напрузі.**

Дипломник

Герасимчук Т. М.

Керівник

Бондзюк А. Х.

Луцьк 2013

Міністерство освіти і науки України  
Управління освіти і науки  
Волинської області держадміністрації  
Луцьке вище професійне училище

Спеціальність: 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд»

Розглянуто і схвалено на засіданні  
методичної комісії

Протокол № 8

С.С.

від « 16 » «квітня» 2013р.  
\_\_\_\_\_ 2013р.

Голова методичної комісії

\_\_\_\_\_ Бондзюк А.Х.

Затверджую

Заступник директора з НВР

\_\_\_\_\_ Псалтира

«\_\_»

**Завдання на дипломний проект №\_\_**

Тема проекту: «Електропостачання заготівельно-зварювального цеху. Електроустаткування токарно-револьверного верстата. Дослідження схеми пуску асинхронного двигуна при пониженій напрузі.

Термін здачі студентом закінченого проекту:

17 червня 2013р

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Коротка характеристика (підприємства) цеху.
2. Електротехнічна частина.
3. Економічна частина.
4. Електроустаткування підйомно-транспортного устаткування.
5. Електроустаткування токарно-револьверного верстата.
6. Дослідження схеми пуску асинхронного двигуна при пониженій напрузі.

Перелік графічного матеріалу: Схема електрична принципова підйомно-транспортного устаткування. Схема електрична принципова токарно-револьверного верстата. Схема пуску АД при пониженій напрузі. План розміщення силового устаткування. Однолінійна схема розподільної мережі.

Дата видачі завдання

22.квітня 2013

Керівник проекту

Бондзюк А. Х.

Завдання до виконання прийняв

Герасимчук Т. М.

## Календарний план виконання дипломного проекту

№ П/П	Найменування етапів дипломного проекту	Орієнтовний термін виконання етапів проекту	Фактичний термін виконання проекту
1	Коротка характеристика (підприємства) цеху.		
2	Електротехнічна частина.		
3	Економічна частина.		
4	Електропостачання підйомно-транспортного устаткування.		
5	Електроустаткування токарно- револьверного верстата		
6	Дослідження схеми пуску асинхронного двигуна при понижений напрузі.		

## Рецензія

[illegible]

Робота допущена до захисту з оцінкою

Керівник

« » 2013

## Зміст.

### Вступ.

### 1. Коротка характеристика (підприємства) цеху.

### 2. Електротехнічна частина.

2.1. Розрахунок загальних електричних навантажень цеху.

2.2. Розрахунок електричних навантажень цеху від освітлювальних електроприймачів.

2.3. Визначення сумарного навантаження цеху та числа і потужності трансформаторів та місця їх встановлення.

2.4. Розрахунок і вибір компенсаційних пристроїв.

2.5. Вибір марки і перерізу високовольтних живильних ліній.

2.6. Вибір номінальної напруги, способу виконання і схем цехових живильних мереж.

2.7. Вибір марки, перерізу живильних мереж цеху.

2.8. Вибір марки, перерізу розподільчої мережі цеху.

2.9. Розрахунок струмів короткого замикання.

2.10. Вибір основного електроустаткування цехової підстанції і низьковольтної мережі цеха.

2.11. Розрахунок заземлення цехової підстанції.

2.12. Основні правила безпеки при обслуговуванні електричних мереж.

### 3. Економічна частина.

3.1. Вихідні дані.

3.2. Планування електропостачання підприємства.

3.3 Структура системи ППР.

3.4. Планування чисельності ремонтно-експлуатаційного персоналу.

3.4.1. Планування штатної чисельності персоналу.

3.4.2. Планування заробітної плати.

					ЛВПУ.22285.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.	Герасимчук								
Перевір.	Бонзюк А.Х.								
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.									
						ЛВПУ група №55			

3.5. Планування собівартості передачі і розподілу електроенергії.

3.6. Заходи по зменшенню затрат.

#### **4. Електропостачання підйомно-транспортного устаткування.**

4.1 Вихідні дані для проектування релейно-контактної схеми керування електродвигунами підйомно-транспортними установками.

4.2 Опис роботи спроектованої електричної схеми.

4.3 Розрахунок системи електропостачання кран-балки.

4.3.1 Вихідні дані для розрахунку.

4.3.2 Вибір електроприводу кран-балки.

4.3.3 Розрахунок мережі живлення кран-балки.

#### **5. Електроустаткування токарно-револьверного верстата.**

5.1 Призначення, класифікація і конструкція токарно-револьверного верстата.

5.2 Електропривод токарно-револьверного верстата.

5.3 Опис роботи електричної схеми токарно-револьверного верстата.

5.4 Вихідні дані для розрахунку потужності електроприводу токарно-револьверного верстата.

5.5 Розрахунок потужності головного електроприводу.

5.6 Вибір апаратури керування, комутації і захисту.

#### **6. Дослідження схеми пуску асинхронного двигуна при понижений напрузі.**

6.1. Технічні пояснення.

Використана література.

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Створення і функціонування кожного сучасного промислового об'єкту не обходиться без електромереж. Забезпечення безперебійного живлення та правильний розрахунок електричних навантажень мають велике значення для розвитку як самого підприємства так і економіки в цілому. Від розрахунку та проектування схеми електропостачання залежать дані для вибору всіх елементів системи електромереж промислового підприємства, та грошові витрати при установці, монтажі і експлуатації вибраного електроустаткування. Визначення номінальних потужностей підприємства, та розрахунок значень електричних навантажень є першим і основоположним етапом проектування його електромереж. Завищення очікуваних навантажень призводить до більш великих затрат на будівництво та експлуатацію, перевитрат провідникового матеріалу і невиправданого збільшення необхідної потужності трансформаторів і іншого допоміжного електроустаткування. Заниження може призвести до зменшення пропускної здатності електричних мереж, до зайвих втрат потужності, перегріву проводів, кабелів і трансформаторів, а отже, до скорочення терміну їх служби.

Визначення розрахункових електронавантажень проектного об'єкта ґрунтується на використанні довідникових і практичних даних про електричні навантаження промислового підприємства. Розрахункова максимальна потужність, що споживається електроприймачами підприємства завжди менша ніж сума їх номінальних потужностей, що зумовлено неповним завантаженням деяких електроприводів (ЕП) та їх неодноразовою роботою, що пов'язано із особливістю технологічного процесу і організаційно-технічними заходами щодо забезпечення належних умов праці робітників підприємства.

						Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Коротка характеристика (підприємства) цеху.

Проектований цех призначений для виконання ремонтів електроустаткування і знаходиться на території інструментального заводу. Електроремонтний цех живиться від головної підстанції підприємства (ГПП) по кабельних лініях напругою 10 кВ, прокладених в земляних траншеях. В цілому проектований цех відноситься до II категорії надійності електропостачання. Встановлена потужність електроспоживачів цеху становить 619 кВт. Відомість електричних навантажень цеху приведена в таблиці 1.1. Відстань від ГПП до цеха становить 0,85 км., струм короткого замикання на шинах 10 кВ ГПП  $I_0 = 7,7$  кА, опір природних заземлювачів цехової підстанції  $R_n = 14$  Ом.

**Таблиця 1.1.**

№ - п/п	Найменування устаткування	Тип	К-сть штук	Потужність (кВт)	
				Одного	Всіх
1	Токарно – гвинторізний верстат	163	4	15,125	60,5
2	Токарно – гвинторізний верстат	1К62	4	11,125	44,5
3	Токарно-сверлильний верстат	3М37	4	11,0	44
4	Вертикально-фрезерний верстат	6М12П	2	10,325	20,6
5	Кругло шліфувальний верстат	3А 164	4	19,45	77,8
6	Перетворювач зварювальний	ПСО-500	2	28	56
7	Машина електрозварювальна	МТМ-75	2	75	150
8	Зварювальний трансформатор	СТН 350	4	25	100
9	Кран - балка	2Т	2	4,85	9,7
10	Вентилятори	-	8	7	56
	ПІДСУМОК ПО ЦЕХУ	-	34	-	619,1

					ЛВПУ.22322.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Столярчук				Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Бонзюк А.Х.								4	21
Реценз.										
Н. Контр.										
Затверд.					ЛВПУ група №55					

## 2. Електротехнічна частина.

### 2.1. Розрахунок загальних електричних навантажень цеху.

Виконуємо розрахунок електричних навантажень цеху від силових електроспоживачів. Для визначення розрахункових навантажень від силових споживачів використовуємо метод «впорядкованих діаграм», тобто використовуємо коефіцієнт максимуму.

Подальші розрахунки проводимо для кожної групи окремо, результати яких заносимо до таблиці 1.

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну групи 1:

$$P_{\text{см гр1}} = k_{\text{в}} \sum P_{\text{вст}} = (4 \times 15,125 \times 0,12) + (4 \times 11,125 \times 0,12) + (4 \times 11,0 \times 0,13) + (2 \times 10,325 \times 0,12) + (4 \times 19,45 \times 0,13) = 30,912 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{см гр1}} = P_{\text{см гр1}} \times \text{tg}\varphi = (1,32 \times 7,26) + (1,32 \times 5,34) + (1,32 \times 5,72) + (1,32 \times 2,478) + (1,32 \times 10,114) = 40,75 \text{ квар.}$$

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну групи 2:

$$P_{\text{см гр2}} = k_{\text{в}} \sum P_{\text{вст}} = (2 \times 28 \times 0,3) + (2 \times 75 \times 0,35) + (4 \times 25 \times 0,3) = 99,3 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{см гр2}} = P_{\text{см гр2}} \times \text{tg}\varphi = (2 \times 28 \times 1,2) + (2 \times 75 \times 1,5) + (4 \times 25 \times 2,75) = 567,2 \text{ квар.}$$

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну групи 3:

$$P_{\text{см гр3}} = k_{\text{в}} \sum P_{\text{вст}} = 2 \times 4,85 \times 0,35 = 3,39 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{см гр3}} = P_{\text{см гр3}} \times \text{tg}\varphi = 2 \times 4,85 \times 1,98 = 19,2 \text{ квар.}$$

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну групи 4:

$$P_{\text{см гр4}} = k_{\text{в}} \sum P_{\text{вст}} = 8 \times 7 \times 0,65 = 36,4 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{см гр4}} = P_{\text{см гр4}} \times \text{tg}\varphi = 8 \times 7 \times 0,75 = 42 \text{ квар.}$$

					ЛВПУ.22322.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Столярчук				Пояснювальна записка	Літ.	Арк.
Перевір.	Бонзюк А.Х.						
Реценз.						4	21
Н. Контр.						ЛВПУ група №55	
Затверд.							



Визначаємо загальну середню потужність за максимально завантажену зміну:

$$P_{\text{см}} = \sum P_{\text{см гр.}} = 30,912 + 99,3 + 3,39 + 36,4 = 170 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{см}} = \sum Q_{\text{см гр.}} = 40,75 + 567,2 + 19,2 + 42 = 670 \text{ квар.}$$

Середнє значення коефіцієнту цеха:

$$\text{tg}\varphi = Q_{\text{см}} / P_{\text{см}} = 670 / 170 = 3,94$$

$$\cos\varphi = 0,24$$

Встановлена потужність групи 1:

$$\sum P_{\text{вст гр1}} = (4 \times 15,125) + (4 \times 11,125) + (4 \times 11,0) + (2 \times 10,325) + (4 \times 19,45) = 247,45 \text{ кВт.}$$

Встановлена потужність групи 2:

$$\sum P_{\text{вст гр2}} = (2 \times 28,0) + (2 \times 75,0) + (4 \times 25,0) = 306 \text{ кВт.}$$

Встановлена потужність групи 3:

$$\sum P_{\text{вст гр3}} = 2 \times 4,85 = 9,7 \text{ кВт.}$$

Встановлена потужність групи 4:

$$\sum P_{\text{вст гр4}} = 8 \times 7,0 = 56 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів групи 1:

$$\sum P1_{\text{гр1}} = (4 \times 19,45) + (4 \times 15,125) = 138,3 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів групи 2:

$$\sum P1_{\text{гр2}} = (2 \times 75,0) + (4 \times 25,0) = 250 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів групи 3:

$$\sum P1_{\text{гр3}} = 2 \times 4,85 = 9,7 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів групи 4:

$$\sum P1_{\text{гр4}} = 8 \times 7,0 = 56 \text{ кВт.}$$

Визначаються відносні величини:

$$P^*_{\text{гр1}} = \sum P1_{\text{гр1}} / \sum P_{\text{вст гр1}} = 138,3 / 247,45 = 0,55$$

$$P^*_{\text{гр2}} = \sum P1_{\text{гр2}} / \sum P_{\text{вст гр2}} = 250 / 306 = 0,8$$

$$P^*_{\text{гр3}} = \sum P1_{\text{гр3}} / \sum P_{\text{вст гр3}} = 9,7 / 9,7 = 1$$

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P^*_{гр4} = \sum P1_{гр4} / \sum P_{вст гр4} = 56 / 56 = 1$$

Визначаємо коефіцієнт використання:

$$k_{вср гр1} = P_{см гр1} / \sum P_{вст гр1} = 30,912 / 247,45 = 0,12$$

$$k_{вср гр2} = P_{см гр2} / \sum P_{вст гр2} = 99,3 / 306 = 0,32$$

$$k_{вср гр3} = P_{см гр3} / \sum P_{вст гр3} = 3,39 / 9,7 = 0,35$$

$$k_{вср гр4} = P_{см гр4} / \sum P_{вст гр4} = 36,4 / 56 = 0,65$$

Визначаємо відносне значення ефективного числа електроприймачів групи 1:

$$n^* = n1 / n = 18 / 18 = 1$$

$$m = P_{и max} / P_{и min} = 19,45 / 10,325 = 1,88$$

$ne^* = \text{нема}$

$$P_{и \sum} = 247,45 \text{ кВт}$$

$$ne = n = 18$$

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів групи 1:

$$Pr_{гр1} = k m \times k_{вср гр1} \times \sum P_{вст гр1} = 1,75 \times 0,12 \times 247,45 = 51,96 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів групи 1:

$$Qr_{гр1} = Q_{см гр1} = 40,75 \text{ квар}$$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів групи 1:

$$Sr_{гр1} = \sqrt{Pr^2 + Qr^2} = \sqrt{(51,96)^2 + (40,75)^2} = 66 \text{ кВА}$$

Визначаємо відносне значення ефективного числа електроприймачів групи 2:

$$n^* = n1 / n = 2 / 8 = 0,25$$

$$m = P_{и max} / P_{и min} = 150 / 25 = 6$$

$ne^* = 36$

$$P_{и \sum} = 306 \text{ кВт}$$

$$ne = 2 P_{и \sum} / P_{и max} = 2 = 306 / 150 = 4$$

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів групи 2:

$$Pr_{гр2} = k m \times k_{вср гр2} \times \sum P_{вст гр2} = 2,14 \times 0,32 \times 306 = 209,5 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів групи 2:

$$Qr_{гр2} = 1,1 \times Q_{см гр2} = 623,92 \text{ квар}$$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів групи 2:

$$Sr_{гр2} = \sqrt{Pr^2 + Qr^2} = \sqrt{(209,5)^2 + (623,92)^2} = 658 \text{ кВА}$$

