

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

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

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

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (підпис)

Сергій Блаженко
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2023 p.

(підпис)

Сергій Балюта

(прізвище та ініціали)

« » 2023 p.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми « Електротехніка та інформаційні
технології »

на тему: «Розробка системи електропостачання м'ясокомбінату»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-7-ск

Савченко Володимир Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

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

(підпис)

Консультанти Сірик А. О.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Здобувач _____ (підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. академіка
І. С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

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

Освітньо-професійна програма « Електротехніка та інформаційні
технології »
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ Савченко Володимир Євгенович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «**Розробка системи електропостачання м'ясокомбінату**»

керівник роботи _____ Ізволєнський Ігор Євгенович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 11.11.2022 року № 809-кс.

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Призначення підприємства та його розміри,
Потужності споживачів комбінату і ремонтно-механічного цеху,
Розташування технологічного обладнання в цеху.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Умови проектування; розрахунок електричних навантажень; побудова
картограми навантаження; вибір зовнішнього електропостачання; вибір
внутрішнього електропостачання; вибір потужності трансформаторів;
визначення необхідної потужності компенсуючи пристроїв; вибір перерізу
кабелів; розрахунок струмів; вибір обладнання; вибір релейного захисту
елементів системи електропостачання. Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема електропостачання цеху

2. Схема розташування обладнання у цеху.

3. Схема освітлення цеху.

4. Релейний захист трансформатора.

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 11.11.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	11.11.2022 р	
2	Вступ	25.11.2022 р	
3	Вибір напруги живлячих та розподільчих мереж	08.12.2022 р	
4	Розрахунок електричних навантажень цеху.	13.12.2022 р	
5	Розрахунок електричних навантажень цеху.	20.12.2022 р	
6	Вибір потужності трансформатора.	25.12.2022 р	
7	Розрахунок струмів короткого замикання (КЗ).	30.12.2022 р	
8	Вибір апаратури розподільчої мережі, ШРА і СПМ.	02.01.2023 р	
9	Вибір комутаційної та захисної апаратури	08.01.2023 р	
10	Розрахунок розподільчої мережі.	15.01.2023 р	
11	Спец-питання.	20.01.2023 р	
12	Розробка заходів з охорони праці, техніки безпеки.	24.01.2023 р	
13	Список літератури	28.01.2023 р	
14	Здача дипломного проекту на перевірку	30.01.2023 р	
15			
16			
17			

Здобувач

_____ (підпис)

Савченко В. Є.

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ізволеньський І. Є.

Анотація

Савченко Володимир Євгенович.

Дипломний проект на тему:

«Розробка системи електропостачання м'ясокомбінату»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ-2023

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 13 розділів, висновків та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 89 сторінок.

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень: схема електропостачання цеху, схема розташування обладнання цеху, схема 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

SAVCHENKO VOLODYMYR.

Diploma project on the topic:

"Development of the power supply system of the meat processing plant"

National University of Food Technologies, Kiev -2023

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electro-mechanics"

The added explanatory note consists of an introduction, 13 chapters, conclusions and a list of used literature. The project is 89 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 number and type of equipment for reactive power compensation was calculated.

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

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

Завдання

Тема. Розробка СЕП м'ясокомбінату

Вихідні дані на проектування:

