

Міністерство освіти і науки України

Сумський державний університет

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту

Завідувач кафедри електроенергетики

_____ І. Л. Лебединський

«___» _____ 2020 р.

Магістерська робота

на тему:

**“ Проектування системи електропостачання внутрішньозаводської мережі
електроремонтного заводу”**

Спеціальність 8.141 ”Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Виконав студент гр. ЕТмдн-91п

_____ Глушко О. Г.

Керівник, доцент, к.т.н.

Лебединський І. Л.

Консультанти:

по економічній частині доцент, к.е.н.

Маценко О.М.

по питанням охорони праці

Лебединський І. Л.

Нормоконтроль, ст. викладач

_____ Єфімов Г.П.

Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра електроенергетики
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електроенергетики

_____ І. Л. Лебединський

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студента групи ЕТмдн-91п

Глушко Олега Григоровича

1. Тема магістерської роботи: “ Проектування системи електропостачання внутрішньозаводської мережі електроремонтного заводу ”
затверджено наказом по університету № _____ від _____
2. Дата здачі роботи: _____ 2020 р.
3. Вихідні дані роботи:
 - встановлені потужності цехів підприємства;
 - генеральний план заводу металовиробів;
 - відомості про електричні навантаження ділянок, що проектуються;
4. Зміст пояснювальної записки:
 - технічна частина роботи;
 - визначення втрат електричної енергії ;
 - економічна частина;
 - охорона праці;
 - висновки;
 - список використаної літератури.
5. Перелік графічного матеріалу:
 - Генеральний план підприємства;
 - План розподільної мережі підприємства;
 - Схема зовнішнього електропостачання;
 - Схема внутрішньозаводської розподільної мережі

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
1	Лебединський І. Л.		
2	Маценко О.М.		
3	Лебединський І. Л.		

7. Дата видачі завдання:

Керівник роботи _____ Лебединський І. Л.

Завдання отримав студент _____ Глушко О. Г.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів магістерської роботи	Термін виконання
1	Підготовка даних для проектування системи електропостачання	1.11–10.11.20
2	Розрахунок і вибір обладнання	11.11–20.11.20
3	Економічна частина	20.11–24.11.20
4	Охорона праці	25.11–30.11.20
5	Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	01.12–24.12.20

Студент-дипломник _____ Глушко О. Г.
(підпис)

Керівник роботи _____ Лебединський І. Л.
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 99, рис. 11, табл. 21, кресл. 4

Бібліографічний опис: “Проектування системи електропостачання внутрішньо-заводської мережі електроремонтного заводу” [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 8.141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / О. Г. Глушко.; науковий керівник І. Л. Лебединський. - Суми: СумДУ, 2020. - 99 с.

Ключові слова: підстанція, розподільча мережа, втрати електроенергії, технологічні втрати електроенергії, трансформатор, кабельна лінія електропередачі.

Підстанція, розподільна мережа, втрати електроенергії, технологічні втрати електроенергії, трансформатор, кабельна лінія електропередачі.

substation, distribution network, electricity losses, technological losses of electricity, transformer, cable transmission line.

Короткий огляд – Повна розрахункова потужність визначена за активними і реактивними навантаженнями цехів (з урахуванням освітлення і втрат потужності в елементах кола). Виконано розрахунок електричних навантажень і освітленості приміщень, вибір перетину провідників. Обрано автомати мережі живлення цеху, розрахунок пікових струмів, розрахунок струмів короткого замикання. У роботі вибрано перетин зовнішньої лінії живлення і розподільних мереж. Обрані оптимальні потужності, кількість трансформаторів і місця розташування цехових ТП і ЦРП 10 кВ.

Розглянуто питання безпеки праці. Зроблено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, викладені розділи по техніці безпеки, пожежної безпеки.

У роботі відображені питання економічної частини, зокрема зроблено розрахунок витрат на придбання і монтаж електротехнічного обладнання і розрахований кошторис витрат на проектування.

Перелік прийнятих скорочень

- АВР - автоматичне включення резерву
- ВРП - відкритий розподільчий пристрій
- ГЩК - головний щит керування
- ЗРП - закритий розподільчий пристрій
- КЗ - коротке замикання
- КЛ - кабельна лінія
- КРП - комплектний розподільчий пристрій
- КТП - комплектна трансформаторна підстанція
- МВ - масляний вимикач
- МВВ - методика виконання вимірів
- ПБЗ - перемикання без збудження
- ПС - понижувальна підстанція
- РП – розподільчий пункт
- РПН - регулювання під навантаженням
- ТВЕ - технічні втрати електроенергії
- ТВП - трансформатор власних потреб
- ТКЗ - точка короткого замикання
- ТП - трансформаторна підстанція
- ЦЖ - центр живлення
- ПУЕ - Правила улаштування електроустановок

Зміст

Вступ.....		8
1	Проектування системи електропостачання заводу.....	9
1.1	Характеристика технологічного процесу	9
1.2	Розрахунок електричних навантажень підприємства.....	10
1.3	Вибір числа і потужності трансформаторів ГПП	17
1.4	Вибір системи напруги	19
1.4.1	Вибір варіантів систем напруг	19
1.4.2	Вибір схеми зовнішнього електропостачання	23
1.5	Вибір трансформаторів	24
1.5.1	Вибір кількості та потужності цехових трансформаторів...	24
1.5.2	Баланс реактивної потужності	25
1.5.3	Визначення числа силових трансформаторів для цехових ТП	30
1.6	Вибір схеми і напруги внутрішньозаводської мережі.....	31
1.7	Розрахунок струмів короткого замикання.....	34
1.8	Вибір і перевірка апаратів в мережі вище 1000 В.....	40
1.8.1	Вибір апаратів ВРВ 35 кВ.....	40
1.8.2	Вибір апаратів ЗРП 10 кВ і ЦРП.....	42
1.9	Розрахунок мережі низької напруги.....	54
1.9.1	Визначення розрахункового електричного навантаження цеху.....	57
1.9.2	Розподіл електроприймачів цеху по пунктах живлення...	61
1.9.3	Вибір силової розподільної мережі і апаратів управління та захисту.....	71
1.9.4	Розрахунок струмів короткого замикання в мережі до 1000 В.....	75
2	Економічна частина	80

					MP.5.8.141.030.ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Глушко О.Г				Літ	Аркуш	Аркушів	
Керівник.	Лебединский				В	6	99	
Н. контр.	Ефімов Г.П				СумДУ ЕТмдн-91п			
Затверд.	Лебединский							

“Проектування системи електропостачання внутрішньозаводської мережі електроремонтного заводу”

2.1	Кошторис витрат на проектування	80
2.2	Розрахунок капітальних витрат на придбання і монтаж енергетичного обладнання, закладеного в проекті	82
3	Охорона праці.....	85
3.1	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	86
3.2	Електробезпека	86
3.3	Захист від блискавки ГПП.....	93
3.3.1	Вибір висоти блискавковідводів.....	93
3.3.2	Визначення меж зони захисту.....	94
3.3.3	Визначення надійності захисту підстанції від прямих ударів блискавки.....	95
3.3.4	Визначення заземлюючих пристроїв блискавковідводів...	96
	Висновки.....	97
	Література.....	98
	Додаток.....	100

Вступ

Завдання електропостачання підприємства передбачають підвищення рівня проектно-конструкторських розробок, впровадження та раціональну експлуатацію високовольтного електроустаткування, зниження виробничих витрат електроенергії при її передачі, розподілі та споживанні.

Жодне з сучасних виробництв при випуску продукції не може обійтися без використання електродвигунів (різного роду приводи, обробні верстати, крани, тельфери, вентилятори і так далі). Проектований електромеханічний завод призначений для випуску різних електродвигунів змінного і постійного струму, генераторів, електродвигунів і обладнання спеціального призначення.

На території підприємства знаходяться адміністративні та допоміжні приміщення, інструментальний корпус і корпус для виробництва електродвигунів спеціального призначення.

Основними споживачами електричної енергії є: інструментальний, механоскладальний, штампувальний і обдирний корпуси.

Всі споживачі електроенергії заводу належать по надійності електропостачання до II і III категорій.

Електропостачання заводу характеризується рівним графіком навантаження, тобто нормальним режимом з невеликими добовими коливаннями навантаження.

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 Проектування системи електропостачання заводу

1.1 Характеристика технологічного процесу

Електроремонтний завод призначений для ремонту та випуску різних електродвигунів і генераторів.

Лиття станин проводиться на окремому майданчику в ливарному цеху. Його електропостачання здійснюється кабельними лініями окремо від електроживлення заводу.

В заготівельному цеху проводиться різання сталевих листів різної товщини і форми (за призначенням) зі сталеві стрічки. Далі листи піддаються очищенню від забруднень і плівки антикорозійного мастила.

У штампувальному цеху з приготованих листів вирубують пластини для збирання роторів, статорів і якорів. Далі проводиться випал, очищення, покриття ізоляційним лаком і збірка статорів, якорів і роторів. В інструментальному корпусі проводиться виготовлення валів і обробка різних виробів, використовуваних у виробництві електродвигунів. На обмотувальних ділянках виготовляються обмотки з мідного і алюмінієвого обмоточного матеріалу. На складальних ділянках проводиться просочення ізоляційним лаком, термічна обробка і збірка виробів.

Як вже зазначалося вище, всі споживачі заводу належать до II і III категорій з надійності електропостачання, тобто обладнання, яке бере участь в безперервному циклі, відсутня. Тому допускається відключення електроенергії на час ремонту або заміни силових трансформаторів, вимикачів або кабельних ліній або введення резерву. При цьому перебої електрозабезпечення не вплинуть на якість продукції, що випускається, але при цьому сумарний час відключень в місяць не повинно перевищувати шість годин. Щоб сильно не впливали відключення на кількість продукції, що випускається на місяць.

					МР.5.8.141.030.ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Глушко О.Г				Проектування системи електропостачання заводу	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник.	Лебединский					В	9	99
Н. контр.	Єфімов Г.П					СумДУ ЕТмдн-91п		
Затверд.	Лебединский							

Завданням роботи є проектування надійного електропостачання підприємства.

1.2 Розрахунок електричних навантажень

Є багато сучасних методів визначення розрахункових навантажень. У цьому проекті для розрахунку на стадії проектування, коли відсутні такі дані, як кількість і потужність електроприймачів, споживання електроенергії на одиницю продукції, щільність навантаження на квадратний метр площі, розрахункове навантаження визначаємо за методом коефіцієнта попиту [1].

Розрахункова повна потужність підприємства визначається за розрахунковими активним і реактивним навантаженнями цехів (до і вище 1000 В) з урахуванням розрахункового навантаження освітлення цехів і території підприємства, втрат потужності в трансформаторах цехових підстанцій та ГПП, і втрат в високовольтних лініях.

Розрахункове навантаження (активне і реактивне) визначається з співвідношень

$$P_p = K_C \cdot P_H , \quad (1.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi , \quad (1.2)$$

де P_H – сумарна встановлена потужність всіх приймачів цеху;

K_C – коефіцієнт попиту приймається за довідковими даними;

$\operatorname{tg}\varphi$ – приймається за відповідним коефіцієнтом потужності.

Повне розрахункове навантаження (з урахуванням освітлення) визначається

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p,O})^2 + Q_p^2} , \quad (1.3)$$

Результати розрахунків наведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 - Характеристики споживачів електроенергії електроремонтного заводу.

Номер по Ген.плану	Назва користувачів	Силове вантаження				
		P_H , кВт	K_C	$\frac{\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}$	P_P , кВт	Q_P , кВАр
1	2	3	4	5	6	7
1	Механічний участок	2870	0,85	0,84 / 0,65	2439,5	1585,68
2	Заводоуправління	1440	0,7	0,97 / 0,25	1008	252
3	Їдальня	536,8	0,9	0,93 / 0,39	483,12	188,4
4	Участок обробки валів роторів	1010,6	0,85	0,88 / 0,53	859,1	455,3
5	Збірковий цех	1013	0,4	0,9 / 0,48	405,2	194,5
6	Обмотковий участок	649,3	0,75	0,87 / 0,57	486,98	227,57
7	Фреонові двигуни	265	0,85	0,85 / 0,62	225,25	139,66
8	Ремонтний участок механічного цеху	1110,8	0,85	0,63 / 1,22	944,18	1151,9
9	Штампувальний цех	1617,23	0,9	0,8 / 0,73	1455,5	1062,5
10	Інструментальний цех	1888,45	0,85	0,8 / 0,73	739,93	516,9
11	Цех електродвигунів	6291,03	0,85	0,86 / 0,59	5347,38	3154,95
12	Електричний цех	285,5	0,65	0,66 / 1,11	185,58	205,99
13	Заготівельний цех	1514	0,7	0,89 / 0,51	1759,8	879,5
14	Цех спецобладнання	1035	0,85	0,95 / 0,32	879,75	281,52
15	Збірка двигунів спеціального призначення	516,5	0,4	0,9 / 0,48	206,6	99,17

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
16	Склади	424,4	0,3	0,78 / 0,8	127,32	101,86
17	Виробничий корпус	2365,4	0,65	0,89 / 0,51	1537,5	784,13
	ВСЬОГО по заводу	24833	—	—	19090,7	11281,5

Таблиця 1.2 - Визначення розрахункових освітлювальних навантажень по цехам заводу

№ по ген.плану	Назва користувачів	Освітлювальне навантаження					Силове та освітлювальне навантаження		
		F, м ²	P _{удл} , Вт/м ²	P _{но} , кВт	K _{со}	P _{ро} , кВт	P _p +P _{ро} , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Механічний участок	529,2	19	100,55	0,85	85,47	2525	1585,7	2981,6
2	Заводоуправління	661,5	27	17,86	0,85	15,18	1023,2	252	1053,7
3	Їдальня	466,5	20	9,33	0,85	7,93	491,05	188,4	525,95
4	Участок обробки валів роторів	2102,1	17	35,74	0,85	30,74	889,8	455,3	999,53
5	Збірковий цех	2535,8	17	43,11	0,85	36,6	441,8	194,5	482,76
6	Обмотковий участок	3210,5	17	54,58	0,85	46,29	533,37	227,6	579,9
7	Фреонові двигуни	661,5	17	11,25	0,85	9,559	234,81	139,66	273,2
8	Ремонтний участок механічного цеху	1896,3	19	36,3	0,85	30,63	947,81	1152	1509,0
9	Штампувальний цех	4586,4	17	77,97	0,85	66,27	1521,8	1062,5	1856
10	Інструментальний цех	3650,4	13	47,45	0,85	40,34	780,26	516,9	935,94
11	Цех електродвигунів	1998,8	17	50,98	0,85	43,34	5390,7	3155	6246,1

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Электричний цех	1433,25	17	24,365	0,85	20,71	206,3	206	291,53
13	Заготівельний цех	1200,5	17	20,41	0,85	17,35	1777,2	897,5	1990,92
14	Цех спецобладнання	1093,7	17	18,592	0,85	15,8	895,55	281,52	938,76
15	Збірка двигунів спеціального призначення	624,75	17	10,621	0,85	9,03	215,63	99,17	237,34
16	Склад готової продукції	1940,4	19	36,87	0,95	35,0	162,16	101,9	191,5
17	Виробничий корпус	918,75	17	15,62	0,85	13,28	1550,8	784,13	1737,76
	Територія заводу	429377	0,22	94,46	1	94,46	94,46	—	—
	Всього по заводу	458887	304	706,1	—	618	19682	11300	22831,5

Так як трансформатори цехових підстанцій та високовольтна мережа ще не обрані, то наближено втрати потужності в них можна визначити з виразів:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p^H, \quad (1.4)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p^H, \quad (1.5)$$

$$\Delta P_{Л} = 0,03 \cdot S_p^H, \quad (1.6)$$

де S_p^H – розрахункова потужність підприємства на шинах напругою 0,4 кВ

За максимально завантажену зміну $S_p^H = 22540,7$ кВА

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 22540,7 = 450,8 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 22540,7 = 2254,1 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_{Л} = 0,03 \cdot 22540,7 = 676,22 \text{ кВт}$$

Сумарні розрахункові (активна і реактивна) потужності, віднесені до шин 10 кВ ГПП, визначаються з виразів:

$$P_{P\Sigma} = \sum P_P \cdot K_{PM} + P_{P.O.} + \Delta P_T + \Delta P_{Л}, \quad (1.7)$$

$$Q_{P\Sigma} = \sum Q_P^H \cdot K_{PM} + \Delta Q_T, \quad (1.8)$$

де K_{PM} – коефіцієнт максимумів навантаження окремих груп електроприймачів,
 $K_{PM} = 0,95$.

$$P_{P\Sigma} = 18645,96 \cdot 0,95 + 618 + 451 + 676,2 = 19459 \text{ кВт}$$

$$Q_{P\Sigma} = 11968,5 \cdot 0,95 + 2254 = 13624 \text{ кВАр}$$

Втрати потужності в трансформаторах ГПП визначаються з виразів:

$$\Delta P_{T.ГПП} = 0,02 \cdot S_{P\Sigma}, \quad (1.9)$$

$$\Delta Q_{T.ГПП} = 0,1 \cdot S_{P\Sigma}, \quad (1.10)$$

де $S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2} = \sqrt{19459^2 + 13624^2} = 23754 \text{ кВА}$

$$\Delta P_{T.ГПП} = 0,02 \cdot 23754,23 = 475,1 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{T.ГПП} = 0,1 \cdot 23754 = 2375 \text{ кВАр}$$

Повна розрахункова потужність підприємства з боку ВН трансформаторів ГПП визначається

$$S_{P.ГПП} = \sqrt{(P_{P\Sigma} + \Delta P_{T.ГПП})^2 + (Q_{P\Sigma} + \Delta Q_{T.ГПП} - Q_{КУ})^2}, \quad (1.11)$$

де $Q_{КУ}$ – потужність компенсуючих пристроїв,

$$Q_{КУ} = Q_{P\Sigma} - Q_C, \quad (1.12)$$

де Q_C – найбільше значення реактивної потужності, що передається з мережі енергосистеми в мережу підприємства в режимах найбільших активних навантажень енергосистеми.

$$Q_C = \alpha \cdot P_{P\Sigma}, \quad (1.13)$$

де для підприємств з напругою живильної лінії 35 кВ $\alpha = 0,24$, звідки

$$Q_C = 0,24 \cdot 19459 = 4670 \text{ кВАр}$$

$$Q_{KV} = 13624 - 4670 = 8954 \text{ кВАр}$$

$$S_{P.ГПП} = \sqrt{(19459 + 475,1)^2 + (13624 + 2375 - 8924,05)^2} = 21142,4 \text{ кВА}$$

Картограма і визначення центру електричних навантажень

Картограма навантажень являє собою розміщені на генплані підприємства площі, обмежені колами. Площі, обмежені цими колами, в обраному масштабі рівні розрахунковим навантаженням[^]

$$P_{Pi} = \pi \cdot r_i^2 \cdot m, \quad (1.14)$$

де r_i – радіус кола, відповідного i – му цеху, мм;

m - масштаб для визначення площі кола, він береться постійним для всіх цехів підприємства, кВт/мм^2 , $m = 1 \text{ кВт/мм}^2$.

Відповідно радіус кола для кожного цеху визначається з виразу [3][^]

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m}} \quad (1.15)$$

Силкові навантаження до і вище 1000 В зображуються окремими колами або секторами в колі. Приймається, що навантаження по цеху розподілене рівномірно, тому центр навантажень буде знаходитися в центрі ваги фігури, що зображає цех в генплані.

Освітлювальне навантаження входить в загальне навантаження цехів і наноситься у вигляді сектора кола, що зображує навантаження до 1000 В. Кут сектора (α) пропорційний частці розрахункового освітлювального навантаження P_{POi} в сумарному розрахунковому навантаженні цеху і визначається зі співвідношення повних розрахункових і освітлювальних навантажень цехів:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{POi}}{P_{Pi}} \quad (1.16)$$

Картограми навантажень будуються на кресленні генерального плану заводу за даними таблиці 1.3.

На генеральний план заводу довільно нанесемо осі координат і визначимо значення центрів кіл (X_i и Y_i). Координати центру електричних навантажень заводу X_0 та Y_0 визначимо за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum P_{Pi} \cdot X_i}{\sum P_{Pi}} \quad (1.17)$$

$$Y_0 = \frac{\sum P_{Pi} \cdot Y_i}{\sum P_{Pi}} \quad (1.18)$$

Таблиця 1.3 - Розрахункові дані для побудови картограм навантажень

Номер на Ген. план	P_{Pi} , кВт	P_{Poi} , кВт	r , мм	α , град	X_i , м	Y_i , м	$P_{Pi} \cdot X_i$, кВт · м	$P_{Pi} \cdot Y_i$, кВт · м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2439,5	85,466	28	12	124,6	262,5	310690,1	654543,8
2	1008	15,181	18	5	192,5	262,5	194040	264600
3	483,12	7,93	12	6	248,5	256,2	120055,3	123775,3
4	859,1	30,735	17	13	237,3	203,7	203864,4	177998,7
5	405,2	36,642	11	33	218,4	258,3	88495,7	104663,2
6	486,98	46,391	13	34	184,8	203,7	89993,9	99197,8
7	225,25	9,559	9	15	179,9	130,2	40522,5	29327,6
8	944,18	30,625	17	12	171,5	240,1	161926,9	226697,6
9	1455,5	66,274	22	16	115,5	203	168110,3	295466,5
10	739,93	40,337	15	20	30,1	235,2	22271,9	174031,5
11	5347,38	43,334	41	3	115,5	73,5	617622,4	393032,4
12	185,58	20,710	8	40	107,1	138,6	19875,6	25724,4
13	1759,8	17,347	24	4	239,4	140	421296,1	246372
14	87975	15,804	17	7	179,9	60,9	158267	53576,8
15	206,6	9,028	8	16	239,4	14	49460	2892,4
16	127,32	35,024	6,5	99	166,6	86,1	21211,5	10962,3
17	1537,51	13,275	22	3	305,9	8,4	470324,3	12915,1
Итого	106186						3158028	2895777

$$X_o = \frac{\sum P_{Pi} \cdot X_i}{\sum P_{Pi}} = \frac{3158028}{19145} = 164,9 \text{ м}$$

$$Y_o = \frac{\sum P_{Pi} \cdot Y_i}{\sum P_{Pi}} = \frac{2895774}{19145} = 151,5 \text{ м}$$

Місце споруди ГПП вибирається з урахуванням наступних факторів:

1. Найменшою довжиною лінії живлення.
2. По можливості максимальне наближення ГПП до центру електричних навантажень (ЦЕН).
3. Можливість вільного введення живильних ліній і ліній, що відходять в середину площі.
4. Відповідно до ПУЕ ОРУ ГПП необхідно споруджувати на відстані 60 м від приміщень з вибухонебезпечним середовищем і на відстані 80 м від вибухонебезпечних зовнішніх установок.

