

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого**  
**Кафедра Електропостачання і електроменеджменту**

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Блаженко С.І.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)                      Балюта С.М.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми «Електротехніка та електротехнології»  
на тему: «Розробка системи електропостачання вагоноремонтного  
заводу.»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-5ск

Фільчук Євген Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Ізволеньський Ігор Євгенович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультанти Сірик А.О.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2022р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.

І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Фільчук Євген Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання вагоноремонтного заводу»

керівник роботи Ізволенський Ігор Євгенович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.11.2021 року № 859-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2022р.

3. Вихідні дані до роботи Призначення підприємства і його розміри., перелік споживачів і їх потужність. Розташування обладнання в цеху.

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

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ.

Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план цеху з картографією.

2. Схема електропостачання заводу.

3. Схема електропостачання фарбувального цеху.

4. Спецпитання.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	доц.Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2020р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконан етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	12.11.2021р	
2	Вступ	13.11.2021р	
3	Коротка характеристика електроприймачів цеху	18.11.2021р	
4	Побудова картограми навантажень.	23.11.2021р	
5	Вибір перетину струмоведучих елементів	28.11.2021р	
6	Вибір кількості цехових трансформаторів підстанції	05.12.2021р	
7	Вибір трансформаторів на ГПП	10.12.2021р	
8	Розрахунок зовнішн. електропостачання заводу	15.12.2021р	
9	Розрахунок струмів короткого замикання.	20.12.2021р	
10	Вибір електричних апаратів захисту та управління.	25.12.2021р	
11	Розрахунок релейного захисту.	02.01.2022р	
12	Розрахунок компенсації реактивної потужності.	06.01.2022р	
13	Спецпитання	10.01.2022р	
14			
15	Охорона праці	17.01.2022р	
16	Список літератури	20.01.2022р	
17	Здача дипломного проекту на перевірку	25.01.2022р	

**Здобувач** \_\_\_\_\_  
(підпис)

Фільчук Є.О.

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ізволеньський І.Є.

## Анотація

Фільчук Євген Олександрович Дипломний проект на тему :  
« Розробка системи електропостачання вагоноремонтного заводу »

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022  
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 16 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 73 сторінки .

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень : генеральний план підприємства, схема електропостачання заводу, схема електропостачання фарбувального цеху, освітлювальної мережі, силове обладнання цеху.

У проекті розглянуто характеристику підприємства і надано опис технологічного процесу. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантажень. Розраховано трансформатори головної понижувальної підстанції, а також розраховані кількість і потужність цехових трансформаторів. Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання заводу виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту і управління. Розраховано кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

У розділі охорона праці розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

**Ключові слова :** понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

## **Abstract**

Filchuk Yevhen Oleksandrovych .Diploma project on the topic :

"Development of power supply system of wagon repair plant "

National University of Food Technologies, Kiev -2022

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The added explanatory note consists of an introduction, 16 sections and a list of used literature. The project is 73 pages .

The description includes a graphical part consisting of four drawings: the general plan of the enterprise, the scheme of power supply of the plant, the scheme of power supply of the coloring workshop, lighting network, power equipment of the workshop.

The project examines the characteristics of the enterprise and provides a description of the technological process. Calculations of electrical loads were performed and load cartogram was built. . Transformers of the main substation are calculated, as well as the calculated number and power of the department transformers. The calculation of operating currents was performed and the corresponding cables were selected. For the power supply system of the plant, the calculation of short-circuit currents was performed. Electrical protection and control devices are selected. The quantity and type of equipment for reactive power compensation is calculated.

The section labor protection considers possible emergencies and safety and protection of service personnel.

**Keywords :** low-power substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

## ЗМІСТ

Вступ. ....	6
1. Характеристика вагоноремонтного заводу.....	9
2. Розрахунок електричних навантажень заводу.....	11
3. Освітлення.....	18
4. Картограма навантажень.....	23
5. Вибір перетину струмоведучих елементів.....	25
6. Вибір оптимальної потужності та оптимальної кількості цехових трансформаторів підстанції.....	29
7. Вибір трансформаторів на ГПП.....	34
8. Техніко-економічний розрахунок вибору трансформаторів на ГПП. ....	36
9. Зовнішнє електропостачання заводу. ....	38
10. Вибір кабелів від ГПП до РП. ....	39
11. Розрахунок струмів короткого замикання. ....	41
12. Вибір електричних апаратів захисту та управління. ....	56
13. Релейний захист. ....	58
14. Компенсація реактивної потужності. ....	67
15. Спеціальне питання. Втрати активної енергії, обумовлені споживанням АД реактивної потужності. ....	69
16. Охорона праці. ....	75
Список використаної літератури.....	84

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ЗМІСТ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Фільчук Є.</i>						
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>					5	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

## ВСТУП

Електроенергетика - основа розвитку економіки, вона є складовою частиною паливно-енергетичного комплексу України.

У господарському комплексі України електроенергетика відіграє дуже важливу роль. Близько половини всього первинного палива (вугілля, нафта, газ, уран), що його має чи одержує з інших держав Україна, а також енергія окремих річок використовується для виробництва електроенергії та теплоенергії. Електроенергетика - одна з найдавніших галузей народного господарства України. Вона забезпечує всебічний науково-технічний прогрес у всіх без винятку виробництвах, поліпшує умови праці і побуту.

Розвиток електроенергетики, будівництво потужних електростанцій сприяють створенню нових промислових вузлів. Окремі галузі промисловості територіально наближені до джерел дешевої електроенергії.

Електроенергію в Україні виробляють теплові (ТЕС), гідравлічні (ГЕС), гідроаккумулятивні (ГАЕС) та атомні (АЕС) станції. У перспективі набуде поширення використання екологічно чистої енергії Сонця і вітру. Потужність електростанцій України - 54,0 млн кВт.

Енергетика впливає на прискорення прогресу в промисловому виробництві, в аграрній сфері.

Система електропостачання забезпечує електроенергією промислові споживачі, основними з яких є електроприводи різних машин і механізмів, електроосвітлення, електронагрівальні прилади.

Робота промислових електроприводів та інших споживачів, як при

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ВСТУП</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Фільчук Є.</i>						
Перевірив		<i>Ізволенький І.</i>					6	
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		

проектуванні, так і під час експлуатації, повинна знаходитись в точній відповідності з окремими приймачами так і з комплексом електроприводів, забезпечуючи роботу складання механізмів.

Вплив системи електропостачання на виробничий процес визначається показниками системи промислового електропостачання і електроприладів, які забезпечують нормальний режим роботи всього промислового підприємства.

Структура і об'єм споживання електроенергії залежить від специфікації галузі промисловості, визначаючи шляхи ефективного використання електроенергії і впровадження прогресивних технологій.

Основні проблеми в галузі електропостачання промислових підприємств наступні:

- Раціональна побудова системи електропостачання промислових підприємств;
- Питання компенсації реактивної потужності в системах електропостачання;
- Застосування змінного, постійного струму для релейного захисту та автоматики;
- Правильне визначення очікуваних електричних навантажень;
- Комплексне виконання цехових та загальномісцевих систем живлення та конструкцій підстанції.

Незадовільний фінансовий стан підприємств є сьогодні основним фактором, що заважає стабілізації роботи галузі. Галузь на сьогоднішній день неспроможна самостійно вийти з кризового стану. З цією метою слід ініціювати заходи по формуванню такої політики в податковій, бюджетній, фінансово-кредитній, антимонопольній, амортизаційній сферах, яка б забезпечила прискорений розвиток електроенергетичної галузі.

Здійснення реформ в електроенергетиці слід розпочинати лише тоді, коли є впевненість у тому, що нова система взаємин дозволить досягти значних переваг, порівняно з наявною.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реформи в електроенергетиці — складний і надзвичайно делікатний процес, який потребує уважного, кваліфікованого підходу, великих фінансових та інтелектуальних вкладень протягом усього періоду реформування.

Електроенергетика — інфраструктурна галузь, і від того, як вона функціонуватиме, залежать не лише економічні показники, від цього залежить життя і здоров'я населення країни, можливості суспільства нормально жити та працювати.

Останнім часом зроблено досить багато для реформування галузі електроенергетики. Деякі заходи вже дали свої результати, а деякі - ще ні. Тому перед державою стоїть ще ціла низка проблем, які вона має вирішувати як самостійно, так і з залученням неурядових організацій.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Характеристика вагоноремонтного заводу.

Даний дипломний проект, згідно із завданням, вирішує питання, пов'язані із електропостачанням вагоноремонтного заводу.

Характеристика споживачів електричної енергії.

60 % основних електроприймачів по надійності електропостачання відносять до III-ої категорії, 7% відносять до I-ої категорії.

До I-ої категорії відносять споживачів особливої групи:

- 1) Виробнича вентиляція у фарбувальному цеху в корпусі №201, 202.
- 2) Частина витяжної вентиляції у вибухонебезпечних приміщеннях.
- 3) Насоси насосних станцій ППА, II-го підйому зворотних систем №1,2.

Споживачі III-ої категорії це:

їдальня, господарські приміщення, відкриті склади, не велике остаточне обладнання в корпусі №201,202, повітряні завіси і тощо.

Характеристика джерела живлення.

Живлення заводу можна здійснювати від підстанції ПС 330 кВ, що знаходиться на відстані 1,4 км від заводу.

Системою задані:

- потужність короткого замикання на шинах 110 кВ РПС:  $S_{кз}=3040$  МВ А;
- значення реактивної потужності, споживаної від системи:  $(2_{с,}=0$  МВ-Ар.

Відповідно до постанови НКРЕ № 1638 на грудень 2017 року по АЕК роздрібні тарифи на електроенергію без ПДВ склали: 134,12 коп. за 1 кВт- - 1-й клас напруги; 139,03 коп. за 1 кВт- г- 2-й клас.

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Характеристика вагоноремонтного заводу.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Фільчук С.</i>					9	
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>						
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск		

Ставки тарифів, диференційовані за періодами часу, визначаються з урахуванням тарифних коефіцієнтів  $k_T$  і тривалості періодів  $t_{п.п}$ :

нічний:  $k_{T.н} = 0,25$ ;  $t_{п.п} = 7$  г.;

напівпіковий:  $k_{T.н.п} = 1,02$ ;  $t_{п.п} = 11$  г.;

піковий:  $k_{T.п} = 1,8$ ;  $t_{п.п} = 6$  г.

Границі тарифних зон складають:

- Січень, лютий, листопад, грудень:

пікова:  $8^{00} - 10^{00}$ ;  $17^{00} - 21^{00}$ ;

напівпікова:  $6^{00} - 8^{00}$ ;  $10^{00} - 17^{00}$ ;  $21^{00} - 23^{00}$ ;

нічна:  $23^{00} - 6^{00}$ ;

- Березень:

пікова:  $8^{00} - 10^{00}$ ;  $18^{00} - 21^{00}$ ;

напівпікова:  $6^{00} - 8^{00}$ ;  $10^{00} - 18^{00}$ ;  $22^{00} - 23^{00}$ ;

нічна:  $23^{00} - 6^{00}$ ;

- Квітень, травень, червень, липень, серпень:

пікова:  $8^{00} - 11^{00}$ ;  $20^{00} - 23^{00}$ ;

напівпікова:  $6^{00} - 8^{00}$ ;  $11^{00} - 20^{00}$ ;

нічна:  $23^{00} - 6^{00}$ ;

- Вересень, жовтень:

пікова:  $8^{00} - 10^{00}$ ;  $18^{00} - 22^{00}$ ;

напівпікова:  $6^{00} - 8^{00}$ ;  $10^{00} - 18^{00}$ ;  $22^{00} - 23^{00}$ ;

нічна:  $23^{00} - 6^{00}$ ;

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## 2. Розрахунок електричних навантажень заводу.

Для визначення розрахункових навантажень окремих виробничих цехів, корпусів заводу в цілому, які працюють за змінним графіком навантаження, застосовуємо метод упорядкованих діаграм.

Визначення розрахункової потужності корпусу-1:

Дані для розрахунку наступні:

Кількість електроприймачів корпусі № 201:

$$N=480;$$

Сумарна номінальна потужність усіх приймачів електроенергії:

$$P_{\Sigma \text{НОМ}} = \sum P_{\text{НОМ}} = 23100 \text{ Вт};$$

З довідкової літератури [1.] приймаємо для даного корпусу № 201 груповий коефіцієнт використання та коефіцієнт потужності відповідно:

$$K_B = 0,55;$$

$$\cos \varphi = 0,75;$$

Максимальна та мінімальна потужності з поміж усіх приймачів корпусу №201:

$$P_{\text{НОМ.МАХ.}} = 100 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{НОМ.МИН.}} = 20 \text{ кВт};$$

Розрахунковий коефіцієнт  $m$  дорівнює:

$$m = \frac{P_{\text{НОМ.МАХ.}}}{P_{\text{НОМ.МИН.}}};$$

$$m = \frac{100}{20} = 5;$$

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розрахунок електричних навантажень заводу.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Фільчук Є.</i>						
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>					11	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

Розрахуємо навантаження для групи електроприймачів, що працюють із сталим режимом: компресорна 10 кВ.

Дані для розрахунку:

Кількість електроприймачів  $n = 2$ ;

Установлена потужність усіх електроприймачів  $P_{\text{Юи}} = 1600 \text{ кВт}$ ;

Коефіцієнт використання  $K_B = 0,7$  [1.];

Коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 0.85$  [1.];

$$\operatorname{tg} \varphi = \arccos(0.85) = 0.62;$$

$$\bar{P}_p = \bar{P}_{\text{CM.}} = \bar{P}_{\text{НОМ.}} = 1600 \text{ кВт},$$

$$\bar{Q}_{\text{CM.}} = \bar{Q}_p = P_{\text{CM.}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1600 \cdot 0.62 = 992 \text{ квар},$$

$$\bar{S}_p = \bar{P}_p = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

Коефіцієнт використання електроприймачів:

$$K_B = P_{\Sigma \text{CM.}} / P_{\Sigma \text{НОМ.}};$$

$$K_B = 17775 / 31110 = 0,57;$$

Ефективна кількість електроприймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot P_{\Sigma \text{НОМ.}}}{P_{\text{НОМ.МАХ.}}};$$

$$n_e = \frac{2 \cdot 31110}{200} = 311.1$$

Знаходимо коефіцієнт максимуму [1.]:

$$K_M = 1,061;$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна розрахункова потужність:

$$P_{\Sigma P} = \sum_{i=1}^{17} P_{PI};$$

$$P_{\Sigma P} = 13467,3 + 2068,72 + 68 + 37,2 + 282,49 + 102,83 + 463,08 + 362,88 + 249,21 + 198,38 + 33,24 + 41,04 + 200,63 + 116,64 + 22,68 + 187,05 + 1080 = 19041,37 \text{ кВт};$$

$$Q_{\Sigma P} = \sum_{i=1}^{17} Q_{PI};$$

$$Q_{\Sigma P} = \sum_{i=1}^{17} Q_{CM} = 15233,3 \text{ квар};$$

$$S_{\Sigma P} = 17503 + 2681 + 88 + 44 + 367,1 + 112 + 623 + 395 + 305 + 217 + 113 + 49 + 245 + 159 + 27 + 228 = 24385 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

Результати розрахунків наведені в табл.1.

Аналогічно розраховується навантаження для інших виробничих цехів, корпусів заводу в цілому.