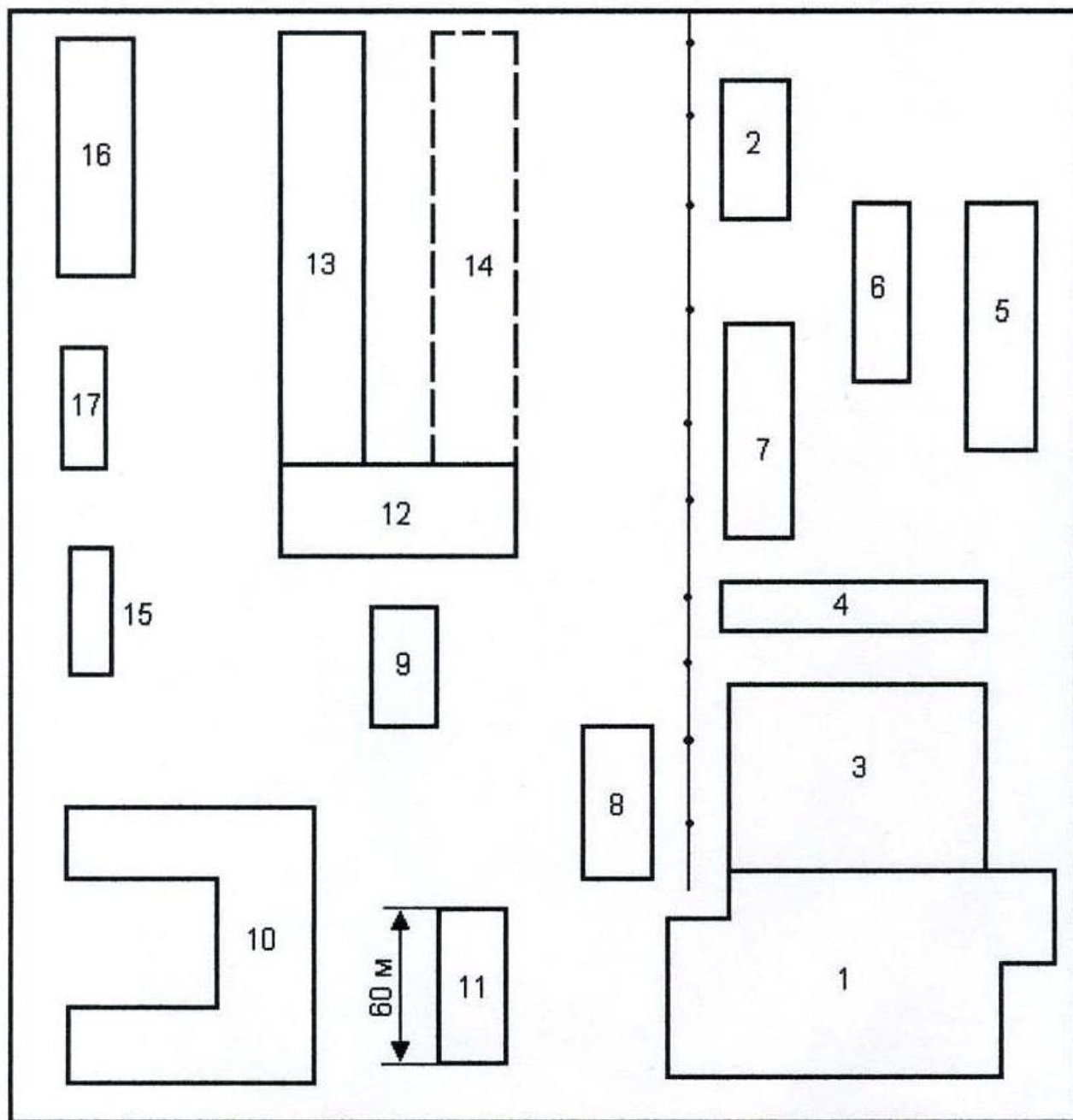
1. Генеральний план комбінату – мал. 1.
2. Відомості про електричні навантаження комбінату - табл. 1.
3. Відомість електричних навантажень ремонтно-механічного цеха (в. 31).
4. Живлення можна здійснити від підстанції енергосистеми, на якій встановленні два три-обмоткових трансформатори потужністю 16000 Ква кожен, з первинною напругою 110 кВ і вторинною - 35, 20, 10 і 6 кВ.
5. Потужність енергосистеми 800 МВА; реактивний опір системи на стороні 110 кВ, віднесений до потужності системи становить $0,5+0,01 \times$ (номер варіанта).
6. Відстань від підстанції енергосистеми до комбінату становить $11,5+ 0,1 \times$ (номер варіанта), км.