Виходячи з перерахованих вище умов, споруджуємо ГПП з центром в точці з координатами: $X'_o = 205 \text{ м}$; $Y'_o = 123 \text{ м}$.

Розташування ГПП, ЦЕН і картограм показано на кресленні.

1.3 Вибір числа і потужності трансформаторів ГПП

Правильний технічно і економічно обгрунтований вибір числа і потужності трансформаторів ГПП має істотне значення для раціональної побудови схеми електропостачання [1. 3].

Вибір потужності трансформаторів ГПП проводиться за розрахунковою потужністю заводу з урахуванням коефіцієнта завантаження трансформатора в нормальному і післяаварійному режимах, а також з урахуванням перевантажувальної здатності трансформатора.

При цьому при виході з роботи одного трансформатора, що залишився в роботі, повинен забезпечувати роботу підприємства на час заміни несправного трансформатора з урахуванням можливого обмеження навантаження без шкоди для основної діяльності підприємства.

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

Основні споживачі електроенергії на підприємстві належать до II-ї категорії по надійності електропостачання, що говорить про необхідність установки на ГПП двох трансформаторів.

Потужність трансформаторів визначається за формулою:

$$S_{P.T} = \frac{S_{P.ГПП}}{2 \cdot K_3}, \quad (1.19)$$

де $S_{P.ГПП}$ – повна розрахункова потужність підприємства з боку вищої напруги трансформаторів ГПП;

K_3 – коефіцієнт завантаження трансформаторів. Для споживачів II - ї категорії

$$K_3 = 0,7.$$

2 – кількість трансформаторів.

$$S_{PT} = \frac{S_{PГПП}}{2 \cdot K_3} = \frac{21142,4}{2 \cdot 0,7} = 15102 \text{ кВА}$$

З сортименту номінальних потужностей силових двообмоткових трансформаторів вибираємо трансформатор за умовою, що $S_{HT} \geq S_{PT}$. Встановлюємо трансформатор з найближчим великим значенням номінальної потужності рівний 16000 кВА.

Коефіцієнт завантаження одного трансформатора в нормальному режимі:

$$K_3 = \frac{S_{P.ГПП}}{2 \cdot S_{HT}} = \frac{21142,4}{2 \cdot 16000} = 0,66$$

З урахуванням того, що в нормальному режимі коефіцієнт завантаження трансформаторів ГПП приймається рівним 0,7, а в аварійному режимі будь-який з трансформаторів з урахуванням допустимого перевантаження (до 40 %) повинен забезпечити повністю необхідну потужність заводу, тобто:

$$S_{P.ГПП} < 1,4 \cdot S_{HT}.$$

$$S_{P.ГПП} < 1,4 \cdot S_{HT} \Rightarrow 21142,4 < 22400.$$

						MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			18

де 22400 – потужність, що пропускається одним трансформатором в післяаварійному режимі. $1,4 \cdot S_{\text{н.т}} = 1,4 \cdot 16000 = 22400$ кВА, що забезпечує перспективу розширення виробництва.

1.4 Вибір системи напруги

Вибір напруги проводиться з метою визначення параметрів лінії електропередачі (ЛЕП) і обраного обладнання ГПП, а також розмірів капіталовкладень, витрат кольорового металу, величини втрат електроенергії та експлуатаційних витрат [1, 3].

Електропостачання заводу здійснюється безпосередньо від підстанції, розташованої на відстані 900 м від ГПП заводу. Від джерела живлення є можливість отримання енергії при двох напругах:

$$U = 35 \text{ кВ и } U = 110 \text{ кВ.}$$

Тому розглянемо можливість застосування обох варіантів шляхом техніко-економічного порівняння цих варіантів і виберемо найбільш оптимальний з них.

1.4.1 Вибір варіантів систем напруг

I - Варіант $U = 35$ кВ.

Живлення здійснюється за двоколовою ЛЕП.

Визначимо величину струму, що протікає по одній лінії:

$$I_M = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (1.20)$$

де I_M – розрахунковий струм однієї лінії в нормальному режимі роботи;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга.

$$I_M = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{21142,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 174 \text{ А}$$

Переріз проводів ЛЕП в мережах вище 1000 В вибирають, згідно з ПУЕ (правила улаштування електроустановок) з економічної щільності струму:

$$S_{\text{ЕК}} = \frac{I_{\text{М}}}{j_{\text{ЕК}}}, \quad (1.21)$$

де $j_{\text{ЕК}}$ – економічна щільність струму для заданих умов роботи, вибирається по таблиці, $j_{\text{ЕК}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$.

$$S_{\text{ЕК}} = \frac{I_{\text{М}}}{j_{\text{ЕК}}} = \frac{174}{1,4} = 124 \text{ мм}^2$$

Розрахований перетин округляється до найближчого стандартного, а потім перевіряється.

Приймаємо найближчий стандартний перетин проводу АС – 120 с $I_{\text{доп}}=380 \text{ А}$.

За умовами коронірованія даний переріз 120 мм² більше мінімального для $U_{\text{НОМ}} = 35 \text{ кВ}$, рівного 70 мм², тому перевірка не потрібна.

Перевіряємо перетин щодо післяаварійного току при відключенні однієї лінії з урахуванням перевантаження

$$K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}} > I_{\text{м.ав}}, \quad (1.22)$$

Що відповідає – $1,3 \cdot 380 > 2 \cdot 174 = 494 > 348 \text{ А}$

Визначимо вартість втрат на один кілометр в двоколової лінії при $\tau = 2400$ год/рік, $C_{\text{Е}} = 0,014 \text{ від.о/кВт}\cdot\text{ч}$, $K_{\text{ПИТ}} = 11,85 \text{ тис.від.о/км}$, $\Delta P_{\text{ПИТ}} = 140 \text{ кВт/км}$. [14].

Вартість втрат електроенергії в лініях визначається за формулою

$$C_{35} = 2 \cdot \Delta P_{\text{ПИТ}} \cdot K_3^2 \cdot \tau \cdot C_{\text{Е}} = 2 \cdot 140 \cdot \left(\frac{174}{380}\right)^2 \cdot 2400 \cdot 0,014 = 1,9 \frac{\text{тис.від.о}}{\text{год}}$$

Визначимо повні витрати з урахуванням апаратури на підстанції без вартості трансформаторів

$$Z = n \cdot E_{\Sigma O} \cdot (K_{\text{ПС}} + K_{\text{АП}}) + (C_{35} + E_{\Sigma Л} \cdot K_{\text{ВД}}) \cdot L, \quad (1.23)$$

На живильній підстанції у ВРУ 35 кВ на кожную лінію встановлено вимикачі, вартість кожного порядку $K_{\text{АП}} = 9 \text{ тис.від.о}$. [14]. На приймальні підстанції встановлено два комплекти комутаційної апаратури. Вартість одного комплекту дорівнює $K_{\text{ПС}} = 2,92 \text{ тис.від.о}$ Сумарні відрахування для лінії $E_{\Sigma Л} = 0,152 \text{ тис.від.о}$ та $E_{\Sigma O} = 0,193 \text{ тис.від.о}$ для обладнання.

											Арк
											20
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	MP.5.8.141.030.ПЗ						

$$З_{35} = 2 \cdot 0,193 \cdot (2,92 + 9) + (1,9 + 0,152 \cdot 11,85) \cdot 0,961 = 8 \text{ тис.від.о.}$$

II – Варіант U = 110 кВ.

Постачання здійснюється за двоковою ЛЕП.

Визначимо величину струму, що протікає по одній лінії:

$$I_M = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{21142,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 55 \text{ А}$$

$$S_{ЕК} = \frac{I_M}{j_{ЕК}} = \frac{55}{1,4} = 39,28 \text{ мм}^2$$

Приймаємо найближчий стандартний перетин провoda АС – 70 с $I_{доп} = 265 \text{ А}$.

Перевіряємо перетин щодо післяаварійного току при відключенні однієї лінії з урахуванням перевантаження: $K_{пер} \cdot I_{доп} > I_{м.ав}$, що відповідає:

$$1,3 \cdot 265 > 2 \cdot 55 = 344 > 110 \text{ А.}$$

Визначимо вартість втрат на один кілометр в двоковою лінії при $K_{уд} = 11,85$ тис.від.о./ км,

$$\Delta P_{уд} = 140 \text{ кВт / км;}$$

$$C_{110} = 2 \cdot \Delta P_{пит} \cdot K_3^2 \cdot \tau \cdot C_E = 2 \cdot 125 \cdot \left(\frac{55}{265}\right)^2 \cdot 2400 \cdot 0,014 = 0,362 \text{ тис.від.о}$$

Визначимо повні витрати з урахуванням апаратури на підстанції без вартості трансформаторів.

Вартість одного комплекту апаратури на приймальній підстанції $K_{ПС} = 4,76$ тис. від.о.; на живильній підстанції $K_{АП} = 16$ тис.від.о.

$$З_{110} = 2 \cdot 0,193 \cdot (4,76 + 16) + (0,362 + 0,152 \cdot 13,5) \cdot 0,961 = 10 \text{ тис.від.о}$$

Витрати на перший варіант менші витрат другого варіанту. Тому з економічних міркувань вибираємо для подальшого розгляду перший варіант.

$$U_H = 35 \text{ кВ, АС – 120, } I_{доп} = 380 \text{ А.}$$

Перевірка лінії по втраті напруги

При $L_{\Delta U 1\%} = 6,4$ км для АС – 120 і допустимій втраті напруги, що дорівнює 5 % в нормальному режимі

$$L_{\text{ДОП}} = L_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{ДОП}} \cdot K_3 \geq L, \quad (1.24)$$

де $L_{\Delta U 1\%}$ - довжина лінії при повному завантаженні на 1% втрати напруги (км);

$\Delta U_{\text{доп}}$ – допустима втрата напруги $\Delta U_{\text{доп}} = 5 \%$, $\Delta U_{\text{доп ав}} = 10 \%$;

$$K_3 = \frac{I_{\text{ДОП}}}{I_P} - \text{коефіцієнт завантаження лінії};$$

$L_{\text{ДОП}}$ – допустима довжина лінії;

L – фактична довжина лінії.

а) У нормальному режимі $K_3 = \frac{380}{174} = 2,18$,

$$L_{\text{ДОП}} = 6,4 \cdot 5 \cdot 2,18 = 69,76 \gg 0,961 \text{ км}$$

б) В аварійному режимі $K_3 = \frac{1,3 \cdot 380}{2 \cdot 174} = 1,4$;

$$L_{\text{ДОП}} = 6,4 \cdot 10 \cdot 1,4 = 89,6 \gg 0,961 \text{ км}$$

Отже, вибраний перетин провoda відповідає умові припустимих втрат напруги в нормальному і післяаварійному режимах.

Перевірка по механічній міцності

Відповідно ПУЕ для ЛЕП с $U_H = 35$ кВ по механічній міцності перетин провoda повинен бути не менше 75 мм^2 , в нашому випадку 120 мм^2 , що відповідає умові механічної міцності провodів. ВЛ с $U_H = 35$ кВ на умову коронування не перевіряються.

Перевірку перерізу провodів за умовою термічної стійкості проведемо після розрахунку струмів короткого замикання.

									Арк
									22
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	MP.5.8.141.030.ПЗ				

1.4.2 Вибір схеми зовнішнього електропостачання

На заводі переважають споживачі II-ї категорії по надійності електропостачання, тому електропостачання заводу здійснюється по двоколової ЛЕП з установкою на ГПП двох трансформаторів. Згідно [6], вибираємо схему двох блоків трансформатор - лінія, що для більшої гнучкості з'єднані неавтоматичною перемичкою з двох роз'єднувачів [2]. У нормальному режимі один з роз'єднувачів перемички повинен бути розімкнений.

Основною перевагою схеми є економічність і надійність.

У колах силових трансформаторів встановлюються вимикачі та короткозамикачі з роз'єднувачами. Обрана схема приведена на рисунку 1.1.

Таким чином, зовнішнє електропостачання здійснюється від двоколової ЛЕП – 35 кВ з установкою на ГПП двох силових трансформаторів типу ТДН – 16000 / 35 з параметрами:

$S_H = 16000$ кВА, $U_{BH} = 36,75$ кВ, $U_{HH} = 10,5$ кВ, $\Delta P_{XX} = 21$ кВт, $\Delta P_{K3} = 90$ кВт, $I_{XX} = 0,75$ %, $U_K = 8$ %

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

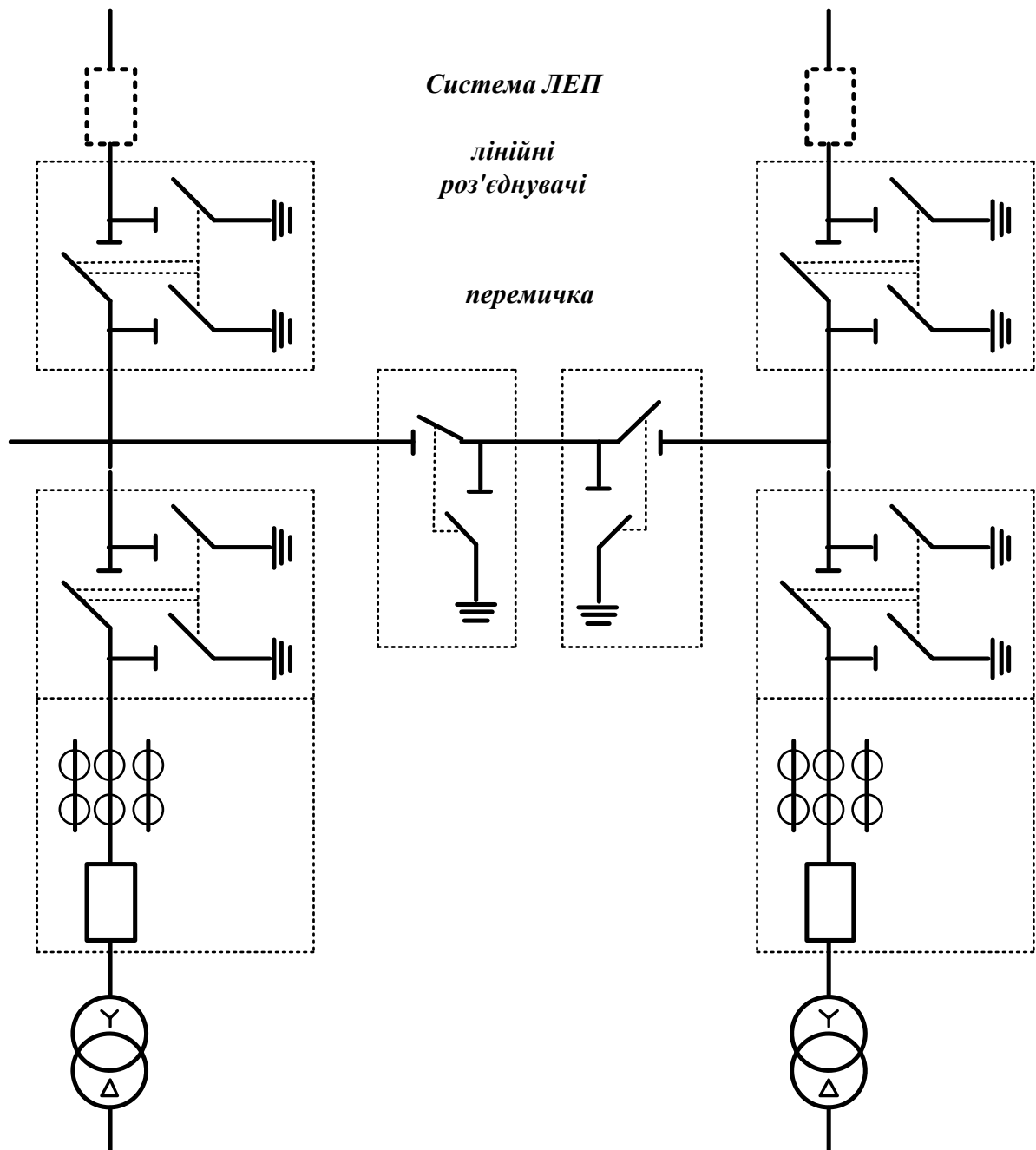


Рисунок 1.1 – Схема ОРУ ГПП

1.5 Вибір трансформаторів

1.5.1 Вибір кількості і потужності цехових трансформаторів

Вибір схеми внутрішньозаводської мережі електропостачання починають з визначення числа і потужності цехових трансформаторів [20].

При установці на великих промислових підприємствах групи цехових трансформаторів їх номінальна потужність визначається щільністю навантаження і

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

вибирається, як правило, однакова для всієї групи. Питома щільність навантаження визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{S_P^H}{F_{\text{цехов}}}, \quad (1.25)$$

де $F_{\text{цехов}}$ – площа всіх цехів підприємства 35273 м² (таблиця 1.2);

S_P^H – сумарне розрахункове навантаження цехів дорівнює 22541 кВА.

$$\sigma = \frac{S_P^H}{F_{\text{цехов}}} = \frac{22541}{35273} = 0,64 \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2}$$

При такій щільності навантаження відповідно до [7] необхідно застосовувати трансформатори потужністю $S_{H,TP} = 2500$ кВА. Однак, виходячи з практики, як правило, на трансформаторних підстанціях підприємств встановлюють трансформатори з номінальною потужністю $S_{H,TP} \leq 1000$ кВА. Так як установка трансформаторів $S_H = 2500$ кВА призведе до збільшення втрат активної потужності, вибираємо трансформатори типу ТМ – 1000/10.

Визначимо мінімально можливе число трансформаторів:

$$N_C = \frac{\sum P_P^H}{\beta_T \cdot S_{H,TP}}, \quad (1.26)$$

де $\beta_T = 0,7$ – коефіцієнт завантаження трансформаторів в нормальному режимі,

$\sum P_P^H$ – сумарна активна потужність заводу по 0,4 кВ.

Вибираємо економічно оптимальне число цехових трансформаторів, з урахуванням компенсації реактивної потужності. Для цього складаємо баланс реактивної потужності.

1.5.2 Баланс реактивної потужності 1.

Визначимо оптимальну потужність трансформаторів і конденсаторних батарей на 10 кВ та 0,4 кВ. Приймаємо вартість ввідного пристрою $Z_{В1} = 670$ тис.від.о. Витрати на конденсаторні батареї 10 кВ $Z_{11} = 1600$ від.о./МВАр, а для конденсаторних батарей 0,4 кВ $Z_{11} = 300$ від.о./МВАр.

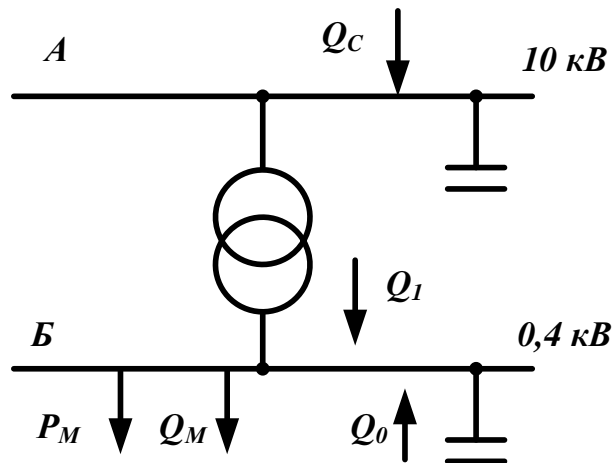


Рисунок 1.2 – Розподіл реактивної потужності

а) $S_{НТР} = 2500$ кВА

$$N_{min} = \frac{18646}{0,7 \cdot 2500} = 11.$$

Найбільша потужність, яка може бути передана в мережу 0,4 кВ визначається з виразу:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_{НТР})^2 - P_P^2} \quad (1.27)$$

$$Q_1 = \sqrt{(11 \cdot 0,7 \cdot 2500)^2 - 18646^2} = 4784 \text{ кВАр}$$

Необхідна потужність батареї конденсаторів, яка встановлюється в мережу 0,4 кВ для повної компенсації реактивної потужності, визначається як:

$$Q_0 = Q_P - Q_1 = 11969 - 4784 = 7184,5 \text{ кВАр}$$

Тоді розрахункові витрати для цього варіанту складуть:

$$Z_I = Z_{В1} + Z_{I1} \cdot Q_1 + Z_{I0} \cdot Q_0 = 670 + 1600 \cdot 4,784 + 3000 \cdot 7,2 = 29879 \text{ від.о}$$

б) $S_{НТР} = 1000$ кВА

$$N_{min} = \frac{18646}{0,7 \cdot 1000} = 27 \text{ трансформаторів.}$$

$$Q_1 = \sqrt{(27 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 18646^2} = 3088 \text{ кВАр}$$

$$Q_o = 11968,5 - 3088 = 8880,5 \text{ кВАр}$$

Витрати для другого варіанту скла-

$$\text{дуть } Z_{II} = 670 + 1600 \cdot 3,088 + 3000 \cdot 8,880 = 27310 \text{ о.е.}$$

Таким чином, в результаті техніко-економічного порівняння видно, що доцільно на цехових трансформаторних підстанціях (ТП) встановлювати трансформатори з номінальною потужністю, рівною 1000 кВА.

Вибір оптимального числа трансформаторів

Реактивна потужність, що передається системою, визначена раніше (див. розділ 1.2) $Q_C = 4671,12 \text{ кВАр}$. Вище також було визначено, що на підстанціях підприємства встановлюються трансформатори 10/0,4 потужністю $S_H = 1000 \text{ кВА}$. Вартість установки батареї конденсаторів на 0,4 кВ – $K_y = 12 \text{ від.о/кВАр}$, вартість установки однієї підстанції на 1000 кВА складає $K_T = 17000 \text{ від.о.}$, питома вартість втрат електроенергії – $C_o = 70 \text{ від.о./кВт}$.