Розрахуємо сумарну номінальну потужність заводу:

$$P_{\Sigma \text{НОМ.}} = \sum_{i=1} P_{\text{НОМ.}};$$

$$P_{\text{НОМ.}} = 23100 + 2980 + 90 + 60 + 410 + 140 + 680 + 540 + 390 + 260 + 140 + 60 + 250 + 190 + 30 + 290 + 1500 = 31110 \text{ кВт};$$

Визначимо сумарний коефіцієнт  $m$  :

$$m = \frac{P_{\text{НОМ. MAX.}}}{P_{\text{НОМ. MIN.}}} = \frac{200}{1} = 200;$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна середня потужність за максимально завантаженою зміну

$$P_{\Sigma CM.} = \sum_{i=1}^{17} P_{CM. i}$$

$$P_{CM.} = 12705 + 1937 + 54 + 30 + 266,5 + 91 + 408 + 324 + 234 + 182 + 84 + 36 + 187,5 + 144 + 18 + 174 + 900 = 17775 \text{ кВт};$$

$$Q_{\Sigma CM.} = \sum_{i=1}^{17} Q_{CM. i}$$

$$Q_{CM.} = 11180,4 + 170,5 + 55,08 + 22,5 + 234,5 + 43,68 + 416,16 + 155,55 + 175,5 + 87,36 + 63 + 27 + 140,6 + 108 + 130,5 + 675 = 15233,3 \text{ квар};$$

Коефіцієнт потужності:

$$\cos \varphi = \cos(\arctg(Q_{\Sigma CM.} / P_{\Sigma CM.}));$$

$$\cos \varphi = \cos(\arctg(15233,3 / 17775)) = 0,76;$$

Середня активна та реактивна потужності групи приймачів корпусу № 201 за максимально завантаженою зміну:

$$P_{CM.} = K_B \cdot P_{\Sigma НОМ.};$$

$$P_{CM.} = 0,55 \cdot 23100 = 12705 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM.} = P_{CM.} \cdot \text{tg}(\arccos 0,75);$$

$$Q_{CM.} = 12705 \cdot 0,88 = 11180,4 \text{ квар};$$

Ефективна кількість споживачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot P_{\Sigma НОМ.}}{P_{НОМ. МАХ.}};$$

$$n_e = \frac{2 \cdot 23100}{100} = 462;$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Оскільки  $m = 5 > 3$  і  $K_B = 0,55 > 0,2$ , то за табл. 8.1 [1.] визначаємо коефіцієнт максимуму як функцію :

$$K_B = f(n_e; K_B);$$

$$K_M = 1,06;$$

Активна та реактивна складові розрахункової потужності:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = 1,06 \cdot 12705 = 13467,3 \text{ кВт};$$

Оскільки  $n_e = 462 > 10$ , то

$$\tilde{Q}_p = \tilde{Q}_{CM} = 11180,4 \text{ квар};$$

Повна розрахункова потужність корпусу № 201:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2};$$

$$S_p = \sqrt{13467,3^2 + 11180,4^2} = 17503,4 \text{ кВА};$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 2.1.

№ п/п	Назва об'єкта	п, шт.	Рном (усіх), кВт	Рном макс, кВт	Рном мін, кВт	п	Кв(в.о.)	cos(φ)	tg(φ)	Рсм, кВт	Qсм, квар	№	Кмакс	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА
1	Корпус №201	480	23100	100	20	5	0,55	0,75	0,88	12705	11180	462	1,06	13467	11180	17503
2	Корпус №202	45	2980	70	5	14	0,65	0,75	0,88	1937	1705	85,1	1,068	2069	1705	2681
3	Відкриті склади	25	90	20	4	5	0,6	0,7	1,02	54	55,08	9	1,25	68	55,08	88
4	Камера переключення	30	60	10	4	5	0,5	0,81	0,75	30	22,5	16,88	1,24	37,2	22,5	44
5	Кислородно-наповнювальна станція	14	410	90	10	9	0,65	0,75	0,88	266,5	234,5	206,4	1,06	282,5	234,5	367,1
6	Склад насичених красок і хімікатів	15	140	15	3	5	0,65	0,9	0,48	91	43,68	20,97	1,13	102,8	43,68	112
7	Блок допом. споруд	15	680	50	5	10	0,6	0,7	1,02	408	416,2	27,2	1,135	463,1	416,2	623
8	Ідальня	30	540	30	2	15	0,6	0,9	0,48	324	155,5	36	1,12	362,9	155,5	395
9	Градірня 4-ох секційна	15	390	50	10	5	0,6	0,8	0,75	234	175,5	131,6	1,065	249,2	175,5	305
10	Головний корпус	20	260	15	3	5	0,7	0,9	0,48	182	87,36	41,93	1,09	198,4	87,36	217

Таблиця 1.

№ п/п	Назва об'єкта	п, шт.	Рном (усіх), кВт	Рном макс, кВт	Рном мін, кВт	т	Кв(в.о.)	cos(fi)	tg(fi)	Рсм, кВт	Qсм, квар	Ne	Кмакс	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА
11	Градижня 2-ох секційна	15	140	25	1	25	0,6	0,8	0,75	84	63	47,25	1,11	93,24	63	113
12	Насосна станція зворотніх систем №1,2	10	60	15	3	5	0,6	0,8	0,75	36	27	20,25	1,14	41,04	27	49
13	Станція перекачки конденсата	20	250	15	3	5	0,6	0,8	0,75	187,5	140,6	105,45	1,07	200,625	140,6	245
14	Насосна станція 2-го підйома	5	190	20	4	5	0,6	0,8	0,75	144	108	81	1,08	116,64	108	159
15	Блок мікрофільтрів	10	30	15	3	5	0,6	0,8	0,75	18	13,5	10,13	1,26	22,68	13,5	27
16	Станція нейтралізації	35	290	15	3	5	0,6	0,8	0,75	174	130,5	97,88	1,075	187,05	130,5	228
17	Площадка котельної і очисних споруд	35	1500	200	5	40	0,6	0,8	0,75	900	675	15	1,2	1080	675	1274
	РАЗОМ	819	3140	200	1	200	0,57	0,76	0,86	17775	15233,3	311,1	1,061	19041,37	15233,3	24385

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

ДП 2022

Арк.

17

### 3. Освітлення.

По заводу прийнята система рівномірного освітлення всіх приміщень.

Розрахункова потужність, витрачається на освітлення території цехів, корпусів, складів заводу визначається за формулою:

$$P_{PO} = P_0 \cdot S_{тер.};$$

$$P_{PO} = 0,015 \cdot 74750 = 1121,25 \text{ кВт};$$

де  $P_0$ - питома потужність, яка витрачається на освітлення у виробничих приміщеннях.(для виробничих приміщень  $P_0 = 15 \text{ Вт/м}^2$ , для складів та не виробничих приміщень  $P_0 = 2-4 \text{ Вт/м}^2$ ).

$$S_{тер.} = a \cdot b = 230 \cdot 325 = 74750 \text{ м}^2;$$

де  $a$  та  $b$ - довжина і ширина корпусу № 201.

Крім загального освітлення, для покращення освітлення на години ремонту огляду обладнання, запроваджуються штепсельні розетки 36В. Штепсельні розетки 220В запроваджуються в адміністративно господарчих приміщеннях, в електроприміщеннях.

В якості освітлювальних приладів приймаємо:

1. Комплектно освітлювальні прилади з щільовим світловодом КОУ-М600 і КОУ-М272 з металогалоїдними дзеркальними лампами ДРИЗ-700 для освітлення корпусів 201 і 202.
2. Світильники з ртутними лампами ДРЛ-250 ті ДРЛ-400 - електроосвітлення більшості складських приміщень і зовнішнього освітлення.
3. Світильники с люмінесцентними лампами для електроосвітлення адміністративно-господарських приміщень в електроприміщеннях і в кількох виробничих приміщеннях.

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Освітлення.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Фільчук Є.						
Перевірив		Ізволеньський І.					18	
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск		

4.) Світильник з лампами розжарювання використовуються для електроосвітлення на великих складських приміщеннях, допоміжних приміщень, адміністративно-господарських корпусів, для аварійного освітлення приміщень, в яких для загально рівномірного освітлення приймаємо світильники з лампами ДРЛ, а також, для охоронного освітлення території заводу.

Крім робочого освітлення в інших приміщеннях, де це потрібно, запроваджується евакуаційне освітлення.

Живлення мережі робочого та евакуаційного освітлення запроваджується від різних секцій вбудованих в підстанцію.

Розподільча мережа у вибухонебезпечних приміщеннях виконується проводами і кабелями з алюмінієвими жилами. У вибухонебезпечних приміщеннях-провідниками і кабелями з мідними жилами. Для освітлення приміщень вибухонебезпечних класів В-1, В-2 прокладка кабелю виконується в трубі або на тросі.

Мережа зовнішнього електроосвітлення території заводу здійснюється кабелем АВВГ в траншеї.

На заводі запроваджується дистанційне керування зовнішнім і охоронним освітленням території заводу.

Обслуговування освітлювальних приборів запроваджується за допомогою драбини, а також підйомника «Темп».

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розрахунок освітлення цеху.

Розрахунок освітлення цеху проводиться методом світлового потоку (методом коефіцієнту використання):

$$\Phi = \frac{K_3 \cdot E_{\min} \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}$$

де  $K_3$  - коефіцієнт запасу, визначається за довідником ;

$E_{\min}$  - мінімальна освітленість, лк, для даного виду робіт  $E_{\min} = 200$  лк;

$S$  - площа освітлювального приміщення,  $m^2$ ;  $S = 3600 m^2$ ;  $z$ -коефіцієнт нерівномірності освітлення; 2-1,1... 1,15;

$N$ - прийнята кількість світильників, шт.;

$\eta$ - коефіцієнт використання світлового потоку,

$h$ - висота підвісу світильників,  $h = 15 - 1,2 - 0,8 = 13m$ .

Коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$  визначається за довідковими таблицями в залежності від типу прийнятого світильника, коефіцієнтів відбиття від поверхонь приміщення і від індексу приміщення  $i$ ; останній визначається за виразом:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot h}$$

$$i = \frac{3600}{(60 + 60) \cdot 13} = 2,3.$$

Приймаємо коефіцієнт відбивання  $\rho_{\text{п}} = 50\%$ ,  $\rho_{\text{с}} = 30\%$ ,  $\rho_{\text{р}} = 10\%$ , тоді при  $i = 2,3$ .

$$\eta = 0,7\%.$$

Світловий потік:

$$Q_i = \frac{1,5 \cdot 200 \cdot 3600 \cdot 1,15}{0,7} = 1774285 \text{ лм.}$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

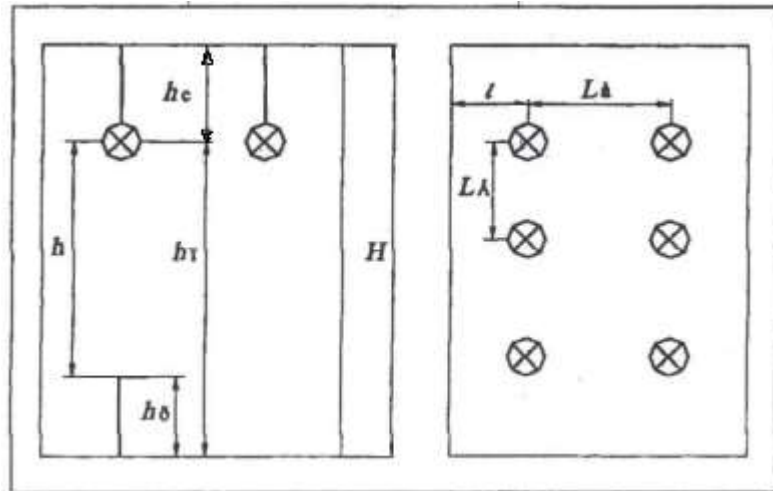
Тип світильників та ламп обираємо згідно каталогу фірм виробників.  
 Обираємо світильник РСП-20-1000, тип лампи HPL Comfort/HP L-H 1000  
 $\Phi = 42000$  лм,  $\cos \Phi = 0,85$ .

Необхідна кількість світильників:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_s}$$

$$N = \frac{1774285}{42000} = 42$$

Розраховуємо кількість світильників в ряду і кількість рядів.



Приклад розміщення світильників цеху.

Після прийняття схеми розміщення світильників проводиться перевірка освітленості в найбільш характерній точці точковим методом по кривим просторових ізолюкс прийнятого світильника згідно виразу:

$$E = \frac{\Phi_{\text{св}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}{1000 \cdot \kappa_s}$$

де  $\Phi_{\text{св}}$  - світловий потік прийнятого світильника, лм;  $\mu$  - коефіцієнт неврахування освітленості від інших світильників  $\mu = 1,1 \dots 1,2$ .

$$\sum_{i=1}^n e_i$$

, -сума освітленості від світильників згідно кривих просторових ізолюкс,лк;

n-кількість врахованих світильників.

$$E = \frac{42000 \cdot 1,15 \cdot 8,2}{1000 \cdot 1,5} = 264,04 \text{ лк.}$$

Отримане значення освітленості не повинно бути меншим ніж на 10 % значення мінімальної освітленості.

Повна активна потужність освітлювального навантаження при коефіцієнті попиту  $K_p=0,9$ , визначається за формулою:

$$P_{\text{осв.}} = N \cdot P_H \cdot K_p.$$

$$Q_o = P_o \cdot \text{tg}\phi.$$

$$P_o = 1000 \cdot 42 \cdot 0,9 = 40,7 \text{ кВт.}$$

$$Q_o = 40,7 \cdot 0,72 = 29,3 \text{ квар.}$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Картограма навантажень.

На план заводу наноситься картограма навантажень. Круги картограми навантажень відповідають в певному масштабі розрахунковому навантаженню. Площі кругів пропорційні навантаженням, а їх центри збігаються з центрами навантажень по цехах.

Для побудови картограми електричних навантажень необхідно визначити масштаб.

$$m = \frac{P_{P1}}{\pi \cdot r^2};$$

$$m = \frac{14588.55}{3.14 \cdot 100} = 0.46;$$

де  $P_{P1}$  - розрахункова потужність корпусу №201 з урахуванням силового та освітлювального навантаження;  $r$  - радіус круга корпусу №201.

$$P_{P\Sigma} = P_P + P_{PO};$$

$$P_{P\Sigma} = 13467,3 + 1121,25 = 14588,55 \text{ кВт.}$$

Визначаємо кут навантаження освітлювальних установок: Наприклад для корпусу №201:

$$L_{осв.} = \frac{P_{осв.}}{P_{P\Sigma}} \cdot 360^\circ;$$

$$L_{осв.} = \frac{1121,25}{14588,55} \cdot 360^\circ = 30^\circ;$$

На основі виміряних координат центрів електричних навантажень визначаємо центр електричних навантажень всього заводу за формулами:

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Картограма навантажень.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
							23	
Розробив		Фільчук Є.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Перевірив		Ізволеньський І.						
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

$$X_o = \frac{\sum P_{pi} \cdot X_i}{\sum P_{pi}}; Y_o = \frac{\sum P_{pi} \cdot Y_i}{\sum P_{pi}}$$

Таблиця 4.1

№ об'кта	Р <sub>о</sub> , Вт/м2	Стер., м2	Р <sub>ро</sub> , кВт	Р <sub>рΣ</sub> , кВт	Р <sub>р</sub> , кВт	Х	У	г, мм	Л, град
1	15	74750	1121,25	13467,3	14588,55	180	185	100	30
2	15	4400	66	2068,72	2134,04	340	70	38	12
3	15	21000	315	68	383,04	440	260	16	182
4	15	150	3	37,2	40,2	340	420	5	29
5	15	250	4	282,49	286,49	400	450	14	5
6	15	1625	2,5	102,83	127,83	400	480	9	88
7	15	3500	52,5	463,08	515,58	335	380	19	41
8	15	1200	18	362,88	380,88	3335	190	16	18
9	15	300	4,5	249,21	253,71	300	380	13	7
10	15	1400	21	198,38	219,38	310	490	12	38
11	15	100	1,5	93,24	94,74	300	360	8	6
12	15	500	8	41,04	49,04	240	435	6	70
13	15	75	1,17	200,625	201,795	190	385	12	2
14	15	400	6	116,64	122,64	90	410	9	19
15	15	100	1,5	22,68	24,18	240	165	3	24
16	15	450	6,75	187,05	193,8	160	390	12	13
17	15	40700	610,5	1080	1690,5	510	380	34	204
РАЗОМ	-	-	2266	19041,37	21307,37	-	-	-	-

## 5. Вибір перетину струмоведучих елементів.

Для напруги 10 Кв доцільно використовувати кабелі з паперовою ізоляцією та алюмінієвими жилами в свинцевій або в алюмінієвій оболонці. Застосування кабелів з алюмінієвими жилами знижує питомі витрати та передачу потужності порівняно з кабелями з мідними жилами. Перевага віддається кабелю типу АПвЄВнг.