Визначаємо відносне значення ефективного числа електроприймачів групи 3:

$$n^* = n1 / n = 2 / 2 = 1$$

$$m = P_{и max} / P_{и min} = 4,85 / 4,85 = 1$$

$ne^* = 0,95$

Якщо  $n \geq 4$ , а також  $m < 3$ , то  $ne = n = 2$

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів групи 3:

$$P_{p \text{ гр}3} = k_m \times k_{вср \text{ гр}3} \times \sum P_{вст \text{ гр}3} = 2,6 \times 0,35 \times 9,7 = 8,82 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів групи 3:

$$Q_{p \text{ гр}3} = 1,1 \times Q_{см \text{ гр}3} = 1,1 \times 19,2 = 21,12 \text{ квар}$$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів групи 2:

$$S_{p \text{ гр}3} = \sqrt{P_{p^2} + Q_{p^2}} = \sqrt{(8,82)^2 + (21,12)^2} = 22,88 \text{ кВА}$$

Визначаємо відносне значення ефективного числа електроприймачів групи 4:

$$n^* = n_1 / n = 8 / 8 = 1$$

$$m = P_{и \text{ max}} / P_{и \text{ min}} = 7 / 7 = 1$$

$$n_{e^*} = 0,95$$

$$P_{и \sum} = 306 \text{ кВт}$$

$$n_e = 2 P_{и \sum} / P_{и \text{ max}} = 2 \times 306 / 150 = 4$$

Якщо  $n \geq 4$ , а також  $m < 3$ , то  $n_e = n = 8$

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів групи 4:

$$P_{p \text{ гр}4} = k_m \times k_{вср \text{ гр}4} \times \sum P_{вст \text{ гр}4} = 1,35 \times 0,65 \times 56 = 49,14 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів групи 4:

$$Q_{p \text{ гр}4} = 1,1 \times Q_{см \text{ гр}4} = 1,1 \times 42 = 46,2 \text{ квар}$$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів групи 2:

$$S_{p \text{ гр}4} = \sqrt{P_{p^2} + Q_{p^2}} = \sqrt{(49,14)^2 + (46,2)^2} = 67,44 \text{ кВА}$$

Визначаємо розрахункову загальну активну потужність електроприймачів цеху:

$$P_{p \text{ заг}} = P_{p \text{ гр}1} + P_{p \text{ гр}2} + P_{p \text{ гр}3} + P_{p \text{ гр}4} = 51,96 + 209,5 + 8,82 + 49,14 = 320 \text{ кВт}$$

Визначаємо розрахункову загальну реактивну потужність електроприймачів цеху:

$$Q_{p \text{ заг}} = Q_{p \text{ гр}1} + Q_{p \text{ гр}2} + Q_{p \text{ гр}3} + Q_{p \text{ гр}4} = 40,75 + 623,92 + 21,12 + 46,2 = 732 \text{ квар}$$

Визначаємо розрахункову загальну повну потужність електроприймачів цеху:

$$S = \sqrt{P_{p^2} + Q_{p^2}} = \sqrt{(319,42)^2 + (732)^2} = 798 \text{ кВА}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Розрахунок електричних навантажень цеху.

№ гр.	Найменування споживачів	К-ст. шт.	Встановлена потужність кВт		k	ne	cosφ	tgφ	km	Середня потужність		Розрахункова потужність	
			одного	всіх						P см	Q см	Pp	Qp
I	1. Токарно - гвинторізний верстат	4	15,125	60.5	0,12	-	0,6	1,32	-	7,26	9,58	-	-
	2. Токарно - гвинторізний верстат	4	11,125	44,5	0,12	-	0,6	1,32	-	5,34	7,0	-	-
	3. Токарно- стругальний верстат	4	11,0	44	0,13	-	0,6	1,32	-	5,72	7,55	-	-
	4. Вертикально- фрезерний верстат	2	10,325	20,65	0,12	-	0,6	1,32	-	2,478	3,27	-	-
	5.Круглошліфу вальний верстат	4	19,45	77,8	0,13	-	0,6	1,32	-	10,11	13,35	-	-
	<b>Всього по групі</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>247,45</b>	<b>0,12</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,75</b>	<b>30,91</b>	<b>40,75</b>	<b>51,96</b>	<b>40,75</b>
II	6. Перетворювач зварювальний	2	28	56	0,3	-	0,65			16,8	67,2	-	-
	7. Машина електрозварю- вальна точкова	2	75	150	0,35	-	0,55			52,5	225	-	-
	8. Зварюваль- ний трансфор- матор	4	25	100	0,3	-	0,35			30	275	-	-
	<b>Всього по групі</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>306</b>	<b>0,32</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,14</b>	<b>99,3</b>	<b>567,2</b>	<b>209,5</b>	<b>623,92</b>
III	9. Кран - балка	2	4,85	9.7	0,35	-	0,45	1,98	-	3.395	19,2	-	-
	<b>Всього по групі</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>9.7</b>	<b>0,35</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,6</b>	<b>3,39</b>	<b>19,2</b>	<b>8,82</b>	<b>21,12</b>
IV	10. Вентилято- ри	8	7,0	56	0,65	-	0,8	0,75	-	36.4	42	-	-
	<b>Всього по групі</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>56</b>	<b>0,65</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.35</b>	<b>36,4</b>	<b>42</b>	<b>49,14</b>	<b>46,2</b>
	<b>Підсумок по цеху</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>619,15</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,24</b>	<b>3,94</b>	<b>-</b>	<b>170</b>	<b>670</b>	<b>320</b>	<b>732</b>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

8

### 2.3. Розрахунок і вибір компенсаційних пристроїв.

Втрати потужності в цехових трансформаторах і в внутрішніх цехових лініях.

Втрати ліній розраховується за формулою:

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,02 \times \sum S_p = 0,02 \times 816 = 16,32 \text{ кВт.}$$

Втрати в трансформаторах розраховуються за формулою:

$$\Delta P_{\text{т}} = 0,03 \times \sum S_p = 0,03 \times 816 = 24,48 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{\text{т}} = 0,1 \times \sum S_p = 0,1 \times 816 = 81,6 \text{ квар.}$$

Розрахункове навантаження цеху з врахуванням втрат потужності і коефіцієнту різночасності масової навантажень окремих груп споживачів цеху.

$$k_{\text{рм}} = 0,95$$

$$P_{\text{р}} = (P_{\text{р заг}} + \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{т}}) \times k_{\text{рм}} = (336 + 16,32 + 24,48) \times 0,95 = 358 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р}} = (Q_{\text{р заг}} + \Delta Q_{\text{т}}) \times k_{\text{рм}} = (737,28 + 81,6) \times 0,95 = 778 \text{ квар.}$$

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2} = \sqrt{(358)^2 + (778)^2} = 856 \text{ кВА.}$$

Оцінка потужності компенсаційної пристроїв цеха:

Потужність компенсаційних пристроїв цеху:

$$Q_{\text{к}} = P_{\text{р}} (\operatorname{tg} \varphi_{\text{ф}} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{м}})$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ф}} = Q_{\text{р}} / P_{\text{р}} = 778 / 358 = 2,17$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{м}} = 0,33 \text{ – відповідає нормативному коефіцієнту цеха.}$$

$$Q_{\text{к}} = 358 \times (2,17 - 0,33) = 659 \text{ квар}$$

$$\cos \varphi_{\text{м}} = 0,95$$

### 2.4. Вибір місця встановлення кількості і потужності трансформаторів цехових ТП.

Визначаємо орієнтовані розміри цеху , прийнявши ширину цеху  $B = 30\text{м}$  , тоді довжина буде становити:

$$A = S / B = 1032 / 30 = 35 \text{ м.}$$

Цехову підстанцію розміщаємо в центрі електричних навантажень цеха або зміщаємо її сторону живлення від ГПП підприємства (мал.1.)

Перевіряємо місце і кількість проєктованих підстанцій на момент передачі ввідної електроенергії напругою 380 В.

Визначимо момент передачі електроенергії напругою 380 В.

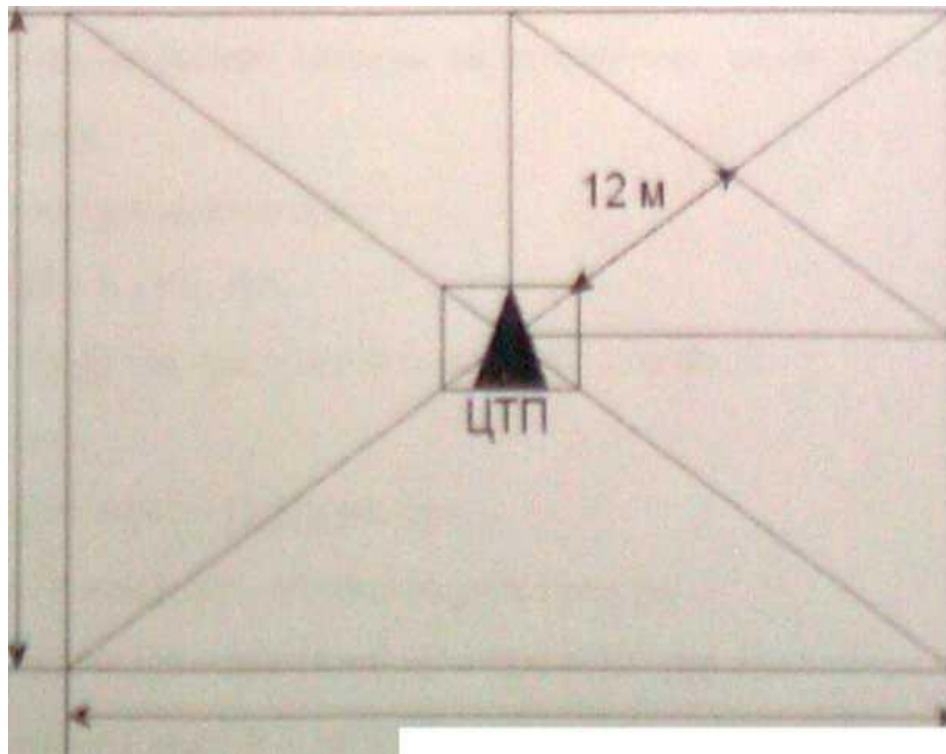
$$M = S_{\text{р}} / 4 \times l$$

Де  $l$  – відстань від найближчої підстанції до найбільш потужного споживача в групі, м.

$$M = 861,5 / 4 \times 12 = 2477 \text{ кВА} \times \text{м} < M_{\text{кр}} = 15000 \text{ кВА, тоді кількість і місце розташування підстанції обрано вірно.}$$

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$B = 30\text{м}$



$A = 35\text{м}$

Мал. План цеху і схема розміщення цехової підстанції

Оскільки проєктований цех відносять до 2 категорії електропостачання , тоді встановлюємо двох трансформаторну підстанцію.

Визначаємо потужність трансформаторів цехової підстанції виходячи з пропуску активної енергії низьку сторону.

$$S_T \geq P_p / 1,4 \text{ кВт.}$$

Де 1,4 – коефіцієнт, який вираховує допустимі перевантаження трансформатора в після аварійному режимі роботи на 140 %.

Отримаємо:

$$S_T \geq 358 / 1,4 = 256 \text{ кВА}$$

Приймаємо потужність трансформаторів:

$$S_{HT} = 300 \text{ кВА.}$$

Вибрані трансформатори зможуть пропускати частину реактивної потужності на низьку сторону.

$$Q_T = \sqrt{(1,4 \times S_{HT})^2 - P_p^2} = \sqrt{(1,4 \times 300)^2 - (337,83)^2} = 249,541 \text{ квар}$$

Решту реактивної потужності необхідно компенсувати в цеху низьковольтними конденсаторами.

$$Q_{KH.} = Q_p - Q_T = 778 - 249,541 = 528,45 \text{ квар}$$

Визначаємо приведені витрати по прийнятому варіанту потужності

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трансформаторів.

Витрати на трансформатори:

$$З_{\text{т}} = 0,224 \times K_{\text{т}} \text{ тис. грн.}$$

Де  $K_{\text{т}} = 69,45$  тис. грн. – вартість наміченої підстанції

Отримаємо:

$$З_{\text{т}} = 0,224 \times 69,45 = 15,556 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на низьковольтні компенсуючі пристрої.

$$З_{\text{кн.}} = (0,224 \times 120 + 0,0045 \times C_{\text{ор}}) \times Q_{\text{кн.}} \times 10^{-3} \text{ тис. грн.}$$

$$\text{Де } C_{\text{ор}} = (A / T_{\text{мах}} + B \times 10^{-3}) \times T_{\text{в}}$$

Вартість одного кіловата потужності втраченого в низьковольтних конденсаторах, грн. / кВт:

Де  $T_{\text{в}}$  – кількість годин вмикання конденсаторів в рік.

$$A = 431 \text{ грн / кВт}$$

Складові двох ставкового тарифу на електроенергію.

$$B = 77 \text{ коп / } 10 \text{ кВт. год.}$$

Отримаємо:

$$C_{\text{ор}} = (431 / 6056 + 77 \times 10^{-3}) \times 8760 = 1298 \text{ грн / кВт}$$

$$З_{\text{кн.}} = (0,224 \times 120 + 0,0045 \times 1298) \times 61,77 \times 10^{-3} = 2,021 \text{ тис. грн.}$$

Тоді сумарні витрати по варіанту

$$З_{\Sigma} = З_{\text{т}} + З_{\text{н}} = 15,556 + 2,021 = 17,577 \text{ тис. грн.}$$

Збільшимо пропускну здатність трансформаторів і приймаємо трансформатори потужністю 400 кВА.

Визначаємо приведені витрати по варіанту:

$$Q_{\text{т}} = \sqrt{(1,4 \times S_{\text{нт}})^2 - P_{\text{р}}^2} = \sqrt{(1,4 \times 400)^2 - (337,83)^2} = 446,621 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{кн.}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{т}} = 778 - 446,621 = 331,4 \text{ квар}$$

$$З_{\text{т}} = 0,224 \times 92,6 = 20,742 \text{ тис. грн.}$$

$$З_{\text{кн.}} = (0,224 \times 120 + 0,0045 \times 1298) \times 331,4 \times 10^{-3} = 10,843 \text{ тис. грн.}$$

$$З_{\Sigma} = З_{\text{т}} + З_{\text{кн.}} = 20,742 + 10,843 = 31,585 \text{ тис. грн.}$$

Приймаємо варіант з трансформаторами  $2 \times 400$  кВА, оскільки трансформатори на 300 кВА не виготовляють.