Визначимо питомі витрати на установку батареї конденсаторів (БК) в мережі 0,4 кВ.

$$Z_{10} = E \cdot K_y \cdot \left(\frac{U}{U_{BK}} \right) + C_o \cdot P_{BK}, \quad (1.28)$$

де $E = 0,223$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_y - питома вартість установки БК (для напруги до 1 кВ $K_y = 1200 \text{ від.о/МВАр}$);

U – відносна напруга мережі;

U_{BK} – напруга батареї конденсаторів;

P_{BK} – питомі втрати активної потужності в батареї конденсаторів (для $U \leq 1 \text{ кВ}$ $P_{BK} = 4,5 \text{ кВт/МВАр}$)

$$Z_{10} = 0,223 \cdot 12000 \cdot \left(\frac{1}{1} \right)^2 + 70 \cdot 4,5 = 3111 \text{ від.о.}$$

Витрати на установку однієї ТП потужністю $S_{H.TP} = 1000 \text{ кВА}$

						MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			27

$$Z_{\text{ТР}} = E \cdot K_{\text{T}} = 0,233 \cdot 17000 = 3961 \text{ від.о}$$

Мінімальна кількість встановлюваних трансформаторів $N_{\text{min}} = 27$ шт;

$$Q_{\text{C}} = 3,09 \text{ МВАр.}$$

Складемо баланс по Q у вузлі А (рисунок 1.2).

$Q_{\text{C}} = Q_1, 4,67 > 3,088 \text{ МВАр}$ – таким чином, установка високовольтних батарей конденсаторів у вузлі А не потрібна, так як реактивної потужності в системі більше.

Визначимо потужність батарей конденсаторів на стороні 0,4 кВ, виходячи з балансу реактивної потужності у вузлі Б

$$Q_0 = Q_{\text{Б}} - Q_1 = 11968,5 - 3088 = 8881 \text{ кВАр}$$

Витрати при мінімальній кількості трансформаторів $N_{\text{min}} = 27$ шт.

$$Z_1 = Z_{10} \cdot Q_0 = 3111 \cdot 8,881 = 27,629 \text{ тис.від.о}$$

Збільшимо число трансформаторів на один ($N_{\text{min}} + 1$), тоді

$$Q_1 = \sqrt{(28 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 18646^2} = 6040 \text{ кВАр}$$

$$6,04 < Q_{\text{Б}} \text{ МВАр.}$$

Складемо баланс реактивної потужності у вузлі А :

$$Q_{\text{C}} = Q_1,$$

$$4,67 < 6,04 \text{ МВАр,}$$

тобто, необхідна установка батарей конденсаторів на стороні 10 кВ.

$$Q_{\text{ВНБК}} = Q_1 - Q_{\text{C}} = 6,04 - 4,67 = 1,37 \text{ МВАр}$$

Визначимо потужність батарей конденсаторів на стороні 0,4 кВ $Q_{\text{Б}} = Q_1 + Q_0$, звідси випливає:

$$Q_0 = Q_{\text{Б}} - Q_1 = 12 - 6,04 = 5,96 \text{ МВАр}$$

Витрати при другому варіанті ($N_{\text{min}} + 1$)

$$Z_{\text{II}} = Z_{10} \cdot Q_0 + Z_{32} \cdot Q_{\text{ВНБК}} + Z_{\text{ТР}}, \quad (1.29)$$

де Z_{32} – питомі витрати на установку батарей конденсаторів в точці А (на стороні 10 кВ), $Z_{32} = 1647 \text{ від.о./МВАр}$.

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$Z_{II} = 3111 \cdot 5,96 + 1647 \cdot 1,37 + 3961 = 23,490 \text{ тис.в\textsubscript{і}д.о}$$

Збільшимо число трансформаторів на два ($N_{\min} + 2$), тоді

$$Q_1 = \sqrt{(29 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 1864^2} = 8026 \text{ МВАр}$$

$$Q_{\text{ВН.БК}} = Q_1 - Q_C = 8,02 - 4,67 = 3,35 \text{ МВАр}$$

$$Q_0 = Q_B - Q_1 = 12 - 6,04 = 3,98 \text{ МВАр}$$

$$Z_{III} = 3111 \cdot 3,98 + 1647 \cdot 3,35 + 7920 = 25,726 \text{ тис.в\textsubscript{і}д.о}$$

При порівнянні трьох розрахованих варіантів видно, що оптимальним є другий варіант з $N_{\text{ТР}} = 28$ шт. Сумарна потужність батарей конденсаторів на стороні 0,4кВ дорівнює $Q_0 = 5,58$ МВАр.

В ЗРУ 10 кВ ГПП встановлюємо 3 конденсатори типу УК – 10 – 450 П(Л)УЗ.

Повна потужність батарей конденсаторів 0,4 кВ розподілена по цехових трансформаторних підстанціях пропорційно споживаній реактивній потужності згідно таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Розподіл батарей конденсаторів по ТП (0,4 кВ)

№ ТП	$Q_{\text{рі}}$, кВАр	$Q_{\text{бк і}}$, кВАр	Тип ККУ	Число, потужність
1	2	3	4	5
ТП – 1	643,70	300,0	УКН-0,38-300-50УЗ	1 x 300
ТП – 2	227,57	106,0	УК-0,38-103-3УЗ	1 x 108
КТП – 3	1057,12	493,2	УКЛН-0,38-300-50УЗ	2 x 300
КТП – 4	1277,90	596,2	УКЛН-0,38-300-50УЗ	2 x 300
ТП – 5	419,67	195,8	УК-0,38-108-3УЗ	2 x 108
ТП – 6	531,25	247,9	УК-0,38-144-4УЗ	2 x 144
ТП – 7	531,25	247,9	УК-0,38-144-4УЗ	2 x 144
ТП – 8	528,56	246,6	УК-0,38-144-4УЗ	2 x 144
КТП – 9	516,89	241,2	УК-0,38-144-4УЗ	2 x 144
КТП – 10	275,87	128,7	УК-0,38-144-4УЗ	1 x 144
ТП – 11	137,94	64,4	УК-0,38-72-4У4	1 x 72
КТП – 12	275,87	128,7	УК-0,38-144-4УЗ	2 x 144
ТП – 13	137,94	64,4	УК-0,38-72-4У4	1 x 72
КТП – 14	275,87	128,7	УК-0,38-144-4УЗ	2 x 144

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5
КТП – 15	178,13	365,8	УК-0,38-144-4УЗ	3 x 144
ТП – 16	241,53	112,7	УК-0,38-144-4УЗ	1 x 144
ТП – 17	281,52	131,3	УК-0,38-144-4УЗ	1 x 144
КТП – 18	897,50	418,7	УК-0,38-144-4УЗ	3 x 144

Виходячи з розрахунків вибираємо трансформатори для установки на підстанціях типу ТМ - 1000/10 з основними технічними даними:

$$U_{ВН} = 10 \text{ кВ}, U_{НН} = 0,4 \text{ кВ}, \Delta P_{ХХ} = 2,45 \text{ кВт}, \Delta P_{кз} = 12,2 \text{ кВт}, U_{кз} = 5,5 \%, I_{ХХ} = 2,8 \%$$

1.5.3 Визначення числа силових трансформаторів для цехових ТП

Активне навантаження, яке припадає на один силовий трансформатор, визначається за формулою [2]:

$$P_1 = \frac{\sum (P_P + P_{PO})}{N}, \quad (1.30)$$

де $\sum (P_P + P_{PO})$ – сумарне силове і освітлювальне навантаження заводу, дорівнює 19681 кВт (таблиця 1.2);

N – кількість трансформаторів.

$$P_1 = \frac{19681,62}{28} = 703 \text{ кВт}$$

Число трансформаторів, яке слід встановлювати в тому чи іншому цеху:

$$N_i = \frac{P_{Pi} + P_{POi}}{P_1} \quad (1.31)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Кількість цехових трансформаторів

Номер за ген-планом	Найменування	$P_P + P_{PO}$, кВт	N , шт
1	2	3	4
1	Механічний участок	2524,97	3,6
2	Заводоуправління	1023,18	1,5

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
3	Їдальня	491,05	0,7
4	Участок обробки валів роторів	889,84	1,3
5	Збірковий цех	414,84	0,6
6	Обмотковий участок	533,37	0,8
7	Фреонові двигуни	234,81	0,3
8	Ремонтний участок механічного цеху	947,81	1,4
9	Штампувальний цех	1521,77	2,2
10	Інструментальний цех	780,26	1,1
11	Корпус електродвигунів	5390,71	7,7
12	Електричний цех	206,29	0,3
13	Заготівельний цех	1777,15	2,5
14	Цех спецобладнання	895,55	1,3
15	Збірка двигунів спец. призначення	215,63	0,3
16	Склади	162,16	0,2
17	Виробничий корпус	1550,79	2,2

Місця розміщення трансформаторних підстанцій (ТП) обрані відповідно до ПУЕ та даних таблиці 1.5 і показані на плані підприємства.

1.6 Вибір схеми і напруги внутрішньозаводської мережі

При побудові схеми електропостачання промислових підприємств необхідно враховувати специфічні особливості деяких підприємств (наявність високовольтних споживачів, електроприймачів з різноперемінним графіком навантаження і т. ін.). Проектоване підприємство такими особливостями не володіє [1. 3].

Раніше були обрані силові трансформатори ГПП типу ТДН - 16000/35 з $U_{\text{нн}} = 10,5$ кВ. Тому внутрішньозаводську електричну мережу будемо виконувати на напрузі $U_{\text{н}} = 10$ кВ.

Розподіл електроенергії здійснюється з ЗРУ – 10 кВ ГПП, а електропостачання цехів проводиться з ЦРП - 10 кВ за радіальною схемою, зображеною на кресленні - лист 3.

розподільна мережа 10 кВ прокладається по території заводу кабельними лініями в траншеях.

Переріз кабельної лінії вибирається з економічної щільності струму. Економічно доцільний перетин $F_{ЕК}$, мм², визначається з виразу

$$F_{ЕК} = \frac{I_P}{j_{ЕК}}, \quad (1.32)$$

де $j_{ЕК}$ – нормоване значення економічної щільності струму, А/мм², приймається за довідковими даними; в нашому випадку приймаємо $j_{ЕК} = 1,2$ А/мм², для кабелів з паперовою ізоляцією і з алюмінієвими жилами (згідно [4]);

I_P – розрахунковий струм лінії в нормальному та аварійному режимах, визначається за формулами:

$$I_P = \frac{S_{Pi}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}; \quad (1.33)$$

$$I_{P.AB} = \frac{S_{Pi}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (34)$$

де S_{Pi} – розрахункове навантаження ТП.

Для кожної трансформаторної підстанції заводу визначимо розрахункове навантаження.

ТП - 1 знаходиться на ділянці обробки валів роторів. Частина навантаження ділянки $S = 525$ кВА розподілено на РП - 7 від ТП - 2, але на ТП - 1 також навантаження їдальнею $S = 525,9$ кВА. Таким чином, $S_{P.ТП-1} = 525,9 + 999,55 - 525 = 1000,45$ кВА. Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.

Перевірку обраних кабельних ліній на термічну стійкість зробимо після розрахунків струмів короткого замикання.

Таблиця 1.6 - Перерізи кабельних ліній розподільчої мережі 10 кВ. Спосіб прокладки - траншея

Номер лінії	Найменування лінії	Кількість ліній	Розрахункова потужність S_{Pi} , кВА	Розрахункове навантаження на одну лінію		Довжина лінії L , км
				В нормальному режимі I_P , А	В аварійному режимі $I_{P.AB}$, А	
1	2	3	4	5	6	7
Л – I	ГПП – ЦРП	2	21142,4	610,3	1220	0,103
Л – 1	ЦРП – КТП-15	2	1737,76	50,17	100,33	0,166
Л – 2	ЦРП – ТП-1	1	1000,45	28,89	57,76	0,034
Л – 3	ЦРП – ТП-5	1	237,34	6,85	13,7	0,143
Л – 4	ЦРП – ТП-2	1	1000	28,87	57,74	0,084
Л – 5	ЦРП – КТП-4	2	1949,3	56,27	112,5	0,128
Л – 6	ЦРП – КТП-6	2	1141,6	32,96	65,91	0,119
Л – 7	ЦРП – КТП-3	2	1850	53,4	106,8	0,24
Л – 8	ЦРП – ТП-8	1	950	27,42	54,85	0,231
Л – 9	ЦРП – ТП-7	1	980	28,3	56,6	0,19
Л – 10	ЦРП – КТП-9	2	936	27	54	0,231
Л – 11	ЦРП – КТП-10	2	1634,4	47,2	94,4	0,152
Л – 12	ЦРП – ТП-11	1	817,2	23,6	47,2	0,196
Л – 13	ЦРП – КТП-12	2	1634,4	47,2	94,4	0,224
Л – 14	ЦРП – ТП-13	1	817,2	23,6	47,2	0,234
Л – 15	ЦРП – КТП-14	2	1634,4	47,2	94,4	0,27
Л – 16	ЦРП – ТП-15	1	428,7	12,38	27,76	0,091
Л – 17	ЦРП – ТП-16	1	938,76	27,1	54,2	0,144
Л – 18	ЦРП – КТП-17	2	1990,92	57,47	114,94	0,007

Таблиця 1.7 - Допустиме навантаження на один кабель

Номер лінії	Найменування лінії	Поправковий коефіцієнт прокладки кабелю	Марка і переріз кабелю, вибраного за умовою допустимого нагріву	Допустиме навантаження на один кабель	
				В нормальному режимі I _{доп} , А	В аварійному режимі I _{1,3-доп} , А
1	2	9	10	11	9
Л – І	ГПП – ЦРП	0,85	2 АСБ (3x240)	920	0,85
Л – 1	ЦРП – КТП-15	1	АСБ (3x70)	210	1
Л – 2	ЦРП – ТП-1	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 3	ЦРП – ТП-5	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 4	ЦРП – ТП-2	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 5	ЦРП – КТП-4	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 6	ЦРП – КТП-6	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 7	ЦРП – КТП-3	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 8	ЦРП – ТП-8	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 9	ЦРП – ТП-7	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 10	ЦРП – КТП-9	0,85	АСБ (3x70)	210	0,85
Л – 11	ЦРП – КТП-10	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 12	ЦРП – ТП-11	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 13	ЦРП – КТП-12	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 14	ЦРП – ТП-13	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 15	ЦРП – КТП-14	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 16	ЦРП – ТП-15	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 17	ЦРП – ТП-16	0,85	АСБ (3x70)	210	273
Л – 18	ЦРП – КТП-17	1	АСБ (3x70)	210	273

1.7 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів короткого замикання проводимо для вибору електричних апаратів і струмопровідних частин електричних установок, а також для перевірки провідників по термічній стійкості при коротких замиканнях. Апарати і провідники повинні бути обрані таким чином, щоб виключити їх руйнування або пошкодження при проходженні по них найбільших можливих струмів короткого замикання. Розрахунок проводимо наближеним практичним методом, згідно з рекомендаціями [4].

Для розрахунків складаємо однолінійну розрахункову схему електричної мережі з електричними апаратами і провідниками, що підлягають вибору та перевірці за умовами короткого замикання, роблячи попередній аналіз схеми електричної мережі. У розрахункову схему вводимо всі трансформатори, повітряні та кабельні лінії, що зв'язують джерела живлення з місцем короткого замикання.

Складемо розрахункову схему (рисунок 1.3)

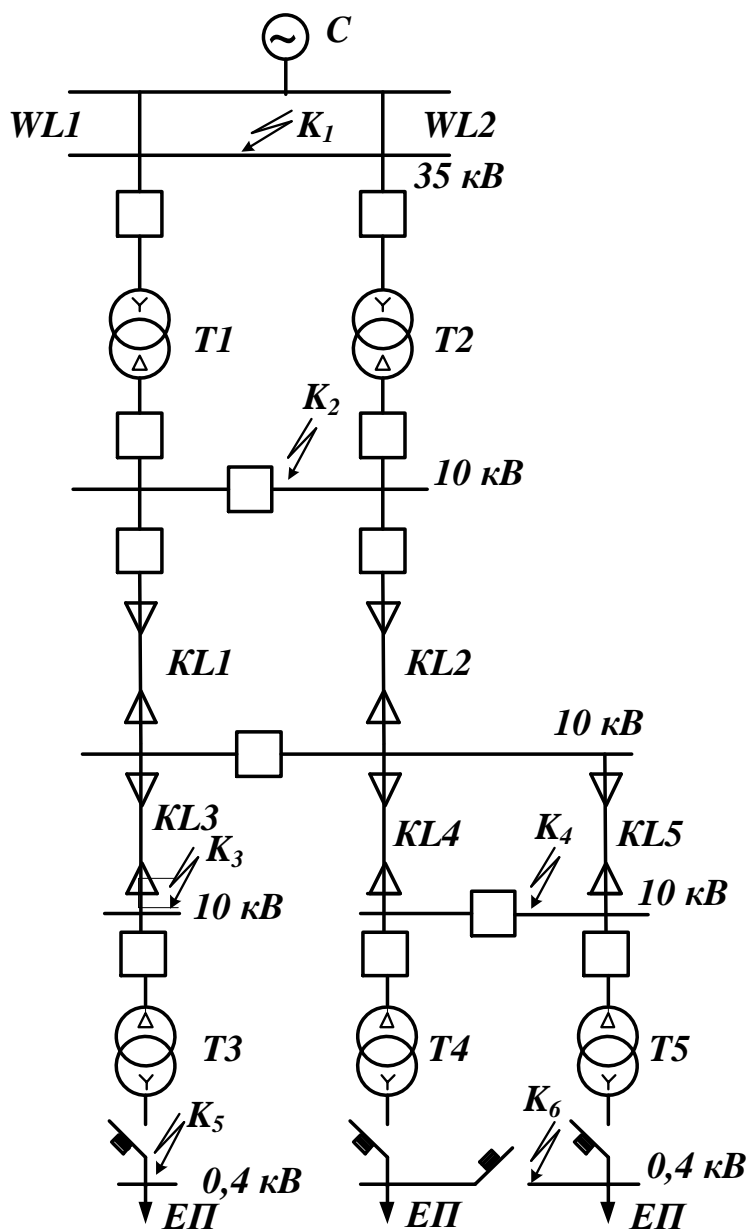


Рисунок 1.3 – Схема розрахункова однолінійна

Умовні позначення на розрахунковій схемі:

С - система (енергопостачальна організація);

Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

WL1, WL2 – двухцепна ЛЕП, що пов'язує підстанцію енергопостачальної організації і ГПП заводу;

T1, T2 – силові трансформатори ГПП заводу (ТДН - 16000/35);

T3 - силовий трансформатор заводу, ТП - 1 (ТМ - 1000/10);

T4, T5 - силові трансформатори КТП – 9 (ТМ – 1000/10);

KL1, KL2 – кабельні лінії, що зв'язують підстанції ГПП і ЦРП;

KL3, KL4, KL5 - кабельні лінії, що зв'язують підстанції ЦРП і ТП;

ЕП - електроприймачі 0,4 кВ.