Кабелі мережі 10 кВ вибираються за допустимим струмом. Перевірка кабелю на термічну стійкість виконується після розрахунку струмів короткого замикання.

Кабель до 1000В вибирають по нагріву, а також, по допустимій витраті.

Для вентиляції розподільча мережа виконується проводом ПВІ.

Живлення кранового обладнання виконується тролейним шинопроводом ШТА-75, гнучким кабелем КРПТ, КРПСН у вибухонебезпечному приміщенні.

Живляча лінія зварювального цеха на постійному струмі, виконана шинопроводом ШМАДК-70 6300А і 4000А, отримують живлення від випрямляча ВМГ-5000.

Розрахунковий струм для кабелю 1, що живить корпус №201:

$$I_{P1} = \frac{1,4 \cdot S_{НОМ\ TP}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}};$$

$$I_{P1} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 76,98\text{ A};$$

Економічно вигідний переріз КЛІ

$$S_{ек1} = \frac{I_{P1}}{j_{ек}^{кв}}; S_{ек1} = \frac{76,98}{1,4} = 55\text{ мм}^2;$$

Вибираємо кабель типу ААШВ-10-3х95 [1.]

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір перетину струмоведучих елементів.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Фільчук Є.					25	
Перевірів		Ізволеньський І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

Довжина кабельних ліній визначаємо з картограми заводу. Розрахунок інших кабелів аналогічний і результати зведені в табл.3.

Перевірка вибраної площі перерізу за умовами нагріву при нормальному режимі роботи.

А) Визначення допустимого струмового навантаження на кабель за нормальних умов прокладання  $I_{н.доп.} = 205 \text{ A}$ ;

Б)  $K_1 = 0,1$  поправочний коефіцієнт на фактичну температуру при  $t=15^\circ$  і прокладанні в землі;

В)  $K_2 = 0,9$ - поправочний коефіцієнт на число прокладених у траншеї кабелів, відстань між ними 100мм для двох кабелів;

Г) визначення допустимого струмового навантаження з урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$$I_{доп.} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{н.доп.} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 205 = 184,5 \text{ A} > I_p = 76,98 \text{ A}.$$

Умова виконується.

Розраховуємо реактивний опір лінії:

$$x = x_0 \cdot l = 0,08 \cdot 0,38 = 0,0304 \text{ Ом};$$

Де  $x_0$ .- питомий опір кабельної лінії,  $l$  -довжина кабельної лінії.

Розрахунок інших кабельних ліній аналогічний. Результати зведені в табл. 5.1

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблиця 5.1

Номер КЛ	Номер ТП	Ір, А	Сек, мм2	Сст, мм2	Марка кабеля	Хо, Ом/км	І, км	Х, Ом
1	1	76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,38	0,0304
2		76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,38	0,0304
3	2	76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264
4		76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264
5	3	76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,23	0,0184
6		76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,23	0,0184
7	4	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,26	0,0104
8	5	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,29	0,0116
9	6	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,31	0,0124
10	7	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,34	0,0136
11	8	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,38	0,0152
12	9	76,98	55	3х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,38	0,0304
13	10	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,44	0,0176
14	11	76,98	55	3Х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,44	0,0352
15	12	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,5	0,02
16	13	76,98	55	3Х95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,44	0,0352
17	14	153,96	110	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,59	0,0236
18	15	76,98	55	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264
19	16	76,98	55	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264
20	17	76,98	55	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264
21	18	76,98	55	3Х95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264

Продовження таблиці 5.1

22	19	76,98	55	3X95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,33	0,0264
23	20	76,98	55	3X95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,58	0,0464
24	21	76,98	55	3X95	2хАПвЄВнг 3х95	0,08	0,59	0,0472
25	22	76,98	55	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,59	0,472
26	23	76,98	55	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,42	0,0336
27	24	76,98	55	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,42	0,0336
28	25	76,98	55	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,37	0,0296
29	26	200	110	3X95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,37	0,0296
	27	200	110	3X95	2хАПвЄВнг 3х95	0,04	0,37	0,0296
30	28	48	44	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,58	0,0464
		48	44	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,58	0,0464
31	29	76,98	55	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,58	0,0464
		76,98	55	3X95	АПвЄВнг 3х95	0,08	0,58	0,0464

## 6. Вибір оптимальної потужності та оптимальної кількості цехових трансформаторних підстанцій.

При виборі кількості і потужності цехових трансформаторів враховуються наступні рекомендації ПУЕ:

- для цехових трансформаторних підстанцій ТП, які живлять електроспоживачі 2 та 3 категорії рекомендується застосовувати одну трансформаторні підстанції з резервуванням по вторинній напрузі, при неможливості виконання резервування електроприймачами 2-ої, категорії, необхідно житися від трансформаторної підстанції;

- рекомендується для цехових трансформаторних підстанцій ТП встановлювати трансформатори однакового типу і потужності з метою зменшення складського резерву.

В корпусі № 201 застосовуються три трансформаторні підстанції, а інші - однострансформаторні. В корпусі № 202 - дві однострансформаторні підстанції, в корпусі допоміжних споруд - двохтрансформаторні підстанції.

Визначаємо середню активну потужність за максимально завантажену зміну з урахуванням потужності освітлення для корпусу № 201:

$$\sum P_{см.} = P_{р0} + P_{см.2}$$

$$\sum P_{см.} = 1121,25 + 12705 = 13826,25 \text{ кВт};$$

Бажана розрахункова потужність трансформаторних підстанцій:

$$S_{т.роз.} = \frac{\sum P_{см.}}{\beta_1} = \frac{13826,25}{0,85} = 16266 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

де  $\beta = 0,85$ - коефіцієнт завантаження трансформатора.

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір кількості цехових підстанцій</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Фільчук Є.					29	
Перевірив		Ізволеньський І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

Аналогічно ведеться розрахунок для інших об'єктів заводу. Результати заносимо в табл.1.

Оскільки є електроприймачі 1 та II категорії надійності електропостачання, то необхідно ставити двохтрансформаторну підстанцію.

Для визначення потужності та кількості трансформаторів на ТП, об'єднуємо навантаження певних цехів, корпусів, допоміжних споруд, складів.

Визначаємо сумарну розрахункову потужність трансформаторів. Наприклад для корпусу № 201:

$$\sum S_{тр.} = \sum S_{т.роз.};$$
$$\sum S_{тр.} = 16266,2 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження:

$$\beta_{факт.} = \frac{\sum P_{см.}}{n_{тр.} \cdot S_{ном.тр.}};$$
$$\beta_{факт.} = \frac{13826,25}{22 \cdot 1000} = 0,63;$$

Аналогічно ведеться розрахунок для інших корпусів, цехів, складів. Результати заносимо в табл.6.2 .

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1

№ об'єкта	Рсм,кВт	Рр.о. , кВт	∑Рсм, кВт	Ст.роз. кВ·А
1	12705	1121,25	13826,25	16266,2
2	1937	66	2003	2356,5
3	54	315	369	434
4	30	3	33	39
5	266,5	4	270,5	318,2
6	91	25	116	136,5
7	408	52,5	460,5	541,8
8	324	18	342	402,4
9	234	4,5	230,5	208,6
10	182	21	203	238,8
11	84	1,5	85,5	171
12	36	8	44	52
13	197,5	1,17	188,67	221,96
14	144	6	150	176,5
15	18	1,5	19,5	22,9
16	174	6,75	180,75	212,7
17	900	610,5	1510,5	1777,1
РАЗОМ	17775	2265,67	20040,67	23648,16

Таблиця 6.2

№ об'єкта заводу	$\Sigma P_{см. кВт}$	Ст.роз., кВт·А	Сном.тр.,кВт·А	Кількість транс-ів, п тр.	$S_{сум.т.роз.кВт·А}$	$\beta$ факт.
1	13826,25	16266,2	1000	22	16266,2	0,63
2	2003	2356,5	1000	3	2758,9	0,67
8	342	402,4				
7	460,2	541,8	1000			
3	369	434				
6	116	136,5				
4	33	39				
5	270,5	318,2				
10	203	238,8	1000	2	1708,3	0,73
12	44	52	1000			
11	85,5	171				
9	238,5	280,6				

13	188,6	221,96	1000	2	1777,1	0,76
16	180,75	212,7				
14	150	176,5				
15	19,5	22,9				
17	1510,5	1777,1				
РАЗОМ	20040,67	23648,16		31	23648,16	

На картограмі навантажень заводу вказуємо місце розташування ТП. На трансформаторних підстанціях вибираємо трансформатори типу ТМЗ-630/10 та ТМЗ-1000/10. Трансформатори типу ТМЗ з масляним охолодженням, герметично закритий. Такий трансформатор можна встановлювати прямо в цеху, корпусі на складі заводу. Він дешевший від

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

інших трансформаторів ,має хорошу ізоляцію, що витримує імпульсні перенапруги. Як правило, входить до складу комплектних трансформаторних підстанцій.

Паспортні дані трансформаторів:

ТИП

ТМЗ-630	$U_{ВН}=10\text{кВ};$	$\Delta P_{ХХ} =2,4\text{кВт};$	$U_{к}=5,5\%;$
	$U_{НН}=0,4\text{кВ};$	$\Delta P_{к.з.} = 28,4\text{кВт};$	$i_{ХХ} =1,5\%;$
ТМЗ-1000	$U_{ВН}=10\text{кВ};$	$\Delta P_{ХХ} =2,9\text{кВт},$	$U_{к}=5,5\%;$
	$U_{НН}=0,4\text{кВ};$	$\Delta P_{к.з.} = 12,7\text{кВт},$	$i_{ХХ} =1,4\%;$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

## 7. Вибір трансформатора на ГПП.

Вибираємо трансформатори ГПП. Потужність трансформаторів вибираємо на основі техніко-економічних розрахунків, а також, щоб в аварійних умовах один трансформатор забезпечив роботу всього заводу.

Вибір номінальної потужності трансформатора ГПП виконуємо по повній розрахунковій потужності:

$$S_{p\Sigma} = S_{pвн} + S_{pсн},$$

$$S_{p\Sigma} = 22370 + 23410 = 45780 \text{кВ} \cdot \text{А};$$

де  $S_{pвн}$ ,  $S_{pсн}$  - повні розрахункові потужності на стороні 10кВ, 35кВ, які визначаються за формулою:

повна розрахункова потужність на стороні 37кВ:

$$S_{pсн} = \sqrt{P_{сн\Sigma}^2 + Q_{сн\Sigma}^2};$$

$$S_{pсн} = S_{pсн} = \sqrt{17775^2 + 15233,3^2} = 23410 \text{кВ} \cdot \text{А};$$

повна розрахункова потужність на стороні 10кВ:

$$S_{pвн} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + 0,2 \cdot Q_{pвн}^2 + P_0^2};$$

$$S_{pвн} = \sqrt{19041,37^2 + 0,2 \cdot 15233,3^2 + 2980^2} = 24385 \text{кВ} \cdot \text{А};$$

Можливо два варіанти встановлення трансформаторів:

2хТДТН-40000/110      або 2хТДТН-32000/110

В аварійних умовах трансформатор, який залишається в роботі має бути перевірений на допустиме перенавантаження з урахуванням можливого відключення споживачів III-категорії надійності.

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Фільчук Є.			<b>Вибір трансформатора на ГПП.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Ізволеньський					34	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск			
Затвердив		Балюта С.М						

$$1,4 \cdot S_{\text{ном.тр.}} \geq S_{\Sigma \text{ р. тр.}}$$

1 варіант  $1,4 \cdot 40000 = 56000 \text{кВ} \cdot \text{А} \geq S_{\Sigma \text{ р. тр.}} = 45780 \text{кВ} \cdot \text{А};$

2 варіант  $1,4 \cdot 32000 = 46800 \text{кВ} \cdot \text{А} \geq S_{\Sigma \text{ р. тр.}} = 45780 \text{кВ} \cdot \text{А};$

Таблиця 7.1

Тип трансформара	Uвн, кВ	Uнн, кВ	ΔРхх, кВт	ΔРк.з., кВт	Uк, %	Iхх, %	К, в.о.
ТДТН-40000/110	115	11	39	200	10,5	0,6	94,4
ТДТН-32000/110	115	11	28,5	140	10,5	0,7	72,3

Щорічні поточні витрати:

$$C = E_{\text{пр.}} \cdot K + E_a \cdot K + B_e,$$

$$C_1 = 0,03 \cdot 188,8 + 0,063 \cdot 188,8 + 381,12 = 398,68 \text{тис.грн.}$$

$$C_2 = 0,03 \cdot 216,9 + 0,063 \cdot 216,9 + 619,52 = 639,69 \text{тис.грн.}$$

де  $E_{\text{пр.}}$  - коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та обслуговування.  $E_{\text{пр.}}=0,33$ ;  $E_a$  - коефіцієнт відрахувань на амортизацію, який можна прийняти таким, що дорівнює 0,063.

Визначення вартості втрат електричної енергії в трансформаторі.

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2};$$

$$B_{e1} = 175 \cdot 2177,8 \cdot 10^{-2} = 3811,2;$$

$$B_{e2} = 175 \cdot 3540,1 \cdot 10^{-2} = 6195,2;$$

де  $C_e$  - середня собівартість 1 кВт·год електроенергії в електричній системі, коп.

Для розрахунків беремо  $C_e=175$  коп / кВт·год;  $\Delta W$  - втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік, кВт·год.

## 8. Техніко-економічний розрахунок вибору трансформаторів ГПП.

Порівняльну оцінку вибору трансформаторів виконують зіставленням приведених затрат (З), вибираючи варіант з найменшими зведеними затратами.

1 варіант 2хТДТН-32000/110;

2 варіант 2хТДТН-40000/110;

$$Z = E_H \cdot K + C + Y;$$

$$Z_1 = 0,10 \cdot 188,8 + 398,68 + 417,56;$$

$$Z_2 = 0,10 \cdot 216,9 + 639,69 = 661,38;$$

де  $E_H$  - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,  $E_H = 0,10$ ,  
С-щорічні поточні витрати виробництва при нормальній роботі ГПП, грн/рік;

К - одноразові капітальні вкладення.

Щорічні поточні витрати:

$$C = E_{np} \cdot K + E_a \cdot K + B_e;$$

$$C_1 = 0,03 \cdot 188,8 + 0,063 \cdot 188,8 + 381,12 = 398,68 \text{ тис}^{\wedge} \text{грн.};$$

$$C_2 = 0,03 \cdot 216,9 + 0,063 \cdot 216,9 + 619,52 = 639,69 \text{ тис.грн.};$$

де  $E_{np}$  - коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та обслуговування.

$E_{np} = 0,03$ ;  $E_a$  - коефіцієнт відрахувань на амортизацію, який можна прийняти таким, що дорівнює 0,063.

					<b>ДП 2022</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розрахунок вибору трансформатора на ГПП.</b>					
Розробив		Фільчук Є.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Изволеньский							36	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, 3ЕЛ5-5ск		
Затвердив		Балюта С.М								

Амортизаційні відрахування на трансформатори складають:

$$C_a = K_{ая} K n;$$

$$C_{a1} = 0,063 \cdot 94,4 \cdot 2 = 11,89 \text{ тис.грн.};$$

$$C_{a2} = 0,063 \cdot 72,3 \cdot 2 = 9,11 \text{ тис.грн.}$$

Експлуатаційні витрати:

$$C_{e1} = B_e + C_a;$$

$$C_{e1} = 381,12 + 11,89 = 393,01 \text{ тис. грн.};$$

$$C_{e2} = 619,52 + 9,11 = 628,63 \text{ тис.грн.}$$

З розрахунків видно, що варіант 2хТДТН-40000/110 економічно вигідніший, ніж варіант 2хТДТН-32000/110.

Приймаємо до установки на ГПП трансформатори 2хТДТН-40000/110.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 9. Зовнішнє електропостачання заводу.

Для покриття споживання заводу на площадці № 2 збудована підстанція 2ГПП-110/35/10 кВ з двома трансформаторами по 40 МВ-А кожен. Живляться по двохланцюговій ПЛ-110 кВ від районної підстанції міста.

Приймаємо напругу живлення заводу повітряної ЛЕП, яка на ГПП знижується до напруги 10 кВ.