## 2.5. Вибір марки і перерізу високовольтних ліній.

Для живлення цехової підстанції від головної підстанції підприємства приймаємо дві кабельні лінії прокладених в земляних тунелях.

Намічаємо марку кабелів – ААБ.

Знаходимо розрахунковий струм лінії:

$$I_{\text{р}} = S_{\text{р}} / (\sqrt{3} \times 2 \times U_{\text{н}})$$

де  $U_{\text{н}}$  – 10 кВ номінальна напруга лінії

Намічаємо ряд стандартних перерізів ліній, для яких повинна дотримуватись умова

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}},$$

Де  $I_{\text{доп}} = 75$  А – допустимий струм лінії для кабелю ААБ –  $3 \times 16$ .

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_p = 861,5 / (\sqrt{3} \times 2 \times 10) = 25 \text{ А.}$$

Вибраний переріз кабелю перевіряємо на допустимий струм в робочому і після аварійному режимі роботи з врахуванням умов прокладання.

В робочому режимі повинна дотримуватись умова:

$$I_p \geq I_{\text{доп}} \times K_{\text{доп}}$$

Де  $K_{\text{доп}}$  – коефіцієнт прокладання, який враховує кількість сумісно прокладених кабелів, температура оточуючого середовища (приймаємо  $K_{\text{доп}} = 0,95$ )

Умови перевірки виконуються, оскільки:

$$I_p = 25 \text{ А.} < I_{\text{доп}} \times K_{\text{доп}} = 75 \times 0,95 = 72,25 \text{ А}$$

Після аварійний режим роботи:

$$I_{\text{па}} = 1,4 \times I_p = 1,4 \times 25 = 35 \text{ А} < I_{\text{доп}} \times K_{\text{доп}} \times K_{\text{пер}} = 75 \times 0,95 \times 1,3 = 93,9 \text{ А}$$

де  $K_{\text{пер}} = 1,3$  допустимий коефіцієнт перевантаження лінії.

Умови перевірки виконуються, таким чином прокладаємо кабель марки ААБ – 3 × 16.

Перевірку кабелю на термічну стійкість проведемо після розрахунку струмів короткого замикання.

## 2.6. Вибір номінальної напруги, способу виконання і схем цехових живильних мереж.

Для живлення споживачів цеху використовуємо систему номінальних напруг із співвідношенням їх мінімальних та фізичних значень 380 / 220 В, як найбільш поширену систему напруг живлення споживачів цеху промислових підприємств.

Живильну мережу цеху виконуємо за допомогою шинопроводів типу ШМА і ШРА, що дозволяє здійснити їх швидший, дешевший та індустріальний монтаж. Використання шинопроводів дозволяє під'єднати до нього споживачів в довільному місці цеху.

Магістральні шинопроводи під'єднуються до РП – 0,4 кВ.

Цехові підстанції за допомогою комутаційних автоматів. Дані шинопроводи комплектуються відгалужувальними секціями з роз'єднувачами для під'єднання до них споживачів цеха.

Для живлення споживачів цеха використовуємо ізольовані провідники прокладені в сталевих або в поліетиленових трубах.

Живлення окремих груп споживачів (освітлення) використовуємо окремі розподільчі пункти 0,38 / 0,22 кВ розташовані по території цеха і які отримують живлення від розподільчих шинопроводів.

## 2.7. Вибір марки, перерізу живильних мереж цеху.

Як було приведено вище, живильну мережу цеху виконуємо за допомогою магістральних і розподільчих шинопроводів. Для її розрахунку і вибору необхідно розрахувати навантаження, які вони будуть нести. З цією метою групуємо споживачів в групи які будуть під'єднані до певного шинопровода і проводимо розрахунок навантажень на кожен шинопровід використовуючи

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



метод «впорядкованих діаграм». Результатом розрахунку електричних навантажень на шинопровід заносимо в таблицю 3.

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну ШРА1:  
 $R_{см шра1} = k \cdot \sum P_{вст} = (15,125 \times 0,12) + (11,125 \times 0,12) + (11 \times 0,13) + (10,325 \times 0,13) + (19,45 \times 0,13) + (25 \times 0,3) + (2 \times 7 \times 0,65) + (28 \times 0,3) = 33,45 \text{ кВт.}$   
 $Q_{см шра1} = R_{см шра1} \times \operatorname{tg} \varphi = (1,815 \times 1,32) + (1,335 \times 1,32) + (1,43 \times 1,32) + (1,7 \times 1,98) + (1,35 \times 1,32) + (2,52 \times 1,32) + (7,5 \times 2,75) + (9,1 \times 0,75) + (8,4 \times 1,1) = 47,785 \text{ квар.}$

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну ШРА2:  
 $R_{см шра2} = k \cdot \sum P_{вст} = (15,125 \times 0,12) + (11,125 \times 0,12) + (11 \times 0,13) + (4,85 \times 0,35) + (19,45 \times 0,13) + (25 \times 0,3) + (2 \times 7 \times 0,65) + (75 \times 0,35) = 51,65 \text{ кВт.}$   
 $Q_{см шра2} = R_{см шра2} \times \operatorname{tg} \varphi = (1,815 \times 1,32) + (1,335 \times 1,32) + (1,43 \times 1,32) + (1,7 \times 1,98) + (2,52 \times 1,32) + (7,5 \times 2,75) + (9,1 \times 0,75) + (26,25 \times 1,5) = 109,125 \text{ квар.}$

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну ШРА3:  
 $R_{см шра3} = R_{см шра1} = 33,45 \text{ кВт.}$   
 $Q_{см шра3} = Q_{см шра1} = 47,785 \text{ квар.}$

Визначаємо середні потужності за максимально завантаженою зміну ШРА4:  
 $R_{см шра4} = R_{см шра2} = 51,65 \text{ кВт.}$   
 $Q_{см шра4} = Q_{см шра2} = 109,125 \text{ квар.}$

Визначаємо навантаження на ШМА1 і ШМА2:  
 $R_{шма1} = R_{шра3} + R_{шра2} = 33,45 + 51,65 = 85,1 \text{ кВт.}$   
 $Q_{шма1} = Q_{шра1} + Q_{шра2} = 47,785 + 109,125 = 156,91 \text{ квар.}$   
 $R_{шма2} = R_{шра3} + R_{шра4} = 33,45 + 51,65 = 85,1 \text{ кВт.}$   
 $Q_{шма2} = Q_{шра3} + Q_{шра4} = 47,785 + 109,125 = 156,91 \text{ квар.}$

Визначаємо загальну потужність за максимально завантаженою зміну:  
 $R_{ц} = R_{шма1} + R_{шма2} = 85,1 + 85,1 = 170,2 \text{ кВт.}$   
 $Q_{ц} = Q_{шма1} + Q_{шма2} = 156,91 + 156,91 = 313,82 \text{ квар.}$   
 Середнє значення коефіцієнту цеха:  
 $\operatorname{tg} \varphi = Q_{ц} / R_{ц} = 313,82 / 170,2 = 1,84.$   
 $\operatorname{Cos} \varphi = 0,48$

Встановлена потужність ШРА1:  
 $\sum P_{вст шра1} = 15,125 + 11,125 + 11,0 + 10,325 + 19,45 + 25 + 7 + 7 + 28 = 135 \text{ кВт.}$

Встановлена потужність ШРА2:  
 $\sum P_{вст шра2} = 15,125 + 11,125 + 11,0 + 4,85 + 19,45 + 25 + 7 + 7 + 75 = 176 \text{ кВт.}$

Встановлена потужність ШРА3:  
 $\sum P_{вст шра3} = \sum P_{вст гр1} = 135 \text{ кВт.}$

Встановлена потужність ШРА4:  
 $\sum P_{вст шра4} = \sum P_{вст гр2} = 176 \text{ кВт.}$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів ШРА1:

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum P1 \text{ шра1} = 15,125 + 19,45 + 28 + 25 = 90,5 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів ШРА2:

$$\sum P1 \text{ шра2} = 75 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів ШРА3:

$$\sum P1 \text{ шра3} = 90,5 \text{ кВт.}$$

Визначаємо сумарну встановлену потужність великих струмоприймачів ШРА4:

$$\sum P1 \text{ шра4} = 75 \text{ кВт.}$$

Визначаються відносні величини:

$$\sum P^* \text{ шра1} = \sum P1 \text{ шра1} / \sum P \text{ вст шра1} = 90,5 / 135 = 0,67$$

$$\sum P^* \text{ шра2} = \sum P1 \text{ шра2} / \sum P \text{ вст шра2} = 75 / 176 = 0,42$$

$$\sum P^* \text{ шра3} = \sum P1 \text{ шра3} / \sum P \text{ вст шра3} = 90,5 / 135 = 0,67$$

$$\sum P^* \text{ шра4} = \sum P1 \text{ шра4} / \sum P \text{ вст шра4} = 75 / 176 = 0,42$$

Визначаємо коефіцієнт використання:

$$k \text{ вср шра1} = \sum P_{\text{см шра1}} / \sum P \text{ вст шра1} = 33,45 / 135 = 0,25$$

$$k \text{ вср шра2} = \sum P_{\text{см шра2}} / \sum P \text{ вст шра2} = 51,65 / 176 = 0,3$$

$$k \text{ вср шра3} = \sum P_{\text{см шра3}} / \sum P \text{ вст шра3} = 33,45 / 135 = 0,25$$

$$k \text{ вср шра4} = \sum P_{\text{см шра4}} / \sum P \text{ вст шра4} = 51,65 / 176 = 0,3$$

Визначають відносне значення ефективного числа електроприймачів ШРА1:

$$n^* = n1 / n = 4 / 9 = 0,44$$

$$m = P \text{ и max} / P \text{ и min} = 28 / 7 = 4$$

$$ne^* = 0,81$$

$$ne = 2 P \text{ и } \sum / P \text{ max} = 2 \times 134 / 28 = 4$$

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів ШРА1:

$$Pp \text{ шра1} = k m \times k \text{ вср шра1} \times \sum P \text{ вст шра1} = 2,5 \times 0,25 \times 134 = 83,75 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів ШРА1:

$$Qp \text{ шра1} = Q \text{ см шра1} = 47,785 \text{ квар.}$$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів ШРА1:

$$Sp \text{ шра1} = \sqrt{Pp \text{ шра1}^2 + Qp \text{ шра1}^2} = \sqrt{(83,75)^2 + (47,785)^2} = 96,42 \text{ кВА.}$$

Визначають відносне значення ефективного числа електроприймачів ШРА2:

$$n^* = n1 / n = 1 / 9 = 0,11$$

$$m = P \text{ и max} / P \text{ и min} = 75 / 4,85 = 15,46$$

$$ne^* = 0,45$$

$$ne = 2 P \text{ и } \sum / P \text{ max} = 2 \times 175,55 / 75 = 4$$

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів ШРА2:

$$Pp \text{ шра2} = k m \times k \text{ вср шра2} \times \sum P \text{ вст шра2} = 2,14 \times 0,3 \times 175,55 = 113 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів ШРА2:

$$Qp \text{ шра2} = Q \text{ см шра2} = 109,125 \text{ квар.}$$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів ШРА2:

$$Sp \text{ шра2} = \sqrt{Pp \text{ шра2}^2 + Qp \text{ шра2}^2} = \sqrt{(113)^2 + (109,125)^2} = 157 \text{ кВА.}$$

Визначають відносне значення ефективного числа електроприймачів ШРА3:

$$n^* = n1 / n = 4 / 9 = 0,44$$

$$m = P \text{ и max} / P \text{ и min} = 28 / 7 = 4$$

$$ne^* = 0,81$$

$$ne = 2 P \text{ и } \sum / P \text{ max} = 2 \times 134 / 28 = 4$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів ШРА3:  
 $P_{р\ шра3} = k_m \times k_{вср\ шра3} \times \sum P_{вст\ шра3} = 2,5 \times 0,25 \times 134 = 83,75 \text{ кВт.}$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів ШРА3:  
 $Q_{р\ шра3} = Q_{см\ шра3} = 47,785 \text{ квар.}$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів ШРА3:  
 $S_{р\ шра3} = \sqrt{P_{р\ шра3}^2 + Q_{р\ шра3}^2} = \sqrt{(83,75)^2 + (47,785)^2} = 96,42 \text{ кВА.}$

Визначають відносне значення ефективного числа електроприймачів ШРА4:

$$n^* = n_1 / n = 1 / 9 = 0,11$$

$$m = P_{и\ max} / P_{и\ min} = 75 / 4,85 = 15,46$$

$$n_{e^*} = 0,45$$

$$n_e = 2 P_{и\ \sum} / P_{max} = 2 \times 175,55 / 75 = 4$$

Визначаємо розрахункову активну потужність електроприймачів ШРА4:  
 $P_{р\ шра4} = k_m \times k_{вср\ шра4} \times \sum P_{вст\ шра4} = 2,14 \times 0,3 \times 175,55 = 113 \text{ кВт.}$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність електроприймачів ШРА4:  
 $Q_{р\ шра4} = Q_{см\ шра4} = 109,125 \text{ квар.}$

Визначаємо розрахункову повну потужність електроприймачів ШРА4:  
 $S_{р\ шра4} = \sqrt{P_{р\ шра4}^2 + Q_{р\ шра4}^2} = \sqrt{(113)^2 + (109,125)^2} = 157 \text{ кВА.}$

Проведемо вибір марки та перерізу шинопроводів та комутаційних шинопроводів .

Знаходимо розрахунковий струм шинопровода .

$$I_p = S_p / \sqrt{3} U_n , \text{ А}$$

де  $S_p$  – розрахункове повне навантаження шинопровода , кВА

$U_n = 0,38 \text{ кВ}$  – номінальна напруга шинопровода.

За таблицею вибираємо шинопровід для якого повинна дотримуватись умова  $I_{доп} \geq I_p$  , А

де  $I_p$  – допустимий струм шинопровода.

Перевіряємо вибраний шинопровід на допустиму втрату напруги.

Повинна виконуватись умова:

$$\Delta U \leq \Delta U_{доп}$$

де  $\Delta U_{доп} = 2,5\%$  допустима втрата напруги на шинопроводах.

$$\Delta U = 10^5 / (U_n^2 \times \cos\phi) \times (r_0 \times \cos\phi \times x_0 \times \sin\phi) \times P_p \times l \times 10^{-3} , \%$$

Вибираємо комутаційні апарати для з'єднання шинопровода.

Повинні виконуватись умови:

$$U_{на} \geq U_{ну} , \text{ В}$$

де  $U_{на}$  – номінальна напруга апарату,

$U_{ну}$  – номінальна напруга установки.

$$I_{на} \geq I_p , \text{ А}$$

$I_{на}$  – номінальний струм апарату,

$I_p$  – розрахунковий струм шинопровода.

Перевіряємо вибраний комутаційний апарат на відмикаючу здатність.

Повинна виконуватись умова:

$$I_{відм} \geq I'' , \text{ кА}$$

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Івідм – відмикаюча здатність апарату,  
І'' – перехідний струм КЗ. В місці встановлення апарату.