Розрахунок будемо вести в іменованих одиницях. Для розрахунку струмів короткого замикання складемо схему заміщення (рисунок 1.4)

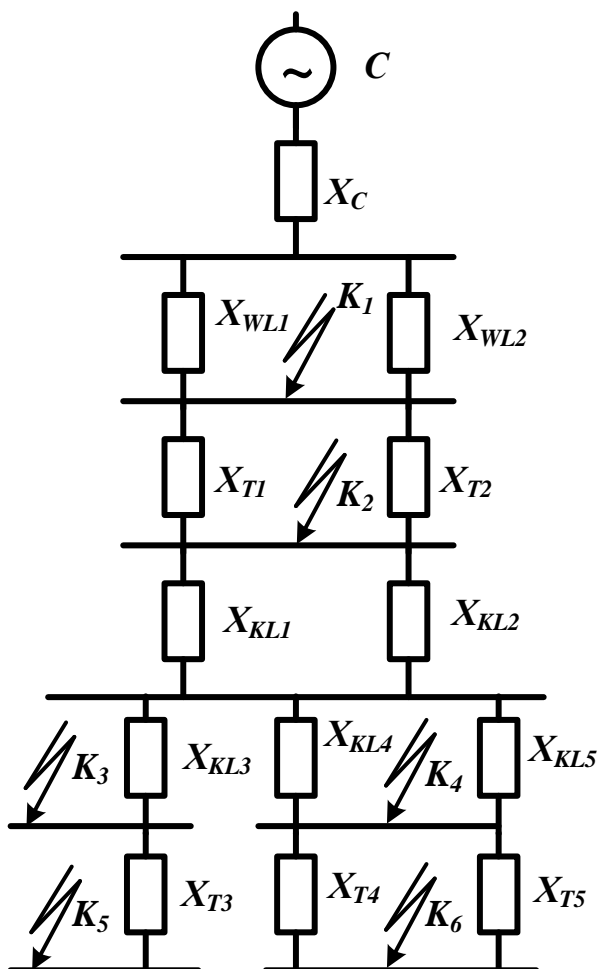


Рисунок 1.4 – схема заміщення

Визначимо опори елементів схем заміщення:

$$X_c = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_{ВДКЛ}}, \quad (1.35)$$

де X_C – реактивний опір системи;

$I_{\text{Відкл}}$ - струм відключення короткого замикання, імовірно визначаємо по вимі-
качу ВМП У – 35 – 2500 ($I_{\text{Відкл}} = 41,3$ кА);

$$X_C = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 41,3} = 0,489 \text{ Ом}$$

Опір повітряних ліній 1 і 2 визначається як:

$$X_{\text{WL1}} = X_{\text{WL2}} = \sqrt{(r_0 \cdot l)^2 + (x_0 \cdot l)^2} \quad (1.36)$$

Для проводу марки АС – 120 мм²

$$r_0 = 0,33 \text{ Ом}, \quad x_0 = 0,353 \text{ Ом}, \quad L = 0,961 \text{ км}$$

$$X_{\text{WL1}} = X_{\text{WL2}} = \sqrt{(0,33 \cdot 0,961)^2 + (0,353 \cdot 0,961)^2} = 0,464 \text{ Ом}$$

Опір трансформаторів Т1 і Т2 визначається як:

$$X_{\text{T1}} = X_{\text{T2}} = \frac{U_H}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_{\text{H.ТР}}} \quad (1.37)$$

$$X_{\text{T1}} = X_{\text{T2}} = \frac{10}{100} \cdot \frac{10500^2}{16 \cdot 10^6} = 0,689 \text{ Ом}$$

Опір трансформаторів Т3 - Т5 визначається аналогічно попереднім

$$X_{\text{T3}} = X_{\text{T4}} = X_{\text{T5}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{400^2}{10 \cdot 10^5} = 0,0088 \text{ Ом}$$

Кабельна лінія від ГПП до ЦРП – 2АСБ (3x240)

$$X_{\text{KL1}} = X_{\text{KL2}} = \frac{x_0 \cdot L}{2} = \frac{0,075 \cdot 0,103}{2} = 0,0039 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{KL3}} = x_0 \cdot L = 0,09 \cdot 0,034 = 0,031 \text{ Ом}$$

для кабелю АСБ (3x50)

$$X_{\text{KL4}} = X_{\text{KL5}} = x_0 \cdot L = 0,09 \cdot 0,27 = 0,0243 \text{ Ом}$$

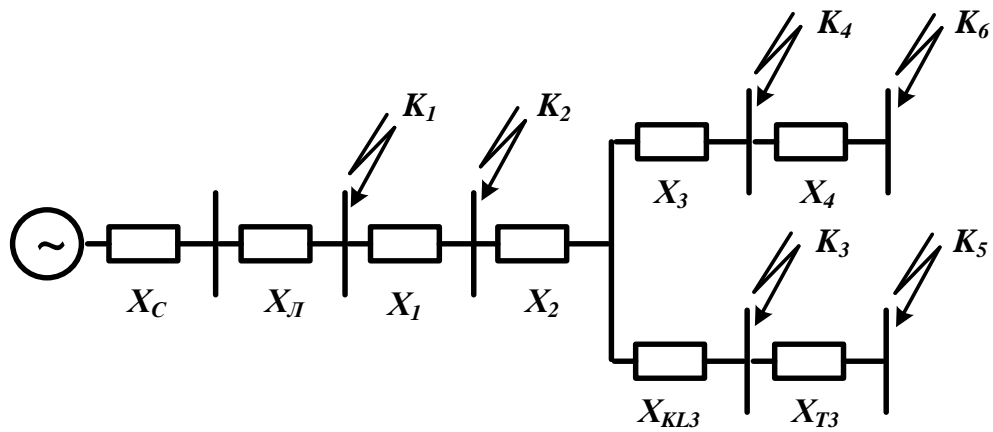


Рисунок 1.5 – Змінена схема заміщення

$$X_{Л1} = \frac{X_{WL1} \cdot X_{WL2}}{X_{WL1} + X_{WL2}} = \frac{0,464 \cdot 0,464}{0,464 + 0,464} = 0,232 \text{ Ом}$$

$$X_1 = \frac{X_{T1}}{2} = \frac{0,689}{2} = 0,345 \text{ Ом}, \quad X_2 = \frac{X_{KL1}}{2} = \frac{0,004}{2} = 0,002 \text{ Ом}$$

$$X_3 = \frac{X_{KL4}}{2} = \frac{0,0244}{2} = 0,0122 \text{ Ом}$$

$$X_4 = \frac{X_{T4}}{2} = \frac{0,0088}{2} = 0,0044 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = X_C + X_{Л1} = 0,489 + 0,232 = 0,721 \text{ Ом}$$

$$I_{K1} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{K1}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 0,721} = 28 \text{ А}$$

$$X_{K2} = (X_C + X_{Л1}) \cdot \frac{U_B^2}{U_H^2} + X_1 = 0,721 \cdot \frac{10,5^2}{37,5^2} + 0,345 = 0,402 \text{ Ом}$$

$$I_{K2} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{K2}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,402} = 15,08 \text{ кА}$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_2 + X_{KL3} = 0,402 + 0,002 + 0,031 = 0,435 \text{ Ом}$$

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{K3}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,435} = 13,27 \text{ кА}$$

$$X_{K4} = X_{K2} + X_2 + X_3 = 0,402 + 0,002 + 0,0122 = 0,4162 \text{ Ом}$$

$$I_{K4} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{K4}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,416} = 13,88 \text{ кА}$$

$$X_{K5} = X_{K3} \cdot \frac{U_B^2}{U_H^2} + X_{T3} = 0,435 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} + 0,0088 = 0,0094 \text{ Ом}$$

$$I_{K5} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{K5}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0094} = 24,57 \text{ кА}$$

$$X_{K6} = X_{K4} \cdot \frac{U_B^2}{U_H^2} + X_4 = 0,415 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} + 0,0044 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$I_{K6} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot X_{K6}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,005} = 46,2 \text{ кА}$$

Визначені в попередньому розділі по $j_{ЭК}$ перерізи кабелів перевіримо на термічну стійкість при коротких замиканнях.

Термічно стійкий переріз провідників визначається з виразу:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T}, \quad (1.38)$$

де $B_K = I_\infty^2 \cdot (t_{\text{відкл}} + T_a)$ – тепловий імпульс струмів КЗ, $A^2 \cdot c$;

T_a – постійна загасання аперіодичної складової струму КЗ, с;

$t_{\text{відкл}} = t_3 + t_b$ – час відключення КЗ, с;

t_3 – час дії основного захисту, с;

t_b – повний час відключення вимикача, с;

C_T – коефіцієнт, що залежить від допустимої температури при КЗ і матеріалу провідника. Для провідників з алюмінієвими жилами $C_T = 85$, $(A \cdot c^{1/2} / \text{мм}^2)$.

а) Для проводів АС – 120 (мм^2)

$$I_\infty = 28 \text{ кА}; \quad t_b = 0,09 \text{ с}; \quad t_{\text{отк}} = 0,02 + 0,09 = 0,11 \text{ с};$$

$$B_K = 28000^2 \cdot (0,11 + 0,05) = 12544000 \text{ A}^2 \cdot \text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{12544000}}{85} \approx 120 \text{ мм}^2$$

б) Для кабельних ліній

$$I_\infty = 13,88 \text{ кА}; \quad t_b = 0,08 \text{ с}; \quad t_{\text{отк}} = 0,08 + 0,02 = 0,1 \text{ с};$$

$$B_K = 13880^2 \cdot (0,1 + 0,05) = 28898160 \text{ A}^2 \cdot \text{с}$$

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{28898160}}{85} \approx 63 \text{ мм}^2$$

1.8 Вибір і перевірка апаратів в мережі вище 1000 В

Всі апарати системи електропостачання, ізолятори і струмопровідні пристрої вибираються за умовами тривалої номінальної роботи, режиму перевантажень і режиму можливих коротких замикань; він можуть бути відкритими або закритими; відповідати умовам навколишнього середовища і так далі.

Обрані по номінальному струму і напрузі апарати перевіряються на електродинамічну і термічну стійкість до коротких замикань, на здатність відключення; вимірювальні трансформатори струму крім того, перевіряються на відповідність їх роботи необхідному класу точності. Зазначені розрахункові значення порівнюються з допустимими для даного апарату, складаються таблиці порівняння зазначених розрахункових і допустимих значень. Для забезпечення надійної безаварійної роботи розрахункові значення повинні бути не менше допустимих, прийнятих за каталогом або паспортом апарату.

Номінальна напруга апарату має відповідати класу його ізоляції з деяким запасом по електричній міцності (близько 10 – 15 %).

1.8.1 Вибір апаратів ВРП 35 кВ

Розподільні пристрої, розташовані на відкритому повітрі, називаються відкритим розподільчим пристроєм (ВРП).

Вимикач є основним апаратом в електричних установках, він служить для відключення і включення ланцюга в будь-яких умовах: тривале навантаження, перевантаження, коротке замикання, холостий хід, несинхронна робота. Найбільш важкою і відповідальною операцією є відключення струмів короткого замикання і включення на існуюче коротке замикання.

Роз'єднувачі застосовують для відключення і включення кіл без струму і створення видимого розриву кола в повітрі. Між силовими вимикачами і роз'єднувачами повинне передбачатися механічне і електромагнітне блокування, що не допускає відключення роз'єднувача при включеному вимикачі, коли в колі протікає струм навантаження.

					МР.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

Вимикачі навантаження і роз'єднувачі вибирають по напрузі і номінальному тривалому струму.

Визначимо розрахунковий струм на ділянці ВРП 35 кВ з урахуванням перевантаження:

$$I_p = \frac{1,4 \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (1.39) \quad I_p = \frac{1,4 \cdot 16000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 369,5 \text{ А}$$

Перевірку на дію струмів короткого замикання проводимо для точки К₁ (рисунок 1.4)

Результати перевірки вимикачів і роз'єднувачів заносяться в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 - Результати перевірки вимикачів і роз'єднувачів

Розрахункові дані	каталожні дані	
	Вимикач ВМП-У-35-2500	Роз'єднувач РНДЗ-1-35/1000
$U_{уст} = 35 \text{ кВ}$	$U_H = 35 \text{ кВ}$	$U_H = 35 \text{ кВ}$
$I_{p,y} = 369,5 \text{ А}$	$I_{ном} = 2000 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$
$I_{п.о} = 28 \text{ кА}$	$I_{н.откл} = 41,3 \text{ кА}$	
$S_{p,o} = 1794,4 \text{ МВА}$	$S_{н.окл} = 2500 \text{ МВА}$	
$i_{y,p} = 57,4 \text{ кА}$	$i_{y.н.} = 135 \text{ кА}$	$i_{дин} = 64 \text{ кА}$
$I_{\infty} \sqrt{\frac{t_n}{t_{номтс}}} = 5,7 \text{ кА}$	$I_{тер} = 41,2 \text{ кА}$	$I_{тер} = 25 \text{ кА}$

Розрахункова потужність відключення короткого замикання:

$$S_{p,o} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{н.о} = \sqrt{3} \cdot 37 \cdot 28 = 1794,4 \text{ МВА}$$

$I_{\infty} = 1,52 \cdot I_{н.о} = 1,52 \cdot 28 = 42,6 \text{ кА}$ – розрахунковий сталий струм короткого замикання.

$$t_{\Pi} = t_{p,з} + t_{відкл} = (0,03 + 0,06) = 0,09 \text{ с}$$

$$t_{ном.т.с} = 5 \text{ с}$$

$$I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{\Pi}}{t_{ном.т.с}}} = 42,6 \cdot \sqrt{\frac{0,09}{5}} = 5,7 \text{ кА}$$

1.8.2 Вибір апаратів ЗРП 10 кВ і ЦРП

Розподільний пристрій - це електроустановка, призначена для приймання і розподілу електричної енергії. Розподільні пристрої, розташовані всередині окремих приміщень, або в приміщеннях цехів, називаються закритими розподільними пристроями. Як комутаційні елементи, в РУ застосовуються вимикачі високої напруги.

Вимикач - це комутаційний апарат, призначений для включення і відключення струму. Вимикач є основним апаратом захисту від коротких замикань. Широко застосовуються в закритих розподільних пристроях і на центральних розподільчих підстанціях (ЦРП) маломасляні вимикачі серії ВМП.

Розрахунковий струм на стороні 10 кВ з урахуванням перевантаження:

$$I_p = \frac{S_{HP}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{23035}{\sqrt{3} \cdot 10} = 1329 \text{ А}$$

Перевірку на дію струмів короткого замикання проводимо струмами КЗ для точки К₂.

Вибираємо вступні та секційні вимикачі, а також секційні вимикачі ліній, що відходять від ЦРП до цехових знижувальних підстанцій [6, 7].

Результати перевірки вимикача заносяться в таблицю 1.9.

Таблиця 1.9 - Результати перевірки вимикача

Розрахункові дані	Каталожні дані для вимикача ВМП-10
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_H = 10 \text{ кВ}$
$I_{p,y} = 1329 \text{ А}$	$I_{ном} = 600; 1000; 1500 \text{ А}$
$I_{п.о} = 15,08 \text{ кА}$	$I_{н.откл} = 20 \text{ кА}$
$S_{p.о} = 261,2 \text{ МВА}$	$S_{н.окл} = 350 \text{ МВА}$
$i_{y.p} = 38,39 \text{ кА}$	$i_{y.н.} = 52 \text{ кА}$
$I_{\infty} \sqrt{\frac{t_n}{t_{номгс}}} = 3,22 \text{ кА}$	$I_{тер} = 20 \text{ кА}$

Розрахункова потужність відключення короткого замикання:

$$S_{P.O} = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{P.O} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 15,08 = 261,2 \text{ МВА}$$

Розрахунковий ударний струм короткого замикання:

$$i_{y.P} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 15,08 = 38,4 \text{ кА}$$

Приведений час для періодичної складової струму КЗ:

$$t_{III} = 0,05 + 0,08 = 0,13 \text{ с}$$

Приведений час для аперіодичної складової струму КЗ:

$$t_{IIA} = 0,05 + 1,4^2 = 0,098 \text{ с}$$

$$t_{II} = t_{III} + t_{IIA} = 0,13 + 0,098 = 0,228 \text{ с}$$

$$t_{НОМ.Т.С} = 5 \text{ с}$$

$$I_{\infty} \cdot \sqrt{\frac{t_{II}}{t_{НОМ.Т.С}}} = 15,08 \cdot \sqrt{\frac{0,228}{5}} = 3,22 \text{ кА}$$

1. Вибір і перевірка шинопроводів

В ЗРП і ЦРП в якості провідників застосовується жорстка ошиновка, виконана жорсткими алюмінієвими шинами (мідні шини через високу їх вартість не застосовуються). При токах до 3000 А застосовуються одно - і двосмугові шини.

Згідно ПУЕ збірні шини електроустановок і ошиновка в межах відкритих і закритих РУ всіх напруг по економічній щільності струму не перевіряються.

Вибір перерізу шин проводиться по нагріванню (по припустимому струмі). При цьому враховуються не тільки нормальні, але і післяаварійні режими, а також режими в період ремонтів і можливість нерівномірного розподілу струмів між секціями шин [1].

Розрахунковий струм на стороні 10 кВ з урахуванням перевантаження:

$$I_P = \frac{S_{HP}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{23035}{\sqrt{3} \cdot 10} = 1329 \text{ А}$$

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43

З каталогу вибираємо алюмінієві шини прямокутного перерізу, установлені па ребро типу АТ - 80 x 10, з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 1480$ А.

Максимально допустимий струм для обраних шин:

$$I_{\text{доп.макс}} = k_3 \cdot I_{\text{доп}},$$

де $k_3 = 1,05$ – поправковий коефіцієнт для шин при температурі навколишнього середовища $Q_{o.c} = +15$ °С.

$$I_{\text{доп.макс}} = k_3 \cdot I_{\text{доп}} = 1,05 \cdot 1480 = 1554 \text{ А}$$

Для дотримання умов достатньої механічної міцності шин при струмі КЗ розрахункове напруження в шинах не повинно перевищувати допустиму механічну напругу для даного металу або на вигин з [6] $\sigma_{\text{доп}} = 650$ кгс/см.

Допустиме максимальне зусилля на вигин в шинах в залежності від допустимої механічної напруги $\sigma_{\text{доп}}$ визначається з виразу:

$$F_{\text{доп}} = \frac{10 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot W}{L}, \quad (1.40)$$

де W – момент опору, см³;

L – довжина прольоту між ізоляторами, см;

З таблиці [7] для однополюсних шин, розташованих на ребро момент опору знаходимо з виразу:

$$W = 0,17 \cdot h \cdot b^2 = 0,17 \cdot 8 \cdot 1^2 = 1,36 \text{ см}^3.$$

$$F_{\text{доп}} = \frac{10 \cdot 650 \cdot 1,36}{80} = 110,5 \text{ кг} \cdot \text{с}$$

Визначимо розрахункове значення від тривалого впливу струму короткого замикання

$$F_{\text{РОЗР}} = 1,76 \cdot i_{\text{У.РОЗР}}^2 \cdot \frac{L}{a} \cdot 10^{-2} \quad (1.41)$$

з умови $F_{\text{РОЗР}} \leq F_{\text{доп}}$ випливає:

$$1,76 \cdot i_{\text{У.РОЗР}}^2 \cdot \frac{L}{a} \cdot 10^{-2} \leq \frac{10 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot W}{L};$$

$$i_{y.розр} \leq \frac{10}{L} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot \sigma_{доп} \cdot W_a}{1,76}},$$

$$i_{y.розр} = \frac{10}{80} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 650 \cdot 1,36 \cdot 50}{1,76}} = 401 \text{ кА}$$

Максимальне розрахункове напруження для однополюсних шин визначається:

$$\sigma_{розр} = \frac{F_{розр} \cdot L}{10 \cdot W}, \quad (1.42)$$

$$F_{розр} = 1,76 \cdot 38,4^2 \cdot \frac{80}{50} \cdot 10^{-2} = 42,37 \text{ кгс}$$

$$(F_{розр} = 42,37) \leq (F_{доп} = 110,5)$$

$$\sigma_{розр} = \frac{42,37 \cdot 80}{10 \cdot 1,36} = 249,24 < \sigma_{доп} = 650 \frac{\text{кгс}}{\text{см}}$$

Можна зробити висновок, що, обрані нами, шини по конструкції і перерізу відповідають умові достатньої механічної міцності при токах короткого замикання.

2. Вибір і перевірка ізоляторів

Ізолятори - це найважливіший конструктивний елемент, призначений для відокремлення струмоведучих частин від корпусів конструкцій, виконуючи роль надійного і жорсткого кріплення струмоведучих частин. У розподільних пристроях шини кріпляться на опорних, прохідних і підвісних ізоляторах. Жорсткі шини кріпляться на опорних ізоляторах, вибір яких проводимо по напрузі установки і перевіряються на ударну дію струмів короткого замикання [6, 7].

$$F_{розр} = 1,76 \cdot 38,4^2 \cdot \frac{80}{50} \cdot 10^{-2} = 42,4 \text{ кгс}$$

Вибираємо ізолятори типу ОФ – 10 – 37 – 5, на $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$.

$$F_{доп} = 0,6 \cdot F_{розр} = 0,6 \cdot 37,5 = 225 \text{ кгс} > F_{розр} = 42,4 \text{ кгс}$$

Перевірка ізоляторів для ЗРУ – 10 кВ:

$$F_{\text{розр}} = 1,76 \cdot 38,7^2 \cdot \frac{80}{50} \cdot 10^{-2} = 42,2 \text{ кгс}$$

Виберемо і перевіримо ізолятори для введів токопроводів від силових трансформаторів до ЗРУ - 10 кВ.

Вибираємо ізолятори типу П - 10/5000 - 4350.

Перевірка:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ} = U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}; \quad I_{\text{ном}} = 5000 \text{ А} > I_p = 1329 \text{ А} \quad ;$$

$$F_{\text{доп}} = 2550 \text{ кг}\cdot\text{с} > F_p = 42,2 \text{ кг}\cdot\text{с}.$$

3. Вибір трансформаторів струму

Трансформатор струму призначений для зменшення первинного струму до значень, найбільш зручних для вимірювальних приладів і реле, а також для відділення кіл вимірювання та захистів від первинних кіл високої напруги.

Трансформатори струму вибирають по номінальній напрузі установки, номінальному струму, навантаженні вторинного кола, що забезпечує погрішність в межах паспортного класу точності, по електродинамічній і термічній стійкості (внутрішній і зовнішній) і струмів короткого замикання.

Трансформатори струму встановлюємо:

- на стороні 35 кВ ГПП, на вводах масляних вимикачів;
- на вводах ЗРУ - 10 кВ;
- на шинах, що відходять ЗРУ - 10 кВ;
- на шинах, що відходять ЦРП, на водах масляних вимикачів.

Трансформатори струму вибираємо:

1. по напрузі уставки, $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{н.тс}}$;
2. по струму, $I_{\text{уст}} \leq I_{\text{н.тс}}$;
3. по навантаженню вторинного кола, $S_{2p} \leq S_{2\text{н.тс}}$.

Перевірку трансформаторів струму зробимо:

- a) на електродинамічну стійкість:

$$i_{уд} \leq i_{дин} \text{ или } k_{дин} \geq \frac{i_{у.р}}{\sqrt{2} \cdot I_{н.т}} ;$$

б) на термічну стійкість:

$$K_{тс} \geq \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{п}}}{I_{н.тс} \sqrt{t_{н.тс}}} .$$

4. Трансформатори струму на стороні 35 кВ ГПП

Вторинна обмотка даних трансформаторів струму включається на реле струму за схемою, показаною на рисунку 1.6.

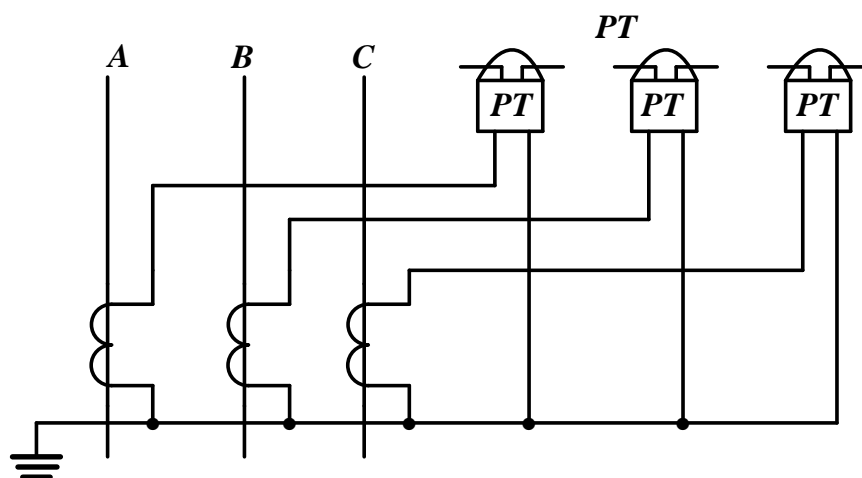


Рисунок 1.6 – Схема підключення реле струму до вторинної обмотки трансформатора струму.