Розподільчу мережу живлення цехів заводу виконується по радіальним та магістральним схемам, оскільки навантаження заводу розташовані в різних напрямках від джерел живлення.

Для живлення споживачів компресорної збудований РП-10кВ.

Рівні напруги на шинах споживачів, що живляться від 2 ГПП, відповідають положенням ГОСТ-13109-67 і забезпечують регулювання напруги під навантаженням трансформаторів 110/35/10 кВ. Підстанція та установка під навантаженням відповідних трансформаторів 10/0,4 кВ.

Коефіцієнт не синусоїдальності напруги на шинах 10 кВ, обумовлений застосуванням зварювальних апаратів, дорівнює 0,42%, не перевищує 5 % допустимого по ГОСТ-13109-67.

Схема електропостачання заводу (див. кресл.).

РП-10кВ компресорної двохсекційний з однією системою шин - роздільна.

Релейний захист і автоматика, виконуються в РП-10кВ відповідно положенням ПУЕ-76.

Вибір способу передачі електроенергії:

Приймаємо кабельні лінії, тому, що вони мають наступні переваги:

- не потребують великої території підприємства;
- мали залежать від погодних і природно-кліматичних умов.

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Фільчук Є.</i>			<b>Зовнішнє електропостачання заводу.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Ізволеньський</i>					38	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск			
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

## 10. Вибір кабелів від ГПП до РП.

Необхідно обчислити розрахункове навантаження на шинах 10 кВ.

Розрахункова потужність електроприймачів, що працюють із сталим графіком навантаження:

$$P_{р.рп.} = P_{см.рп.} = \sum_1^n P_{см.тп.} + P_{см.рп.};$$

$$\text{де } P_{см.тп.} = P_n \cdot \kappa_B = 1600 \cdot 0,7 = 1120 \text{кВт};$$

$$P_{см.рп.} = P_n \cdot \kappa_B = 4 \cdot 800 \cdot 0,75 = 2400 \text{кВт};$$

$$P_{см.рп.} = 1120 + 2400 = 3520 \text{кВт};$$

Приймаємо  $\cos \varphi = 0,85$ ;  $\text{tg } \varphi = 0,62$ .

$$Q_{см.рп.} = P_{см.рп.} \cdot \text{tg } \varphi;$$

$$Q_{см.рп.} = 1120 \cdot 0,62 = 694,1 \text{ квар}$$

Розрахункова потужність освітлення на РП:

$$P_{р.о.рп.} = S \cdot P_o = 3118 \cdot 0,015 = 46,77 \text{кВт};$$

Втрати в трансформаторах, які приєднані до шин РП:

- активної потужності

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P_{кз} = 2,9 + 0,82^2 \cdot 12,9 = 11,57 \text{кВт};$$

де  $\beta = 0,82$ - реальний коефіцієнт завантаження трансформатора;

$\Delta P_{xx}$ ,  $\Delta P_{кз}$  - див. табл. реактивної потужності

$$\Delta Q_m = 2 \cdot S_{ном.тр.} \cdot \left( \frac{u_K \cdot \beta^2}{100} + \frac{i_x}{100} \right) = 2 \cdot 1000 \cdot \left( \frac{5,5 \cdot 0,82}{100} + \frac{1,4}{100} \right) = 102 \text{кВ} \cdot \text{А};$$

					<b>ДП 2022</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
		Розробив	Фільчук Є.			Літ.	Арк.
		Перевірив	Ізволеньський				39
		Н. Контр.			<b>Вибір кабелів від ГПП до РП.</b>		
		Затвердив	Балюта С.М				

Розрахункова потужність:

-активна

$$P_{p.} = P_{\text{нпн}} + \Delta P_{\text{т}} + P_{\text{р.о.}} = 3520 + 11,57 + 46,77 = 3578,3 \text{ кВт};$$

-реактивна

$$Q_{p.} = Q_{\text{нпн}} + \Delta Q_{\text{нпн}} = 694,1 + 102 = 796,1 \text{ квар.}$$

-повна

$$S_p = \sqrt{P_{p.}^2 + Q_{p.}^2 + P_{\text{р.о.пн.}}^2} = \sqrt{3578,3^2 + 796,1^2 + 46,77^2} = 3666,1 \text{ А.}$$

Розрахунковий струм для кабелів , що живлять РП:

$$I_{\text{рп}} = \frac{S_{\text{рп}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}};$$

$$I_{\text{рп}} = \frac{3666,1}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 200 \text{ А};$$

Економічно вигідний переріз кабельної лінії РП:

$$S_{\text{ек.рп.}} = \frac{I_{\text{рп.}}}{j_{\text{ек.}}};$$

$$S_{\text{ек.рп.}} = \frac{200}{1,4} = 143 \text{ мм}^2;$$

Вибираємо два паралельно з'єднані кабелі ААШВ 3х95 з  $I_{\text{дон}} = 2 \cdot 205 = 410 \text{ А}$ , враховуючи поправочні коефіцієнти  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 0,9$ .

$$I_{\text{дон.}} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 410 = 369 \text{ А} > I_{\text{р.рп.}} = 200 \text{ А};$$

Отже умова виконується.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11. Розрахунок струмів короткого замикання.

Короткими замиканнями (К.З.) називають замикання між фазами (фазними провідниками електроустановок), замикання фаз на землю (нульовий провід) в мережах з глухо та ефективно-заземленими нейтраліями, а також, виткове замикання в електричних машинах, яке ліквідується тільки після відключення пошкодженої ділянки.

При короткому замиканні струм збільшується, а напруга знижується до нуля.

Збільшення струму К.З. може викликати механічні і термічні пошкодження обладнання та розширення аварії, а також, може призвести до появи високих потенціалів, які небезпечні для життя людей.

Для розрахунку К.З., складаємо розрахункову схему заміщення, що відповідає нормальному режиму роботи трансформаторів ГПП. Оскільки підприємство живиться від енергосистеми безмежної потужності, то при цьому опір системи до точки приєднання мережі заводу приймаємо рівним нулю.

Струм К.З. в іменованих одиницях від системи в точці  $K_1$

$$I^* = I_{0.0c} = I_{0.2c} = I_{0.0c} \cdot I_b = 3,3 \cdot 5,02 = 16,566 \text{ кА};$$

Аперіодична складова для точки  $K_1$

$$T_a = 0,05 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт для точки  $K_1$

$$K_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,05}} = 1,82;$$

					<b>ДП 2022</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розрахунок струмів короткого замикання.</b>					
Розробив	Фільчук Є.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів	Ізволеньський								41	
Н. Контр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Затвердив	Балюта С.М									

Ударний струм:

$$i_{y0} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I = 1,82 \cdot \sqrt{2} \cdot 16,566 = 42,64 \text{ кА};$$

Після розрахунку струмів короткого замикання, необхідно перевірити вибрані попередньо перерізи кабелів на термічну стійкість до струмів К.З.

Тепловий імпульс в точці К<sub>1</sub>:

$$B_k = I_{nc}^2 \cdot (\tau_k + T_{ac}) = 16,566^2 \cdot (0,2 + 0,01) = 57,6 \cdot 10^6 \text{ А}^2 \cdot \text{с};$$

де  $I_{nc}$  - постійна складова струму К.З.,  $\tau_k = \tau_{pz} + \tau_b$  - час протікання К.З.;  $\tau_{pz}$  - 0,03с - час спрацювання релейного захисту,  $\tau_b = 0,15$  - час спрацювання автоматичного вимикача,  
 $T_{ac} = 0,01$ с - стала часу.

Вибір базисних величин.

1. Базисна потужність  $S_6 = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ;
2. Базисні напруги приймаємо для кожного ступеня напруги рівними їх середній номінальній напрузі:  $U_{61} = 115 \text{ кВ}$ ;  $U_{62} = 10,5 \text{ кВ}$ ;  $U_{63} = 0,4 \text{ кВ}$ .
3. Базисні струми визначається за формулою:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ кА};$$

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 54,99 \text{ кА};$$

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{63}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443 \text{ кА};$$

Опір ЛЕП 110кВ:

$$X = X_{зак.} = X_n \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ном.оп.}^2} = 0,4 \cdot 10 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,303;$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $X_n = 0.4$ - опір ЛЕП, Ом/км;

$l = 10$  - довжина ЛЕП, км.

Струм К.З. від системи у відносних одиницях для моментів часу 0,0с та 0,2с.

$$I_{0,0c} = I_{0,2c} = \frac{1}{X_{\text{звс}}} = \frac{1}{0,303} = 3,3c;$$

Площа перерізу, яка забезпечує термічну стійкість:

$$F = \frac{\sqrt{B_k}}{c} = \frac{\sqrt{57,6 \cdot 10^6}}{90} = 84,3 \text{ мм}^2;$$

Оскільки на КЛ1 вибраний кабель з площею перерізу  $95 \text{ мм}^2$ ; що більше  $F = 84,3 \text{ мм}^2$ , то можна зробити висновок, що даний кабель забезпечить термічну стійкість до струмів К.З.

Результати розрахунків для інших точок К.З. представлені в таблиці 11.1

Таблиця 11.1

Точка К.З.		$X_{\sigma},$ -	$U_{\sigma},$ кВ	$I_{\sigma},$ кА	$I_0,$ кА	$i_{\text{зд}},$ кА	$B_k,$ $A^2 \cdot c$	$F_{\text{тн}},$ $\text{мм}^2$
К1	На стороні 110кВ трансформатор ГПП.	0,303	115	5,02	16,566	42,64	57,6	84,3
К2	Збірні шини 10кВ ТП1 1000кВА	3,546	10,5	38,5	10,9	27	24,8	55
К3	Збірні шини 10кВ ТП6 630кВА	3,49	10,5	38,5	11	27,5	24,8	55
К4	Збірні шини РП	3,59	10,5	38,5	10,72	27,34	24,1	54,4

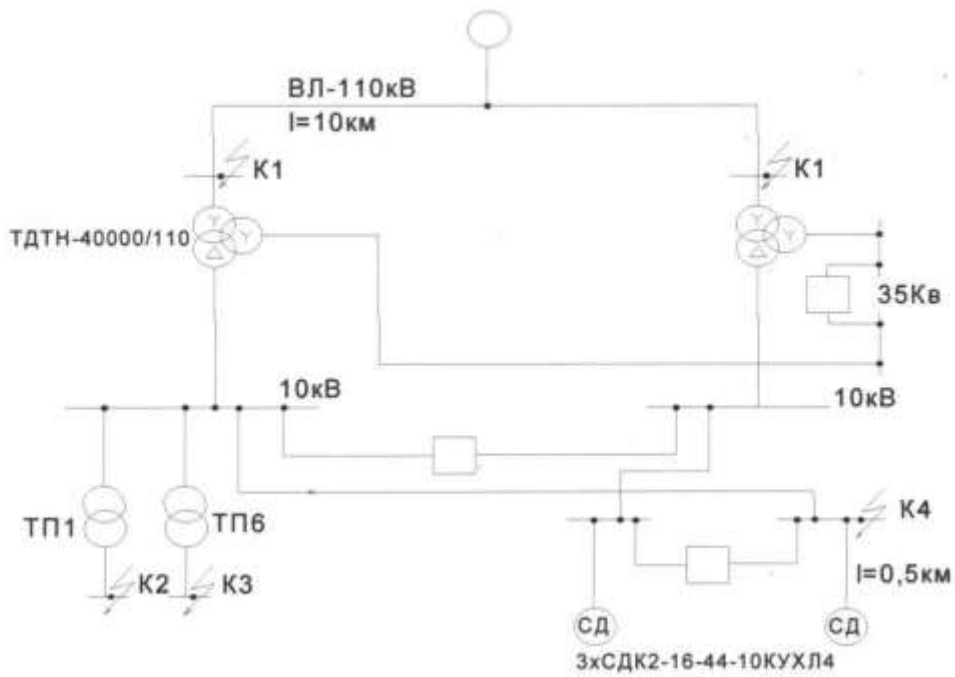


Рис.11.1 Спрощена схема електропостачання.

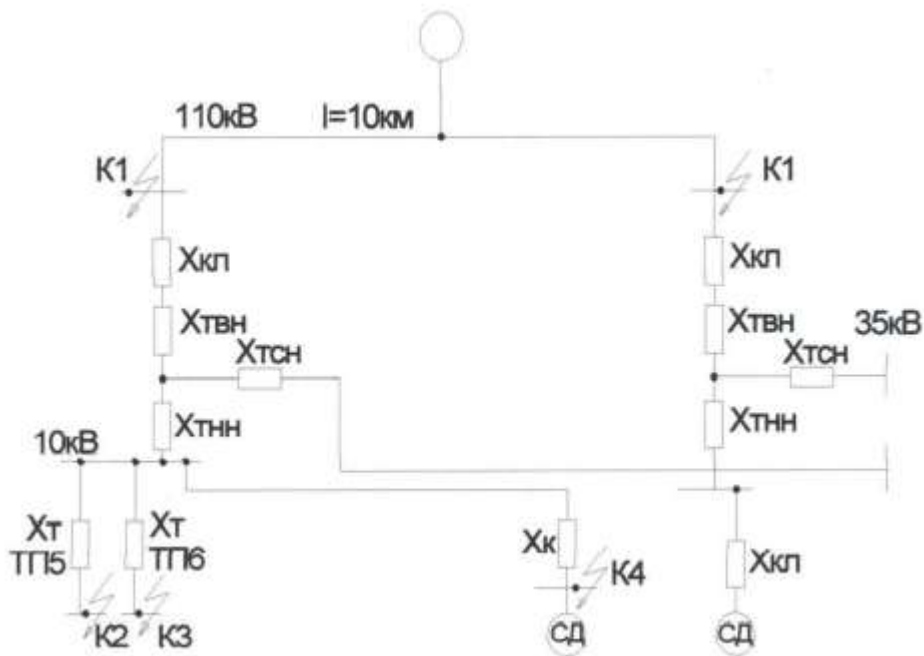


Рис.11.2 Схема електропостачання.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2022

Арк.

44

Для інших приєднань приводимо вибір вимикачів в табличній формі (табл.11.1 – 11.4 ).

Вимикачі для кабельної лінії, які живлять трансформатори потужності 1000 кВА

Таблиця 11.1.

Параметри вимикача ВР	Умови вибору	Розрахункові дані мережі
Уном=10кВ	=	Уном.мер.=10кВ.
Іном.=630А	>	Іном.=77А.
Ін.р.=20кА	>	Ін.тр.=10,9кА
$\sqrt{2} \cdot I_{н.р.} \cdot (1 + \frac{\beta}{100}) = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,28 \text{кА}$	>	$\sqrt{2} \cdot 10,9 = 15,4 \text{кА}$
Ідин.=52кА	>	Іуд.=27кА
Ідин.=20кА	>	Іо=10,9кА
$I_r^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	>	Вк=24,8кА <sup>2</sup> ·с

Вимикачі для кабельних ліній, що живлять трансформатори потужністю 630 кВА

Таблиця 11.2

Параметри вимикача ВР	Умови вибору	Розрахункові дані мережі
Уном=10кВ	=	Уном.мер.=10кВ.
Іном.=630А	>	Іном.=48А.
Ін.р.=20кА	>	Ін.тр.=11кА
$\sqrt{2} \cdot I_{н.р.} \cdot (1 + \frac{\beta}{100}) = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,28 \text{кА}$	>	$\sqrt{2} \cdot 11 = 15,4 \text{кА}$
Ідин.=52кА	>	Іуд.=27,5кА
Ідин.=20кА	>	Іо=11кА
$I_r^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	>	Вк=24,8кА <sup>2</sup> ·с

Вимикач для кабельної лінії, що живить збірну шину РП.

Таблиця 11.3

Параметри вимикача ВР	Умови вибору	Розрахункові дані мережі
Уном=10кВ	=	Уном.мер.=10кВ.
Іном.=630А	>	Іном.=200А.
Ін.р.=20кА	>	Ін.тр.=10,72кА
$\sqrt{2} \cdot I_{н.р.} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,28 \text{кА}$	>	$\sqrt{2} \cdot I_{тр.} = \sqrt{2} \cdot 10,72 = 15,16 \text{кА}$
Ідин.=52кА	>	Іуд.=27,34кА
Ідин.=20кА	>	Іо=10,72кА
$I_r^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	>	Вк=24,1кА <sup>2</sup> ·с

Ввідний вимикач:

Таблиця 11.4.