Результати вибору шинопроводів заносимо в таблицю. 4.  
Знаходимо розрахунковий струм шинопровода ШРА1:  

$$I_p \text{ шра1} = S_p \text{ шра1} / (1,732 \times U_n) = 96420 / (1,732 \times 380) = 146,5 \text{ А}$$
Знаходимо розрахунковий струм шинопровода ШРА2:  

$$I_p \text{ шра2} = S_p \text{ шра2} / (1,732 \times U_n) = 157000 / (1,732 \times 380) = 238,5 \text{ А}$$
Знаходимо розрахунковий струм шинопровода ШМА1:  

$$I_p \text{ шма1} = S_p \text{ шма1} / (1,732 \times U_n) = 253420 / (1,732 \times 380) = 385 \text{ А}$$
Знаходимо розрахунковий струм шинопровода ШРА3:  

$$I_p \text{ шра3} = S_p \text{ шра3} / (1,732 \times U_n) = 96420 / (1,732 \times 380) = 146,5 \text{ А}$$
Знаходимо розрахунковий струм шинопровода ШРА4:  

$$I_p \text{ шра4} = S_p \text{ шра4} / (1,732 \times U_n) = 157000 / (1,732 \times 380) = 231 \text{ А}$$
Знаходимо розрахунковий струм шинопровода ШМА2:  

$$I_p \text{ шма2} = S_p \text{ шма2} / (1,732 \times U_n) = 253420 / (1,732 \times 380) = 385 \text{ А}$$

**Таблиця. Вибір шинопровода і комутаційних апаратів.**

Найменування лінії	Sp, кВА	IP, А	Вибір шинопровода							Вибір апарата			
			Тип	Переріз, мм²	Ідоп А	X <sub>0</sub> Ом / км	Г <sub>0</sub> Ом / км	l, м	ΔU, %	Тип	I <sub>на</sub> , А	I <sub>відм</sub> кА	І'', кА
ШРА1	96,42	146	ШРА 73	30 х 5	250	0,2	0,1	30	0,1	Роз'єднувач Р	250	–	12,37
ШРА2	157	238	ШРА 73	30 х 5	250	0,13	0,1	30	0,17	Р	250	–	12,37
ШРА3	96,42	146	ШРА 73	30 х 5	250	0,2	0,1	30	0,1	Р	250	–	12,37
ШРА4	157	238	ШРА 73	30 х 5	250	0,13	0,1	30	0,17	Р	250	–	12,37
ШМА1	253,42	385	ШМА 73	50 х 5	400	0,2	0,1	20	0,1	Автомат АВМ-04	400	15	12,37
ШМА2	253,42	385	ШМА 73	50 х 5	400	0,2	0,1	20	0,1	Автомат АВМ-04	400	15	12,37

## 2.8. Вибір марки, перерізу розподільчої мережі цеху.

Розподільчі мережі виконуємо за допомогою ізолюваних провідників проложених в трубках розрахунковий струм якої:

$$I_p = P_n / \sqrt{3} \times U_n \times \cos\phi_n \times \eta_n, A$$

- де  $P_n$  – номінальна потужність споживача, кВт
- де  $U_n$  – 0,38 кВ номінальна напруга лінії
- $\cos\phi_n$  – коефіцієнт потужності лінії
- $\eta_n$  – номінальний ККД лінії

Вибираємо проводи за таблицею для яких виконується умова

$$I_p \leq I_{\text{доп}}, A$$

де  $I_{\text{доп}}$  – допустимий струм лінії.

Перевіряємо вибраний переріз провідника на допустиму втрату напруги

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}, \%$$

де  $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$  допустима втрата напруги в лінії.

$\Delta U$  – дійсна втрата напруги в лінії.

За таблицею вибираємо труби для прокладки провідників.

Проводимо вибір комутаційних апаратів для підключення ліній.

Повинні виконуватись умови:

$$U_{n,a} \geq U_{\text{ну}}, B$$

$$I_{n,a} \geq I_n, A$$

$$I_{\text{відм}} \geq I'', \text{ кА}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Найменування устаткування		$\eta_n$ , %	COS $\phi$	Потужність кВт
1. Токарно-гвинторізний верстат	163	85	0,87	15,125
2. Токарно-гвинторізний верстат	1K62	85	0,87	11,125
3. Токарно-стругальний верстат	3М37	85	0,89	11,0
4. Вертикально-фрезерний верстат	6М12П	85	0,89	10,325
5. Круглошліфувальний верстат	3А 164	88	0,86	19,45
6. Перетворювач зварювальний	ПС0-500	88	0,86	28,0
7. Машина електрозварювання	МТМ-75	88	0,86	75,0
8. Зварювальний трансформатор	СТН-350	88	0,86	25,0
9. Кран-балка		85	0,8	4,85
10. Вентилятори		88	0,9	7,0

1. Токарно-гвинторізний верстат – 163

$$I_p = 15125 / (1,732 \times 380 \times 0,87 \times 0,85) = 31 \text{ A}$$

2. Токарно-гвинторізний верстат - 1K62

$$I_p = 11125 / (1,732 \times 380 \times 0,87 \times 0,85) = 22,85 \text{ A}$$

3. Поперечно-стругальний верстат - 3М37

$$I_p = 11000 / (1,732 \times 380 \times 0,89 \times 0,85) = 22,6 \text{ A}$$

4. Вертикально-фрезерний верстат - 6М12П

$$I_p = 10325 / (1,732 \times 380 \times 0,89 \times 0,85) = 20,7 \text{ A}$$

5. Кругло - шліфувальний верстат - 3А164

$$I_p = 19450 / (1,732 \times 380 \times 0,86 \times 0,85) = 40 \text{ A}$$

6. Перетворювач зварювальний - П10-500

$$I_p = 28000 / (1,732 \times 380 \times 0,86 \times 0,85) = 58 \text{ A}$$

7. Машина електрозварювальна точкова - МТМ-75

$$I_p = 75000 / (1,732 \times 380 \times 0,86 \times 0,85) = 155 \text{ A}$$

8. Зварювальний трансформатор - СТН-350

$$I_p = 25000 / (1,732 \times 380 \times 0,86 \times 0,85) = 52 \text{ A}$$

9. Кран-балка - 2Т

$$I_p = 4850 / (1,732 \times 380 \times 0,8 \times 0,85) = 10,8 \text{ A}$$

10. Вентилятори

$$I_p = 7000 / (1,732 \times 380 \times 0,9 \times 0,88) = 13,4 \text{ A}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## 2.9. Розрахунок струмів короткого замикання.

Розрахунок струмів короткого замикання проведемо у відповідних базових одиницях.

Приймаємо базові умови:

$$S_e = S_c$$

За значенням струм короткого замикання на шинах 10 кВ головної підстанції підприємства. Знайдемо потужність енергосистеми

$$S_c = \sqrt{3} \times U_{сер} \times I^{\circ}, \text{ мВА}$$

де  $U_{сер} = 10,5$  кВ середня напруга на шинах ГПП

$I^{\circ} = 7,7$  кА уставлене значення струму КЗ на шинах ГПП

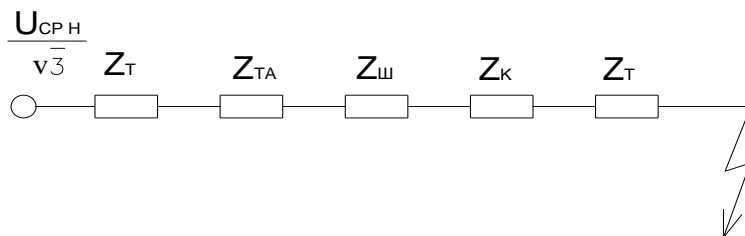
$$S_c = \sqrt{3} \times 10,5 \times 7,7 = 140 \text{ МВА}$$

Тоді:  $S_6 = S_c = 140 \text{ МВА}$

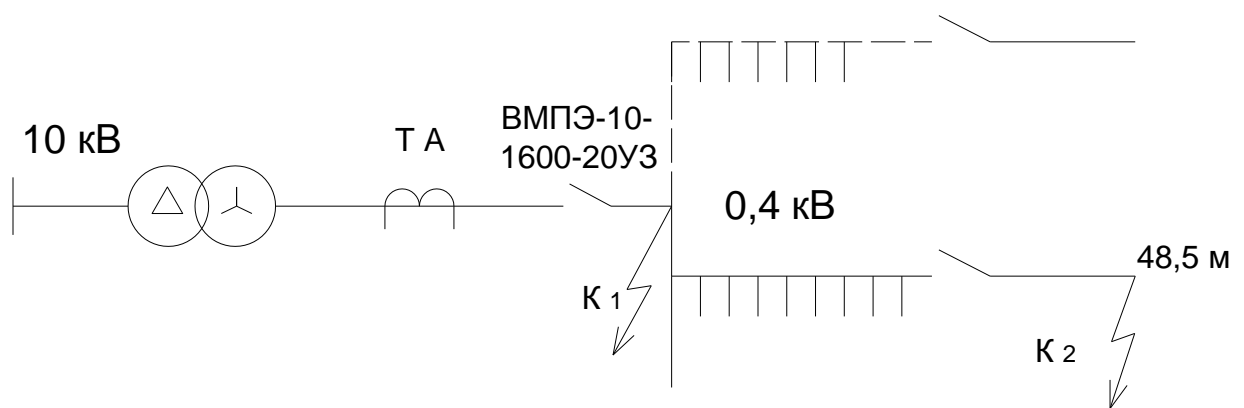
Знаходимо опір енергосистеми у відповідних одиницях

$$X_{схб} = S_6 / S_c = 1$$

Будуємо розрахункову систему мережі за зразком (мал. 2)



						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Визначаємо опори елементів схеми заміщення мережі використовуючи співвідношення опорів кабельних ліній.

$$X_{\text{клхб}} = X_0 \times l \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0,11 \times 0,5 \times (140 / 121) = 0,06$$

$$r_{\text{клхб}} = r_0 \times l \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 1,8 \times 0,5 \times (140 / 121) = 1$$

Опори трансформаторного цеха

$$Z_{\text{тхб}} = (U_k / 100) \times (S_6 / S_{\text{УТ}}) = (4,5 / 100) \times (140 / 0,40) = 15,75$$

$$r_{\text{тхб}} = (\Delta P_k \times S_6 \times 10^3) / S_{\text{КТ}}^2 = (5,5 \times 140 \times 10^{-3}) / (0,42)^2 = 4,3$$

$$X_{\text{тхб}} = \sqrt{Z_{\text{тхб}}^2 - r_{\text{тхб}}^2} = \sqrt{15,75^2 - 4,3^2} = 13,41$$

Опори трансформаторів струму.

$$X_{\text{тах}} = X_{\text{та}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0 \times (140 / (0,4)^2) = 0$$

$$r_{\text{тахб}} = r_{\text{та}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0 \times (109,1 / (0,4)^2) = 0$$

Опори автоматичних вимикачів.

$$X_{\text{а1*6}} = X_{\text{а1}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0 \times (140 / (0,4)^2) = 0$$

$$r_{\text{а1*6}} = r_{\text{а1}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0 \times (140 / (0,4)^2) = 0$$

$$r_{\text{к1*6}} = r_{\text{к1}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0 \times (140 / (0,4)^2) = 0$$

$$r_{\text{а2*6}} = r_{\text{а2}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0,9 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,78$$

$$r_{\text{а2*6}} = r_{\text{а2}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 1,3 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 1,13$$

$$r_{\text{а2*6}} = r_{\text{к2}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0,75 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,65$$

$$X_{\text{а3*6}} = r_{\text{а3}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0,9 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,78$$

$$r_{\text{а3*6}} = r_{\text{а3}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 1,3 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 1,13$$

$$r_{\text{к3*6}} = r_{\text{к3}} \times (S_6 / U_{\text{ср}}^2) = 0,75 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,65$$

Опір рубильника

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$r_{PI}^*6 = r_{PI} \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,15 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,13$$

Опори шинопроводів

$$X_{ШМА1} = X_0 \times l \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,017 \times 20 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,29$$

$$r_{ШМА1} = r_0 \times l \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,034 \times 20 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,54$$

$$X_{ШРА1} = X_0 \times l \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,1 \times 30 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 2,625$$

$$r_{ШРА1} = r_0 \times l \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,13 \times 30 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 3,41$$

Опори проводів до споживача

$$X_{ПР}^*6 = X_{опр} \times l_{ПР} \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,08 \times 10 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 0,7$$

$$r_{ПР}^*6 = r_{опр} \times l_{ПР} \times (S_6 / U_{cp}^2) = 0,58 \times 10 \times (140 / (0,4)^2) \times 10^{-3} = 5$$

$X_0, r_0$  – питомий індуктивний та активні опори

$l$  – довжина лінії

$U_{cp}$  – середня номінальна напруга елемента для якого визначаються опори

$U_k$  – напруга короткого замикання трансформатора

$\Delta P_k$  – втрати короткого замикання

$S_{КТ}$  – номінальна потужність трансформатора

Знаходимо результуючі опори до точки КЗ

$$X_{\Sigma}^*6, r_{\Sigma}^*6, Z_{\Sigma}^*6$$

$$X_{\Sigma}^*6 = X_{a1}^*6 + X_{a3}^*6 = 0 + 0,78 = 0,78$$

$$r_{\Sigma}^*6 = r_{A1}^*6 + r_{K1}^*6 + r_{A2}^*6 + r_{A2}^*6 + r_{A2}^*6 + r_{A3}^*6 + r_{K3}^*6 + r_{PI}^*6 = 0 + 0 + 0,78 + 1,13 + 0,65 + 1,13 + 0,65 + 1,13 = 4,47$$

$$Z_{\Sigma}^*6 = \sqrt{(r_{\Sigma}^*6)^2 + (X_{\Sigma}^*6)^2} = \sqrt{(4,47)^2 + (0,78)^2} = 4,53$$

Знаходимо базові струми в розрахункових точках КЗ

$$I_6 = S_6 / \sqrt{3} \times U_6$$

де  $U_6 = U_{с6}$  – базові напруги в точці КЗ, кВ.

$$I_6 = 140 / \sqrt{3} \times 0,4 = 202$$

Знаходимо значення уставленого і зверх перехідного струмів КЗ у вказаних точках.

$$I_{\infty} I'' = I_6 / Z_{\Sigma}^*6 = 202 / 4,53 = 44,6 \text{ кА.}$$

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо відношення  $X_{\Sigma}^*6 / r_{\Sigma}^*6$  в точках КЗ.  
 $X_{\Sigma}^*6 / r_{\Sigma}^*6 = 0,78 / 4,47 = 0,17$

В залежності від відношення  $X_{\Sigma}^*6 / r_{\Sigma}^*6$  визначаємо значення ударного коефіцієнта в розрахункових точках ( $K_y$ ).