Таблиця 1

Відомість електричних навантажень комбінату

№ за планом	Найменування цеха/ варіант	Встановлена потужність, кВт									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ковбасний цех	2800	2780	2760	2740	2720	2700	2820	2840	2860	2880
2	Гофтар	350	345	340	335	330	325	320	315	310	300
3	Холодильник № 1	417	410	405	400	420	425	430	435	440	445
4	Завод первинної переробки продуктів	1890	1900	1940	1980	2000	2020	2040	2060	2080	2100
5	Лайвстак	100	90	80	90	100	110	120	130	140	150
6	Завод технічних фабрикатів	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080
7	Завод сироватки	380	375	370	365	360	355	350	345	340	335
8	ЦХВУ ЦХВУ (6 кВ)	2860 3000	2900 3050	2950 3100	3000 3150	3050 3200	3100 3250	3150 3300	3200 3350	3250 3400	3300 3450
9	Конденсатна	370	375	380	385	390	395	400	405	410	420
10	Інститут	500	495	490	485	480	475	470	465	460	455
11	Машино-розвантажувальна станція	240	238	236	234	232	230	228	226	224	222
12	Заводоуправління	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
13	Холодильник № 2	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565
14	Ремонтно-механічний цех										
15	Тепло-цех	1200	1280	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
16	Ремонтно-будівельні майстерні	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
17	Пральня	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82
-	Освітлення цехів і територій	Визначити за площею									

Живлення від п/ст системи



Мал. 1. Генеральний план комбінату

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. УМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ.....	11
1.1. Загальна характеристика промислового об'єкта.....	11
1.2. Коротка характеристика технологічного процесу виробництва.....	12
1.3. Загальна характеристика споживачів електричної енергії.....	13
1.4. Характеристика джерел живлення.....	14
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	15
2.1. Розрахунок електричних навантажень силових установок.....	15
2.2. Розрахунок електричних навантажень освітлювальних установок.....	20
2.3. Розрахунок сумарного електричного навантаження підприємства.....	26
3. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ НАВАНТАЖЕНЬ М'ЯСОКОМБІНАТУ	29
4. ВИБІР ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	32
4.1. Вибір напруги живлячої мережі.....	32
4.2. Вибір трансформатора на ГПП.....	33
4.3. Вибір схеми головної підстанції підприємства.....	34
4.4. Вибір лінії електропередачі.....	36
5. ВИБІР ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	37
5.1. Вибір напруги внутрішньозаводської мережі.....	37
5.2. Вибір схеми внутрішнього електропостачання.....	37
6. ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВИХ ТП.....	38
7. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ....	40
8. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ КАБЕЛІВ.....	45
9. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ.....	47
10. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	54
10.1. Вибір основних комутаційних апаратів.....	54
10.2. Вибір вимірювальних трансформаторів струму і напруги.....	58
11. ВИБІР РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	63
11.1. Розрахунок струмової відсічки.....	65
11.2. Розрахунок максимального струмового захисту.....	66
12. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. Компенсація реактивної потужності.....	67
12.1. Виникнення реактивної потужності.....	67
12.2. Способи компенсувати реактивну потужність.....	70
12.3. Режим роботи і регулювання потужності компенсуючи пристроїв...	74
13. Охорона праці.....	79
ВИСНОВОК.....	88
Список використаної літератури.....	89

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Савченко В.Є.						
Перевірив		Ізволеньський І.Є.					8	89
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 5-7к		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

ВСТУП

М'ясна промисловість є важливою галуззю харчової промисловості, що забезпечує населення м'ясом і продуктами його переробки. На розміщення м'ясокомбінатів визначальний вплив має сировинна база, а чинником розміщення м'ясопереробних заводів, ковбасних та кулінарних фабрик є наявність споживачів.

Виділяють три основні напрями виробництва м'ясної промисловості — м'ясне, ковбасне та м'ясоконсервне. М'ясне виробництво представляють біля сотні м'ясокомбінатів, що розміщуються як у промислово розвинутих областях України, так і в районах, де наявна сировинна база. Крім того, м'ясна промисловість виробляє багато видів кормів, м'ясо кров'яне і кісткове борошно, шкіри, технічний жир, щетину, лікувальні препарати тощо.