Параметри вимикача ВР	Умови вибору	Розрахункові дані мережі
Уном=10кВ	=	Уном.мер.=10кВ.
Іном.=1600А	>	Іном.=1374А.
Ін.р.=20кА	>	Ін.тр.=11,4
$\sqrt{2} \cdot I_{н.р.} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,28 \text{кА}$	>	$\sqrt{2} \cdot I_{тр.} = \sqrt{2} \cdot 11,4 = 16,2 \text{кА}$
Ідин.=52кА	>	Іуд.=33кА
Ідин.=20кА	>	Іо=11,4кА
$I_r^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	>	Вк=31,19кА <sup>2</sup> ·с

Секційний вимикач на ГПП.

Вибираємо вимикач ВР

Параметри і умови вибору вимикача представлені в табл.

Таблиця 11.5

Параметри вимикача ВР	Умови вибору	Розрахункові дані мережі
$U_{ном}=10\text{кВ}$	=	$U_{ном.мер.}=10\text{кВ.}$
$I_{ном.}=1600\text{А}$	>	$I_{ном.}=687\text{А.}$
$I_{н.р.}=20\text{кА}$	>	$I_{н.тр.}=11,4$
$\sqrt{2} \cdot I_{н.р.} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,28\text{кА.}$	>	$\sqrt{2} \cdot I_{н.тр.} = \sqrt{2} \cdot 11,4 = 16,2\text{кА}$
$I_{дин.}=52\text{кА}$	>	$I_{уд.}=29\text{кА}$
$I_{дин.}=20\text{кА}$	>	$I_о=11,4\text{кА}$
$I_r^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 8 = 3200\text{кА}^2 \cdot \text{с.}$	>	$V_k = 31,19\text{кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір роз'єднувача в приєднанні на стороні 110кВ трансформатора ГПП.

Вибір роз'єднувача в приєднанні на стороні 110кв трансформатора ГПП в табл. 11.6.

Роз'єднувач вибирається за умови нормальної роботи в довготривалому робочому режимі і перевіряється на здатність витримувати струми К.З., тобто роз'єднувач має бути термічно динамічно стійким до струмів К.З. За умовами здатності відключати стуми К.З., роз'єднувач не перевіряється, оскільки не призначений для цього.

Таблиця 11.6

Допустимі значення роз'єднувача	Умови вибору	Розрахункові дані
$U_{ном}=110\text{кВ}$	$\geq$	$U_{ном.мер.}=10\text{кВ.}$
$I_{ном.}=1000\text{А}$	$\geq$	$I_{ном.}=687\text{А.}$
$I_{дин.}=80\text{кА}$	$\geq$	$I_{уд.}=29\text{кА}$
$I_{дин.} = \frac{i_{дин.}}{2,55} = 31,38\text{кА.}$	$\geq$	$I_{п.о.}=13\text{кА.}$
$I_r^2 \cdot \tau = 31,5^2 \cdot 4 = 3969\text{кА}^2 \cdot \text{с.}$	$\geq$	$V_k = 35,49\text{кА}^2 \cdot \text{с.}$

## Вибір трансформаторів струму.

Трансформатор струму призначений для зменшення первинного струму до значень, найбільш зручних для вимірювальних приладів і реле, а також для відділення вимірювальних ланцюгів захисту від первинних ланцюгів високої напруги.

Для вибору трансформаторів струму мати і знати таке:

- Перелік приладів контролю і регулювання нормального, а в деяких випадках і аварійного, режимів кожного приєднання до збірних шин розподільчого пристрою, а також, на самих збірних шинах і допоміжних елементах розподільчого пристрою;
- Схеми з'єднань приладів між собою та підключення до джерел живлення їх послідовних обмоток, а також, дані по самих приладах;
- Значення струмів нормального та максимального режимів кожного приєднання та елементів розподільчих пристроїв;
- Значення струмів аварійного режиму в точках схеми системи електропостачанням вибираються ТС.

Проведемо повний розрахунок по вибору ТС на прикладі вибору ТС для приєднання до кабельної лінії, яка живить силові трансформатори потужністю 1000(630) кВА.

В колі лінії 10кВ, що ідуть до споживачів встановлюються такі прилади: амперметр, розрахункові лічильники активної і реактивної енергії, що вимагають роботу ТС з класом точності 0,5 (потужність, споживається послідовними котушками вимірювальних приладів розрахована в табл.11.8 )

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.8

Прилад	Тип приладу	Навантаження, В·А.		
		Фаза А	Фаза Б	Фаза С
Амперметр	Є-357	0,5		0,5
Лічильник активної енергії	И-657	2,5		2,5
Лічильник реактивної енергії	И-670	2,5		2,5
Разом		5,5		5,5

Вибираємо ТС типу ТПЛ-10. Варіант виконання:

$$I_{2ном.} = 200\text{А}, I_{ном2} = 5\text{А}; Z_{юи} = 0,4\text{Ом}, \text{ класе точності } 0,5.$$

Умови вибору і параметри ТС приведені в табл.11.9.

Сумарний опір приладів.

$Z_K = 0,05$ -опір контактних з'єднань кількості приладів більше 3-ох на одну фазу, Ом.

Таблиця 11.9

Параметри ТПЛ-10	Умови вибору	Розрахункові дані
$U_{ном} = 10\text{кВ}$	$\geq$	$U_{ном.} = 10\text{кВ}$
$I_{ном} = 200\text{А}$	$\geq$	$I_{ном} = 200\text{А}$
$\sqrt{2} \cdot I_n \cdot K_g = \sqrt{2} \cdot 200 \cdot 150 = 70,7\text{кА}$	$\geq$	$I_{уд.} = 29,07\text{кА}$
$(I_n \cdot K_t)^2 \cdot \tau = (200 \cdot 45)^2 \cdot 3 = 2,43 \cdot 10^5 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$	$\geq$	$W_k = 25,992 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Максимальний опір проводів, які з'єднують ТС з приладами при роботі його в заданому класі точності, Ом.

$$- 2 \wedge - 2_K = 0,4 - 0,22 - 0,55 = 0,13\text{Ом}.$$

Найменший переріз проводів, що забезпечує умову роботи ТС в мм<sup>2</sup>. необхідному класі точності,

$$S = \frac{\rho \cdot l_p}{r_{np.}} = \frac{0,028 \cdot 40}{0,13} = 8,6\text{мм}^2.$$

$$\rho = 0,028\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}, I_p = 40\text{м}.$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Закруглюємо до найближчого більшого  $S_{ст} = 10\text{мм}^2$ .

Вибираємо провід АКВРГ-10.

Перевіряємо можливість ТС працювати в заданому класі точності:

$$S = \frac{\rho \cdot l_p}{S_{ст}} = \frac{0,028 \cdot 40}{10} = 0,112 \text{ Ом.}$$

$$r_{пр.} = S + Z_{прил.} + Z_{к} = 0,112 + 0,22 + 0,05 = 0,382 \text{ Ом} < Z_{ном.} = 0,4 \text{ Ом.}$$

Даний трансформатор забезпечить роботу в класі точності 0,5.

Трансформатор струму вибираємо типу ТВТ-110-600/5.

Таблиця 11.10

Параметри ТВТ-110-600/5	Умови вибору	Розрахункові дані
U <sub>ном</sub> =110кВ	≥	U <sub>ном.</sub> =110кВ
I <sub>ном</sub> =600А	≥	I <sub>ном.</sub> =463А
К <sub>дин.</sub> =20	≥	$K_{уд.} = \frac{i_{уд.}}{\sqrt{2} \cdot I_n} = 20$
Kt=25	≥	$K_t = \frac{I_{\infty}}{\sqrt{2} \cdot I_n} = 20$

В колі знижувального трьохобмоткового трансформатора на сторони ВН ставиться амперметр. Встановлюємо амперметр з такими параметрами

$$S_{сум.прил.} = 0,5B \cdot A$$

$$Z_{прил.} = \frac{S_{сум.прил.}}{I_{2ном.}^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом.}$$

Приймаємо  $Z_{к} = 0,05 \text{ Ом}$  - опір контактних з'єднань.

Максимальний опір проводів, що з'єднують ТС з приладами при роботі в класі точності 1.

$$Z_{пр.} = Z_{2ном.} - Z_{сум.прил.} - Z_{к} = 1 - 0,02 - 0,05 = 0,93 \text{ Ом.}$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Найменший переріз проводів, що задовольняють умови роботи ТС в необхідному класі точності:

$$S = \frac{\rho \cdot I_p}{Z_{np.}} = \frac{0,028 \cdot 40}{0,93} = 1,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $S_{ст} = 1,5 \text{ мм}^2$  - за умови механічної стійкості.

Вибір вимірювальних трансформаторів струму ТС.

В колі трансформатора на стороні низької напруги встановлюються такі прилади: амперметр, ватметр, лічильники активної та реактивної енергії, що вимагають роботу ТС з класом точності 0,5 ( потужність, споживається послідовними котушками вимірювальних приладів розрахована в табл.11.11)

Таблица 11.11.

Прилад	Тип приладу	Навантаження		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Ватметр	Д-335	0,5		0,5
Лічильник активної потужності	И-675	2,5		2,5
		2,5		2,5
Амперметр	Є-350	0,5	0,5	0,5
Разом		6	0,5	6

Таблиця 11.12

Параметри ТПОЛ-10-0,5/р.	Умови вибору	Розрахункові дані
U <sub>ном.</sub> =10кВ	≥	U <sub>ном.</sub> =10кВ
I <sub>ном.</sub> =1500А	≥	I <sub>ном.</sub> =1374А
$\sqrt{2} \cdot I_{ном.} \cdot K_{обм.} = 95,5кА$	≥	I <sub>у.о.</sub> =29,07кА
$(I_{ном.} \cdot K_1)^2 \cdot \tau = 2187кА^2 \cdot с$	≥	Вк=25,992кА <sup>2</sup> ·с

$$S_{ст} = 10 \text{ мм}^2, \quad S = \frac{0,028 \cdot 40}{10} = 7,462.$$

Вибираємо провід АКВРГ-10.

Перевіряємо можливість ТС працювати в заданому класі точності:

$$Z_{ф.} = \frac{0,028 \cdot 40}{0,15} = 0,112 \text{ мм}^2$$

$$Z_{розр.} = r_{пров.} + Z_{ф.кв.} + Z_{к} = 0,112 + 0,24 + 0,01 = 0,36 \text{ Ом}^2 < Z_{ном.} = 0,4 \text{ Ом}.$$

Даний трансформатор забезпечить роботу в класі точності 0,5.

В колі секційного вимикача ГПП.

В колі секційного вимикача встановлюється лише амперметр в двох фазах. В фазі А та в фазі С. Застосовується амперметр типу Є-357 з навантаженням на фазах /=0,5£-А

Вибираємо ТС типу ТПОЛ-10. Умови вибору представлені п табл.11.13

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 11.13

Параметри ТС ТПОЛ-10	Умови вибору	Розрахункові дані
U <sub>ном</sub> =10кВ	≥	U <sub>ном</sub> =10кВ
I <sub>ном</sub> =1000А	≥	I <sub>ном</sub> =687А
$\sqrt{2} \cdot I_n \cdot K_d = \sqrt{2} \cdot 1000 \cdot 69 = 97,58 \text{кА}$	≥	I <sub>уд.</sub> =29кА
$(I_n \cdot K_t)^2 \cdot \tau = (1000 \cdot 27)^2 \cdot 3 = 2187 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	≥	Вк=31,19 кА <sup>2</sup> · с

Сумарний опір проводів:

$$Z_{\text{пров.}} = \frac{S}{I_{2\text{ном.}}^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом}$$

$Z_K = 0,05$  - при кількості приладів менше 3.

$$r_{\text{пров.}} = Z_{\text{ком.}} - Z_{\text{прил.}} - Z_K = 0,4 - 0,02 - 0,05 = 0,33 \text{ Ом}$$

Найменший переріз провoda:

$$S = \frac{\rho \cdot t}{r_{\text{пров.}}} = \frac{0,028 \cdot 40}{0,33} = 3,4.$$

Найближче значення  $S_{\text{ном}} = 4 \text{ мм}^2$

Сумарний опір приладів:

$$Z_{\text{прил.}} = \frac{S}{I_{n2}^2};$$

де S-навантаження котушок приладів;

I<sub>n2</sub> - вторинний струм ТС I<sub>n2</sub>.

$$Z_{\text{прил.}} = \frac{6}{5^2} = 0,24 \text{ Ом}$$

$Z_K = 0,01$ - опір контактних з'єднань при кількості приладів більше 3-ох на одну фазу.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Максимальний опір проводів , які з'єднують ТС з приладами при його роботі в заданому класі точності, Ом.

$$r = Z_{\text{сум.ном.}} - Z_{\text{к}} = 0,4 - 0,24 - 0,01 = 0,15;$$

Найменший переріз проводів , що забезпечує умову роботи ТС в необхідному класі точності, мм<sup>2</sup>

$$S = \frac{\rho \cdot l_p}{Z_{\text{п.прил.}}};$$

де  $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$  – питомий опір алюмінію.

$l_p$  - розрахункова довжина проводу.

$$Z_{\text{розр.}} = \frac{0,028 \cdot 40}{4} + 0,02 + 0,05 = 0,35 < 0,4 \text{ Ом.}$$

Даний ТС може працювати в класі точності 0,5.

Вибір ТС для контролю ізоляції.

Для контролю ізоляції застосовується трансформатора струму типу ТЗЛМ.

Вибір трансформаторів напруги.

Трансформатор напруги призначений для пониження високої напруги до стандартного значення 100 або  $100 / \sqrt{3}$  і для визначення первинних ланцюгів високої напруги.

Для вибору трансформаторів напруги необхідно мати і знати таке:

- Перелік приладів контролю та регулювання нормального, а в деяких випадках і аварійного режимів кожного приєднання до збірних шин розподільчого пристрою, а також, на самих збірних шинах і допоміжних елементів розподільчого пристрою.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Схема з'єднань приладів між собою та підключення до джерел живлення їх паралельних обмоток, а також, дані по самих приладах.

Трансформатори напруги встановлюються на кожній секції збірних шин, розподільчих пристроїв вони є джерелом напруги для всіх паралельних котушок контрольно-вимірювальних приладів кожного приєднання даної секції.

У зв'язку з цим для обчислення  $\delta_{ст}$ . Необхідно знати число приєднань даної секції розподільчого пристрою, а також дані приладів з паралельними котушками.

Розрахунок навантаження для вибору ТН.

Таблиця 11.14

Найменування на приєднання	Прилад	Тип приладу	Потужн. однієї котушки	Кільк. котушок	$\cos \varphi$	Число прил.			
Збірні шини	Вольтметр	Є-378	2	1	1	1	2	-	-
Приєднання трансформатора до шин 10 кВ.	Вольтметр	Д-305	2	2	1	1	4	-	-
	Лічильник акт. енергії	И-672М	8	2	0,25	1	4	15,5	
	Лічильник реакт. енерг.	И-673М	8	2	0,25	1	4	15,5	-
Лінія 10 кВ	Лічильник акт. енергії	И-672М	8	2	0,25	12	48	186	-
	Лічильник реакт. енерг.	И-672М	8	2	0,25	12	48	186	-
Усього							110	403	417,7

## 12. Вибір електричних апаратів захисту та управління.

Для захисту апаратів застосовують автоматичні вимикачі, запобіжники, які встановлюють на розподільчі пункти, щитах станцій, управління і розгалуження коробок шинопроводу.

Для захисту апаратів управління застосовують магнітні пускачі, контактори і кнопки управління.

Пускачі і контактори для управління технологічними механізмами встановлюють на щити і шафи станцій управління в електроприміщеннях або біля механізмів.

Все запроектоване обладнання вибраних з врахуванням середовища в виробничих приміщеннях і захисту персоналу від торкання струмоведучих елементів.

Пускова апаратура електроприймачів, розташованих в приміщеннях з вибухонебезпечним середовищем.

Вибір електричних апаратів на стороні 10 кВ трансформатора ГПП.