Розраховуємо значення ударного струму КЗ  
 $I_6 = K_y / \sqrt{2} \times I'' = 0,17 \times \sqrt{2} \times 44,6 = 10,72 \text{ кА}$

Знаходимо потужність КЗ у вказаних точках.  
 $S_{K3} = \sqrt{3} \times U_n \times I_{\infty} = \sqrt{3} \times 0,4 \times 44,6 = 30,9 \text{ МВА}$   
де  $U_n$  – номінальна напруга у встановлених точках КЗ.

## 2.10. Вибір основного електроустаткування цехової підстанції і низько вольної мережі цеха.

Проводимо вибір високовольтного вимикача встановленого на ЗРП ГПП 10 кВ, який вимикає високовольтну лінію, що живить цехову підстанцію.

**Таблиця 6. Вибір високовольтного вимикача. ЗРП ГПП 10 кВ.**

Величина що вибирається і перевіряється	Розрахункові дані	Довідникові дані вимикача
1. Номінальна напруга, кВ	10	10
2. Номінальний струм, кА	1,338	52

Вибираємо високовольтний вимикач ВМПЭ-10-1600-20УЗ.

Проводимо вибір трансформаторів струму встановлених зі сторони низької напруги ЦТП.

**Таблиця 7. Вибір трансформаторів струму.**

№	Величини що вибирається та перевіряється	Розрахункові дані	Довідникові дані
1	Номінальна напруга, кВ	0,38	0,66
2	Струм первинної обмотки, А	1338	1500

Вибираємо трансформатор струму ТЛ10 – II УЗ.

**Таблиця 8. Вибір і перевірка автоматичного вимикача.**

№	Величини що вимірюються та перевіряються	Розрахункові дані	Довідникові дані
1	Найменша напруга, кВ	0,38	0,38
2	Довготривалий струм, А	1338	1600
3	Струм відмикання, кА	12,37	50

Вибираємо автоматичного вимикача ВА88 – 43 3Р 1600 А 50 кА.

### **2.11. Розрахунок заземлення цехової підстанції.**

При контурному заземлюючому пристрої електроди розміщують по периметру майданчика на якому знаходиться заземлене устаткування.

В відкритих електроустановках корпуса під'єднують безпосередньо до заземлювача проводами.

В будівлях прокладається магістраль заземлення до якої під'єднують заземлюючі проводи. Магістраль з'єднують з заземлювачем не менше ніж у двох місцях.

В якості заземлювачів в першу чергу необхідно використати природні заземлювачі у вигляді прокладених під землею металевих комунікацій (за винятком трубопроводів для горючих і вибухових речовин, труб теплотрас), металевих конструкцій будівель з'єднаних з землею, свинцевих оболонок кабелів, обсадних труб артезіанських колодязів.

В якості природних заземлювачів підстанцій і РП рекомендується використовувати заземлювачі опор повітряних ліній електропередачі, з'єднаних з заземлюючим пристроєм підстанції або РП за допомогою грозозахисних пристроїв ліній.

Якщо опір природних заземлювачів задовольняє норми то штучних заземлювачів не треба.

В якості природних заземлювачів використовуються кутник

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

розміром 50×50; 60×60; 75×75 з товщиною стінки не менше 4 мм, довжиною 2,5-3 мм.

Сталеві труби: діаметром 50-60 мм з товщиною стінки не менше 3,5 мм, пруткова сталь не менше 10 мм.

Заземлювачі забивають в ряд або по контуру на певну глибину, щоб до поверхні землі залишалось 0,5-0,8 м. Відстань між ними повинна бути не менше 2,5-3,5 м.

Для з'єднання вертикальних заземлювачів використовують сталеві полоси товщиною не менше 4 мм і перерізом не менше 48 мм<sup>2</sup> або провід діаметром не менше 6мм.

Магістральні заземлення всередині будинків виконують полосою перерізом не менше 100 мм<sup>2</sup>. Відгалуження від магістралі до електроустановок виконують сталевою полосою не менше 100 мм<sup>2</sup> або круглою сталлю не менше 5мм.

### **Розрахунок заземлення методом коефіцієнтів використання виконують наступним чином**

1) У відповідності з ПБЕУ встановлюють необхідний опір заземлення:  $R_3 = 125 / I_3 < 10 \text{ Ом}$ .  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ .  $I_3$  – розрахунковий струм замикання на землю, який можна визначити якщо відома довжина електрично зв'язаних кабельних ліній в км, і напруга мережі:

$$I_3 = (U_H \times (35 \times l_K \times l_{\Pi})) / 350$$

$$I_3 = (10 \times (35 \times 0,5)) / 350 = 0,5 \text{ А}$$

2) Визначається опір природніх заземлювачів  $R_{\Pi} = 14 \text{ Ом}$

3) Опір розтікання штучного заземлення:

$$R_{\text{ш}} = (R_3 \times R_{\Pi}) / (R_{\Pi} - R_3) = (4 \times 14) / (14 - 4) = 5,6 \text{ Ом}.$$

4) Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho = 100 \text{ Ом} \times \text{м}$$

$$k_c = 1,3$$

$$\rho_p = 100 \times 1,3 = 130 \text{ Ом} \times \text{м}$$

5) Визначають попередню конфігурацію заземлюючого пристрою; по плану заземлюючого пристрою визначають попереднє число вертикальних заземлювачів.

6) Визначають опір одного вертикального заземлювача.

Опір стержня визначають по формулі:

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{CT} = 0,27 \times \rho_{\Pi}$$

$$r_K = 0,3 \times \rho_{\Pi}$$

$$r_{TP} = 0,302 \times \rho_{\Pi}$$

7)Визначають число вертикальних заземлювачів:

$$n_B = r / (R_{\Pi} \times \eta_B)$$

$\eta_B$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, який залежить від відстані заземлення їх довжини і кількості.

$$\eta_B = 0,6 \quad \eta_B = 56 / (5,6 \times 0,6) = 16,6$$

8)Визначаємо опір горизонтальних заземлювачів:

$$R_{\text{полоси}} = r_{\Pi} / \eta_B$$

$$\eta_B = 0,89 \quad R_{\Gamma} = (0,366 \times \rho_p / l) \times \lg(l^2 / (b \times t'))$$

$$l = 60$$

$$b = 40 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

$$t' = 0,5 - 0,7 \text{ м.}$$

$$R_{\Gamma} = (0,366 \times 130 / 60) \times \lg(60^2 / (0,04 \times 0,5)) = 41,67 \text{ Ом.}$$

9)Визначаємо необхідний опір вертикальних заземлювачів з урахуванням використання з'єднувальної полоси:

$$R_B = (R_{\Gamma} \times R_{\Pi}) / (R_{\Gamma} - R_{\Pi}) = (41,67 \times 5,6) / (41,67 - 5,6) = 6,46 \text{ Ом}$$

10)Визначають уточнену кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = r_B / (\eta_B \times R_{\Gamma}) = 0,3 \times 130 / (0,6 \times 7,92) = 8,2$$

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.12. Основні правила безпеки при обслуговуванні електричних мереж

Заземлюючі пристрої повинні забезпечувати безпеку людей і захист електроустановок, а також експлуатаційні режими роботи.

Для тієї частини електроустановки, яка може бути під напругою в зв'язку із пошкодженням ізоляції, повинен бути забезпечений надійний контакт із заземлюючим пристроєм або із заземлюючими пристроями, на яких воно встановлено.

З'єднання заземлюючих провідників до заземлювачів, заземлюючої магістралі і до заземлюючих конструкцій повинно виконуватись зваркою, а до корпусів апаратів, машин і опорам повітряних ліній електропередач - зваркою або надійним болтовим з'єднанням.

Використання землі в якості фази або нульового провода забороняється.

Для визначення технічного стану заземлюючого пристрою періодично виконуються:

- а)зовнішній огляд видимої частини заземлюючого пристрою;
- б)огляд із перевіркою ланцюга між заземлювачем та елементами, що заземлюються (відсутність обривів та недопустимих контактів в проводці, що з'єднує апарат із заземлюючим пристроєм), а також перевірка запобіжників трансформаторів;
- в)вимірювання опору заземлюючого пристрою;
- г)перевірка кола фаза-нуль;
- д)перевірка надійності з'єднань заземлювачів;
- е)вибіркове розкривання ґрунту для огляду елементів заземлюючого пристрою, що знаходяться в землі.

Зовнішній опір заземлюючого пристрою виконується разом із оглядом електроустановки, трансформаторних підстанцій і розподільчих пунктів, а також цехових та інших електроустановок.

При оглядах, при знайдених несправностях і прийнятих мірах повинні бути виконанні відповідні записи в журналі огляду заземлюючих пристроїв або оперативному журналі.

Значення опорів заземлюючих пристроїв повинні підтримуватись, із цілю забезпечити напругу дотику в спів паданні із діючими Нормами.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На кожен заземлюючий пристрій, що знаходиться в експлуатації повинен бути паспорт, де знаходиться схема заземлення, основні технічні дані, дані про результати перевірки стану заземлюючого пристрою, про характер ремонтів і вимірювань, внесених в даний пристрій.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Економічна частина.

#### 3.1. Вихідні дані.

Вихідні дані цеху для економічного проектування заведені в таблицю 3.1 згідно устаткування.

Таблиця 3.1.

№ п/п	Найменування обладнання	Потужність кВт	
		Одного	Загальна
1	Асинхронний двигун з к.з. ротором $n_0=1500\text{об/хв}$	15	60,5
2	Асинхронний двигун з к.з. ротором $n_0=1500\text{об/хв}$	11	44,5
3	Асинхронний двигун з к.з. ротором $n_0=1500\text{об/хв}$	11	44
4	Асинхронний двигун з к.з. ротором $n_0=1500\text{об/хв}$	10	20,5
5	Асинхронний двигун з к.з. ротором $n_0=1500\text{об/хв}$	19	78
6	Перетворювач зварювальний	28	56
7	Машина електрозварювальна	75	150
8	Зварювальний трансформатор	25	100
9	Асинхронний двигун з фазним ротором $n_0=1500\text{об/хв}$	5	10
10	Вентилятори	7	56
11	Цеховий трансформатор	400кВА	800кВА
12	Магістральні шинопроводи	600А	600А
13	Мережі освітлення	0.4	19.2
14	Мережа освітлення	---	1200м
15	Мережа заземлення	---	400м

					ЛВПУ.22322.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Столярчук								
Перевір.	Бонзюк А.Х.								
Реценз.							ЛВПУ група №55		
Н. Контр.									
Затверд.									



### 3.2. Планування електропостачання підприємства.

Основним методом планування електропостачання промислових підприємств є розробка його електробалансу, який визначає потреби підприємства в електроенергії і джерела покриття цієї проблеми. Електробаланс містить в собі: планування потреб основного і основного виробництва, розрахунок витрат енергії в лініях і трансформаторах.

Оскільки на підприємстві відсутні генеруючі установки, то складання проходної частини зводиться до визначення об'єму електроенергії, яка приходить з сторони.

Річні витрати електроенергії струмоприймачами на напругу 0.4 кВ;

$$W_{\text{ан}} = 1001.7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$T = \frac{W_{\text{ан}}}{P} = \frac{1001.7}{320} = 3130 \text{ (год)}$ , де Т-час роботи споживачів електроенергії за рік; Р-активна потужність використання.

Річні витрати активної електроенергії в трансформаторах:

$$\Delta W_{\text{ан}} = 27 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год}$$

Загальні річні витрати активної енергії:

$$W_a = W_{\text{ан}} + \Delta W_{\text{ан}} = 1001.7 + 27 = 1028.7 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год}$$

Вирахуємо вартість використаної електроенергії:

$$C = W_a \cdot c_1 = 1028.7 \cdot 1.06 = 1090.4 \text{ грн}$$

Де  $W_a$ -використана електроенергія

$c_1$  - 1.06 – вартість 1кВт\*год (грн.)

					ЛВПУ.22322.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Структура системи ППР.

В промисловості є декілька принципів планування і форм організації профілактичних робіт, які впливають на тривалість експлуатації обладнання використовується, а саме;

- Система планово попереджувального ремонту (ППР), яка передбачає сукупність організаційних і технічних заходів по огляду, обслуговуванню і ремонту обладнання яке використовується.

Основним документом для планування ремонту електрообладнання, що знаходиться в заготівельно-зварювальному цеху є графік планово-попереджувальних робіт.

Графік ППР складається у відповідності до дефектних відомостей, а також на основі норм часу на експлуатацію і ремонтні роботи на підприємстві. Крім цього, необхідно знати:

- для нового обладнання – часу вводу в експлуатацію;
- для старого обладнання – час останнього ремонту;
- міжремонтні періоди і ремонтний цикл в залежності від виду ремонту;
- нормативну трудомісткість ремонтних робіт.

Згідно цієї інформації будується графік ППР.

Трудомісткість ремонту визначається виходячи з витрат часу на проведення одного ремонту одиниці обладнання одним робітником.

Річна трудомісткість визначається виходячи із нормативної кількості обладнання ( $K_{обл}$ ) і норми трудомісткості ( $H_{тр}$ ) та кількості ремонтів в рік ( $K_{рем}$ ):

$$T_{рі} = K_{обл} * K_{рем} * H_{тр}$$

Річна сумарна трудомісткість:

$$T_{р.} = \sum T_{рі}$$

					ЛВПУ.22322.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3.4. Планування чисельності ремонтно-експлуатаційного персоналу.

#### 3.4.1. Планування штатної чисельності персоналу.

Рациональна організація праці ремонтно-експлуатаційного персоналу забезпечує високу якість робіт, мінімальні простої обладнання в ремонті, зменшення трудомісткості ремонтних робіт. Все це впливає на безперебійне постачання електроенергії на підприємстві, що є важливим для технологічного процесу. Цех працює в одну зміну. Організація праці - індивідуальна. Система оплати праці - погодинно-преміальна.

Розрахунок планової чисельності ремонтно-експлуатаційного персоналу визначаємо з планового річного обсягу робіт:

$$Ч_{пл} = \frac{T_p}{\Phi_{р.ч} * K_{вн}}$$

Де  $T_p$  - річна сумарна трудомісткість;

$\Phi_{р.ч}$  - ефективний фонд робочого часу одного працівника;

$K_{вн}$  – коефіцієнт виконання норми ( $K_{вн} = 1.0 \div 1.1$ )

Таблиця 3.3 Річний фонд робочого часу.

№	Показники	Значення показника, дні
1	Календарний фонд часу	365
2	Кількість неробочих днів:	113
	Святкових	9
	Вихідних	104
3	Номінальний фонд робочого часу	252
4	Неявки на роботу:	38
	Чергові і додаткові відпустки	26
	Навчальні відпустки	3
	Лікарняні	9
5	Кількість робочих днів в році	214

6	Середня тривалість робочого часу, год.	8
7	Ефективний фонд робочого часу одного працівника, год.	1712

З таблиці 3.3 випливає, що ефективний фонд робочого часу одного працівника становить  $\Phi_{p,ч}=1712$  год.

$$\text{Отже, } Ч_{пл} = \frac{1752}{1712 \cdot 1.1} = 0.93 \text{ осіб.}$$

Приймаємо чисельність робітників на ділянці обслуговування і ремонту 1 чоловіка.