М'ясна промисловість України має значні потужності та налічує понад 3,5 тисяч підприємств, із них 110 м'ясокомбінатів, 20 птахокомбінатів, 15 м'ясопереробних заводів і ковбасних фабрик, а решта – значна кількість цехів малої потужності. Потужність діючих вітчизняних підприємств м'ясопереробної галузі класифікована наступним чином: максимальна – 30-40 т м'яса за добу; середня – 10-20 т м'яса за добу; мінімальна – 0,5-1 т м'яса за добу, а оптимальна – 2-4 т м'яса за добу.

В структурі реалізованої продукції тваринництва і птахівництва у 2000 році на основній «стратегічний» ресурс - яловичину припадало майже половина обсягу виробництва. У 2019 році її частка скоротилася до 18,6 %, а виробництво м'яса птиці навпаки збільшилось майже у 4 рази (46,5 %). За цей проміжок часу відбулося і скорочення виробництва м'яса свинини (33 %).

					ДП 2023						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.		Арк.	Аркушів		
Розробив		Савченко В.Є.						9	89		
Перевірив		Ізволенький І.Є.									
Н. Контр.											
Затвердив		Балюта С.М.									

На ринку м'ясопродуктів TOP-10 складають: М'ясна фабрика «Фаворит»; «Глобінський м'ясокомбінат»; М'ясокомбінат «Ятрань»; ПРАТ «Український Бекон»; М'ясокомбінат «Ювілейний»; «Кременчуг-м'ясо»; ПАО «Миронівський хлібопродукт» (бренди «Наша Ряба», «Легко» тощо); М'ясокомбінат «Дружба Народів»; М'ясокомбінат «Бащинський» та інші. Більше половини з цих підприємств належать до сектору птахівництва.

					ДП 2023	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. У МОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Загальна характеристика промислового об'єкта

В дипломному проекті виконано електропостачання м'ясокомбінату. Даний об'єкт розташований в південно-західній частині міста, на правому березі р. Прип'ять. Загальна площа об'єкта складає $S = 175086 \text{ м}^2$, площа виробничих приміщень $S = 23229 \text{ м}^2$, чисельність виробничого персоналу складає приблизно 450 чоловік.

Територія м'ясокомбінату забудована рівномірно на рівнинному рельєфі місцевості. Підземні води зосереджені на глибині близько 16-20 метрів.

Ґрунти дерново-підзолисті, піщані та глинисто-піщані в комплексі.

Клімат: річна кількість опадів 650-700 міліметрів, середня температура липня 23°C , середня температура січня -6°C , переважаючий напрям вітру у липні — південно-західний, а у січні — західний.

Середньорічна тривалість блискавок від 50 до 70 годин.

Основну частину забудови складають виробничі приміщення з кількістю поверхів 2-3 і першою, другою та третьою категорією надійності електропостачання. Також на території об'єкта розташовані зони для куріння, відпочинку та зелені насадження. Усі вище перераховані об'єкти збудовані з урахуванням рівномірності електричних навантажень і забезпеченням комфортного переміщення транспорту та виробничого персоналу.

					ДП 2023						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Умови проектування			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Савченко В.Є.										
Перевірив	Ізволеньський І.Є.								11	89	
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 547к			
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М.										

1.2. Коротка характеристика технологічного процесу м'ясокомбінату

Технологічний процес починається із забійного цеху, де проводять забій поголів'я, зняття шкур, відокремлення м'яса від кісток. Цех працює періодично по мірі надходження поголів'я худоби. Забрудненням атмосферного повітря являється хлор, що виділяється з розчину хлорного вапна при дезінфекції обладнання і виробничих площ. Шкури і кістки на даному м'ясокомбінаті не переробляються, а реалізуються іншим виробникам. Виробництво обпалки голів та ніг на м'ясокомбінаті відсутні. Обробка таких півфабрикатів виконується з допомогою пару, забруднення атмосферного повітря в даному випадку не відбувається.