На прикладі вибору вимикача для кабельної лінії, які живлять трансформатора потужності 1000кВ А

В даній точці мережа характеризується такими параметрами: номінальна напруга  $U_{ном.мережі} = 10\text{кВ}$ , струм максимального режиму  $I_M = 77\text{А}$ , струм К.З. –  $I_{00} = 10,9\text{кА}$ , струм К.З. на момент відключення вимикачем  $I_{нмр.} = 10,9\text{кА}$ , ударний струм  $i_{уд} = 27\text{кА}$ , тепловий імпульс  $B_k = 24,8\text{кА}^2\text{-с}$ .

Вибираємо вимикач типу ВР .

Номінальна напруга вимикача дорівнює  $U_{ном.мережі}$

$$U_{ном.мережі} = 10\text{кВ}$$

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вибір електричних апаратів захисту та управління</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Фільчук Є.					56	
Перевірів		Ізволеньський				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

Номинальний струм вимикача більше  $I_M$  в даній точці мережі:

$$I_{ном} = 630A > I_M = 77 A.$$

Виконання перших двох умов означає, що вимикач придатний до роботи у довготривалих робочих режимах.

3. Номинальний струм відключення більше за струм К.З. в момент відключення 0,2с.

$$I_{н.р.} = 20кА \geq I_{н.тр.} = 10,9кА.$$

4. Найбільший струм відключення вимикача більше за миттєве значення струму К.З. мережі, що відключається:

$$\sqrt{2} \cdot I_{н.тр.} \cdot \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,28кА > \sqrt{2} \cdot I_{н.тр.} = \sqrt{2} \cdot 10,9 = 15,4кА.$$

Третя та четверта умова показують здатність відключати без ушкоджень струми К.З.

Найбільший струм динамічної стійкості вимикача більше за миттєве значення ударного струму в даній точці мережі.

$$i_{дин.} = 52кА > i_{уд.} = 27кА.$$

Діюче значення струму динамічної стійкості вимикача більше за діюче значення струму К.З. в даній точці мережі:

$$I_{дин.} = 20кА > I_0 = 10,9кА.$$

П'ята та шоста умови показують електродинамічну стійкість вимикача до струмів К.З. в даній точці мережі.

7. Струм термічної стійкості вимикача, помножений на час термічної стійкості більше за тепловий імпульс в даній точці мережі:

$$I_t^2 \cdot \tau = 20^2 \cdot 8 = 3200кА^2 \cdot с > B_k = 24,8кА^2 \cdot с.$$

Сьома умова характеризує термічну стійкість вимикача до струмів К.З. в даній точці мережі.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 13. Релейний захист.

Основна задача захисту полягає у виявленні пошкодженої ділянки і найбільш швидкій видачі сигналу на її відключення.

До пристроїв релейного захисту, що діють на відключення, пред'являють наступні вимоги:

1. Селективність або вибірковість дій при якому забезпечується відключення тільки пошкодженої ділянки електроустановки, а не пошкоджена її частина залишається в роботі.
2. Швидкодія. Чим швидше працює релейний захист, тим менше триває аварійна ситуація в електроустановці і менше розмір ушкоджень електрообладнання. Сучасний швидкодіючий захист має власний час спрацювання порядком 0,02-0,04с.
3. Чутливість, тобто здатність захисту реагувати тільки на ті пошкодження і аномальні режими, на які він розрахований.
4. Надійність захисту полягає в його безвідказній дії у всіх випадках для яких він призначений.

Розрахунок диференційного захисту:

Приведений струм спрацювання захисту:

$$I_{c.z.}^1 = 1,5 \cdot I_{ном. макс.}^{BH} = 1,5 \cdot 250 = 375 A.$$

Перевіряємо критерії чутливості:

$$K_r^{зам} = \frac{I_{к.мін.}^{(2)}}{I_{c.z.}^1} = \frac{940}{375} = 2,5 > 2.$$

Знаходимо середні номінальні струми сторони живлення та двох сторін, що живляться:

$$I_{ном.}^{BH} = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}^{BH}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 200,8 A.$$

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Розрахунок релейного захисту</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Фільчук Є.					58	
Перевірів		Ізволеньський І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

$$I_{ном.}^{CH} = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}^{CH}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 600 A.$$

$$I_{ном.}^{НН} = \frac{S_{н.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}^{НН}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 2100 A.$$

Знаходимо струми в плечах захисту при середніх номінальних струмах силового трансформатора на всіх сторонах:

$$I_2 = \frac{I_{ном.} \cdot \sqrt{3}}{K_m};$$

де  $K_m$  - коефіцієнт трансформації струму. На стороні ВН:  $K_T^{ВН} = 120$ ; на стороні СН:  $K^{СН} = 120$ , на стороні НН:  $K^{НН} = 300$ .

$$I_2^{ВН} = \frac{I_{ном.}^{ВН} \cdot \sqrt{3}}{K_m^{ВН}} = \frac{200,8 \cdot \sqrt{3}}{120} = 2,9 A;$$

$$I_2^{СН} = \frac{I_{ном.}^{СН} \cdot \sqrt{3}}{K_m^{СН}} = \frac{600 \cdot \sqrt{3}}{120} = 8,66 A;$$

$$I_2^{НН} = \frac{I_{ном.}^{НН} \cdot \sqrt{3}}{K_m^{НН}} = \frac{2100 \cdot \sqrt{3}}{300} = 12,12 A;$$

Сторону ВН призначаємо основною і підключаємо до диференційної обмотки незалежно від величини струму у відповідному плечі захисту.

Знаходимо мінімальний розрахунковий струм спрацювання реле:

$$I_{ср.осн.мін}^{розр.} = I_{сз} \cdot \frac{K_{ex}^{вн}}{K_m};$$

де  $K_{ex}^{вн} = \sqrt{3}$  — коефіцієнт схеми для обмотки, яка з'єднана за схемою “зірка”.

$$I_{ср.осн.мін}^{розр.} = 375 \cdot \frac{\sqrt{3}}{120} = 5,4 A;$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Знаходимо розрахункове число витків диференційної обмотки:

$$W_{\text{диф. розр.}} = \frac{100}{I_{\text{сп. розм. min}}^{\text{розр.}}} = \frac{100}{5,4} = 18,5;$$

Беремо найближче менше ціле

$$W_{\text{диф.}} = (W_{\text{диф. розр.}}) = (18,5) = 18;$$

Розрахунок кількості витків зрівняльних обмоток для плечей із сторони СН, НН:

$$W_{\text{зр.1 розр.}} = W_{\text{диф.}} \cdot \frac{I_2^{\text{ен}}}{I_2^{\text{сн}}} = 18 \cdot \frac{2,9}{866} = 6,03;$$

$$W_{\text{зр.2 розр.}} = W_{\text{диф.}} \cdot \frac{I_2^{\text{ен}}}{I_2^{\text{нн}}} = 18 \cdot \frac{2,9}{12,12} = 4,3;$$

Закруглюємо до найближчих цілих:

$$W_{\text{зр.1}} \approx W_{\text{зр.1 розр.}} = 6;$$

$$W_{\text{зр.2}} \approx W_{\text{зр.2 розр.}} = 4;$$

Визначаємо розрахункові коефіцієнти гальмування, які необхідні для відмежування захисту від струмів не балансу при К.З. на тій чи іншій стороні живлення:

$$K_{\text{затям. нн}} = 0,1 + \frac{\Delta U_{\text{рег. ен}}}{U_{\text{ном. ен}}} + \frac{(W_{\text{зр.2 розр.}} - W_{\text{зр.2}})}{W_{\text{диф.}}} = 0,1 + 0,16 + \frac{(4,3 - 4)}{18} = 0,28;$$

$$K_{\text{затям. сн}} = 0,1 + \frac{\Delta U_{\text{рег. ен}}}{U_{\text{ном. ен}}} + \frac{\Delta U_{\text{рег. сн}}}{U_{\text{ном. сн}}} + \frac{(W_{\text{зр.1 розр.}} - W_{\text{зр.1}})}{W_{\text{диф.}}} = 0,1 + 0,16 + 0,05 + \frac{(6,03 - 6)}{18} = 0,311;$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З двох розрахункових значень коефіцієнт гальмування вибираємо більше  $K_{гальм} = 0,311$  і знаходимо розрахункове число витків гальмівної обмотки:

$$W_{гальм. роз.} = 1,5 \cdot W_{диф.} \cdot \frac{K_{гальм.}}{tg\alpha} = 1,5 \cdot 18 \cdot \frac{0,811}{0,87} = 9,65 \approx 10;$$

Отже, одержимо результат:  $W_{диф} = 18$ ;  $W_{ep.1} = 6$ ;  $W_{ep.2} = 4$ ;  $W_{гальм} = 10$ .

Визначаємо попередньо приведений струм спрацювання:

$$I_{с.з.}^{\prime} = \max(I_{с.з.}^{K_1}; I_{с.з.}^{нб1}) = \max(325; 661,7) = 661,7 A;$$

Знаходимо наскрізні (приведені) мінімальні струми при двофазних К.З. на стороні живлення:

$$I_{к.мін.}^{(2)'} = I_{к.мін.}^{(2)} \cdot \frac{U_{ном.}}{U_{ном.}};$$

де (2) ~струм двофазного К.З. у мінімальному режимі.

$$I_{к.мін.}^{сн(2)} = 0,87 \cdot I_{к.}^{(3)сн} = 0,87 \cdot 4,9 = 4,263 кА;$$

$$I_{к.мін.}^{нн(2)} = 0,87 \cdot I_{к.}^{(3)нн} = 0,87 \cdot 11,3 = 9,831 кА;$$

$$I_{к.мін.}^{сн(2)} = 4263 \cdot \frac{38,5}{115} = 1427 A;$$

$$I_{к.мін.}^{нн(2)} = 9831 \cdot \frac{11}{115} = 940 A;$$

Вибираємо з них менший  $I = 940 A$ , перевіряємо критерій чутливості:

$$K_{ч. рнт} = \frac{I_{к.мін.}^{(2)'}}{I_{с.з.}^{нб1}} = \frac{940}{661,7} = 1,42 < 2.$$

Захист із РНТ-656 не задовольняє критерій чутливості. Тому вибираємо складний, але й більш чутливий захист реле типу ДЗТ11.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Знаходимо приведені струми небалансу при трифазному К.З. на стороні НН або СН. При цьому враховуємо, що маємо не приведені, а фактичні струми К.З. на живлячих сторонах:

$$I_{н.б.макс.} = \left(0,1 + \frac{\Delta U_{рег.}}{U_{ном.}}\right) \cdot I_{к.макс.}^{(3)} \cdot \frac{U_{ном.}}{U_{ном.}};$$

де  $\frac{\Delta U_{рег.}}{U_{ном.}}$  – половина діапазону регулювання напруги, на стороні

живлення.  $\frac{\Delta U_{рег.}}{U_{ном.}} = 16\%$ ; сторона СН,  $\frac{\Delta U_{рег.}}{U_{ном.}} = 5\%$ ,  $I_{к.макс.}^{(3)}$  – струми

трифазного К.З. на стороні СН,  $I_{к.макс.}^{(3)СН} = 4,9 А$  на стороні НН:

$$I_{к.макс.}^{(3)НН} = 11,9 А.$$

$$I_{н.б.макс.}^{НН} = (0,1 + 0,16) \cdot 11900 \cdot \frac{11}{115} = 296 А,$$

$$I_{н.б.макс.}^{СН} = \left(0,1 + \frac{\Delta U_{рег.}}{U_{ном.}} + \frac{U_{рег.}}{U_{ном.}}\right) \cdot I_{к.макс.}^{(3)СН} \cdot \frac{U_{ном.}}{U_{ном.}} = (0,1 + 0,16 + 0,05) \cdot 4900 \cdot \frac{38,5}{115} = 509 А.$$

Вибираємо більше із цих чисел:

$I_{нб.мах}' = 509$ , і знаходимо приведений струм спрацювання захисту

відстроений від струму небалансу:

$$I_{с.з.}^{нб1} = 1,3 \cdot I_{нб.макс.}' = 1,3 \cdot 509 = 661,7 А.$$

Для захисту трансформатора (силового) від надструмів застосовується максимальний струмовий захист, узгоджений за струмом і часом з наступними елементами схеми. Максимальний струмовий захист перевіряти на його спроможність до резервування.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## Максимальний струмовий захист трансформатора:

Розрахунок установки струму спрацювання максимально струмового захисту трансформаторів, що діє на вимикання, має бути зроблений з урахуванням паралельно працюючих трансформаторів для того, що вимкнені одного з них другий залишався в роботі.

$$I_{c.p.} = \frac{K_{зхл.} \cdot K_{с.з.} \cdot K_{с.х.}}{K_{вт} \cdot K_{тт}} \cdot I_{мвдс} = \frac{1,15 \cdot 2,25 \cdot 1}{0,85 \cdot 40} \cdot 210 = 15,98 A.$$

Приймаємо установку на реле  $I_{c.p.} = 10 A$ , тоді початковий струм спрацювання захисту:

$$I_{с.з.} = I_{c.p.} \cdot K_{т.р.} = 10 \cdot 40 = 400 A.$$

## Оперативний струм:

На підстанції застосовується випрямлений оперативний струм.

Максимальний номінальний струм сторони живлення, що відповідає

$$U_{ном.мін.}^{вн} :$$
$$U_{ном.мвдс.}^{вн} = \frac{S_{ном.тр.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.мін.}^{вн}} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 0,84} = 250 A,$$

де  $S_{ном.тр.}$  - номінальна потужність трансформатора.

Спочатку спробуємо РНТ-565. Знаходимо приведені струм спрацювання захисту, відстроєний від небалансу.

$$I_{с.з.}^{к1} = 1,3 \cdot I_{ном.мвдс.}^{вн} = 1,3 \cdot 250 = 325 A.$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розрахунок релейного захисту відходящої лінії 10кВ.

Вихідні дані:

Максимальний номінальний струм:  $I_{\text{макс.}}=85\text{А}$

Коефіцієнт трансформації трансформатора струму  $N_1=100/5$

Розрахункові коефіцієнти:

Коефіцієнт само запуску:  $K_{\text{сзп}}=3$

Коефіцієнт відстройки :  $K_{\text{отс}}=1,1$

Коефіцієнт повернення реле :  $K_{\text{в}}=0,93$

Коефіцієнт схеми:  $K_{\text{сх}}=1$

Максимальний струмовий захист.