Оскільки ділянка працює в одну зміну, то у відповідності до норм технічного обслуговування приймаємо 1 чоловіка чергового персоналу.

На основі зроблених розрахунків складаємо штатний розклад.

Таблиця 3.4. – Штатний розклад

№	Посада	Кваліфікаційний розряд	Чисельність чол..	Тарифна ставка, грн./год
1	Черговий електрик	V	1	15.5
2	Електромонтер	IV	1	14.5

### 3.4.2. Планування заробітної плати.

Оплата праці експлуатаційно-ремонтного персоналу здійснюється погодинно-преміальній системі.

Фонд заробітної плати складається:

- фонду основної заробітної плати;
- фонду додаткової заробітної плати.

Фонд основної заробітної плати складається з тарифного фонду заробітної плати, доплати за роботу у нічний час, та за роботу у святкові дні.

Тарифна ставка для ремонтно-експлуатаційного персоналу

					ЛВПУ.22322.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

розраховується за допомогою формули (для прикладу – електромонтер IV розряду):

$$ОЗП = ЗП_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} * \Phi_{\text{роб.часу}}$$

Де  $T_{\text{ст}}$  - тарифна ставка;

$\Phi_{\text{роб.часу}}$  - фонд робочого часу, год.

$$ОЗП = ЗП_{\text{тар}} = 14.5 * 1712 = 24824 \text{ грн/рік}$$

Додаткова заробітна плата – це витрати на преміювання які становлять 20-50% основної заробітної плати згідно «положення про преміювання» (згідно умов праці).

$$\text{Додаткова ЗП} = 30\% * ОЗП = 30\% * 24824 = 7447 \text{ грн/рік}$$

Річний фонд ЗП становить:

$$РФЗП = ЗП + ДЗП = 24824 + 7447 = 32271 \text{ грн.}$$

Нарахування на ЗП(ЄСВ) становить 37.17% РФЗП

$$НЗП = 37.17\% * 32271 = 11995.2 \text{ грн..}$$

Розраховуємо ЗП для чергового електрика V розряду

$$ОЗП = T_{\text{ст}} * \Phi_{\text{роб.часу}} = 15.5 * 1712 = 26536 \text{ грн.}$$

Доплата за роботу у нічний час (з 22<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup>) становить 30 – 50%.

$$ЗП_{\text{ніч.}} = ОЗП * 0.4 = 26536 * 0.4 = 10614 \text{ грн.}$$

Річний фонд:

$$РФЗП = ОЗП + ЗП_{\text{ніч.}} = 26536 + 10614 = 37150 \text{ грн.}$$

Нарахування на ЗП(ЄСВ) становить 37.17% РФЗП

$$НЗП = 37.17\% * 37150 = 13808.6 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.5. Розрахунок річного фонду заробітної плати.

№	Посада	Розряд	Кількість	Тст	ОЗП		Доп. ЗП	Річний фонд ЗП	Нарахування на ЗП
					ЗПтар	ЗПніч			
1	Електромонтер	IV	1	14.5	24824	-	7447	32271	11995.2
2	Черговий електрик	V	1	15.5	26536	10614	-	37150	13808.6

### 3.5. Планування собівартості передачі і розподілу електроенергії.

Плата за електроенергію, яка отримується відділенням  
визначається по формулі:

$$\Pi = \text{Цвх} * \text{Еотрим},$$

де Цвх - вартість 1 кВт\*год електроенергії, грн/кВт\*год. Згідно даних  
обленерго Цвх = 1.06 грн/кВт\*год.

Отже плата за отриману електроенергію складе:

$$\Pi = 1.06 * 2963050 = 1\,392\,633,5 \text{ грн.}$$

Собівартість розподілу однієї кіловат-години корисного споживання  
електроенергії

$$C_{\text{розп}} = \frac{B_{\text{експ}}}{E_{\Pi}},$$

де  $B_{\text{експ}}$  - річні експлуатаційні витрати, грн згідно таблиці 5,2.

отже  $C_{\text{розп}} = - =$

Собівартість корисної одержаної електроенергії включає витрати  
підприємства на оплату електроенергії, річні експлуатаційні витрати на  
утримання загальної схеми електропостачання.

Внутрішньоцехова собівартість електроенергії

$$C_{\text{внутр.цех.}} = \frac{\Pi + B_{\text{експ}}}{E_{\Pi}},$$

де  $B_{\text{експ}}$  - річні експлуатаційні витрати, грн.

тоді  $C_{\text{внутр.цех.}} = - =$

					ЛВПУ.22322.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.6. Заходи по зменшенню затрат.

Основні напрямки: доцільне використання електроенергії; складання раціонального плану виконання ремонтів; якнайкраще виконання ремонтів та вчасне обслуговування; заміна застарілого обладнання.

Доцільне використання електроенергії призводить до зменшення споживаної потужності, а це можливо шляхом переходу на енергозберігаючі технології виробництва, свідоме відмовлення від деяких непотрібних енергоспоживачів та заміна обладнання. При використанні ремонту обладнання, можна згрупувати його по ідентичності та по міжремонтних періодах, що призведе до скорочення часу проведення ремонту та втрат від недовідпуску електроенергії (простою обладнання). Вчасне і правильне обслуговування зменшить як об'єми ремонтних робіт, так і тривалість робіт. Це також дозволить уникнути аварійних помилок електрообладнання. Переважна більшість обладнання є морально і фізично застарілим, що призводить до частих ремонтів, об'єми ремонтних робіт збільшується і частіше виникають аварійні поломки.

В свою чергу слід зазначити, що скорочення витрат за рахунок зменшення фонду заробітної плати є недоцільним і найкращим виходом, а ухилення від податків шляхом скритого безробіття заборонене законом.

					ЛВПУ.22322.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



## 4. Електроустаткування підйомно-транспортного устаткування.

### 4.1. Вихідні дані для проектування релейно-контакторної схеми керування електродвигунами підйомно-транспортними установками.

Для двигуна постійного струму скласти схему автоматизованого керування, яка задовольняла такі умови: пуск ДПС послідовного збудження в три ступеня в функції часу; гальмування противмикання; реверсивна схема; керуванням за допомогою командо контролера. В схемі повинні бути такі захисти: від короткого замикання, перевантаження, та нульовий захист.

### 4.2. Опис роботи спроектованої електричної схеми.

У коло якоря двигуна ввімкнені: обмотка збудження ОЗ, котушка гальмівного злектромагніта YA і чотири ступені опору R1-R4, призначені для пуску, гальмування і регулювання кутової швидкості. Реверсування двигуна здійснюється перемиканням контакторів KM4, KM5 і KM2, KM3, змінюючи полярність напруги на якорі.

Схема контролера забезпечує роботу двигуна в режимі противмикання. Пуск двигуна автоматизується за допомогою реле часу KT1 – KT3, які спрацьовують, коли в положеннях 1 (Вперед і Назад) командо контролера SA по ланцюгу якоря починає проходити струм. Відключаються реле в результаті шунтування їх котушок контактами KM10, KM6 і KM7.

При русі механізму Назад (або Вперед) для швидкого його зупинки або реверсування слід перевести рукоятку SA в положення 2, 3 або 4 Вперед (або відповідно Назад). Відбувається гальмування противмикання. Цей процес контролюється за допомогою реле KV1 (або KV2). Якщо при кутовій

					ЛВПУ.22285.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Герасимчук			Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Бонзюк А.Х.								13	23
Реценз.								ЛВПУ група №55			
Н. Контр.											
Затверд.											

швидкості, близькій до нуля, перевести рукоятку SA у нульове положення, то двигун зупиниться, а якщо рукоятку залишити в колишньому положенні, то буде здійснюватися автоматичний пуск двигуна в напрямку Вперед (або Назад).

Реле KV служить для нульового захисту. Відключення механізму в допустимому положенні виконується кінцевими вимикачами SQ1 і SQ2.

У нульовому положенні рукоятки SA через замкнутий контакт О включається реле напруги KV і своїм контактом підготовлює до роботи основні ланцюги управління. У першому положенні рукоятки SA, наприклад Вперед, вмикається контактори KM1, KM4, KM5, які своїми головними контактами під'єднують статор двигуна до мережі і двигун пускається в хід з повністю ввімкненими резисторами в колі ротора.

У положеннях 2-4 командоконтроллера вмикається контактор KM10 і з витримкою часу контактори KM6- KM8.

Для швидкої зупинки двигуна слід перевести рукоятку SA у положення 1 Назад. При цьому відбувається відключення контакторів KM4, KM5, KM10, KM6 – KM8 і відбувається гальмування противмикання при введенні всіх резисторів в ланцюг ротора . При швидкості близькій до 0 реле KV1 втрачає живлення, і оператор повинен перевести рукоятку SA у нульове положення. Для реверсу двигуна рукоятку SA необхідно встановити в одне з положень 2,3 або 4 Назад.

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.3 Розрахунок системи електропостачання кран-балки

### 4.3.1 Вихідні дані для розрахунку

№	Назва, позначення та одиниці вимірювання вихідних даних	Назва кранового механізму		
		Механізм пересування моста	Механізм пересування візка	Механізм підйому
	Продуктивність крану $Q \frac{m}{год}$ Вантажопідйомність крану з урахуванням маси вантажозахватного пристрою $m$ , кг Режим роботи	6  Дуже важкий		
	Швидкість руху $v, \frac{m}{c}$	1	1	9,2
	Прискорення руху $a, \frac{m}{c}$	0,6	0,6	0,2
	Маховий момент $GD_{kg \cdot m^2}$	2,1	2,2	2,3
	Радіус барабана лебідки $R$ м	0,2		
	Шлях руху	Довжина цеху $L=45$ м	Ширина цеху $B=20$ м	Висота цеху $H=6$ м
	Відношення передачі від двигуна до робочого органа	5,0		
	ККД механізму	0,81		
	Число ввімкнень за годину $Z$	260		

### 4.3.2 Вибір електроприводу кран-балки

Розрахуємо статичну потужність для кожного механізму за формулою та необхідну потужність електродвигуна згідно з виразом.

$$P_{ст} = \frac{g \times (m + m_0) V}{n} \text{ кВт}$$

$$P_{ст.моста} = \frac{9,8 \times 6 \times 1}{0,81} = 72 \text{ кВт}$$

$$P_{ст.візка} = \frac{9,8 \times 6 \times 1}{0,81} = 72 \text{ кВт}$$

$$P_{ст.гака} = \frac{9,8 \times 6 \times 0,2}{0,81} = 14 \text{ кВт}$$

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна номінальна потужність двигуна

$$P_{\text{ном}} \geq \frac{P_{\text{ст}}}{k_T} \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ном.моста}} = \frac{72}{0,75} = 96 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ном.візка}} = \frac{72}{0,75} = 96 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ном.гака}} = \frac{14}{0,75} = 18,6 \text{ кВт}$$

де тепловий коефіцієнт  $k_T=1.1$  визначено для електроприводу з фазним ротором при гальмуванні противмикання. Отже, виберемо попередньо для механізму підйому двигун типу МТН 111-6, для механізму пересування моста двигун типу МТН211-6, для пересування візка - типу МТН112-6. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Попередній вибір двигунів

№	Назва кранового механізму	$P_{\text{ст}}$ кВт	$k_T$	$P_{\text{ном}}$ кВт	Тип двигуна	Паспортні дані вибраного двигуна			
						$P_{\text{дв}}$ кВт	$M_{\text{max}}$ $H^*_{\text{м}}$	$n_{\text{ном}}$ об/хв	$GD^2_{\text{дв}}$ кг×м <sup>2</sup>
1	Механізм пересування моста	151.6	1.1	116.6	МТН 814	110	764	970	8
2	Механізм пересування візка	151.6	1.1	116.6	МТН 814	110	764	970	8
3	Механізм підйому	35	1.1	26.9	4МТН 806	22	148	715	3

Перевірка вибраних електродвигунів за тепловим режимом

Правильність вибору електродвигунів перевіримо згідно з виразом де коефіцієнти  $k_{\text{екв}} = 0,8$ ,  $k_3=1,2$  визначені згідно табл.1.2 для двигуна з дуже важким режимом роботи;  $\eta_{\text{екв,б}} = 0,76$   $k_{\text{дин}} = 1,25$  за табл.1.1 для електроприводу з двигуном з фазним ротором;  $k_p \times a = 1.1$ .

$$P_{\text{ном}} \geq \frac{k_{\text{екв}} \times k_3 \times \eta_{\text{екв,б}} \times P_{\text{ст}} \times \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\text{дв}}}}}{k_p \times a \times (\eta_{\text{екв,б}} - k_{\text{дин}} \times (\eta_{\text{екв,б}} - \eta_{\text{екв}}))} , \text{ кВт}$$

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{ном.підйому}} \geq \frac{0,8 \times 1,2 \times 0,76 \times 14 \times \sqrt{45/45}}{1,1 \times [0,76 - 1,25 \times (0,76 - 0,81)]} = 11,3 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ном.моста}} \geq \frac{1,2 \times 0,76 \times 72 \times \sqrt{45/45}}{1,1 \times [0,76 - 1,25 \times (0,76 - 0,81)]} = 73 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ном.візка}} \geq \frac{1,2 \times 0,76 \times 72 \times \sqrt{45/45}}{1,1 \times [0,76 - 1,25 \times (0,76 - 0,81)]} = 73 \text{ кВт}$$

$$Z' = Z \times \frac{1,2 \times GD_{\text{дв}}^2 + GD^2}{1,2 \times GD_{\text{дв}}^2}, \text{ вкл/год}$$

$$Z'_{\text{моста}} = 260 \times \frac{1,2 \times 8 + 2,1}{1,2 \times 8} = 317 \text{ вкл/год}$$

$$Z'_{\text{візка}} = 260 \times \frac{1,2 \times 8 + 2,2}{1,2 \times 8} = 319 \text{ вкл/год}$$

$$Z'_{\text{гак}} = 260 \times \frac{1,2 \times 3 + 2,3}{1,2 \times 3} = 426 \text{ вкл/год}$$

Перевірка вибраних електродвигунів за можливістю забезпечення необхідного пускового моменту.