Вибір трансформаторів струму по навантаженню вторинного кола для забезпечення його роботи в необхідному класі точності полягає в дотриманні умови:

$$S_{2н} \geq S_{розр}$$

де $S_{2н} = Z_{2н} \cdot I_{2н}^2$ – допустиме номінальне навантаження вторинної обмотки трансформатора струму;

$S_{розр}$ – розрахункове навантаження вторинної обмотки трансформатора струму в нормальному (робочому) режимі.

$I_{2н} = 5 \text{ А}$ – номінальний струм вторинної обмотки;

Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Z_{2H} – повний допустимий опір зовнішнього кола.

$$Z_{2H} = \sum r_{\text{ПРИЛ}} + r_{\text{ДОП}} + r_{\text{КОНТ}},$$

де $\sum r_{\text{ПРИЛ}}$ – сума опорів послідовно включених обмоток реле. Для реле струму типу РТ-40 $I_{2H} = 5 \text{ А}$, а $S_{\text{ПР}} = 10 \text{ ВА}$.

$$r_{\text{ПРИЛ}} = \frac{S_{\text{ПРИЛ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2} = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ Ом},$$

По $U_{\text{НА}}$ і $I_{\text{НА}}$ вибираємо трансформатор струму типу ТФНД – 35 М [6] з параметрами: $U_{\text{НА}} = 35 \text{ кВ}$, $U_{\text{НУ}} = 35 \text{ кВ}$, $I_{\text{НА}} = 1500 \text{ А}$, $I_{\text{НУ}} = 1330 \text{ А}$, $Z_{2H} = 2 \text{ Ом}$

Звідси $r_{\text{ДОП}} = Z_{2H} + r_{\text{ПРИЛ}} + r_{\text{КОНТ}}$

Опір контактів приладів $r_{\text{КОНТ}} = 0,1 \text{ Ом}$

$$r_{\text{ДОП}} = 2 - 0,4 - 0,1 = 1,5 \text{ Ом}$$

Вибираємо контрольний кабель з алюмінієвими жилами. Питомий опір алюмінію $\rho = 0,0283 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$.

Приймаємо, що довжина контрольного кабелю дорівнює 30 метрам. Виходячи зі схеми з'єднання $L_{\text{РОЗР}} = L = 30 \text{ м}$, звідси:

$$S_{\text{РОЗР}} = \frac{\rho \cdot L_{\text{РОЗР}}}{r_{\text{ДОП}}} = \frac{0,0283 \cdot 30}{1,5} = 0,566 \text{ ВА}$$

$$S_{2H} = 50 > S_{\text{РОЗР}} = 0,566 \text{ ВА}$$

1. Перевірка трансформатора струму ТФНД - 35М на електродинамічну стійкість:

$$k_{\text{ДИН}} \geq \frac{i_{\text{У.Р}}}{\sqrt{2} \cdot I_{\text{Н.Т}}} = \frac{57400}{\sqrt{2} \cdot 1500} = 24,7,$$

при значенні граничної кратності при номінальному навантаженні рівному $k_{\text{ДИН}} = 26$ розрахункове значення вийшло менше, тому робимо висновок, що трансформатор струму по електродинамічній стійкості проходить.

2. Перевірка трансформатора струму ТФНД - 35М по термічній стійкості.

$$K_{\text{ТС}} \geq \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_n}}{I_{\text{Н.ТС}} \cdot \sqrt{t_{\text{Н.ТС}}}} = \frac{42560 \cdot \sqrt{0,09}}{1500 \cdot \sqrt{5}} = 3,8 < 80, \text{ где } K_{\text{ТС}} = 80,$$

відповідно по термічній стійкості обраний нами трансформатор струму теж підходить.

3. Трансформатори струму на вводі 10 кВ і на відвідних лініях

Визначимо вторинне навантаження трансформаторів струму.

На рисунку 1.7 показана схема включення вимірювальних приладів.

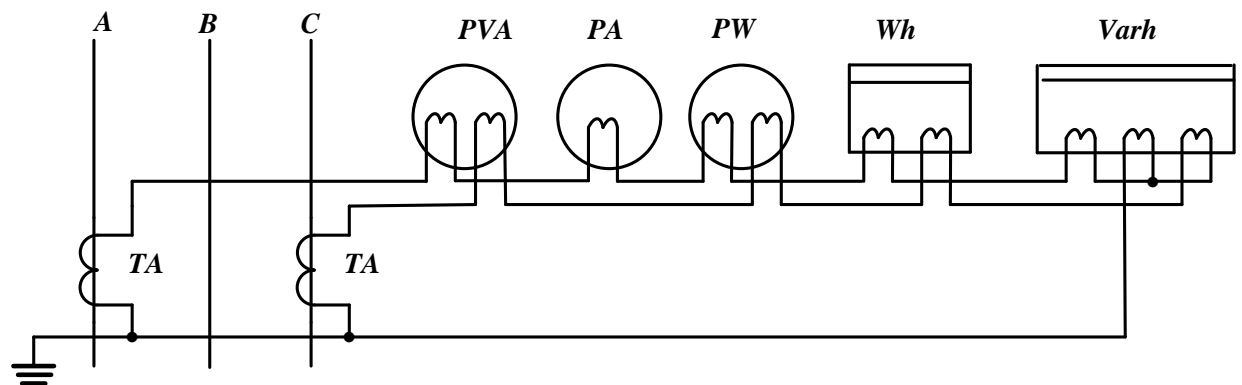


Рисунок 1.7 – Схема підключення вимірювальних приладів до вторинної обмотки трансформаторів струму

До вторинної обмотки трансформаторів струму підключаються: амперметр, ватметр, варметр, лічильники активної і реактивної енергії. Дані приладів заносяться в таблицю 1.10.

Таблиця 1.10 - Дані вимірювальних приладів

Найменування приладу	Тип	Навантаження, ВА		
		A	B	C
1	2	3	4	5
Амперметр	ЭЛ-2	1,73	—	—
Ватметр	Д585	0,525	—	0,525
Лічильник активної енергії	СА3У – И670	0,175	—	0,175
Лічильник реактивної енергії	СР4У – И673	0,275	—	0,275
Варметр	Д 335	0,5	—	0,5
$\Sigma S_{\text{приб}}$		3,205	0	1,475

Загальний опір приладів знайдемо як:

$$r_{\text{ПРИЛ}} = \frac{S_{\text{ПРИЛ}}}{I_{2\text{НОМ}}^2} = \frac{3,205}{25} = 0,128 \text{ Ом}$$

де $I_{2\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$ – номінальний струм вторинної обмотки.

Індуктивний опір вторинних струмових кіл дуже малий, тому ним можна знехтувати.

$$r_{2\text{НОМ}} \approx r_{\text{ПРИЛ}} + r_{\text{ДОП}} + r_{\text{КОНТ}}$$

де $r_{2\text{НОМ}} = 1,2 \text{ Ом}$ – повний допустимий опір вторинного кола;

$r_{\text{КОН}} = 1,2 \text{ Ом}$ – опір контактів;

$r_{\text{ДОП}}$ – допустимий опір сполучних проводів.

$$r_{\text{ДОП}} = r_{2\text{НОМ}} - r_{\text{ПРИЛ}} - r_{\text{КОНТ}} = 1,2 - 0,128 - 0,1 = 0,472 \text{ Ом}$$

Вибираємо контрольний кабель з алюмінієвими жилами. Питомий опір алюмінію $\rho = 0,0283 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$.

Довжина контрольного кабелю становить 30 метрів ($L=30 \text{ м}$), з урахуванням схеми з'єднання приладів вона складе $L_{\text{РОЗР}} = 1,5 \cdot L = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м}$.

Тоді мінімальний перетин кабелю знаходимо з виразу:

$$F_{\text{розр}} = \frac{\rho \cdot L_{\text{розр}}}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,0283 \cdot 45}{0,972} = 1,31 \text{ мм}^2$$

Приймається контрольний кабель з перетином жил $2,5 \text{ мм}^2$, тоді:

$$r_{\text{пр}} = \frac{1000}{\gamma \cdot F} \cdot L_{\text{розр}} = \frac{1000}{32 \cdot 2,5} \cdot 0,045 = 0,526 \text{ Ом}$$

Визначимо повний опір вторинного кола:

$$r_{\Sigma 2\text{НОМ}} = r_{\text{ПРИЛ}} + r_{\text{ПР}} + r_{\text{КОНТ}} = 0,128 + 0,562 + 0,1 = 0,79 \text{ Ом}$$

Розрахункове навантаження вторинного кола:

$$S_p = r_{\Sigma 2\text{Н}} \cdot I_{2\text{Н}}^2 = 0,79 \cdot 25 = 19,75 \text{ ВА} .$$

$$k_{\text{ДИН}} \geq \frac{i_{\text{У.Р}}}{\sqrt{2} \cdot I_{\text{Н.Т}}}$$

Результати розрахунків вибору трансформаторів струму зводяться в таблицю 1.11.

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 1.11 – Результати розрахунків вибору трансформаторів струму

Місце встановлення	Тип	Розрахункові дані	Каталожні дані
на відхідних лініях ГПП		$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
		$I_{уст} = 723,34 \text{ А}$	$I_{ном} = 800 \text{ А}$
	ТПОЛ – 10	$k_{дин} = 33,74$	$k_{дин} = 160$
		$k_{тс} = 4,49$	$k_{тс} = 10$
		$S_{2P} = 19,8 \text{ ВА}$	$S_{2P} = 20 \text{ ВА}$
на відхідних лініях ЦРП		$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
		$I_{уст} = 114,94 \text{ А}$	$I_{ном} = 150 \text{ А}$
	ТПЛ – 10	$k_{дин} = 150$	$k_{дин} = 250$
		$k_{тс} = 17,866$	$k_{тс} = 25$
		$S_{2P} = 19,8 \text{ ВА}$	$S_{2P} = 20 \text{ ВА}$

6. Вибір і перевірка трансформаторів напруги

Трансформатор напруги призначений для зниження високої напруги до стандартного значення 100 або $100/\sqrt{3} \text{ В}$ і для відділення ланцюгів вимірювання та релейного захисту від первинних кіл високої напруги [7].

Трансформатори напруги вибирають:

1. по первинній номінальній нарузі $U_{уст} \leq U_{ном}$;
2. за типом і схемою з'єднання обмоток;
3. по похибці $N \leq N_{доп}$;
- 4 по вторинному навантаженні.

На кожній секції шин ГПП встановлюється трансформатор напруги типу НТМИ - 10 - 66. Він трифазний, триобмотковий. Обмотка, з'єднана в зірку, використовується для вимірювальних приладів, а до обмотки, з'єднаної в розімкнутий трикутник, приєднуються реле захисту від замикання на землю.

Схема з'єднання обмоток представлена на рисунку 1.8, а схема з'єднання вимірювальних приладів представлена на кресленні.

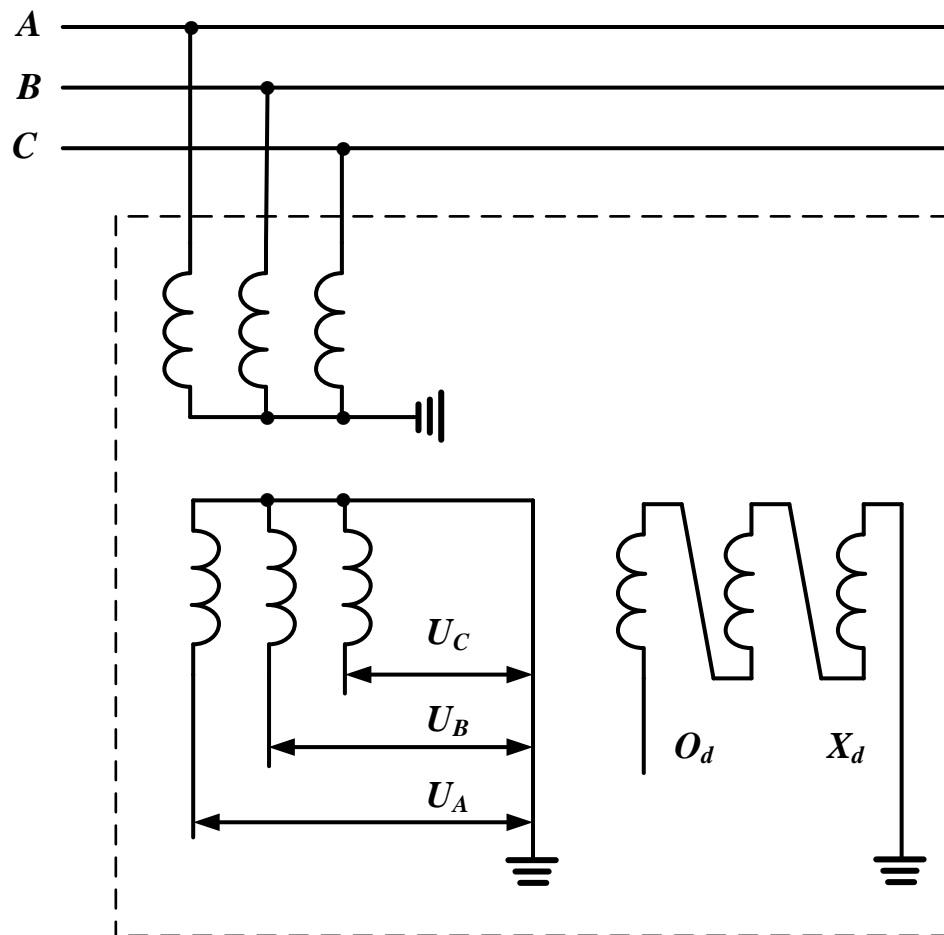


Рисунок 1.8 – Схема з'єднання обмоток трансформатора напруги НТМИ – 10 – 66

Під вторинну обмотку трансформатора напруги включаємо: вольтметр, ватметр, лічильник активної і реактивної енергії.

Дані приладів зведемо в таблицю 1.11.

Розрахуємо величину навантаження вторинної обмотки трансформатора напруги (це потужність приладів і реле, підключених до трансформатора напруги):

$$S_{2p} = \sqrt{I^2 + Q^2} = \sqrt{846,36 + 3091,36} = 62,9 \text{ ВА}$$

Зробимо перевірку обраного трансформатора напруги НТМИ - 10 - 66 з класом точності 0,5.

$$U_{уст} = 10 \text{ кВ} = U_{ном.тн} = 10 \text{ кВ}$$

$$S_{2p} = 62,9 \text{ ВА} < S_{ном.тн} = 120 \text{ ВА} .$$

Таблиця 1.11 - Дані вимірювальних приладів

Найменування приладу	Тип	навантаження, ВА	кількість когуюшок	Cos φ	Кількість приладів	Споживана потужність	
						P, Вт	Q, ВАр
1	2	3	4	5	6	7	8
Вольтметр	Э 337	2,6	1	1	1	2,6	0
Ватметр	Д 585	0,5	2	1	1	1	0
Варметр	Д 335	1,5	2	1	1	3	0
Лічильник активної енергії	САЗУ – И670	1,5	2	0,38	10	11,4	27,8
Лічильник реактивної енергії	СР4У – И673	1,5	2	0,38	10	11,4	27,8
Всього		7,6				29,4	55,6

7. Вибір і перевірка вимикачів навантаження

З метою зниження вартості розподільного пристрою підстанції замість силових невеликої та середньої потужності застосовують вимикачі навантаження, здатні відключати робочі струми ліній, трансформаторів та інших електроприймачів [8].

У цехових ТП і КТП безпосередньо перед трансформаторами встановлюємо вимикачі навантаження, які конструктивно представляють собою комбінацію з запобіжника і вимикаючого пристрою, обладнаних дугогасними камерами.

Вимикючий пристрій, як правило, розраховується на максимальне значення номінального струму запобіжника.

Запобіжники вибираються по номінальному струму, напрузі і відключаючій здатності. Номінальні струми плавких вставок запобіжників ПК вибирають так, щоб виключити помилкове спрацювання запобіжника.

При виборі запобіжника звертають особливу увагу на те, що їх можна застосовувати лише в мережах або установках з напругою, відповідаючою номінальній напрузі запобіжника.

Вибираємо вимикач навантаження типу ВВП – 17 [7] з запобіжником ПК - 10/100. $U_{ном} = 10 \text{ кВ} = U_{уст} = 10 \text{ кВ}$;

$$I_{ном} = 100 \text{ А} > I_{уст} = 79 \text{ А};$$

$$I_{дин.} = 12 \text{ кА} > I_{уд} = 11,2 \text{ кА}.$$

Вибір і перевірку проводимо по [7], каталожні дані використовувались з [8].

1.9 Розрахунок мережі низької напруги

Відповідно до завдання дипломної роботи, докладно розглянемо електропостачання інструментального цеху (по генеральному плану 10) «Електроремонтного заводу».

Вихідні дані електроприймачів цеху наведені в таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 - Дані електроприймачів інструментального цеху

№ по генплану	Найменування електроприймача	Тип	навантаження, $P_{н.}$ кВт	Кількість одиниць	Позначення на плані
1	2	3	4	5	6
1	плоскошліфувальний верстат	ОШ 24Ф11Н	4	3	26, 27, 51
2	Плоскошліфувальний верстат підвищеної точності	ОШ 83	3,6	8	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25
3	Плоскошліфувальний ста-нок	ЗГ 71	2,9	5	29, 35, 52, 53, 166
4	Плоскошліфувальний верстат	ЗД 711АФ11	1,8	7	28, 30,31, 32, 34, 42, 43
5	Плоскошліфувальний верстат	ЗД 711АФ10-1	4,7	2	164,165
6	Токарно - гвинторізний верстат	16К20П	9,8	10	95, 96, 100, 105, 107, 112, 113, 118, 193, 199

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5	6
7	Токарно - гвинторізний верстат	МК6056	12	1	123
8	Токарно - гвинторізний верстат	1Е61МТ	4,6	13	101, 102, 103, 106, 136, 137, 138,139, 231
9	Токарно - гвинторізний верстат	1М63	15,1	4	114, 115, 116, 117
10	Токарно - гвинторізний верстат	1Е61МТ	4,6	5	91, 92, 93, 108
11	Універсально - фрезерний верстат	67К25ПР	5,1	2	128, 224
12	Універсально - фрезерний верстат	FVW315	3,4	5	81, 82, 125, 195, 196
13	Універсально - фрезерний верстат	676	1,8	5	79, 80, 87, 99, 197
14	Універсально - фрезерний консольний верстат	6Н13П	12	1	124
15	Вертикально - фрезерний верстат	6Н13П	13,9	2	60, 97
16	Вертикально - фрезерний верстат	6Н11П	4,8	5	83, 84, 85, 181, 182
17	Вертикально - фрезерний верстат	6Н08П	3	4	86, 87,173,174
18	Вертикально - фрезерний верстат з ЧПУ	FKrSPS-500	17	1	232
19	Горизонтально - фрезерний верстат	6Н62	1,8	2	54, 57
20	Горизонтально - фрезерний верстат	6Н62Г	9,8	4	61, 62, 70, 229
21	Оптико – профілешліфувальний верстат	ПС-165	8,4	3	130, 131, 132
22	Профілешліфувальний верстат з пантографом	PCM-180	17	1	133
23	Круглошліфувальний верстат	105 1ЕВ-61	5	1	45
24	Круглошліфувальний верстат	3А10П	1,37	1	134
25	Координатно-шліфувальний верстат	S50314	6,1	1	129
26	Обдирно-шліфувальний верстат	3М634	1,7	1	6
27	Обдирно-шліфувальний верстат	3Б634	5,4	1	37
28	Внутрішліфувальний верстат	НДУ	8,25	1	40
29	Внутрішліфувальний верстат	3А227	5	1	39
30	Спеціальний заточношліфувальний верстат	НО	1	1	38
31	Координатно-розточний верстат	2А45	2,5	2	34, 127
32	Координатно-розточний верстат	2450	7,2	3	119, 120, 121
33	Радіально-свердлильний верстат	2М55	5,5	1	48
34	Вертикально-свердлильний верстат	2А125	2,9	3	33, 50, 59
35	Вертикально-свердлильний верстат	2Н125	4,5	4	55, 243, 244, 245

Продовження таблиці 1.12

1	2	3	4	5	6
36	Токарні верстати з ЧПУ	OF 2/3	5,5	4	88, 89, 90, 98
37	Універсально-заточний верстат	3А64М	1,75	6	8, 9, 11, 12, 13, 14
38	Довбальний верстат	7А420	3,5	1	104
39	Копіювально-фрезерний верстат	6А463	2,9	1	58
40	Заточувальний верстат	ЗБ667	5,3	4	1, 2, 3, 10
41	Заточувально-полірувальний верстат	36011	2,9	2	4, 5
42	Напівавтомат для заточування дискових сегментів	ЗБ667М	29	1	7
43	Широкоуніверсальний фрезерний верстат	СВМ1ФН	5,7	1	202
44	Кран підвісний електричний	ГОСТ-7890	5,7	4	177, 178, 179, 223
45	Таль електрична	ТЭ-0,5	2,63	3	163, 205, 225
46	Кран-балка	ГОСТ-7890	30,5	1	56
47	Електроерозійний порошковий верстат з цифровою індикацією	4732Ф3	10	4	135, 144, 145, 146
48	Електроіскровий верстат з порошковим електродом	4531	2,5	2	142, 143
49	Прошивальний верстат	4Е723	30	2	139, 140
50	Плавильна піч	ВЧГ-1	1,7	11	46, 47, 49, 168, 169, 170, 171, 181, 182, 183, 184
51	Електропіч опору	СМЗ-85.14	34	11	149, 150, 151, 152, 153, 209, 210, 218, 219, 220, 221
52	Електропіч шахтна	СД1-16.1 2/2	37	8	175, 176, 184, 185, 191, 192, 193
53	Вентилятор витяжний	ВАО-14	7,5	3	майданчик вентиляції
54	Вентилятор витяжний	ВАО-10	5,5	1	майданчик вентиляції
55	Вентилятор витяжний	ВАО-9,5	4	2	майданчик вентиляції
56	Вентилятор витяжний	ВАО-2,4	1,3	2	площадка вентиляції
57	Вентилятор витяжний	ВАО-2,4	1,5	3	майданчик вентиляції
58	Вентилятор витяжний	ПАО-10	5,5	3	майданчик вентиляції
59	Вентилятор витяжний	ПАО-14	7,5	3	майданчик вентиляції

1.9.1. Визначення розрахункового електричного навантаження цеху

Розрахункове силове навантаження інструментального цеху будемо розраховувати за методом впорядкованих діаграм х8ї. Для цього електроприймачі цеху розі-б'ємо на дві характерні групи:

До групи А віднесемо електроприймачі зі змінним графіком навантаження, у яких коефіцієнт використання $K_{и} < 0,6$;

До групи Б віднесемо електроприймачі з практично постійним графіком навантаження, у яких $K_{и} \geq 0,6$.