В ковбасному цеху іде приготування фаршу, наповнення ковбасної оболонки фаршем. Термічне відділення ковбасного цеху проводить теплову обробку ковбас і обробляє їх коптільним димом для придання товарного виду і надання специфічних смакових якостей. Термокамери старого зразка працюють на дровах, нові коптільні камери «Дакстар» працюють на природному газі й обладнані автоматикою. В камерах «Дакстар» вихід продуктів згорання газу і вихід коптільного диму відбувається по окремим каналам. Забруднення атмосферного повітря відбувається від продуктів згорання теплоносія (дров чи природного газу) та від коптільного диму, який кількісно й якісно залежить тільки від моделі димогенератора і виду обробного м'ясного продукту.

Аміачні компресорні на м'ясокомбінатах служать для охолодження м'ясопродуктів при їх збереженні. Котельня працює на природному газі, служить для опалення приміщень в холодний період і виробляє пар для технологічних потреб.

В механічних майстернях є дільниця деревообробки, зварки, заточний станок.

Технологію виробництва визначають послідовно, порядком виконання операцій і технологічних процесів переробки великої рогатої худоби, свиней на підприємстві.

					ДП 2023	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Загальна характеристика споживачів електричної енергії

Споживачів електроенергії за надійністю електропостачання розділяють на три категорії:

I - споживачі, порушення електропостачання яких може призвести до загрози життю людей, значних збитків у народному господарстві, пошкодження обладнання, масовий брак продукції, порушення складного технологічного процесу і особливо важливих елементів міського господарства;

II - споживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з суттєвою недодачею продукції, простоєм робочих механізмів і промислового транспорту, порушенням нормальної життєдіяльності міських мешканців.

III - решта споживачів, які не підходять під I та II категорії (споживачі цехів несерійного виробництва, допоміжних цехів, невеликих сіл і т. д.).

Споживачі I категорії повинні отримувати електроенергію від двох незалежних джерел живлення, і перерва в електропостачанні може бути лише на час автоматичного вводу резервного живлення.

Для споживачів II категорії допускаються перерви в електропостачанні на час, необхідний для включення резервного живлення черговим персоналом або виїзною бригадою. Живлення споживачів II категорії можливе по одній повітряній лінії напругою 6 кВ і більше. При живленні споживачів по кабелям допускається живлення однією лінією, розщепленою не менше ніж на 2 кабелі, підключених через самостійні роз'єднувачі. При наявності централізованого резерву споживачі II категорії живляться від одного трансформатора.

Для споживачів III категорії можливі перерви в електропостачанні на час, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, але не більше однієї доби.

До споживачів I категорії відносяться: електроприймачі протипожежних установок (пожежні насоси, сигналізація, димовидалення, аварійне освітлення).

До споживачів II категорії відносяться: споживачі, залучені в основному виробничому процесі.

До споживачів III категорії відносяться: котельня та майстерні.

					ДП 2023	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Характеристика джерел живлення

Джерелом живлення для проектного підприємства є підстанція енергосистеми, розташована на відстані 11,5 км від заводу.

На підстанції встановлені два три-обмоткових трансформатори потужністю 16000 кВА кожен. З первинною напругою 110 кВ і вторинною - 35, 20, 10 і 6 кВ.

Потужність енергосистеми 600 МВА: реактивний опір системи на стороні 110 кВ, віднесений до потужності системи становить 0,51.

					ДП 2023	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1. Розрахунок електричних навантажень силових установок

Електричні навантаження – це вихідні дані для вирішення важкого комплексу технічних та економічних питань, які виникають при проектуванні електричного постачання підприємства.

За ступенями надійності електропостачання, електроприймачі комбінату відносяться до I, II та III категорії.

Споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни технологічного та сантехнічного обладнання, а також лампи розжарювання та люмінесцентні лампи електроосвітлення.

Опис метода розрахунку електричних навантажень

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою:

$$P_p = k_M \cdot P_{CM} = k_M \cdot P_H \cdot k_B, \text{ кВт},$$

де

P_{CM} - середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт;

P_H - сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт;

k_M - коефіцієнт максимуму навантаження;

k_B - коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП. Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як сума номінальних напруг окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi}.$$

					ДП 2023					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок електричних навантажень			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Савченко В.Є.									
Перевірив	Ізволеньський І.Є.								15	89
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 5475к		
Н. Контр.										
Затвердив	Балюта С.М.									