Розрахуємо максимальний можливий момент статичного навантаження, приведений до валу двигуна, для механізмів крану згідно виразу:

$$M_{\text{ст.мах}} = \frac{9550 \times P_{\text{ст}}}{n_{\text{ном}}}, \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{д}} = \frac{GD_{\text{дв}}^2 + GD^2}{38,2} \times \frac{n_{\text{ном}}}{v_{\text{ном}}} \times a, \quad \text{Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{ст.мах(візок)}} = \frac{9550 \times 72}{900} = 764 \text{ Н} \times \text{м}$$

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{ст.мах(міст)}} = \frac{9550 \times 72}{900} = 764 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{ст.мах(гак)}} = \frac{9550 \times 14}{900} = 148 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{Д міст}} = \frac{8 + 2,1}{38,2} \times \frac{900}{1} \times 0,6 = 140 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{Д візок}} = \frac{8 + 2,2}{38,2} \times \frac{900}{1} \times 0,6 = 146 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$M_{\text{Д гак}} = \frac{3 + 2,3}{38,2} \times \frac{900}{1} \times 0,2 = 25,2 \text{ Н} \times \text{м}$$

#### 4.3.3. Розрахунок мережі живлення кран-балки.

Електропостачання двигунів кран-балки здійснюється від цехового розподільчого пункту за допомогою тролей.

Тролеї вибираємо за розрахунковим струмом з виразу:

$$I_p = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi}, \text{ А}$$

Розрахунковий струм механізму пересування моста:

$$I_p = \frac{96}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,91} = 160 \text{ А}$$

Розрахунковий струм механізму пересування візка:

$$I_p = \frac{96}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,91} = 160 \text{ А}$$

Розрахунковий струм механізму підйому гака:

$$I_p = \frac{18,6}{\sqrt{3} \times 0,38 \times 0,86} = 33 \text{ А}$$

Знаходимо ефективне число електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum P_n^2};$$

$$n_e = \frac{(211)^2}{96^2 + 96^2 + 18,6^2} = 2,37$$

Приймаємо для кранових двигунів:  $\cos\varphi = 0,6$ ,  $\text{tg}\varphi = 1,35$ . При  $\eta = 0,9$  споживана потужність:

$$P_{\text{спож.}} = \frac{211}{0,9} = 234, \text{ кВт}$$

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$I_{\max} = \frac{\sqrt{(234 \times 0.5)^2 + (117 \times 1.35)^2}}{\sqrt{3} \times 0.38} = 300 \text{ A}$$

$$I_{\pi} = 320 + (300 - 160) = 460 \text{ A}$$

Вибираємо тролії з профілю  $75 \times 75 \times 8$  мм.

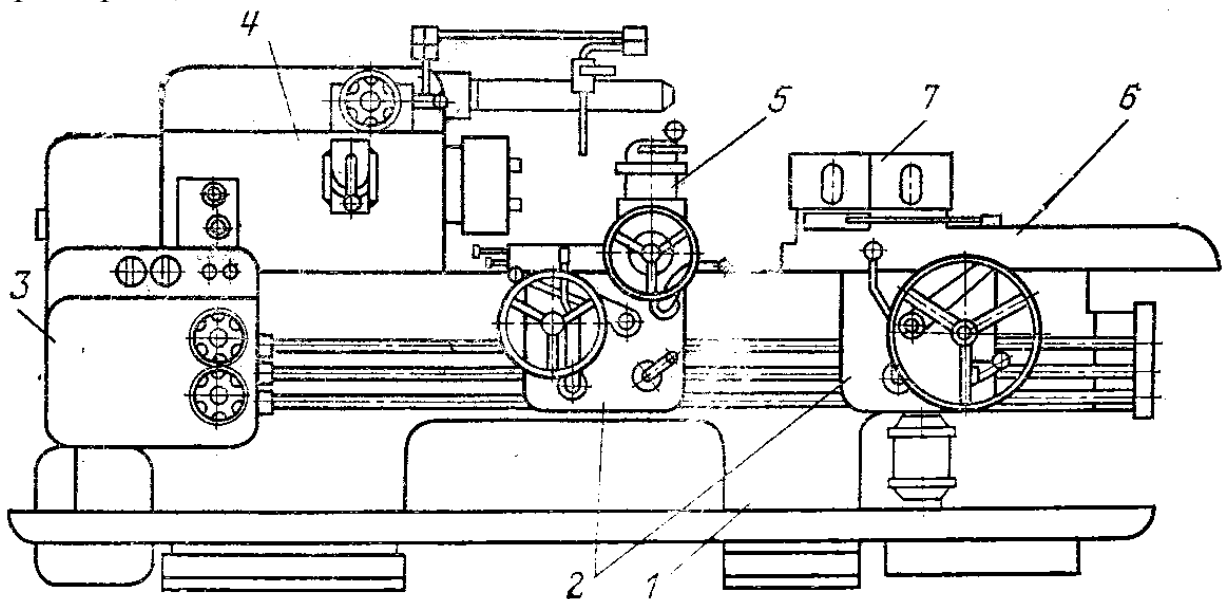
					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 5. Електроустаткування токарно-револьверного верстата.

### 5.1 Призначення, класифікація і конструкція токарно-револьверного верстата.

Призначення. Верстати токарної групи призначені для обробки зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь тіл обертання циліндричної, конічної та фасонної форми, а також прорізання канавок і нарізання зовнішньої та внутрішньої різьби.

Основний ріжучий інструмент – різці, але ж використовуються свердла, розвертки, метчики та ін.



Основні вузли верстату.

1 – станина; 2 – фартухи; 3 – коробка подач; 4 – шпиндельна бабка;  
5 – поперечний (відрізний супорт); 6 – супорт револьверної головки;  
7 – револьверна головка.

Процес токарної обробки на таких верстатах складається з операцій зі зміною інструменту за допомогою револьверної головки, це дозволяє підвищити продуктивність праці в 2-3 рази. Використовуються в серійному виробництві.

					ЛВПУ.22285.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Герасимчук			Пояснювальна записка		
Перевір.		Бонзюк А.Х.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.					ЛВПУ група №55		



## 5.2 Електропривод токарно-револьверного верстата.

Використання електродвигунів. Швидкість обробки деталей на металорі – зальних верстатах не повинна залежати від випадкових короточасних змін навантаження. Тому електродвигуни верстатів повинні мати жорстку меха – нічну характеристику. Цей чинник і зумовив широке використання для не регульованих електроприводів одношвидкісних двигунів змінного струму з короткозамкнутим ротором, а для регульованих електроприводів з малим діапазоном регулювання - асинхронних багатошвидкісних двигунів загально-промислового виконання.

У тому випадку, коли необхідний широкий діапазон регулювання швидкості, застосовуються двигуни постійного струму паралельного збудження загаль –но промислових або спеціальних серій для металообробних верстатів, таких, наприклад, як серія **ПБСТ** або **ПСТ**, високомоментна серія **ПБВ** для механізмів подач.

Спеціальні серії двигунів мають меншу (порівняно із загально промисло – вими) електромеханічну сталу часу якоря, що дозволяє повніше використо – вувати можливості безінерційних тиристорних перетворювачів для створення високоточних малоінерційних систем керування; вони містять вбудовані тахогенератори, а деякі мають високомоментні вбудовані гальма і датчики положення (сільсини).

Щоб знати про можливості, що мають спеціальні двигуни, розглянемо деякі з них. Так, двигуни ПБСТ за конструкцією закритого виконання без обдуву дозволяють одержати діапазон регулювання швидкості обертання 200 : 1 (регулюванням напруги, що підводиться до якоря і потоком збудження).

Під час проектування схем керування і вибору способу керування швидкістю обертання електродвигунів верстатних механізмів необхідно враховувати характер їх навантаження. Як правило, всі головні (шпиндельні) приводи, окрім приводів стругальних, шліфувальних і важких карусельних верстатів, виходячи з умови якнайкращого (максимального) використання двигунів. вимагають регулювання швидкості з постійною потужністю, оскільки зі зростанням швидкості необхідно зменшувати зусилля (момент) різання. Цій умові, як відомо, відповідає регулювання швидкості обертання зміною потоку збудження приводного двигуна. В даному випадку з  $\Phi = var$ , нехтуючи погіршенням охолодження, для двигунів постійного струму напруга і струм залишаються постійними, тобто  $U = const, I = const$ , а, отже, і потужність буде постійною ( $P = const$ ).

Для двигунів змінного струму, нехтуючи змінами  $\cos \varphi$  і ККД, повинна виконуватися умова  $U \cdot a = const$ , де  $U$  і  $a$  - фазні напруги та число паралель – них гілок обмотки.

Для приводів переміщення супортів, столів і поперечин, навантаження визначається повністю або у значній мірі силами тертя, а не зусиллями різання. Тоді, приймаючи ці сили, у відомих межах зміни швидкості меха – нізмів, постійними, необхідна потужність двигуна буде пропорційна до його швидкості обертання, тобто ці механізми вимагають регулювання швидкості

					ЛВПУ . 22285 . ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

обертання двигуна з постійним моментом, що розвиває двигун.

Виходячи з умови максимального використання двигунів, аналогічні вимоги ставляться і при регулюванні швидкості подачі фрезерних і шліфувальних верстатів, а також для обертання оброблюваного виробу на круглошліфувальних верстатах.

Крім того, для головних приводів карусельних верстатів також потрібне регулювання швидкості з постійним моментом, що пояснюється добрими пусковими і гальмівними якостями цих приводів при подоланні великих сил тертя.

Регулювання швидкості механізмів з постійним моментом, що розвиває двигун постійного струму, здійснюється зміною напруги, що підводиться до виконавчого двигуна, оскільки в цьому випадку, нехтуючи погіршенням охолодження, з  $U = \text{var}$ , незмінним струмом і потоком ( $I = \text{const}$  і  $\Phi = \text{const}$ , незмінним буде і момент  $M = c_m \cdot I \cdot \Phi = \text{const}$ .

Незалежно від того, як здійснюється регулювання швидкості механізмів металорізальних верстатів, однією з основних вимог, ідо пред'являються до систем керування їх електроприводами, є вимога забезпечення високої жорсткості механічних характеристик двигунів у всьому діапазоні регулювання швидкості обертання. Щоб виконати цю вимогу, в схемах керування вводяться зворотні зв'язки.

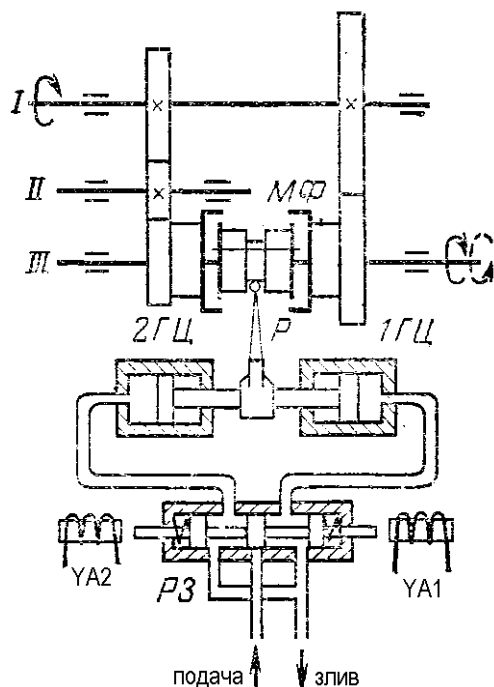
### 5.3 Опис роботи електричної схеми токарно-револьверного верстата.

Електропривод верстата, - двигун постійного струму М1 з вбудованим тахогенератором G та тиристорний перетворювач ТП являє собою замкнуту систему автоматичної стабілізації швидкості з негативним зворотним зв'язком по швидкості, яка реалізується тахогенератором та впливає на тиристорний перетворювач ( $U_{\text{кер}} = U_{\text{зш}} - U_{\text{зз}}$ ). Тим самим забезпечується необхідна жорсткість механічної характеристики двигуна. Необхідне значення швидкості встановлюється двома потенціометрами регулятора швидкості РШШ та вимірюється показчиком швидкості ВШШ, датчиком якого являється також тахогенератор G.

#### Електроустаткування токарно-револьверного верстата 1П365.

Привод шпинделю здійснюється від електродвигуна М1 (14 кВт, 145 рад/с); двигун М2 (1,7 кВт, 142 рад/с) обертає насос гідросистеми і здійснює швидкий рух двох супортів; двигун М3 (0,125 кВт, 280 рад/с) обертає насос охолодження.

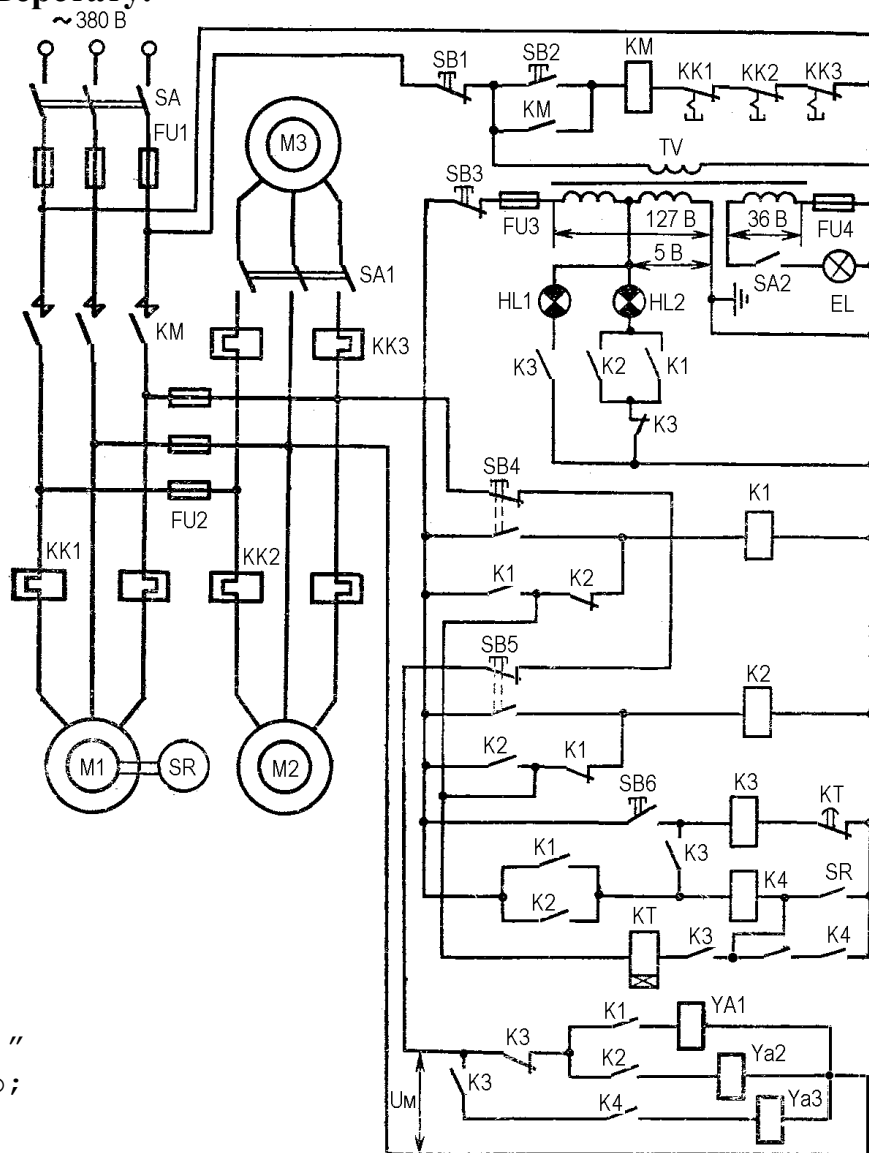
					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Кутова швидкість шпинделю регулюється ступенево ( $3,4 \div 150$  рад/с). Пересування шестірень виконується гідроциліндрами, золотники яких керуються електромагніт - тами YA1, YA2 (рис.2.16.)