Отримані при розрахунку дані зведені в таблицю 1.13.

Таблиця 1.13 - Переріз кабельних ліній розподільчої мережі 10 кВ

№ 3/П	Найменування вузлів живлення і груп електроприймачів	кількість електроприймачів, п	Встановлена потужність, приведена до ПВ = 100%		$m = P_{нmax} / P_{нmin}$	коефіцієнт використання, $K_{и}$	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	Середнє навантаження за максимально завантаженою зміну	
			Одного ЕП (найменшого / найбільшого) $P_{н}$, кВт	Загальна $P_{н}$, кВт				$P_{см} = K_{и} \cdot P_{м}$, кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЕП групи А:									
1	Металообробні верстати	134	1/29	501,72	29	0,17	$\frac{0,65}{1,169}$	85,29	99,7
2	Кран-балки, крани, талі електричні	8	2,63/30	61,9	11,4	0,1	$\frac{0,5}{1,732}$	6,19	10,72
3	Електроерозійні, електроіскрові прошивальні верстати	8	2,5/30	105	12	0,35	$\frac{0,6}{1,333}$	36,75	49
4	Електричні печі	30	1,7/37	688,7	21,8	0,5	$\frac{0,95}{0,62}$	344,4	213,23
	Итого по групі А	180	1/37	1356,6	>3	0,35	—	472,6	372,56
ЕП групи Б:									
5	Вентиляція	17	1,5/7,5	82,1	5	0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	53,37	61,575
	Разом по цеху без освітлення	197	1/37	1438,7	—	0,37	—	525,9	434,12
	Освітлювальне навантаження	—	—	43,80	—	—	0,85	—	—

Разом по цеху	197	—	1482,5	—	—	—	—	—
---------------	-----	---	--------	---	---	---	---	---

Продовження таблиці 1.13

№ з/П	Найменування вузлів живлення і груп електроприймачів	Ефективне число ЕП, n_3	коefficient максимуму, K_M	Максимальне навантаження			Розрахункові струми $I_p / I_{пз, А}$
				$P_M = K_M \cdot P_{см}, кВт$	$Q_M = Q_{см}$ при $n_3 > 10$ $Q_M = 1,1 Q_{см}, n_3 \leq 10$	$S_M,$ кВт	
1	2	11	12	13	14	15	16
ЕП групи А:							
1	Металообробні верстати						<u>0,65</u> 1,17
2	Кран-балки, крани, талі електричні						<u>0,5</u> 1,73
3	Електроерозійні, електроіскрові прошивальні верстати						<u>0,6</u> 1,333
4	Електричні печі						<u>0,95</u> 0,62
	Разом по групі А	73	1,1	519,84	372,56	639,56	<u>923,1</u> 1187,7
ЕП групи Б:							
5	Вентиляція	17	1	53,365	61,57	81,48	<u>117,6</u> 182,8
	Разом по цеху без освітлення	—	—	573,2	434,14	719,0	—
	освітлювальне навантаження	—	—	37,2	—	—	—
	Разом по цеху	—	—	610,44	434,14	749,1	<u>1081,2</u> 1330,4

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

МР.5.8.141.030.ПЗ

Арк

58

розрахункові активна P_M і реактивна Q_M потужності групи електроприймачів зі змінним графіком навантаження визначаються за формулами:

$$P_M = K_M \cdot P_{CM}, \text{ кВт} \quad (1.49)$$

де K_M – коефіцієнт максимуму, визначається за довідковою літературою [8].

Для електроприймачів з практично постійним графіком навантаження $P_M = P_{CM}$ так як $K_M = 1$.

Розрахункове навантаження освітлювальних приладів цеху [10] визначається за встановленою потужністю і коефіцієнтом попиту:

$$P_{P.O} = K_{CO} \cdot P_{H.O}, \text{ кВт} \quad (1.50)$$

де $K_{CO} = 0,85$ (приймається за довідковими даними)

Величина встановленої потужності визначається як:

$$P_{H.O} = F \cdot P_{ПИТ.O}, \text{ кВт} \quad (1.51)$$

де $P_{ПИТ.O}$ – питома щільність освітлювального навантаження для інструментальних цехів, приймається рівною 12 Вт/м^2 , а площа цеху F – визначається з генерального плану підприємства і становить $3650,4 \text{ м}^2$.

$$P_{H.O} = 3650,4 \cdot 12 = 43804,8 \text{ Вт}$$

$$P_{РОЗР.O} = 0,85 \cdot 43,8 = 37,2 \text{ кВт}$$

Повне розрахункове навантаження цеху (з урахуванням освітлення) визначається:

$$S = \sqrt{(P_P + P_{РОЗР.O})^2 + Q_P^2} = \sqrt{610,44^2 + 434,14^2} = 749,1 \text{ кВА}$$

Визначимо розрахунковий струм:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (1.52)$$

де S_P – розрахункове навантаження по групах споживачів.

Піковий струм визначається:

$$I_{ПИК} = I_{П.М} + (I_P - K_{ВИК} \cdot I_{НОМ}),$$

де: $i_{П.М}$, $i_{НОМ}$, $K_{ВИК}$ – відповідно найбільший з пускових струмів двигунів в групі, його номінальний струм і коефіцієнт використання.

а) Споживачі групи А:

										Арк
										60
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

$$I_p = \frac{639,56}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 923,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{Н.МАКС}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,9 \cdot 0,89} = 54 \text{ А}$$

$$I_{\text{ПМ}} = 5 \cdot I_{\text{НОМ}} = 5 \cdot 54 = 270 \text{ А}$$

$$I_{\text{П}} = 270 + (923,1 - 0,1 \cdot 54) = 1188 \text{ А}$$

б) споживачі групи Б:

$$I_p = \frac{81,482}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 117,6 \text{ А}$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 0,95} = 15 \text{ А}$$

$$I_{\text{ПМ}} = 5 \cdot 15 = 75 \text{ А А}$$

$$I_{\text{П}} = 75 + (117,6 - 0,65 \cdot 15) = 183 \text{ А А}$$

Разом по цеху з урахуванням освітлення:

$$I_p = \frac{749,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1081,5 \text{ А}, \quad I_{\text{НОМ}} = 54 \text{ А}, \quad I_{\text{ПМ}} = 270 \text{ А}$$

$$I_{\text{П}} = 270 + (1081,5 - 0,39 \cdot 54) = 1330,44 \text{ А}.$$

1.9.2. Розподіл електроприймачів цеху по пунктах живлення

Електропостачання цеху здійснюється від КТП 9, розташованої в будівлі інструментального цеху. В КТП 9 на виході силових трансформаторів встановлюємо шафи типу ШП з викотними автоматами типу «Електрон» [7].

Від КТП навантаження розподіляється між двома магістральними шинопроводами ШМА - 1 і ШМА - 2. Від ШМА - 1 електроенергія поставляється до навантаження через рубильники типу ЯБПВУ, далі за допомогою кабельних ліній розподіляється по розподільних шафах, а також за двома розподільними пунктами ПР-1 і ПР -2. Далі від ПР, через ШР, за допомогою кабельних ліній живиться навантаження.

						МР.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			61

Від шинопровода ШМА - 2 навантаження живиться за допомогою кабельних ліній через розподільні шафи (ШР). Схема розподільчої мережі інструментального цеху представлена на кресленні.

Всі електроприймачі цеху розподілені по тридцяти чотирьох розподільних шафах (ШР). Розподіл електроприймачів по ШР показаний в таблиці 4 і на плані цеху. Згідно розрахунків, наведених у таблиці 1.13, вибираємо вступний автомат цеху типу «Електрон» Е 16 ВМ – 1600 А.

$$I_{\text{НОРМ.РАСЦ}} = 1600 \text{ А} > I_p = 1330 \text{ А}$$

$$I_{\text{ПЕР}} = 1600 \text{ А}; \quad I_{\text{КЗ}} = 4000 \text{ А} > 1,5 \cdot I_p = 1996 \text{ А}$$

Так як в приміщенні інструментального цеху виникає необхідність переміщення вантажів підвісними кранами, то в цілях зручності і проведення безпечних робіт кранами, електроприймачі живляться проводами і кабелями, прокладеними в сталевих електрозварених трубах в підлозі, а також застосовується прокладка кабелів від ШР в кабельних каналах.

Так як ШМА розташований на висоті 3-х метрів, то рекомендується установка захисної апаратури в більш зручному та доступному місці. У відгалужувальних коробках ШМА встановлюється роз'єднувач, а на вводі ШР встановлюється рубильник із запобіжниками. В якості розподільної шафи використовуємо шафу типу ШР - 11 - 73.

Розподіл електроприймачів по ШР представлено в таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 - Розподіл електроприймачів по ШР цеху

Номер ШР	Номер електроприймача за планом	Номер ШР	Номер електроприймача за планом
1	2	3	4
ШР – 1	28, 31, 32, 38, 50, 104	ШР – 19	94, 108, 177
ШР – 2	15, 20, 21, 88, 89	ШР – 20	29, 30, 34, 164, 165, 166
ШР – 3	33, 56, 119	ШР – 21	37, 39, 40, 58, 128, 243
ШР – 4	6, 34, 42, 135	ШР – 22	86, 87, 173, 174, 224
ШР – 5	13, 14, 79, 80, 229	ШР – 23	95, 96, 107, 111, 245

Продовження таблиці 1.14

1	2	3	4
ШР – 6	35, 52, 53, 120, 121, 133	ШР – 24	112, 113, 118, 193, 199
ШР – 7	54, 55, 62, 70, 99	ШР – 25	57, 59, 124, 225
ШР – 8	81, 82, 125, 195, 196, 205	ШР – 26	4, 5, 145, 146, 223
ШР – 9	142, 143, 144	ШР – 27	139, 140, 202, 178
ШР – 10	9, 8, 11, 12, 134, 232	ШР – 28	60, 97, 153, 179, 209
ШР – 11	81, 82, 83, 09	ШР – 29	1, 2, 3, 10, 163
ШР – 12	84, 85, 98, 129	ШР – 30	46, 47, 49, 168, 169, 175, 176, 210
ШР – 13	7, 101, 102, 231	ШР – 31	170, 171, 181, 182, 183, 218, 221
ШР – 14	103, 106, 130, 132, 136	ШР – 32	145, 150, 151, 152, 185, 219
ШР – 15	45, 131, 137, 138, 139	ШР – 33	153, 191, 192, 193, 209, 210, 220
ШР – 16	16, 17, 18, 19, 234, 235	ШР – 34	Вентиляція
ШР – 17	25, 26, 27, 236, 237	ШР – 35	105, 123, 197, 223, 224
ШР – 18	91, 92, 93, 114, 115, 116, 117		

Для вибору захисної апаратури і кабелів від ШМА до ШР, методом впорядкованих діаграм розрахуємо навантаження по кожному ШР окремо.

Результати розрахунків зведені в таблицю 1.15.

Таблиця 1.15 - Зведена таблиця навантажень цеху

ШР	Найменування вузлів споживання і груп електроприймачів	Кількість електроприймачів, п	Встановлена потужність, приведена до ПВ=100%		$m = P_{\text{тmax}} / P_{\text{тmin}}$	Коефіцієнт використання, $K_{\text{в}}$	$\frac{\cos \varphi}{\text{tg} \varphi}$	Середнє навантаження за максимально завантаженою зміну		Ефективне число ЕП, n_3	Коефіцієнт максимуму, $K_{\text{м}}$	Максимальне навантаження			Розрахункові струми $I_{\text{р}} / I_{\text{н}}, A$
			Одного ЕП (найменшого / найбільшого) $P_{\text{н}}, \text{кВт}$	Загальна $P_{\text{н}}, \text{кВт}$				$P_{\text{см}} = K_{\text{в}} \cdot P_{\text{м}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \varphi, \text{кВар}$			$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}}$ при $n_3 > 10$	$Q_{\text{м}} = 1,1 Q_{\text{см}}, n_3 \leq 10$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Група А-металообробні верстати	6	$\frac{1}{2,9}$	10,3	>3	0,14	$\frac{0,6}{1,33}$	1,44	1,92	6	2,64	3,8	2,11	4,4	$\frac{6,28}{37,4}$

Продовження таблиці 1.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	Група А-металообробні верстати	5	$\frac{3,6}{5,5}$	21,8	>3	0,14	$\frac{0,6}{1,33}$	3,05	4,06	5	2,87	8,76	4,5	9,8	$\frac{14,2}{86,4}$
	РАЗОМ по рубильнику № 1 (ЯБПВУ)	11	$\frac{1}{5,5}$	32,1	—	0,2	—	4,49	5,98	—	—	12,5	6,58	14,2	$\frac{20,5}{91,9}$
3	Група А-металообробні верстати	2	$\frac{2,9}{7,2}$	10,1	—	0,14	$\frac{0,6}{1,33}$	1,41	1,88	—	—	—	—	—	—
	Кран-болка ПВ=100%	1	30,5	30,5	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	1,83	2,43	—	—	—	—	—	—
	РАЗОМ по ШР № 3	3	$\frac{2,9}{30,5}$	40,6	>3	0,8	—	3,24	4,32	3	3,64	11,8	4,75	12,7	$\frac{18,4}{413}$
4	Група А-металообробні верстати	3	$\frac{1,7}{1,8}$	5,3	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	0,74	1,28	—	—	—	—	—	—
	Електроерозійний прошивний верстат	1	10	10	—	0,2	$\frac{0,7}{1,02}$	2	2,04	—	—	—	—	—	—
	РАЗОМ по ШР № 4	4	$\frac{1,7}{10}$	15,3	>3	0,18	—	2,74	3,32	4	2,84	7,79	3,66	8,6	$\frac{12,4}{49,1}$
5	Група А-металообробні верстати	5	$\frac{1,75}{9,8}$	16,9	>3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,37	4,09	—	2,87	6,8	4,5	8,15	$\frac{11,8}{108}$
7	Група А-металообробні верстати	5	$\frac{1,8}{9,8}$	27,7	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,88	6,71	—	—	—	—	—	—
8	Група А-металообробні верстати	5	$\frac{3,4}{4,8}$	19,8	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,74	4,79	—	—	—	—	—	—
	Таль електрична	1	3	3	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,18	0,31	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР – 8	6	$\frac{3}{4,8}$	21,8	<3	0,14	—	2,95	5,1	6	2,64	7,79	5,6	9,6	$\frac{13,9}{138}$
	ВСЬОГО по ШР – 7 і ШР – 8	11	$\frac{1,8}{9,8}$	49,5	>3	0,14	—	6,87	11,8	10	2,1	14,4	1,81	18,65	$\frac{26,9}{151}$
6	Група А-металообробні верстати	6	$\frac{2,9}{17}$	32,9	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	4,61	7,97	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 6 і ШР № 7 ШР № 8	17	$\frac{1,8}{17}$	82,4	>3	0,14	—	11,4	19,78	5	2,87	32,94	19,8	38,42	$\frac{55,5}{282,9}$
	ВСЬОГО по РП – 1	29	$\frac{1,7}{30,5}$	155,2	>3	0,13	—	19,8	31,46	24	1,55	30,71	31,46	43,96	$\frac{64,5}{456,1}$
9	Група А-електроіскрові прошивальні верстати	3	$\frac{2,5}{10}$	15	>3	0,2	$\frac{0,7}{1,02}$	3	3,1	3	2,87	8,61	3,37	9,24	$\frac{30,2}{93,4}$
10	Група А-металообробні верстати	6	$\frac{1,75}{17}$	25,37	>3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,55	6,14	3	3,54	12,55	6,76	14,25	$\frac{20,6}{247}$

Продовження таблиці 1.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ВСЬОГО по рублинику № 3 (ЯБПВУ)	9	$\frac{1,75}{17}$	40,4	>3	0,16	—	6,55	9,21	4	3,11	20,38	10,13	22,75	$\frac{32,8}{258,5}$
11	Група А-металооб-робні верста-ти	4	$\frac{4,8}{5,5}$	19,9	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,79	4,82	4	3,11	8,66	5,3	10,16	—
12	Група А-металооб-робні верстат	4	$\frac{4,8}{6,1}$	21,2	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,97	5,14	4	3,11	9,23	5,65	10,82	$\frac{15,6}{112}$
	ВСЬОГО по рублинику № 4 (ЯБПВУ)	8	$\frac{4,8}{6,1}$	41,1	<3	0,14	—	5,75	9,96	8	2,31	13,3	10,95	17,22	$\frac{24,9}{121,3}$
34	Група Б- вен-тиляція	17	$\frac{1,3}{7,5}$	80,6	>3	0,65	$\frac{0,8}{0,75}$	52,93	39,29	17	1	52,4	39,29	65,49	$\frac{94,5}{186,6}$
	ВСЬОГО по рублинику № Д (ЯБПВУ)	34	$\frac{1,75}{7,5}$	162,1	>3	0,4	—	65,25	58,45	34	1,17	76,33	58,45	96,14	$\frac{138,8}{234,1}$
13	Група А-металооб-робні верстат	4	$\frac{4,6}{29}$	42,8	>3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	5,99	10,37	4	3,11	18,65	11,4	21,86	$\frac{31,6}{508}$
14	Група А-металооб-робні верстат	5	$\frac{4,6}{8,4}$	30,6	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	4,28	7,41	5	2,87	12,3	8,15	14,76	$\frac{21,3}{150}$
15	Група А-металооб-робні верстат	5	$\frac{4,6}{8,4}$	27,2	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,81	6,59	5	2,87	10,93	7,25	13,11	$\frac{18,9}{148}$
16	Група А-металооб-робні верстат	6	$\frac{3,6}{4,6}$	23,6	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,30	5,72	6	2,64	8,72	6,29	10,75	—
17	Група А-металооб-робні верстат	6	$\frac{3,6}{4,6}$	24,8	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,47	6,01	6	2,64	9,17	6,61	11,3	$\frac{16,3}{69,6}$
18	Група А-металооб-робні верстат	7	$\frac{4,6}{15,1}$	74,2	>3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	10,39	17,97	5	2,87	29,81	19,77	35,77	$\frac{51,6}{24,71}$
19	кран підвісний	1	5,7	5,7	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,432	0,455	—	—	—	—	—	—
	Група А-металооб-робні верстат	2	4,6	9,2	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	1,29	2,23	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 19	3	$\frac{4,6}{5,7}$	14,9	<3	0,11	—	1,63	2,68	3	3,65	5,95	2,95	6,64	$\frac{9,6}{94,4}$

Продовження таблиці 1.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	ВСЬОГО по ПР № 2	36	$\frac{3,6}{29}$	238,1	>3	0,14	—	34,17	56,74	26	1,55	52,96	56,74	74,9	$\frac{108,1}{207,6}$
20	Група А- металообробні верстати	6	$\frac{1,8}{4,7}$	18,8	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,63	4,55	6	2,64	6,95	5,01	8,57	$\frac{12,4}{66,5}$
21	Група А- металообробні верстати	6	$\frac{2,9}{8,25}$	32,45	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	4,54	7,86	6	2,64	12,07	8,65	15,39	$\frac{22,2}{120,5}$
22	Група А- металообробні верстати	5	$\frac{3}{4,5}$	1,56	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,31	3,996	5	2,87	6,63	4,4	7,95	$\frac{11,5}{64,8}$
23	Група А- металообробні верстати	5	$\frac{4,5}{9,8}$	43,7	<3	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	6,12	10,58	5	2,87	17,56	11,64	21,1	$\frac{30,4}{176,4}$
24	Група А- металообробні верстати	5	9,8	49	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	6,86	11,87	5	2,87	19,69	13,05	23,62	$\frac{34,1}{180,1}$
	ВСЬОГО по ШМА-1	126	$\frac{1,7}{30,5}$	715,8	>3	0,2	—	141,7	185,5	47	1,25	177,1	185,5	256,5	$\frac{370,2}{757,8}$
25	Група А- металообробні верстати	3	$\frac{1,8}{12}$	16,7	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,34	4,05	—	—	—	—	—	—
	Таль електрич- на	1	2,63	2,63	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,16	0,27	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 25	4	$\frac{1,8}{12}$	19,3	>3	0,13	—	2,49	4,32	3	3,43	8,56	4,75	9,79	$\frac{14,1}{195,3}$
26	Група А- металообробні верстати	2	2,9	5,8	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	0,81	1,41	—	—	—	—	—	—
	Електроерозій- ний прошив- ний верстат	2	10	20	—	0,2	$\frac{0,7}{1,02}$	4	4,08	—	—	—	—	—	—
	Підвісний кран	1	5,7	5,7	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,34	0,46	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 26	5	$\frac{2,9}{10}$	31,5	>3	0,15	—	4,81	5,49	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 25 та ШР № 26	9	$\frac{1,8}{12}$	50,83	>3	0,14	—	7,31	9,8	6	2,64	19,29	10,78	22,1	$\frac{31,9}{2139}$
27	Група А- металообробні верстати	1	5,7	5,7	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	0,8	1,38	—	—	—	—	—	—
	Прошивальні верстати	2	30	60	—	0,2	$\frac{0,6}{1,33}$	12	16	—	—	—	—	—	—