Розрахункові значення струмів спрацювання:

по умові відстройки від максимального струму:

$$I_{\text{с.з.роз.}} = \frac{K_{\text{сзп}} \cdot K_{\text{отс}}}{K_{\text{в}}} \cdot I_{\text{макс.}} (I_{\text{ном.}}, I_{\text{с.з.}});$$

$$I_{\text{с.з.роз.}} = \frac{3 \cdot 1,1}{0,93} \cdot 85 = 302.$$

Розрахунковий струм спрацювання реле:

$$I_{\text{с.р.роз.}} = \frac{K_{\text{сх.}} \cdot I_{\text{с.з.роз.}}}{N_1};$$

$$I_{\text{с.р.роз.}} = \frac{1 \cdot 302}{20} = 15,1\text{А.}$$

Вставка спрацювання:

Прийнятий струм спрацювання реле:

$$I_{\text{с.р.пр.}} = 15\text{А.}$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийнятий струм спрацювання захисту:

$$I_{c.з.зр.} = \frac{I_{c.р.зр.} \cdot N_T}{K_{сх.}}$$

$$I_{c.з.зр.} = 300 A.$$

Тип реле: REF-541

Затримка часу:  $t = 1с.$

Перевірка чутливості:

Трьохфазний струм К.З. в зоні головного захисту:  $I_{к.з.мін} = 10900A$

Відносний коефіцієнт чутливості:  $K_{в.ч.} = 0,87$

Коефіцієнт чутливості в зоні основного захисту:

$$K_v = \frac{K_{ов} \cdot I_{к.з.мін.}}{I_{c.з.зр.}}$$

$$K_v = \frac{0,87 \cdot 10900}{300} = 31,6.$$

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Таблиця 13.1

Познач.	Назва	Кільк.	Примітка
	<u>Комплект вакуумного вимикача</u>		
QF	Вакуумний вимикач ВБ4-П-10-20/630У2		
	<u>Високовольтне обладнання</u>		
ТА-А,ТА-С	Трансформатор струму ТОЛ-10-1-2,75/5	2	
ТАЗ	Трансформатор нульової послідовності ТЗЛМ-1	1	
	Обмежувач перенапруги POLIM D12-03	3	
	<u>Низьковольтне обладнання</u>		
РА1	Амперметр С365-1,75/5	1	
А1	Реле мікропроцесорне МР3С-05М	1	220В
SF1,SF3	Вимикач автоматичний С32Н,2Р	2	2А с б/к
SF2	Вимикач автоматичний С32Н,2Р	1	3А с б/к
XS2	Розетка зовнішньої установки	1	
РІК	Лічильник СТКЗ-05Q2Т3,100В,50Гц,5А	1	
RH1,RH2	Резистор С5-35В-680Ом	2	100Вт
SA1	Перемикач LK16R/A2001	1	
SA3	Перемикач LK16R/Z2001	1	
КН5,КН6	Реле вказівне РСУ-11-11	4	0,1А
КН7,КН8			
R1,R2,R3,R4	Резистор С5-35В-1600Ом	4	25Вт
KL1,KL2,KL5	Реле проміжне R4-2014-23-120	5	220В
KL11,KL12			
R5,R6	Резистор С5-35В-1000Ом	2	25Вт
HL2	Арматура світлосигнальна СКЛ-11А-К-2-220	1	червона
HL1	Арматура світлосигнальна СКЛ-11А-Л-2-220	1	зелена
HL3	Арматура світлосигнальна СКЛ-11А-Ж-2-220	1	жовта
X1	Разем з відповідною частиною 32 штирька	1	HARTING
SQ2.1,SQ2.2	Вимикач подорожній МП1202Л	3	Ін.о.+Ін.з.
SQ3.1			
Y0	Електромагніт блокування вката-виката візка	1	U <sub>к</sub> =220В
КА7	Обладнання направленої захисту 33Н1-2	1	
VS1...VS3	Фототиристор ТФ-132-25-10-6У3	3	
VD	Діод КД226Г	1	

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## 14. Компенсація реактивної потужності.

При виборі засобів компенсації реактивної потужності необхідно враховувати, що максимальний економічний ефект досягається при розміщенні їх в місцях споживання реактивної потужності.

Компенсація реактивної, або підвищення коефіцієнта потужності електроустановок промислових підприємств, має велике значення і є частиною загальної проблеми підвищення ККД роботи системи електропостачання.

Зменшення споживання реактивної потужності елементами системи електропостачання, знижує втрати активної потужності і підвищує напругу.

Отже, виписуємо з табл. 1 реактивні потужності, які споживаються окремими ТП і за ними підбираємо комплектно конденсаторні установки (ККУ). Ці ККУ розташовуються в окремих приміщеннях біля ТП.

Наприклад, для одно трансформаторної підстанції ТП-7, яка розташована в корпусі № 201, загальна реактивна потужність споживачів становить  $Q_{\text{ТП}}=740$ квар. Для її компенсації використовуємо ККУ типу УКАРЗ-0,4-720-60УЗ потужністю 720 квар з 12-ма ступенями регулювання.

Вибір ККУ для інших ТП в табл. 14.1

Таблиця 14.1

№ п/ст.	Найменування підстанції	Qр, квар	Uном, кВ	Q ном, квар	$\Delta Q_{\text{ст}}$ , квар	Тип ККУ
	Корпус №201 Фарбувальне відділення					
1	(1КТП)2х1000кВ*А	834	0,4	840	60	УКАРЗ-0,4-840-60УЗ
2	(2КТП)2х1000кВ*А	692	0,4	720	60	УКАРЗ-0,4-720-60УЗ
3	(3КТП)2х1000кВ*А	868	0,4	960	60	УКАРЗ-0,4-960-60УЗ
	Зварювальне відділення					

					<b>ДП 2022</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Компенсація реактивної потужності.</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Фільчук Є.					67	
Перевірив		Изволеньский І.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

## Продовження таблиці 14.1

7	(ТП-7) 1000кВ*А	740	0,4	840	60	УКАРЗ-0,4-840-60У3
8	(ТП-8) 1000кВ*А	426	0,4	460	20	УКАРЗ-0,4-460-20У3
9	(ТП-9) 1000кВ*А	452	0,4	460	20	УКАРЗ-0,4-460-20У3
10	(ТП-10) 1000кВ*А	452	0,4	460	20	УКАРЗ-0,4-460-20У3
11	(ТП-11) 1000кВ*А	452	0,4	460	20	УКАРЗ-0,4-460-20У3
	Заготівельно-пресове відділення					
12	(ТП-12) 1000кВ*А	362	0,4	360	30	УКАРЗ-0,4-360-30У3
13	(ТП-13) 1000кВ*А	484	0,4	480	40	УКАРЗ-0,4-480-40У3
14	(ТП-14) 1000кВ*А	511	0,4	575	25	УКАРЗ-0,4-575-25У4
15	(ТП-15) 1000кВ*А	444	0,4	460	20	УКАРЗ-0,4-460-20У3
16	(ТП-16) 1000кВ*А	513	0,4	575	25	УКАРЗ-0,4-575-25У4
17	(ТП-17) 1000кВ*А	434	0,4	460	20	УКАРЗ-0,4-460-20У5
	Корпус №202					
18	(ТП-25) 1000кВ*А	605	0,4	600	50	УКАРЗ-0,4-600-50У5
19	(ТП-24) 1000кВ*А	1100	0,4	1080	60	УКАРЗ-0,4-1080-60У5
20	Площадка котельної і очисних споруд(КТП-26) 2х1000кВ*А	675	0,4	720	60	УКАРЗ-0,4-720-60У3
21	Градирня 4-ох секційна Градирня 2-ох секційна Насосна станція зворотніх систем Станція перекачки конденсата Насосна станція II-го підйому (ТП-27)2х630кВ*А	514,1	0,4	575	25	УКАРЗ-0,4-575-25У3
22	РП-10кВ ТП-28-2х1000кВ*А ТП-29	992	10,5	1200	60	УКП-10,5-1200-60У3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП 2022

Арк.

68

## 15. Спецпитання. Втрати активної енергії, обумовлені споживанням АД реактивної потужності

Розглянемо два випадки: перший, коли компенсація реактивної потужності виконується централізовано автоматичною компенсуючою установкою (КУ) на шинах ТП та другий, коли компенсація реактивної потужності крупних споживачів електроенергії виконується індивідуально під'єднанням паралельно їх затискачам окремих конденсаторів . В якості прикладу такого споживача візьмемо АД марки 4А355М8У3 з номінальними даними [11.]:

$$P_N = 160 \text{ кВт}; U_N = 0.38 \text{ кВ}; S_N = 0.013; I_N = 0.935; \cos \varphi_N = 0.85.$$

ККД  $\eta$  та коефіцієнт потужності  $\cos \varphi < \rho$  ЦЬОГО двигуна під час робіт із різними коефіцієнтами завантаження наведені в табл. 15.1. Там же наведені споживаємі активна та реактивна потужності, для номінального режиму роботи АД.

$$P_{1N} = \frac{P_{2N}}{\eta_N} = \frac{160}{0.935} = 171.1 \text{ кВт};$$

$$I_{1N.A} = \frac{P_{1N}}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{171.1}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 260.0 \text{ А};$$

$$Q_{1N} = P_{1N} \cdot \operatorname{tg} \varphi_N = 171.1 \cdot 0.62 = 106.0 \text{ квар};$$

$$I_{1N} = \frac{I_{1N.A}}{\cos \varphi_N} = \frac{260.0}{0.85} = 305.9 \text{ А}.$$

					<b>ДП 2022</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Спецпитання</b>					
		Розробив	Фільчук Є.					Літ.	Арк.	Аркушів
		Перевірив	Изволеньський І.					69		
		Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
		Затвердив	Балюта С.М							

Таблиця 15.1

$\kappa_3$	0,25	0,50	0,75	0,85	1,00	1,25
$\eta$	0,92	0,94	0,94	0,938	0,935	0,92
$\cos \varphi$	0,61	0,79	0,83	0,838	0,85	0,83
$\operatorname{tg} \varphi$	1,30	0,776	0,672	0,651	0,620	0,672
$P_2, \text{кВт}$	40	80	120	136	160	200
$P_1, \text{кВт}$	43,5	85,1	127,7	145,0	171,1	217,4
$Q_1, \text{квар}$	56,5	66,0	85,8	94,4	106,0	146,1
$I_1, \text{А}$	108,3	163,7	233,6	262,9	305,6	398,0
$I_{1\lambda}, \text{кВт}$	66,1	129,3	194,0	220,3	260,0	330,3
$\delta P, \text{кВт}$	0,93	1,27	2,14	2,60	3,28	6,23
$\delta W_p, \text{кВт} \cdot \text{год}$	446,4	611,4	1027	1249	1576	2991

Двигуни 4А355М8УЗ приводить в рух насос для води. Коефіцієнт завантаження АД дорівнює  $\kappa_3 = 0,85$ , режим роботи-тривалий.

Живиться двигун через кабель довжиною  $L=153\text{м}$  з алюмінієвими жилами з перетином  $S=3 \times 120\text{мм}^2$  з допустимим струмом  $I_{\text{доп}}=295\text{А}$  у випадку відкритої прокладки кабелю [12.].

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Активний опір кабелю для температури  $Q = 20^{\circ}\text{C}$ .

$$r_{x,20^{\circ}\text{C}} = \rho_{AL} \cdot \frac{1}{q} = 0.028 \cdot \frac{153}{120} = 0.0357 \text{ Ом},$$

де  $\rho$  - питомий опір алюмінію [12].

Активний опір кабелю робочої температури  $Q_r = 65^{\circ}\text{C}$ , яка відповідає кабелям з гумовою або пластмасовою ізоляцією [12].

$$r_x = r_{x,20^{\circ}\text{C}} \cdot [1 + \alpha_{AL} (Q_2 - Q_1)] = 0.0357 \cdot [1 + 0.004 \cdot (65 - 20)] = 0.04213 \text{ Ом}.$$

де  $\alpha_m$  - температурний коефіцієнт опору для алюмінію [12]. Прийнятим умовам відповідає еквівалентна схема, наведена на рис.15.1

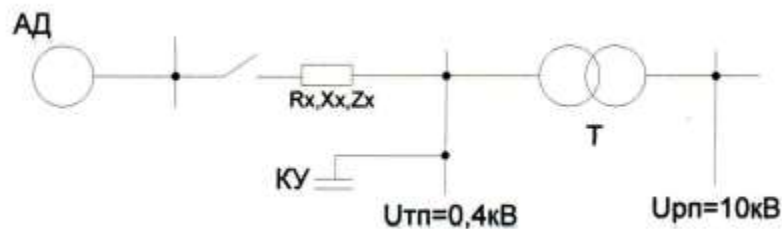


Рис.15.1 Схема живлення АД для централізованої компенсації реактивної потужності на шинах ТП.

Втрати активної потужності для вказаних умов будуть такі:

$$\delta P = m \cdot (I_1^2 - I_{1A}^2) \cdot r_k = 3 \cdot (262,9^2 - 220,3^2) \cdot 0,04213 = 2,6 \text{ кВт},$$

де  $m$  — кількість фаз

Втрати активної енергії, обумовлені споживанням реактивної потужності АД за місяць для двохзмінної роботи:

$$\delta W_p = N \cdot t_g \cdot \delta P = 30 \cdot 16 \cdot 2,6 = 1248,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Результати розрахунків втрат активної потужності та втрат активної енергії, обумовлених споживанням реактивної потужності АД за місяць для інших завантажень АД наведені в таб.15.1

Згідно з середнім роздрібними тарифами для споживачів електричної енергії, які діяли останні півроку на заводі, плата за ці втрати активної енергії складає

$$П_Б = T \cdot \delta W_p = 0,15 \cdot 1248,7 = 187,3 \text{ грн}.$$

де  $T$ -фактична середня закупівельна ціна з урахуванням ПДВ на електроенергію, що складається за розрахунковий період грн/кВт\*год

Спожита АД активна енергія для технологічних потреб для розглядаємих умов:

$$W_p = N \cdot t_g \cdot P_1 = 30 \cdot 16 \cdot 145 = 69600 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Основна плата за цю енергію буде такою:

$$П = T \cdot W_p = 0,15 \cdot 69600 = 10440 \text{ грн}.$$

Таким чином, додатково плата від перетоку реактивної потужності, для прийнятих умов робота АД складає від основної плати таку чималу частку.

Знизити або ліквідувати втрати активної енергії в кабелі живлення АД, обумовлені споживанням останнім реактивної потужності, можна, якщо паралельно затискачам АД постійно підключити індивідуальний конденсатор, який буде включатися в роботу одночасно з АД.

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Цей конденсатор для роботи розглядаємо АД з коефіцієнтом завантаження  $K_3 = 0,85$  згідно з табл. Повинен мати таку потужність:

$$Q_c = Q_1 = 94,4 \text{ квар.}$$

Використовуємо конденсатори виробництва заводу ZEZ SILKO (Республіка Чехія) [14], номінальні дані і ціна яких в Україні з урахуванням шкали потужностей конденсаторів наведені в табл.15.2

Таблиця 15.2

Марка	$U_n$ , кВ	$Q_n$ , квар	Ціна, грн
CSADP1-0,4/20	0,4	20	1 338
CSADP1-0,4/25	0,4	25	1 398
CSADP1-0,4/33,3	0,4	33,3	2 477
CSADP1-0,4/50	0,4	50	2 708

Схема включення АД і конденсатора зблокованого з ним наведена на рис.15.2 КУ на шинах ТП використовується для компенсації реактивної потужності, споживаємої іншими споживачами невеликої потужності.

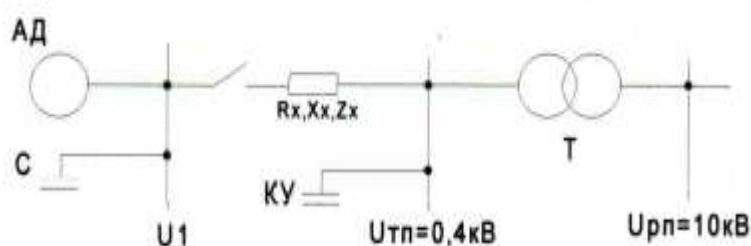


Рис. 15.2 Схема індивідуальної компенсації реактивної потужності АД значної потужності

Капітальні витрати на придбання індивідуального конденсатора будуть найменшими, якщо використати два паралельно з'єднані конденсатори марки CSADP1 -0,4/50 (див. табл. 1)

$$КВК = 2 * 2708 = 5416 \text{ грн.}$$

Для встановлення цих конденсаторів біля АД треба мати відповідну металеву шафу, щоб виконати вимоги техніки безпеки, тобто треба ще вкласти гроші на придбання або виготовлення шафи для конденсатора та їх монтаж, оцінимо ці втрати як 15 % від вартості самих конденсаторів. Таким чином загальні капітальні витрати для індивідуальної компенсації реактивної потужності АД марки 4А355М8У3 з  $P_{п}= 160$  кВт будуть приблизно такі:

$$KB = 1,15 * KBK = 1,15 * 5416 = 6228 \text{ грн.}$$

Ці капітальні витрати матимуть окупність за період роботи АД, який дорівнює:

$$t_o = \frac{KB}{\Pi\delta} = \frac{6228}{187,3} = 33,2 \text{ міс} = 2,7 \text{ роки.}$$

Слід зауважити, що споживана АД реактивна потужність залежить від його завантаження (див. табл. 1), тому під час малих навантажень АД буде перекомпенсація, а під час нормального і більшого навантаження АД буде недокомпенсація реактивної потужності, споживаємо] АД. А це означає, що в цих режимах все одно будуть втрати активної в кабелі живлення АД, обумовлені перетоками реактивної потужності.

Слід також зауважити, що ступінь використання індивідуальних конденсаторів визначається тривалістю включення споживачів електроенергії з індивідуальною компенсацією споживаємої ними реактивної потужності.