Рух подачі супортів від двигуна голов - ного приводу верстату.

**Схема вузла переключення шестірень коробки швидкостей токарно-револьверного верстату.**



- SB1 - "Стоп авар."
- SB2 - "Пуск"
- SB3 - "Стоп"
- SB4 - "Вправо"
- SB5 - "Вліво"
- SB6 - "Перекл. швидк."
- YA1 - шпиндель вправо;
- YA2 - шпиндель вліво;
- YA3 - гальмування.

Напруга на схему верстату подається ввідним вимикачем SA. Пуск двигунів M1 і M2 здійснюється кнопкою SB2, зупинка – кнопкою SB1. Кнопкою SB3 здійснюється зупинка шпинделю без зупинки M1 і M2. Для отримання правого обертання натискається кнопка SB4 “Вправо”. При цьому спрацьовує реле K1, блокує контакти кнопки, вмикає K4 і готує до включення електромагніт YA1 і вмикає зелену лампу HL2. Після відпускання SB4 вмикається YA1 і шпиндель розганяється до встановленої швидкості.

При пуску з нерухомого положення в сторону лівого обертання натискається кнопка SB5, при цьому вмикається реле K2, зелена лампа HL2, а після відпускання кнопки – електромагніт YA2. При обох напрямках обертання реле K4 готує до включення електромагніт YA3, який керує гідравлічним гальмом.

Переключення швидкості шпинделю і подачі на ходу; попередньо ручками вибирається необхідна швидкість, а потім натискається кнопка SB6. При цьому вмикається і стає на самоблокування реле K3, яке вимикає зелену HL2 та вмикає червону HL1 і реле часу КТ, вимикає електромагніт YA1 (YA2) і вмикає електромагніт YA3. За допомогою гідравліки виконується відключення фрикціону і швидка зупинка гідравлічним гальмом, після чого шестірні переключаються обертаючись гідромеханізмом повільного прокручування. До моменту завершення переключень розмикається контакт КТ, відключається K3, YA1 або YA2, що приводить до розгону двигуна у ту ж сторону, але з іншою швидкістю. Знов загоряється HL2.

Для переключення при вимкнутому фрикціоні і при працюючому M1, слід встановити ручки гідроперемикача в необхідне положення і одночасно натиснути кнопки SB6 і SB4 (SB5) і утримувати їх протягом 2 – 3 секунд (поки не закінчиться переключення шестірень). *Натискати SB4 або SB5 необхідно для того щоб попередити включення YA3 гальмування.*

Зупинка шпинделю здійснюється натисканням кнопки SB3, при цьому M1 і M2 не відключаються.

#### 5.4 Вихідні дані для розрахунку потужності електроприводу токарно-револьверного верстата.

- глибина різання  $t=3\text{мм}$ ;
- подача, що визначається переміщенням різця за один оберт виробу  $s=0,5\text{мм/об}$ ;
- стійкість різця (час роботи між двома сусідніми переточками)  $T=150$
- різці верстату – сталеві.

## 5.5 Розрахунок потужності головного електроприводу.

Швидкість різання залежить від якості металу, що обробляється, матеріалу різця і геометрії його ріжучої кромки, виду обробки і умов охолодження різця і деталі. Швидкість різання визначається з виразу:

$$v = \frac{C_v \times k}{t^{x_v} \times S^{y_v} \times T^m},$$

$$v = \frac{260}{3^{0.2} \times 0.5^{0.8} \times 150^{0.15}} = 164 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

В процесі токарної обробки на різець під деяким кутом до його ріжучої кромки діє зусилля  $F_z$ , обумовлене опором металу різанню. Це зусилля прийнято розкласти на три складові:

- зусилля різання, що долається шпинделем верстату

$$F_z = 9.81 \times C_{F_z} \times t^{x_{F_z}} \times S^{y_{F_z}} \times v^n,$$

де  $C_{F_z}$  – коефіцієнт, що характеризує оброблювальний матеріал, матеріал різця і вид токарної обробки;

$$F_z = 9.81 \times 300 \times 3^1 \times 0.5^{0.75} \times 164^{-0.15} = 2437 \text{ Н}.$$

- радіальне зусилля, що передається через різцетримач на суппорт верстату

$$F_y = (0.3 \div 0.5) \times F_z,$$

$$F_y = (0.3 \div 0.5) \times 2437 = 975 \text{ Н};$$

- осьове зусилля, що долається механізмом подачі

$$F_x = (0.2 \div 0.3) \times F_z,$$

$$F_x = (0.2 \div 0.3) \times 2437 = 1462 \text{ Н};$$

Потужність різання визначається згідно виразу:

$$P_z = \frac{F_z \times v}{60 \times 1000}$$

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = \frac{2437 \times 164}{60 \times 1000} = 6.66 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на здійснення подачі супорта:

$$P_{\pi} = \frac{F_{\pi} \times v_{\pi}}{60 \times 1000},$$

де  $F_{\pi}$  - сумарне зусилля подачі, необхідне для переміщення супорта з різцем в напрямку подачі, Н,

$$F_{\pi} = F_x + (F_z + F_y) \times \mu,$$

$\mu$  - коефіцієнт тертя в направляючих супорта;

$$F_{\pi} = 1462 + (2437 + 975) \times 0,08 = 1735 \text{ Н};$$

$$P_{\pi} = \frac{1735 \times 6,98}{60 \times 1000} = 0,2 \text{ кВт}.$$

Важливим фактором, що визначає продуктивність верстату, є технологічний час обробки:

$$t_T = \frac{l}{n_{\text{шп}} \times S},$$

де  $l$  – довжина проходу різця, мм;  $n_{\text{шп}}$  - кутова швидкість виробу, об/хв.;  
 $S$  – подача, мм/об;

$$t_T = \frac{300}{38 \times 0,5} = 16 \text{ с}.$$

Потужність на валу головного двигуна у встановленому режимі визначають з виразу:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_z}{\eta_{\text{верст}}},$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{1,94}{0,7} = 2,77 \text{ кВт}.$$

## 5.6 Вибір апаратури керування, комутації і захисту.

Основною для вибору апаратів для комутації, управління і захисту електроприводу являються номінальні (паспортні) дані двигуна, режими і

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умови його роботи. Застосування в електроприводі прилади і апарати повинні в найкращому випадку забезпечувати всі покладаючи на них функції і повністю відповідати умовам роботи електроприводу.

*Автоматичні вимикачі.* Ці апарати вибираються по номінальному струму і напрузі, типу струму, граничної комутаційної властивості, електродинамічній і тепловій стійкості, власному часі відключенні. Всі параметри автоматів повинні відповідати роботі електроприводу як в звичайному, так і в аварійному режимах, а конструктивне виконання – умовам його розміщення,

При наявності автоматах теплового і максимального захисту, забезпечуючи з допомогою різного типу розчеплювачів, їх встановлення повинно відповідати рівням відповідаючи струмів двигуна, для чого її вставка  $I_{у.м}$  вибирається по відношенню

$$I_{у.м} \geq k_n I_{пуск},$$

де  $I_{пуск}$  - пусковий струм двигуна;  $k_n = 1.5 \div 2.2$  – коефіцієнт, враховуючий вид розчеплювача і доступний розкид струму його спрацювання відносно вставки.

Захист від перевантаження (тепловий захист) рахується ефективним при наступному співвідношенні її струму вставки  $I_{у.т}$  і номінального струму двигуна

$$I_{у.т} = (1.2 \dots 1.4) I_{ном}.$$

$$I_{у.т} = 1.3 \times 56 = 72.8 \text{ А}$$

Вибираємо з каталогу автоматичний вимикач ВА 88-32 3Р 80А 25кА.

Граничною комутаційною здатністю автомата називають максимальне значення струму короткого замикання, яке він здатен включити і відключити декілька раз, залишаючись робочим.

Електродинамічна стійкість характеризується амплітудною ударного струму короткого замикання, який здатний пропустити автомат без свого пошкодження.

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термічна стійкість характеризується допустимою кількістю тепла, яке може бути виділене в автоматі за час впливу струму короткого замикання.

Для визначення відповідності цих параметрів автоматів умовам роботи електропривода повинні бути попередньо визначені струми короткого замикання.

Електромагнітні апарати (контактори, реле, магнітні пускачі). До числа показників, по яким вони вибираються, відносяться характер і величина головного кола і кола управління (вмикаючих котушок); комутаційна здатність контактів і їх кількості; допустима частота включень; режим роботи; категорія розміщення; ступінь захисту від впливу навколишнього середовища.

Додатково до цього реле, виконуючи функції управління і захисту, вибираються по типу вхідної діючої величини (струм, напруги, потужності), витримки часу (реле часу), коефіцієнту повернення, часу спрацювання і відпускання.

*Тепловий захист.* Цей захист відключає двигун від джерела живлення, якщо в випадку проходження по його колах високих струмів маючи місце високе нагрівання його обмоток. Таке перевантаження виникає, зокрема, при обриві одної з фаз трьохфазного АД або СД.

Тепловий захист двигуна може бути виконаний з допомогою теплових, максимально-струмових реле і автоматичних вимикачів.

Номінальний струм теплового елемента реле  $I_{т.е}$  вибираємо рівним або дещо більшим від номінального струму двигуна  $I_{ном}$ .

$$I_{т.е} = (1 \dots 1.15)I_{ном} = 1.15 \times 56 = 64.4 \text{ А}$$

З каталогу вибираємо теплове реле типу РТИ РТИ3363, межі регулювання струму 63.0 - 80.0А. Також в комплекті вибираємо контактор КМИ – 48012.

					ЛВПУ.22285.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 6. Дослідження схеми пуску асинхронного двигуна при пониженій напрузі.

### 6.1. Технічні пояснення.

При пуску асинхронних короткозамкнених двигунів великої потужності для зменшення пускових струмів застосовують схему пуску при пониженій напрузі.

На малюнку наведена схема пуску коротко замкнутого двигуна з пусковими опорами R1- R3.

### 6.2. Характеристика установки.

Лабораторна установка дозволяє здійснювати пуск АД при пониженій напрузі. В роботі використовується АД типу \_\_\_\_\_, який має наступні технічні дані.

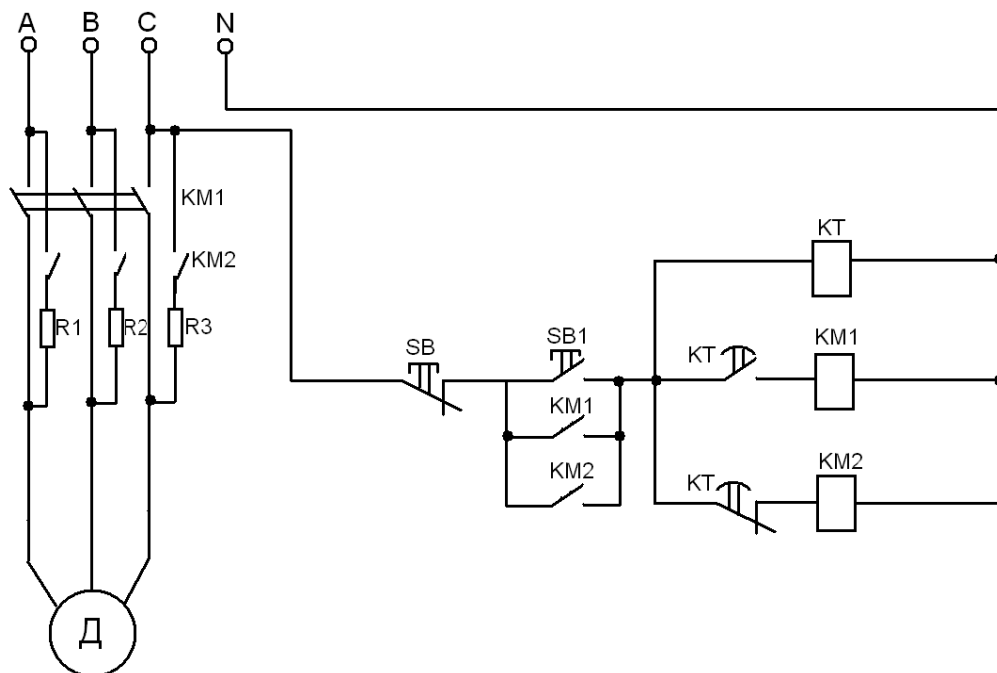
В якості апаратури керування використовують контактори змінного струму з напругою котушок 220В.

Перелік елементів розташованих на стенді вказані в табл. 6.1.

Табл. 6.1.

Ум. позн.	Назва апарата	Тип	Кількість
КМ	магнітний пускач	EP1A22	2
КТ	Реле часу	CRT-01	1
---	Клемники	---	2
SB	Кнопковий пост	---	1
R	Пусковий резистор 10 Ом	---	3

					ЛВПУ.22322.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.	Столярчук						
Перевір.	Бонзюк А.Х.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.					ЛВПУ група №55		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						4	21



При натисканні кнопки SB1отримує живлення реле часу КТ і котушка контактора КМ2, контакти якого через пускові резистори вмикають двигун в мережу і здійснюється пуск при пониженій напрузі. Через певний відлік часу контакт реле часу в ланцюгу КМ1 замикає контакт, головні контакти КМ1 шунтують резистори і двигун працює відкритим на повну напругу мережі. Для того щоб зупинити двигун, натискуємо кнопку SB, схема керування втрачає живлення і двигун зупиняється.

### ***Використана література.***

1. Дьяков В.-И. «Типовые расчеты по электрооборудованию»: практическое пособие.
2. Коновалова Л. Л., Рожкова Л.Д. «Электроснабжение промышленных предприятий и установок».
3. Шаповалов – «Справочник по расчетах электрических сетей». Правила будови електроустановок.
4. Дьяков В. И. «Типовые расчеты по электрооборудованию»: практическое пособие.
5. Коновалова Л. Л., Рожкова Л.Д. «Электроснабжение промышленных предприятий и установок».
6. Электропостачання: навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008р. – 415с.
7. Соколов М. М., Липатов Д.Н. Электропривод и электроснабжение промышленных предприятий, М. – Л., издательство «Энергия»,1965, 440с. с черт. ,
8. Правила будови електроустановок
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
10. Шаповалов “Справочник по расчетах электрических сетей.”
11. Федоров , Сарбиновський “Справочник по электроснабжэнию промишленных предприятий”.
12. “Правила будови електричних установок”.
13. «Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования: под. ред. В. И. Круповича и др. М.: Энергоиздат, 1981.

					ЛВПУ.22322.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		