Продовження таблиці 1.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Підвісний кран	1	5,7	5,7	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,342	0,455	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 27	4	$\frac{5,7}{30}$	71,4	>3	0,18	—	13,14	17,8	3	2,84	38,1	19,57	42,8	$\frac{61,8}{447}$
	ВСЬОГО по рубильнику № 5 (ЯБПВУ)	13	$\frac{1,8}{30}$	122,2	>3	0,19	—	22,94	27,6	7	2,1	48,18	27,6	55,53	$\frac{80,2}{465}$
28	Група А-металообробні верстати	2	13,9	27,8	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,89	6,73	—	—	—	—	—	—
	Електропечі опору	2	34	68	—	0,5	$\frac{0,85}{0,6}$	34	20,4	—	—	—	—	—	—
	Підвісний кран	1	5,7	5,7	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,34	0,455	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 28	5	$\frac{5,7}{34}$	101,5	>3	0,38	—	38,23	27,6	5	1,66	63,47	30,35	70,35	$\frac{101}{242}$
29	Група А-металообробні верстати	4	5,3	21,2	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	2,97	5,14	—	—	—	—	—	—
	Таль електрична	1	2,63	2,63	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,16	0,27	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 29	5	$\frac{2,63}{5,3}$	23,83	<3	0,13	—	3,13	5,35	5	2,87	8,97	5,88	10,73	$\frac{15,5}{92,5}$
35	Група А-металообробні верстати	3	$\frac{5,1}{12}$	26,9	—	0,14	$\frac{0,5}{1,73}$	3,77	6,51	—	—	—	—	—	—
	Підвісний кран	1	5,7	5,7	—	0,06	$\frac{0,6}{1,33}$	0,34	0,46	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 35	4	$\frac{5,1}{12}$	32,6	<3	0,13	—	4,11	6,97	4	3,11	12,78	7,67	14,9	$\frac{21,5}{202}$
	ВСЬОГО по ШР № 29 ШР № 35	9	$\frac{2,63}{12}$	56,43	>3	0,13	—	7,23	12,31	8	2,31	16,71	8,43	18,72	$\frac{27}{208,2}$
	ВСЬОГО по рубильнику № 6 (ЯБПВУ)	14	$\frac{2,63}{34}$	157,9	>3	0,29	—	45,47	39,9	9	1,65	75,02	39,9	84,97	$\frac{122,7}{266,8}$
30	Група А-плавильні печі	5	1,7	8,5	—	0,5	$\frac{0,8}{0,75}$	4,25	3,19	—	—	—	—	—	—
	Електричні печі опору	3	$\frac{34}{37}$	108	—	0,7	$\frac{0,95}{0,33}$	75,6	24,95	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 30	8	$\frac{1,7}{37}$	116,5	>3	0,68	—	79,85	28,14	4	1,29	103	28,9	107	$\frac{150,2}{313,2}$

Продовження таблиці 1.15

					MP.5.8.141.030.ПЗ										Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата											67

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
31	Група А-плавильні печі	5	1,7	8,5	—	0,5	$\frac{0,8}{0,75}$	4,25	3,19	—	—	—	—	—	—
	Електричні печі опору	2	34	68	—	0,7	$\frac{0,95}{0,33}$	47,6	15,71	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 31	7	$\frac{1,7}{34}$	76,5	>3	0,68	—	51,85	18,9	5	1,26	65,3	20,8	68,56	$\frac{99}{297}$
32	Група А-плавильні печі	1	1,7	1,7	—	0,5	$\frac{0,8}{0,75}$	0,85	0,64	—	—	—	—	—	—
	Електричні печі опору	6	$\frac{34}{37}$	207	—	0,7	$\frac{0,95}{0,33}$	144,9	47,82	—	—	—	—	—	—
	ВСЬОГО по ШР № 32	7	$\frac{1,7}{37}$	208,7	>3	0,69	—	145,8	48,4	4	1,29	188,0	53,3	195,4	$\frac{282,1}{846}$
33	Група А- електричні печі опору	7	$\frac{34}{37}$	247	<3	0,7	$\frac{0,95}{0,33}$	172,9	57,06	7	1,21	209,2	62,76	—	$\frac{315,3}{946}$
	ВСЬОГО по ШМА-2	56	$\frac{1,7}{37}$	757,7	>3	0,42	—	—	—	41	1,15	367,9	211,5	424,4	$\frac{612,6}{988}$

На підставі отриманих розрахунків робимо вибір ШР і провідників від ШМА і ПР до ШР.

Вибір кабелів проводимо за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{М}}}{k_{\text{ПР}}}, \quad (1.53)$$

де $I_{\text{М}}$ – розрахунковий струм ШР;

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт прокладки.

Вибір запобіжників в рубильниках проводимо за умовою:

$$I_{\text{н.всст}} \geq \frac{I_{\text{пик}}}{2,5}, \quad (1.54)$$

де $I_{\text{пик}} = I_{\text{п.макс}} + (I_{\text{р}} - K_{\text{вик}} \cdot I_{\text{н.макс}})$ – піковий струм;

$I_{\text{п.макс}}$ и $I_{\text{н.макс}}$ – найбільший пусковий і номінальний струми електродвигуна в групі, які визначаються як:

$$I_{\text{н.макс}} = \frac{P_{\text{н.макс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

$I_{\text{п.макс}} = 7 \cdot I_{\text{н.макс}}$ – для плавильних і електричних печей опору

Розрахункові і пікові струми занесені в таблицю 1.15, колонка 16.

Обрані кабелі, запобіжники і рубильники зведемо в таблицю 1.16. На термічну стійкість кабелі не перевіряємо з тієї причини, що час спрацьовування запобіжника дуже малий, і за цей час кабель не встигне нагрітися до критичної температури. Для живлення ПР і ШР використовуємо кабель типу НРГ з гумовою маслостійкою оболонкою, тому не поширюється горіння.

Таблиця 1.16 - Вибрані кабелі, запобіжники і рубильники

Найменування ділянки мережі живлення	S_m, kVA	I_m, A	Довжина лінії, L, м	I_r, A	Марка кабелю за умовою допустимого нагріву	$I_{\text{доп}}, \text{A}$	Тип запобіжника (автомат)	$I_{\text{н. плавкої вставки}}, \text{A}$
і	2	3	4	5	6	7	8	9
ШР-1 – ШМА-I	4,35	6,28	16,4	37,4	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	40
ШР-2 – ШМА-I	13,21	19,1	16,6	94,6	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	40
ШР-3 – ПР-1	12,726	18,4	18,8	142,8	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	60
ШР-4 – ПР-1	8,603	12,4	7	49,1	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПНП-60	25
ШР-5 – ПР-1	8,15	11,8	5,3	107,5	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	40
ШР-7, ШР-8 – ШР-6	18,65	26,9	4,4	150,7	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	60
ШР-6 – ПР-1	38,42	55,5	14	281,9	НРГ(3x10+1x6)	80	ПН-2-250	120
ПР-1 – ШМА-I	43,96	64,5	10,2	456,1	НРГ(3x10+1x6)	80	ПН-2-250	200
ШР-9 – ЗЯБПВУ	19,22	30,3	2,8	93,4	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	80
ШР-10 – ЗЯБПВУ	14,25	20,6	3	247	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	100
ЗЯБПВУ – Д ЯБПВУ	22,75	38,2	19	258	НРГ(3x6+1x4)	50	ПН-2-100	100
ШР-12 – ШР-11	10,82	15,6	5,4	112	НРГ(3x4+1x2,5)	41	—	—
ШР-11 – Д ЯБПВУ	17,22	24,9	12	121,3	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	50
ШР-34 – Д ЯБПВУ	65,5	94,5	7,6	186,6	НРГ(3x25+1x16)	140	ПН-2-250	80
Д ЯБПВУ – ШМА-I	96,14	138,8	3,5	334,1	НРГ(3x35+1x25)	145	ПН-2-250	200
ШР-13 – ПР-2	21,83	31,6	26	508,1	НРГ(3x6+1x4)	50	ПН-2-250	120
ШР-14 – ПР-2	14,76	21,3	20	150,3	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	60
ШР-15 – ПР-2	13,13	18,9	11,4	147,9	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	60
ШР-16 – ПР-2	10,75	15,5	7	68,8	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	30
ШР-17 – ПР-2	11,3	16,3	3	69,6	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	30
ШР-18 – ПР-2	35,78	51,6	7	247,1	НРГ(3x10+1x6)	80	ПН-2-100	100

Продовження таблиці 1.16

ШР-19 – ПР-2	6,642	9,6	13	94,4	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	40
ПР-2 – ШМА-I	74,9	108,1	16	207,6	НРГ(3x25+1x16)	140	ПН-2-250	80
ШР-21 – ШМА-I	15,38	22,2	7	120,5	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	60
ШР-22 – ШМА-I	7,95	11,5	4,6	64,8	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	30
ШР-23 – ШМА-I	21,07	30,4	3	176,4	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-250	80
ШР-24 – ШМА-I	23,62	34,1	2	180,1	НРГ(3x6+1x4)	50	ПН-2-250	80
ШМА-I	256,5	370,2	60	757,8	ШМА 3 (40x4)	625	Э10МБ	1200
ШР-20 – ШМА-I	8,56	12,4	4	66,5	НРГ(3x4+1x2,5)	41	ПН-2-100	30
ШР-25 – ШР-26	9,79	14,1	6	195,3	НРГ(3x4+1x2,5)	41	—	—
ШР-26 – 5 ЯБПВУ	22,1	31,9	2	212,9	НРГ(3x6+1x4)	50	—	—
ШР-27 – 5 ЯБПВУ	42,79	61,8	6	446,7	НРГ(3x10+1x6)	80	—	—
5 ЯБПВУ – ШМА-II	55,26	80,2	7	464,6	НРГ(3x16+1x10)	100	ПН-2-250	200
ШР-28 – 6 ЯБПВУ	70,35	101,5	7	242,3	НРГ(3x25+1x16)	140	—	—
ШР-29 – ШР-35	10,73	15,5	6	92,5	НРГ(3x4+1x2,5)	41	—	—
ШР-35 – 6 ЯБПВУ	18,72	27	12	28,2	НРГ(3x4+1x2,5)	41	—	—
6 ЯБПВУ – ШМА-II	84,97	122,7	6	266,8	НРГ(3x25+1x16)	140	ПН-2-250	100
ШР-30 – ШМА-II	72,3	104,4	2	313,2	НРГ(3x25+1x16)	140	ПН-2-250	120
ШР-31 – ШМА-II	68,56	99	3	296,9	НРГ(3x25+1x16)	140	ПН-2-250	120
ШР-32 – ШМА-II	195,43	282,1	4	846,3	НРГ(3x120+1x70)	385	ПН-2-400	350
ШР-33 – ШМА-II	218,42	315,3	9	945,8	НРГ(3x150+1x70)	440	ПН-2-400	350
ШМА-II	424,41	612,6	45,2	987,7	ШМА 3 (40x4)	625	Э10МБ	1200
ЩО-1 – КТП	14,6	21,1	13	—	НРГ(3x2,5+1x1,5)	30	А3710Б	40
ЩО-2 – КТП	14,6	21,1	14,5	—	НРГ(3x2,5+1x1,5)	30	А3710Б	40
ЩО-3 – КТП	14,6	21,1	31	—	НРГ(3x2,5+1x1,5)	30	А3710Б	40
ЩО-4 – КТП	14,6	21,1	39	—	НРГ(3x2,5+1x1,5)	30	А3710Б	40

Типи розподільних пристроїв:

ШР - ШРС-1-21 - розподільні шафи;

ЯБПВУ-4 - тип рубильника;

ПР - БПВ-2 - тип розподільних пунктів.

1.9.3. Вибір силової розподільної мережі і апаратів управління та захисту

									Арк
									70
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	МР.5.8.141.030.ПЗ				

Вибір апаратів захисту і управління окремих електроприймачів докладно розглянемо на прикладі одного ШР - ШР-6 [10]. Результати вибору зведені у вигляді таблиці 1.17. Для інших ШР зробимо вибір силової розподільної мережі і результати показані у вигляді таблиці 1.18.

Живлення електроенергією окремих електроприймачів від ШР здійснюється проводами, прокладеними в сталевих трубах в підлозі. Для живлення споживачів вибираємо провід марки АПРТО з алюмінієвими жилами і з гумовою ізоляцією в оплітці з бавовняної пряжі, просоченої протигнільним складом. Він використовується в сухих і сирих приміщеннях, в пожежних зонах всіх класів і в складських пожежонебезпечних зонах.

Вибір провідників від ШР до електроприймачів проводимо за умовою:

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{М}}}{k_{\text{ПОПР}}},$$

де $k_{\text{ПОПР}}$ – поправковий коефіцієнт, що враховує кількість проводів, прокладених в одній трубі.

Переріз провідників цехової мережі вибирається по розрахунковому току навантаження таким чином, щоб при струмах навантаження, відповідних роботі в тривалому режимі і умов нормованої для них температури середовища, не перегрівалися б понад допустимих меж.

Так як всі електроприймачі цеху захищені плавкими запобіжниками (час спрацьовування яких $t_{\text{ср}} = 0,005$ с), провуда не потребують перевірки на термічну стійкість струмів короткого замикання.

Таблиця 1.18 - Вибір силової і розподільної мережі цеху і захисної апаратури

Номер та тип ШР	Номер ЕП за планом цеху	$I_{\text{н}}$, А	$I_{\text{п}}$, А	Тип запобіжника	$I_{\text{н.пл.вст.}}$, А	діаметр труби (дюйм)	Тип і розтин провідника
1	2	3	4	5	6	7	8
ШР № 1 ШРС-1-21	28, 31, 32	3,7	22,2	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	50	5,8	31,9	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	104	7,7	53,9	НПН – 60	25	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)

Продовження таблиці 1.18

1	2	3	4	5	6	7	8
ШР № 2 ШРС-1-21	12	3,7	22,2	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	20, 21	7,7	53,9	ПН-2-100	30	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	88, 89	12	84	ПН-2-100	40	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
ШР № 3 ШРС-1-21	33	5,8	31,9	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	56	57	399	ПН-2-250	150	1	АПРТО-500, 3(1x10)
	119	14,5	101,5	ПН-2-100	40	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 4 ШРС-1-21	34	5,8	37,7	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	42	3,7	31,9	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	119	20,6	61,9	ПН-2-100	30	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
ШР № 5 ШРС-1-21	13, 14	3,9	19,5	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	79, 80	5,8	37,7	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	229	19,8	148,7	ПН-2-100	60	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
ШР № 6 ШРС-1-21	35, 52, 53	5,8	37,7	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	120, 121	5,8	37,7	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	133	33	231	ПН-2-100	100	1	АПРТО-500, 3(1x10)
ШР № 7 ШРС-1-21	54, 99	5,8	37,7	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	62, 70	19,5	117	ПН-2-100	50	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	55	9,4	76,4	ПН-2-100	40	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 8 ШРС-1-21	81, 82, 125, 126, 2	7,7	53,9	ПН-2-100	30	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	205	6,1	33,5	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 9 ШРС-1-21	142, 14	5,2	15,5	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	144	14,6	68,9	ПН-2-100	80	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
ШР № 10 ШРС-1-21	232	33	231	ПН-2-100	100	3/4	АПРТО-500, 3(1x10)
	134	3,5	24,5	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	8, 9, 11, 12	4,2	29,4	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 11 ШРС-1-21	181, 182, 183	10,1	70,7	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	91	9,1	59,1 5	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 13 ШРС-1-21	101,102, 231	10,1	70,7	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	7	57	399	ПН-2-250	150	1	АПРТО-500, 3(1x16)

Продовження таблиці 1.18

					МР.5.8.141.030.ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			72

1	2	3	4	5	6	7	8
ШР № 12 ШРС-1-21	129	12,49	93,675	ПН-2-100	40	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	84, 85	10,1	70,7	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	98	12,7	75,35	ПН-2-100	40	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
ШР № 14 ШРС-1-21	103, 106, 136	10,1	70,7	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	130, 132	18,8	131,6	ПН-2-100	50	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
ШР № 15 ШРС-1-21	131, 138, 139	9,1	54,6	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	132	17,1	128,2	ПН-2-100	50	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	45	11,3	56,5	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 16 ШРС-1-21	234, 235	9,1	54,6	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	16, 17, 18, 19	7,7	53,9	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 17 ШРС-1-21	236, 237	9,1	54,6	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	26, 27, 51	8	56	НПН – 60м	25	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	25	7,7	53,9	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 18 ШРС-1-21	91, 92, 93	9,1	54,6	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	114,115,116, 117	28,5	199,5	ПН-2-100	80	3/4	АПРТО-500, 3(1x6)
ШР № 19 ШРС-1-21	94, 108	9,1	54,6	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	177	13	78	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 20 ШРС-1-21	29, 166	6,8	34	НПН – 15	15	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	30, 34	4,2	24,4	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	164, 165	10,1	70,7	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 21 ШРС-1-21	37	11	77	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	39	11,3	56,5	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	40	17,1	128,2	ПН-2-100	50	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	58	6,6	46,2	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	128	10,1	70,7	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	243	11,3	56,5	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 22 ШРС-1-21	86, 87, 173, 17	6,1	42,7	НПН – 60м	20	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	224	9,4	96,4	ПН-2-100	40	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 23 ШРС-1-21	95, 96, 107, 11	19,5	117	ПН-2-100	50	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	245	9,4	96,4	ПН-2-100	40	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)

Продовження таблиці 1.18

					МР.5.8.141.030.ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			73

1	2	3	4	5	6	7	8
ШР № 34 ШРС-1-21	Вентиляторы 6 шт	14,5	101,5	ПН-2-100	40	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	Вентиляторы 4 шт	11	77	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	Вентиляторы 2 шт	8,3	58,1	НПН – 60м	25	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	Вентиляторы 2 шт	2,68	18,7	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	Вентиляторы 3 шт	3,5	24,5	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
ШР № 35 ШРС-1-21	105	19,83	148,7	ПН-2-100	60	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	224	13,6	74,8	ПН-2-100	30	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	123	17,1	128,2	ПН-2-100	60	3/4	АПРТО-500, 3(1x4)
	197	4,2	24,4	НПН – 15	10	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)
	223	5,2	15,5	НПН – 15	6	1/2	АПРТО-500, 3(1x2,5)

1.9.4. Розрахунок струмів короткого замикання в мережі до 1000 В

Розрахунок струмів короткого замикання [4] в мережі до 1000 В має наступні особливості:

1. Потужність системи (SC) приймається нескінченню, тобто напруга на шинах підстанції вважається незмінною.
2. Враховуються активні і індуктивні опори всіх елементів мережі до точки короткого замикання.
3. Розрахунок ведемо в іменованих одиницях.
4. Напруга приймається на 5 % вище номінальної ($U=400$ В при $U=380$ В)

$$I_K = I'' = I_\infty = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_\Sigma} \text{ кА}, \quad I_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K \quad (1.55)$$

де Z_Σ – сумарний опір до точки короткого замикання, проводимо до найбільш віддаленого електроприймача.

Зробимо розрахунок опору елементів схеми заміщення, зображеної на рисунку 1.10.

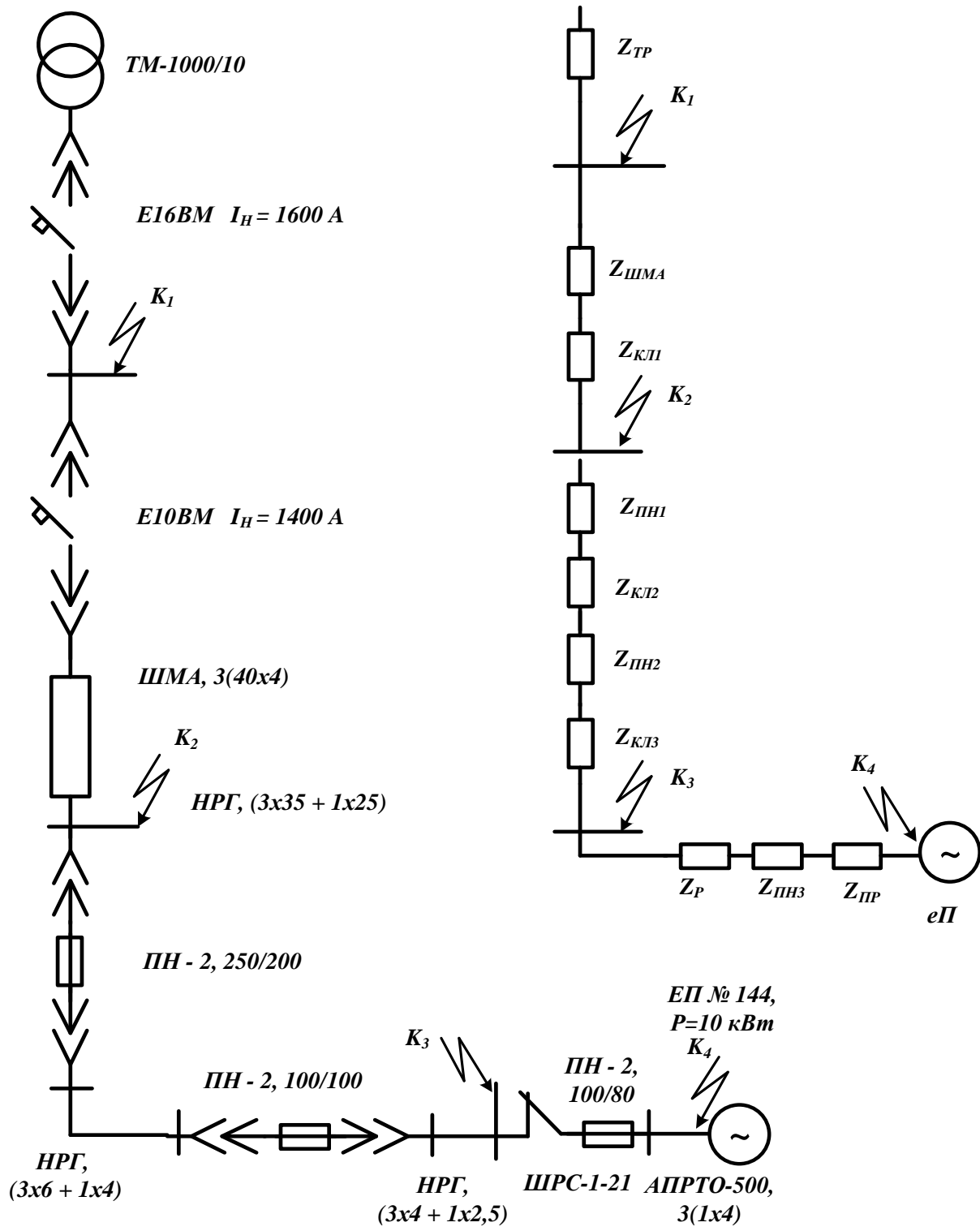


Рисунок 1.10 – Розрахункова (а) і схема заміщення (б) електричної мережі до 1000 В.