					<b>ДП 2022</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## 16. Охорона праці

### Обґрунтувати рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання. Розміщення двигунів постійного струму.

В даному дипломному проєкті розглядається розробка системи електропостачання цеху металовиробів заводу місцевої промисловості. У цеху встановлено електричне обладнання. Електропостачання забезпечується від комплектної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, розміщеної безпосередньо у цеху. В цеху не використовуються двигуни постійного струму. Але такі двигуни використовуються на інших підприємствах.

**Двигун постійного струму (ДПС)** — електрична машина постійного струму (електродвигун), що перетворює електричну енергію постійного струму на механічну.

Конструкція електродвигуна постійного струму така сама, як і генератора постійного струму. В електродвигуні явище електромагнітної індукції при взаємодії струму обмотки ротора (якоря) з основним магнітним полем зумовлює появу електромагнітного обертового моменту. Розрізняють ДПС з незалежним збудженням і з залежним. Потужність електродвигуна постійного струму — від часток вата до тисяч кіловат, ККД — від 0,02—0,03 до 0,93. Електродвигуни постійного струму дають змогу плавно і в широких межах регулювати частоту обертання, вдаючись до зміни струму в колі ротора за допомогою додаткового електричного опору, до зміни живильної напруги, а також до зміни магнітного потоку реостатом.

Вчений Б. Якобі створив перший придатний для практичного

					<b>ДП 2022 141</b>		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Фільчук Є.О.				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Сірик А.О.					75	
Реценз.					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b> ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Н. контр.	Ізволеньський						
Затверд.	Балюта С.М.						

використання електродвигун постійного струму, у 1888 сербський винахідник М. Тесла обґрунтував принцип побудови двофазного електродвигуна змінного струму, у 1889 році інженер М. Доліво-Добровольський сконструював перший у світі трифазний асинхронний електродвигун, що став найпоширенішою електромашиною. Відтоді електродвигун пройшов значний період розвитку та вдосконалення і став одним із основних двигунів у промисловості (підйомно-транспортні машини, електропривід), на транспорті (трамваї, тролейбуси, механізми літаків та суден, електроавтомобілі тощо) й у побуті (побутова електротехніка).

Покращення двигунів постійного струму на сьогоднішній день є дуже актуальним питанням тому, що без електричних двигунів не може обійтися жодне промислове підприємство та будь-яка діяльність людини де необхідний привід механізмів. Найбільш поширеними силовими механізмами є електричні двигуни. Електричні машини постійного струму (двигуни й генератори) застосовуються в різних областях техніки: машини малої потужності – у системах автоматичного регулювання для привода виконавчих механізмів і як датчики частоти обертання рухливих частин великої потужності – для тягових двигунів на електричному транспорті, привода різного технологічного встаткування й генераторів постійного струму в системах електроживлення спеціального устаткування, наприклад, у радіотехнічних установках, при зарядці акумуляторів, для живлення електролітичних ванн і т.д. Основна перевага двигунів постійного струму полягає в можливості плавного регулювання частоти обертання й одержання більших пускових моментів. Виконавчі двигуни постійного струму мають ряд переваг: їх механічні і регулювальні характеристики практично прямолінійні, способи керування прості, габаритні розміри і маса менші, ніж у асинхронних двигунів.

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Аналіз небезпеки ураження людини в різних електричних мережах при нормальних режимах роботи

Дія електричного струму на людину матиме місце лише в тому випадку, коли людина стала елементом замкнутого електричного кола, тобто доторкнулась одночасно до двох точок електричної мережі, між якими існує різниця потенціалів. У такому випадку небезпека ураження людини залежить від напруги мережі, режиму її нейтралі, якості ізоляції струмопровідних частин від землі і т.і.

За режимом роботи електричні мережі поділяються на мережі постійного і змінного струму (одно- та багатофазні). До багатофазних мереж належать трифазні мережі з ізолюваною нейтраллю та глухозаземленою нейтраллю.

Ізолювана нейтраль – це нейтраль генератора чи трансформатора, яка ізолювана від заземлювального пристрою або приєднана до нього через апарати з великим опором.

Глухозаземлена нейтраль – це нейтраль генератора чи трансформатора, яка через заземлювач має надійний контакт з землею.

Згідно з даними статистики більше 50% нещасних випадків (серед електротравм) трапляються у результаті безпосереднього дотику людини до відкритих струмопровідних частин обладнання. Небезпека такого дотику визначається силою струму, який протікає через тіло людини.

Схема вмикання людини до електричної мережі є дуже важливим фактором, що визначає важкість наслідку ураження струмом. Людина включається в мережу, одночасно дотикаючись до двох фаз, до однієї фази і землі, до двох фаз і землі або нульового провідника, до двох точок землі, що мають різні потенціали. Найхарактернішими є перші дві схеми. Першу схему називають двофазним, а другу – однофазним вмиканням до електричної мережі. Двофазне вмикання є найнебезпечнішим, оскільки при ньому людина опиняється під повною лінійною напругою мережі.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

При цьому дія струму на людину не залежить від ізоляції її від підлоги.

Менш небезпечним, порівняно з двофазним, при нормальному режимі роботи електромережі буде однофазне вмикання, оскільки напруга, що діє на людину, менша за лінійну в 1,73 рази. Відповідно меншою буде сила струму, що проходить через людину. На силу цього струму впливає також режим нейтралі електроустановки, опір підлоги, на якій стоїть людина, опір її взуття, ємності фаз відносно землі тощо.

Однофазне вмикання до мережі напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю при нормальному режимі роботи мережі і надійній ізоляції фаз може бути безпечним для людини.

При порушенні нормального режиму роботи мережі з ізольованою нейтраллю, коли має місце замикання однієї з фаз на землю, небезпека ураження зростає, і якщо доторкнутись до однієї фази мережі з ізольованою нейтраллю, яка перебуває в такому режимі, то дія струму буде майже рівнозначною як і двофазному увімкненні.

У мережах напругою вище 1000 В небезпека однофазного і двофазного вмикання практично однакова і не залежить від режиму нейтралі. Будь-яке з таких доторкань є дуже небезпечним, оскільки сила струму, що проходить через людину, завжди перевищує смертельно небезпечну.

Враховуючи те, що сила струму залежить від опору тіла, тривалості дії, інших факторів, при встановленні межі небезпечних умов орієнтуються не на силу струму, а на припустиму безпечну напругу дотику.

Напруга дотику ( $U_d$ ) – це різниця потенціалів між двома точками ланцюга струму, до яких одночасно дотикається людина. Вище було показано, коли ця різниця може дорівнювати лінійній чи фазній напрузі. Коли ж трапляється порушення ізоляції в електричній установці, корпус якої ізольований від землі (не заземлений), то на цьому корпусі з'являється фазна напруга ( $U_f$ ), і дотик до такого корпусу за безпекою буде рівнозначним дотику до фазного провідника. Людина, що стоїть на землі, доторкнувшись до цього корпусу, опиниться під фазною напругою  $U_d = U_f$ .

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

В тому ж разі, коли корпус заземлено, то потенціал на ньому ( $\varphi_k$ ) буде дорівнювати добутку струму замикання на землю на величину опору заземлення і коливатиметься в межах від нуля до  $U_f$ . Такий же самий потенціал буде створений і на поверхні землі біля центру заземлювача. З віддаленням від центру заземлювача потенціал на поверхні ґрунту ( $\varphi_r$ ) поступово знижуватиметься, створюючи зону розтікання струму радіусом до 20 м, за межами якої  $\varphi_r$  дорівнює нулю. Напруга дотику людини, що стоїть на землі і торкається корпусу заземленої установки буде визначатися різницею потенціалів корпусу і поверхні ґрунту, на якій стоїть людина ( $U_d = \varphi_k - \varphi_r$ ), і залежати від відстані між корпусом (а отже і людиною) та заземлювачем. Його величина буде тим більшою, чим більшою буде відстань між установкою і заземлювачем і дорівнювати нулю, якщо установка розташована безпосередньо над заземлювачем.

### Заходи захисту від електричної напруги

Безпека роботи залежить у першу чергу від строгого дотримання технології монтажу, закладеної в проекті виробництва монтажних робіт, правильної організації праці й безумовного виконання всіх вимог охорони праці, у тому числі специфічних для даного виду робіт.

Світильники встановлюються на висоті (опорах), конструкція світильників виключає доступ до лампи без застосування інструмента, конструкція передбачає введення в світильник захищеної електропроводки. Живлення світильників забезпечується кабелем, який прокладається в каналі у середині опори. Лампові патрони застосовуються

такої конструкції, щоб забезпечити недоступність струмовідних частин лампи, а при вивертанні лампи її цоколь міг виявитися під напругою тільки після того, як дотик до нього стане неможливим.

Зміна запобіжників на щитах повинна вироблятися при знятій напрузі.

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміна запобіжників під напругою допускається як виняток лише при відключеному навантаженні. Робота в цьому випадку повинна виконуватися в запобіжних окулярах, в діелектричних рукавичках або за допомогою ізолюючих кліщів.

Запобігання отримання травм при ремонтно-монтажних роботах. Для цих робіт виписується наряд-допуск, призначається відповідальна особа.

Працівники забезпечуються справними інструментами та засобами індивідуального захисту. Бригада складається не менше, ніж з двох чоловік.

Корпус світильника підлягає заземленню

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

## Практичний розрахунок

Розрахувати заземлюючий пристрій для нульової точки трансформатора потужністю 60 кВ\*А і напругою 6/0,38 кВ у 4-провідній 3-фазній мережі з глухозаземленою нейтраллю. Заземлювач виконати з сталевих труб діаметром 0.05 м, довжиною 2,5 м, з розміром сталевий з'єднувальної стрічки 40 х 4 мм, питомий опір ґрунту 600 Ом\*м, кліматичний коефіцієнт ґрунту 1.8. Допустимий опір заземлюючого пристрою прийняти  $R \leq 10$  Ом.

Розрахуємо питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho * \Psi = 600 * 1,8 = 1\ 080 \text{ Ом} * \text{м},$$

$\Psi$  – коефіцієнт сезонності;

$\rho$  – питомий опір ґрунту, Ом\*м.

Опір розтікання струму вертикального заземлювача:

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l} * \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right) \\ = \frac{1080}{2 * 3,14 * 2,5} * \left( \ln \frac{2 * 2,5}{0,05} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 * 1,25 + 2,5}{4 * 1,25 - 2,5} \right) = 345,8 \text{ Ом},$$

де  $t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача;

$$t = h_b + \frac{l}{2} = 0,8 + \frac{2,5}{2} = 1,25 \text{ м},$$

де  $h_b$  – глибина закладання заземлювачів, 0,8 м.

Теоретична кількість вертикальних заземлювачів, без врахування коефіцієнта використання:

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{R_B}{R_D} = \frac{345,8}{10} = 34,58 \approx 35.$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання:

$$n_B = \frac{R_B}{R_D * \eta_B} = \frac{345,8}{10 * 0,48} = 78,3 \approx 80,$$

де  $\eta_B$  – коефіцієнт використання, для заземлювачів, які розташовані в ряд.

Довжину з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача:

$$L_c = 1,05 * l_B * (n_B - 1) = 1,05 * 2,5 * (80 - 1) = 307,375 \text{ м},$$

де  $l_B$  – відстань між вертикальними заземлювачами.

Опір розтікання струму горизонтального заземлювача:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l_c} * \ln \frac{L_c}{d * h_c} = \frac{1080}{2 * 3,14 * 307,375} * \ln \frac{307,375}{0,143 * 0,8} = 4,42 \text{ Ом},$$

де  $h_c$  – глибина закладання заземлювачів;

$d$  – еквівалентний діаметр смуги шириною  $b = 0,15 \text{ м}$ ,  $d = 0,95 * b$ .

Визначимо результуючий опір заземлюючого електроду:

$$R_3 = \frac{R_B * R_\Gamma}{R_B * \eta_c + R_\Gamma * \eta_B * n_B} = \frac{345,8 * 4,42}{345,8 * 0,42 + 4,42 * 0,48 * 80} = 4,85 \text{ Ом},$$

$$R_3 < R_D$$

$$4,85 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

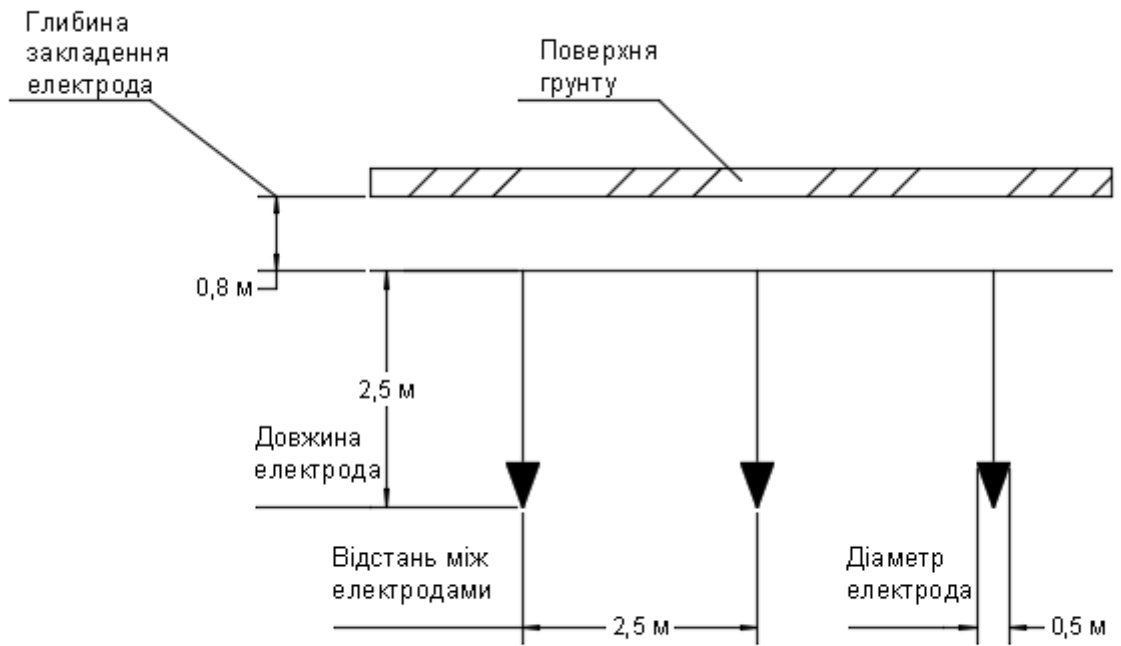


Рис.16.1 Заземлюючий пристрій

Список використаної літератури

					<b>ДП 2022 141</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

1. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств : Навч. посібник / О.М. Сірий, В.Є. Шестеренко, - К.: ІСДО, 1993 .-592с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов.-4-е издание, перераб. и доп.-М: Энергоатомиздат., 1989.-608с.
3. Айзенберг В.И. Осветительные установки М. : Энергия, 1985-360с.
4. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред.. Б.А. Князевскоо. 3-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат., 1983-336с.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / Под.ред. А.А. Федорова. -М.: Энергоатомиздат., 1887.-Т.1-580с.; Т.2.-591с.
6. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий.-М.: Высшая школа, 1979.-510 с.
7. Прайс лист ТОВ «Електросфера» офіційного представника в Україні фірми ZEZ SILKO Zamberk.
8. Правила устройства электроустановок-М.: Энергоатомиздат, 1987.-648с.
9. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций.- М.. Энергоиздат., 1987 -646с.
10. Электротехнический справочник. В 3-х т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы/ Под общ. Ред. Профессоров В.Г.Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др.-6-е изд., испр. и доп, - М.: Энергия, 1980.-520с.
11. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник, А.Э.Кравчик, М.М. Шаф, В.И. Афонин , Е.А.Соболенская.-М.:Энергоиздат.1982.-505с.
12. Карпов Ф.Ф., Козлов В.Н., Справочник по расчету проводов и кабелей, изд. 3-е перераб. и доп. М. Энергия, 1968. -264с.

					<b>ДП 2022</b>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Список літератури</b>					
Розробив		<i>Фільчук Є.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		<i>Изволеньский І.</i>							84	
Н. Контр.								<b>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск</b>		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								