Середня активна та реактивна потужності за найнавантаженішу зміну для групи ЕП одного режиму роботи визначається:

$$P_{CM} = k_B \cdot P_H ;$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM} ,$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{CM}$ - функція від характерного $\cos \varphi$ для даної групи ЕП.

Коефіцієнт максимуму k_M активної потужності визначається для різних коефіцієнтів використання за довідковими таблицями в залежності від ефективного числа ЕП або за залежностями $k_M = f(n_e)$, при $k_B = 0,1 \div 0,9$, в залежності від величини групового коефіцієнту використання та зведеного числа електроприймачів n_e .

У загальному виді ефективне число ЕП :

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_H)^2}{\sum_{i=1}^n P_H^2}$$

Для спрощення розрахунків вводиться поняття коефіцієнту максимуму:

$$m = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{макс}}}{P_{\text{ном}}^{\text{мін}}} ,$$

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо $m < 3$. При $m > 3$ і $k_B = 0,2$:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_H^{\text{макс}}}$$

де

$P_H^{\text{макс}}$ - потужність найбільшого ЕП групи, якщо $n_e > n$, то слід прийняти $n_e = n$.

При $m > 3$ та $n_e < 4$ – розрахункове навантаження приймається рівним:

$$P_P = \beta \cdot P_H, \text{ кВт};$$

де

β - коефіцієнт завантаження, який дорівнює 0,9 - для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та 0,75 - для електроприймачів повторно-короткочасного режиму роботи.

					ДП 2023	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5 % потужності всієї групи, не враховується в виразах для m .

Методика визначення розрахункової реактивної потужності залежить від значення n_e :

$$n_e > 10 ; Q_P = Q_{CM} , \text{квар};$$

$$n_e \leq 10; Q_P = 1,1 \cdot Q_{CM} , \text{квар}.$$

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_P = \sqrt{(P_P)^2 + (Q_P)^2}.$$

Розрахунок навантажень цехової мережі

Проводимо розрахунок навантажень цехової мережі для СП1. Розраховуємо середню активну і реактивну потужність для ЕП:

- алмазно-розточний станок (34)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 28 \cdot 0,14 = 3,9 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 1 \cdot 28 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 6,8 \text{ квар};$$

- токарний восьмишпindelний горизонтальний напівавтомат (26, 27)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 19,3 \cdot 0,35 = 13,51 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 2 \cdot 19,3 \cdot 0,35 \cdot 1,52 = 20,5 \text{ квар};$$

- заточний станок (28, 29, 30, 31)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 4 \cdot 10,7 \cdot 0,14 = 6 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 4 \cdot 10,7 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 10,4 \text{ квар};$$

- токарно-гвинторізний верстат (32, 33)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 5,5 \cdot 0,14 = 1,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 2 \cdot 5,5 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 2,7 \text{ квар};$$

- перетворювач дугового електрозварювання (35)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 34 \cdot 0,35 = 11,9 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \text{tg}\varphi = 1 \cdot 34 \cdot 0,35 \cdot 1,52 = 18,1 \text{ квар};$$

					ДП 2023	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Зварювальний трансформатор (36)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 14 \cdot 0,14 = 2 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1 \cdot 14 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 3,5 \text{ квар};$$

- Токарно-гвинторізний верстат (37)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 1 \cdot 11 \cdot 0,14 = 1,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1 \cdot 11 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 2,7 \text{ квар};$$

- брикетувальний прес (38, 39)

$$P_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B = 2 \cdot 24 \cdot 0,14 = 6,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = n \cdot P_H \cdot K_B \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2 \cdot 24 \cdot 0,14 \cdot 1,73 = 11,6 \text{ квар};$$

Розрахункові навантаження СП1 визначаємо в такій послідовності:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n K_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = \frac{3,9 + 6,7 + 1,5 + 0,75 + 11,9 + 2 + 1,5 + 6,7}{38,6 + 42,8 + 11 + 28 + 34 + 14 + 11 + 48} = 0,15$$

$$n_{ef} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{Hi})^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2} =$$

$$= \frac{(38,6 + 42,8 + 11 + 28 + 34 + 14 + 11 + 48)^2}{2 \cdot 19,3^2 + 4 \cdot 10,7^2 + 2 \cdot 5,5^2 + 28^2 + 34^2 + 14^2 + 11^2 + 2 \cdot 24^2} = 12$$

де K_B – взято з таблиці 24-3 [3].