Опір трансформатора ТМ – 1000/10.

Визначимо струм короткого замикання в точці **К₄**.

Сумарний опір до точки короткого замикання **К₄**

$$Z_{\Sigma 4} = \sqrt{r_{\Sigma 4}^2 + x_{\Sigma 4}^2} \quad ,$$

$$r_{\Sigma 4} = r_{\Sigma 3} + r_p + r_{\text{ПНЗ}} + r_{\text{ПР}};$$

$$x_{\Sigma 4} = x_{\Sigma 3} + x_{\text{ПР}},$$

$r_p = 0,0002$ Ом – опір ножів рубильника ШР,

опір запобіжників ПН-2-100, $I_{\text{н.вст.}} = 80$ А, $r_{\text{ПНЗ}} = 0,002$ Ом,

Опір з'єднувальних проводів АПРТО-500 3(1x4),

$$r_{\text{ПР}} = r_0 \cdot L_{\text{ПР}} = 7,9 \cdot 0,005 = 0,0395 \text{ Ом}$$

$$x_{\text{ПР}} = x_0 \cdot L_{\text{ПР}} = 0,1 \cdot 0,005 = 0,0005 \text{ Ом},$$

$$r_{\Sigma 4} = 0,218 + 0,0002 + 0,002 + 0,0395 = 0,26 \text{ Ом},$$

$$x_{\Sigma 3} = 0,0217 + 0,0005 = 0,0222 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma 4} = \sqrt{0,26^2 + 0,0222^2} = 0,261 \text{ Ом},$$

$$I_K = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,261} = 0,885 \text{ кА}$$

$$x/r = 0,08, \quad K_y = 1, \quad I_y = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,885 = 1,252 \text{ кА}.$$

Ввідний автомат «Електрон»Э16МВ

$$i_{\text{дин}} = 84 \text{ кА} > i_y = 55,54 \text{ кА}.$$

Відхідний автомат на шинах ШМА-1 Э10МВ

$$i_{\text{дин}} = 84 \text{ кА} > i_y = 55,54 \text{ кА}.$$

Перевірка ШМА-1 3(40x4)

$$i_{\text{дин}} = 25 \text{ кА} > i_y = 15,017 \text{ кА}.$$

2 Економічна частина

Метою даної дипломної роботи є розрахунок електропостачання «Електроремонтного заводу». В даному розділі дипломної роботи проводиться розрахунок капітальних вкладень в електрообладнання заводської електромережі [9].

Капітальні вкладення в електрообладнання – це, в першу чергу, вартість самого устаткування і будівельно-монтажних робіт. Вартість будівництва визначається його кошторисом. Кошторис є основним економічним документом, що характеризує межу допустимих витрат на спорудження об'єкта. В кошторисах визначаються грошові, трудові та матеріальні витрати, необхідні для виконання заданого обсягу робіт. У них визначається остаточна і гранична вартість реалізації проекту.

2.1 Кошторис витрат на проектування

Вихідні дані для кошторисно-фінансового розрахунку були взяті на основі укрупнених показників вартості (УПВ) елементів електропостачання, крім того, була використана довідкова література з електропостачання промислових підприємств.

У проектуванні електропостачання електромеханічного заводу беруть участь чотири інженерних працівники: керівник проектного бюро, провідний інженер і 2 інженери. Норма оплати праці даних працівників приведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Дані окладів працівників

Штатна одиниця	Розряд	Коефіцієнт	Оклад, в.о.
1	2	3	4
Керівник	14	6,51	9720
Провідний інженер	12	5,1	7600
Інженер	10	3,99	5270

					МР.5.8.141.030.ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Глушко О.Г				Економічна частина	Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник.	Лебединский					В	80	99
Н. контр.	Єфімов Г.П							
Затверд.	Лебединский							
						СумДУ ЕТмдн-91п		

Розподіл робіт між проектувальниками відображено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Розподіл проектних робіт

№ з/П	Найменування робіт	Виконавець робіт	Терміни виконання робіт
1	2	3	4
1	ТЕО, розподіл робіт	Керівник	2 дні
2	Визначення електричних навантажень до і вище 1000 В	Керівник	20 днів
3	Складання пояснювальної записки	Керівник	6 днів
4	Вибір оптимальної напруги і схеми зовнішнього електропостачання	Провідний інженер	2 дні
5	Вибір внутрішньозаводської схеми електропостачання	Провідний інженер	3 дні
6	Розрахунок струмів К.З. до і вище 1000 В.	Провідний інженер	10 днів
7	Розрахунок релейного захисту	Провідний інженер	25 днів
8	Вибір обладнання	1-й інженер	3 дні
9	Вимірювання і облік електроенергії	1-й інженер	10 днів
10	Розрахунок освітлення	1-й інженер	20 днів
11	Висновок до проекту	1-й інженер	5 днів
12	Креслярські роботи	1-й інженер	7 днів
13	Вибір обладнання ЦРП	2-й інженер	3 дні
14	Розрахунок відхилення напруги і занулення	2-й інженер	20 днів
15	Кошторисно-фінансовий розрахунок системи електропостачання	2-й інженер	15 днів
16	Креслярські роботи	2-й інженер	7 днів

Розрахуємо фонд заробітної плати за відпрацьований час проектування з урахуванням коефіцієнта якості проектування:

Керівник

$$ЗП_p = \frac{9720}{21} \cdot 69 \cdot 1,1 = 35130,8 \text{ від.о}$$

Провідний інженер

Таблиця 2.3 - Розрахунок капітальних витрат

№ З/П	Найменування обладнання	Од. вим.	кіль- кість	Кошторисна вартість одиниці		Загальна вартість	
				Обладнання, тис.від.о.	Монтаж, тис. від.о.	Обладнан- ня, тис. від.о.	Монтаж, тис. від.о.
1	2	3	4	5	6	7	8
	ВРП – 35 кВ						
1	Вимикач У-35-2500	шт.	2	97,08	12,72	194,16	25,44
2	Роз'єднувач РНДЗ-1-35-1000	шт.	6	11,22	1,15	67,32	6,9
3	Розрядники РТ-35/0,8-5	шт.	4	10,2	1,2	20,4	2,4
4	Силові трансформатори ТДН-16000/35	шт.	2	590	198	1180	396
5	Ячейка з ВМП – 10К	шт.	15	9,1	0,32	136,5	4,8
6	Ячейка с ТН	шт.	2	7,8	0,22	15,6	0,44
7	ТСН	шт.	2	33	2,64	66	5,28
	ЗРП – 10 кВ						
8	Шинопровід Б2СР	км.	0,04	104,4	13,6	5,64	0,544
	ЦРП						
9	Ячейка з ВМП – 10К	шт.	3	9,1	0,32	27,3	0,96
10	Шинопровід Б2СР	км.	0,03	104,4	13,6	3,132	0,408
11	ТП – 2х1000	шт.	10	56,37	23,085	563,7	280,85
12	КТП – 2х1000	шт.	8	112,74	46,17	901,92	369,36
13	ККУ – 0,4 6х300; 2х150	шт.	4;5	2,9	0,36	26,1	3,24
14	Електродвигун АД-0,4кВ	шт.	846	3	0,22	2592	190,1
15	Проводи до АД-0,4кВ	км.	6,5	64,5	—	419,28	—
16	Кабельні лінії до ТП	км.	4,373	19,26	—	84,224	—
	Всього:					6303,3	1236,7

Вартість неврахованого устаткування становить 20 % від вартості врахованого обладнання:

$$K_{H.OB} = 0,2 \cdot 6303,3 = 1260,66 \text{ тис.від.о}$$

Вартість монтажних робіт для неврахованого устаткування:

$$K_{M.H.OB} = 0,2 \cdot 1236,7 = 247,34 \text{ тис.від.о}$$

Транспортно-заготівельні роботи складають 8 % від вартості всього врахованого і неврахованого устаткування:

$$K_{T.P} = 0,08 \cdot (K_{OB} + K_{H.OB}) = 0,08 \cdot (6303,3 + 1260,66) = 605,1 \text{ тис.від.о}$$

Загальна вартість обладнання:

$$\sum K_{OB} = K_{OB} + K_{M.OB} + K_{M.H.OB} = 6303,3 + 1260,7 + 605,1 = 8169 \text{ тис.від.о}$$

Загальна вартість будівельно-монтажних робіт:

$$\sum K_M = K_{M.OB} + K_{M.H.OB} = 1236,7 + 247,34 = 1484 \text{ тис.від.о}$$

Разом капітальних витрат на обладнання і монтаж:

$$K_{M.OB} = \sum K_{OB} + \sum K_M = 8169,04 + 1484 = 9653,04 \text{ тис.від.о}$$

Повні капітальні витрати на електрогосподарство електромеханічного заводу складуть:

$$K = K_{M.OB} + K_{IP} = 9653,04 + 53,335 = 9706,375 \text{ тис.від.о}$$

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		84

3 Охорона праці

Повністю безпечних нешкідливих виробництв на землі не існує. На кожному підприємстві існує підрозділ, що стежить за дотриманням норм з охорони праці та техніки безпеки. Охорона праці являє собою систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці, стандартів, спрямованих на забезпечення безпеки праці.

Завдання охорони праці - звести до мінімальної ймовірності випадків ураження або захворювання працюючих, з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Електромеханічний завод має ряд таких виробничих умов, які володіють небезпечними і шкідливими виробничими факторами [11].

Небезпечним виробничим фактором називається такий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до травми або до іншого раптового, різкого погіршення здоров'я.

Шкідливим виробничим фактором називається такий фактор, вплив якого на працюючого в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності.

В даному розділі проаналізовано умови праці з точки зору наявності можливості появи небезпечних і шкідливих факторів, дія яких може чинити негативний вплив на організм працівників підприємства, розглянуті заходи з техніки безпеки і виробничої санітарії, а також заходи з протипожежної профілактики та підвищення стійкості об'єкта при надзвичайних ситуаціях.

					MP.5.8.141.030.ПЗ		
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Глушко О.Г				Літ	Аркуш	Аркушів
Керівник.	Лебединский				В	85	99
Н. контр.	Єфімов Г.П				СумДУ ЕТмдн-91п		
Затверд.	Лебединский						

- запилене (приміщення, в якому за умовами виробництва виділяється технологічний пил у такій кількості, що він може осідати на проводах, проникати всередину машин, апаратів тощо. Запилені приміщення поділяються на приміщення зі струмопровідним пилом і приміщення з неструмопровідним пилом;
- приміщення з хімічно активним або органічним середовищем (приміщення, в якому постійно або протягом тривалого часу є присутніми агресивні пари, гази, рідини, утворюються відкладення або цвіль, що руйнують ізоляцію і струмопровідні частини електроустановки).

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення згідно з [17] класифікуються на:

а) **приміщення з підвищеною небезпекою**, які характеризуються наявністю в них однієї з умов, що створює підвищену небезпеку:

- 1) вологості або струмопровідного пилу;
- 2) струмопровідної підлоги (металева, земляна, залізобетонна, цегляна тощо);
- 3) високої температури;
- 4) можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів тощо, які мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів електроустановки – з іншого;

б) **особливо небезпечні приміщення**, які характеризуються наявністю однієї з умов, що створює особливу небезпеку:

- 1) особливої вологості;
- 2) хімічно активного або органічного середовища;
- 3) одночасно двох або більше умов підвищеної небезпеки (див. підпункт а);

в) приміщення без підвищеної небезпеки, в яких відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку (див. підпункти а), б));

г) території, де розміщено зовнішні електроустановки, які за рівнем небезпеки ураження людей електричним струмом прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

До даного класу можна віднести інструментальний цех, їдальню, механічний цех, корпус електродвигунів спеціального призначення, територію ОРУ.

На відміну від приміщень самі електроустановки поділяються за умовами електробезпеки, згідно з [17], на установки понад 1000 В і установки до 1000 В (за діючим значенням напруги), що обумовлює застосування різних класів ізоляції. У роботі передбачено застосування трьох класів напруги - 0,4 кВ, 10 кВ і 35 кВ.

Для захисту людей від ураження електричним струмом, на підприємстві застосовуються організаційні та технічні заходи.

Для запобігання дотику людей до струмоведучих частин, останні виготовляються в закритому виконанні, або ізолюються. У разі, якщо струмопровідні частини неможливо або недоцільно виготовляти в закритому виконанні, то їх огорожують відповідно до [17].

Для захисту людей при пошкодженні ізоляції повинна бути передбачена одна з наступних захисних заходів:

- організовано заземлення машин і механізмів, або занулення ([17]);
- застосування розділових трансформаторів і пристроїв диференційного захисту;
- мала напруга (12 - 42) В;
- застосування подвійної ізоляції; організація системи зрівнювання потенціалів [19].

З метою виключення ймовірності помилок при виробництві перемикань в електроустановках, перемикання виробляються точно по бланку перемикань, за відповідною формою.

Всі роботи, вироблені в електроустановках до і понад 1000 В, проводяться за розпорядженням і нарядом - допуском із визначенням об'єктів захисту і захисних засобів.

Захисні засоби використовуються в електроустановках до і понад 1000 В:

- основні,
- додаткові.

Основні захисні засоби для роботи в електроустановках до 1000 В:

- Ізолювальні штанги всіх видів
- Ізолювальні кліщі
- Електровимірювальні кліщі
- Показчики напруги
- Діелектричні рукавички
- Інструмент з ізолювальним покриттям

Додаткові захисні засоби для роботи в електроустановках до 1000 В:

- Діелектричне взуття
- Діелектричні килими
- Ізолювальні підставки
- Ізолювальні накладки
- Ізолювальні ковпаки
- Сигналізатори напруги
- Захисні огороження (щити, ширми)
- Переносні заземлення
- Плакати і знаки безпеки

Основні захисні засоби для роботи в електроустановках понад 1000 В:

- Ізолювальні штанги всіх видів

Ізолювальні кліщі

Електровимірювальні кліщі

Показчики напруги

Пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.)

Додаткові захисні засоби для роботи в електроустановках понад 1000 В:

Діелектричні рукавички

Діелектричне взуття

Діелектричні килими

Ізолювальні підставки

Ізолювальні накладки

Ізолювальні ковпаки

Штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу

Сигналізатори напруги

Захисні огороження (щити, ширми)

Переносні заземлення

Плакати і знаки безпеки

Захисні засоби повинні зберігатися в порядку і знаходитися в спеціально відведених для цього місцях. Основні і додаткові засоби повинні проходити випробування і мати штамп, який вказує напругу установки, для якої допустимо застосовувати ці засоби, а також термін наступного випробування.

Крім того, весь електротехнічний персонал щорічно проходить перевірку знань правил безпеки при роботі в діючих електроустановках, правил улаштування електроустановок, схем електропостачання, правил надання першої допомоги при нещасному випадку, знання посадових і заводських інструкцій.

3.3 Захист від блискавки ГПП

Відкриті розподільні пристрої 20 - 35 кВ повинні захищатися від прямих ударів блискавки окремо стоячими стрижнями - блискавковідводами. Розташування блискавковідводів показано на кресленні. Блискавковідводи встановлюються по кутах ВРП [16].

3.3.1 Вибір висоти блискавковідводів

На рисунку 3.1 показано розташування блискавковідводів, а також перетину зони захисту.

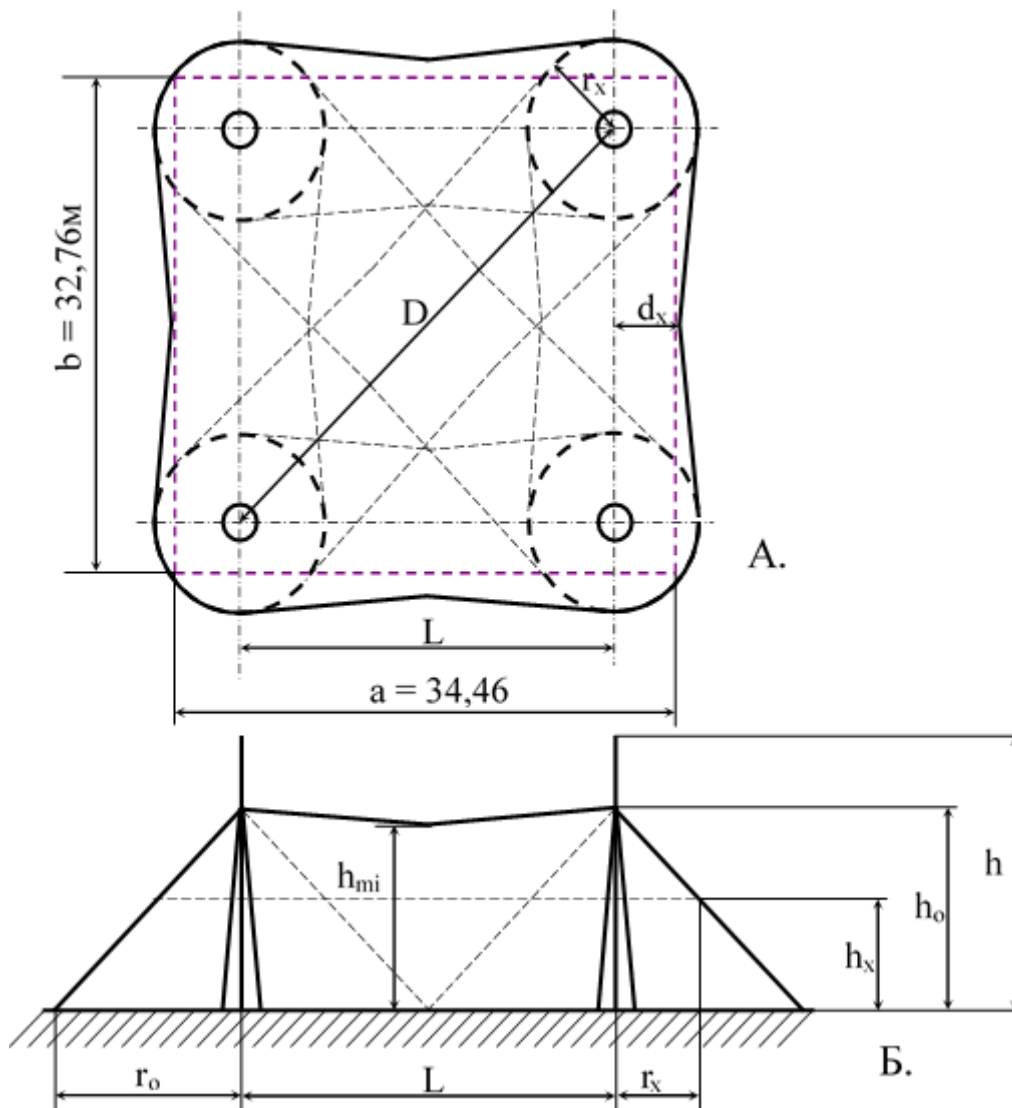


Рисунок 3.1 – Зона захисту блискавковідводів: а) переріз вертикальною площиною; б) переріз горизонтальною площиною

Висновки

Метою дипломної роботи було спроектувати систему електропостачання підприємства, починаючи від зовнішнього електропостачання і закінчуючи підведенням електроживлення до окремо взятого електроприймача інструментального цеху.

У роботі було розглянуто питання, за допомогою техніко-економічного зіставлення двох варіантів, про оптимальну систему подачі напруги на ГПП підприємства. Розроблено схеми електропостачання та розподільчих мереж заводу, а також вирішена задача по електропостачанню споживачів інструментального цеху.

У технічній частині роботи були проведені розрахунки електричних навантажень заводу - за коефіцієнтом попиту і інструментального цеху по методу впорядкованих діаграм; розрахунок трансформаторів, компенсуючих пристроїв, трансформаторних підстанцій, комутаційної апаратури, і т.ін. Зроблено вибір високовольтного обладнання та розподільчої мережі інструментального цеху. Розраховано відхилення напруги на ділянці від КТП-9 до найбільш віддаленого і потужного електроприймача, а також струми короткого замикання в мережах до і вище 1000 В.

В роботі приділено увагу питанню захисту від перенапруг у ВРУ. У розділі безпеки праці описано вплив шкідливих виробничих факторів і методи їх усунення.

В економічній частині роботи зроблено розрахунок капітальних витрат на електрогосподарство підприємства.

Література

1. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / М. Й. Бурбело – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 122 с.
- 2 Проектування електричної частини електричних станцій : навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.
- 3 Мельников М. А., “Внутризаводское электроснабжение”: Учебное пособие. – Томск: изд. ТПУ, 2004 – 180 с.
- 4 Мельников М. А., “Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий”: Учебное пособие. – Томск: изд. ТПУ, 2004 – 178 с.
- 5 Справочник-каталог. Электротехническая продукция предприятий Украины. Ч. 1. Электротехнические изделия общепромышленного исполнения до 1000 В / под ред. В. Д. Козлова и Е. И. Удода. – К. : «Варта», 1995. – 136 с.
- 6 Справочник-каталог. Электротехническая продукция предприятий Украины. Ч. 2. Электротехнические изделия общепромышленного исполнения выше 1000 В / под ред. В. Д. Козлова и С. Я. Меженного. – К. : НАУ, 1998. – 172 с.
- 7 СОУ-ННН 20.178:2008 Настанова «Схеми принципів електричні розподільчих установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій». Мінпаливенерго України, 2008. – 78 с.
- 8 Мельников М. А., “Внутрицеховое электроснабжение”: Учебное пособие – Томск: изд. ТПУ, 2002 – 143 с.
- 9 Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. д. е. н., проф. Л. Г. Мельника. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2004. – 648 с.
- 10 Василега П.О Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. –415 с.
- 11 Закон України Про охорону праці, №235-IV, 22.11.2002.
- 12 М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський – Основи охорони праці – Київ, Каравелла 2004.

						MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			98

13 ГОСТ 12.2.002-75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

14 Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 346 с.

15 ДБН В.2.5-28-2006. Естественное и искусственное освещение.

16 РД 34.21.122-87 “Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений”.

17 Правила улаштування електроустановок. – Х.: Видавництво «Форт». 2017 –800 с.

18 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів Київ: 2012 р.–108с

19 ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.- К.: Держнаглядохоронпраці, 2000. - 382 с.

					MP.5.8.141.030.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		99