З таблиці 1.1 [1] беремо $K_M = 1,0$ і обчислюємо розрахункові потужності для електроприймачів РП-1:

$$P_M = K_M \cdot K_B \cdot P_H = 1,0 \cdot 47 = 47 \text{ кВт},$$

$$Q_M = 1,1 \cdot K_B \cdot P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM} = 1,1 \cdot 0,14 \cdot 47 \cdot 1,73 = 76,3 \text{ квар}.$$

Визначаємо S_M електроприймачів СП1:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{47^2 + 76,3^2} = 89,6 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Решта розрахунків навантаження цеху і навантаження для інших цехів комбінату проводяться аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.1.1.

					ДП 2023	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклад розрахунку навантаження ремонтно-будівельної майстерні

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найнавантаженішу зміну цеха.

Сумарна встановлена потужність електроприймачів ремонтно-будівельної майстерні складає 190 кВт;

$$P_{\text{СМ}} = K_{\text{В}} \cdot P_{\text{Н}} = 0,5 \cdot 190 = 95 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{СМ}} = P_{\text{СМ}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{СМ}} = 95 \cdot 0,882 = 83,78 \text{ квар.}$$

Визначаємо ефективне число електричних приймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{Н}}}{P_{\text{Н max}}} = \frac{2 \cdot 190}{25} = 15$$

Для визначення розрахункової потужності $P_{\text{р}}$, знаходимо коефіцієнт максимуму (за табличними даними):

$$K_{\text{М}} = f(n_e; K_{\text{В}}); K_{\text{М}} = 1,24$$

Знаходимо $P_{\text{р}}$ й $Q_{\text{р}}$ цеху:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{М}} \cdot P_{\text{СМ}} = 1,24 \cdot 95 = 117,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{СМ}} = 83,78 \text{ квар.}$$

тому що $n_e > 10$.

Визначаємо повне розрахункове навантаження електроприймачів:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2} = \sqrt{117,8^2 + 83,78^2} = 144,555 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів комбінату і результати зводяться у таблицю 2.1.2.

					ДП 2023	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Розрахунок електричних навантажень освітлювальних установок

Приклад розрахунку освітлювального навантаження ремонтно-механічного цеху

Навантаження, розрахункова величина якого визначається за формулою:

$$P_{p.o} = P_{уст} \cdot K_p \cdot K_{пра},$$

де $P_{уст}$ – установлена потужність ламп;

K_p — коефіцієнт попиту;

$K_{пра}$ - коефіцієнт, враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі.

Для визначення установленної потужності ламп необхідно знайти їх кількість, яка залежить від розміщення світильників. Розміщення світильників на плані цеху визначається наступними розмірами:

$H = 8$ м - задана висота цеху;

$h_c = 0,21$ м - відстань світильника від перекриття;

$h_{п} = H - h_c$ - висота світильника над підлогою;

$h_p = 0,8$ м - висота розрахункової поверхні над підлогою;

$h = h_{п} - h_p$ - розрахункова висота;

L - відстань між сусідніми світильниками або рядами ламп;

I - відстань від крайніх світильників до стіни.

Основною вимогою при виборі розташування світильників являється доступність їх при обслуговуванні. Крім того, розміщення світильників визначається умовою економічності. Важливе значення має відношення відстані між світильниками або рядами світильників до розрахункової висоти $\lambda = L / h$, її зменшення призводить до подорожчання освітлювальної установки і ускладнення при обслуговуванні, а надмірне збільшення призводить до різкої нерівномірності освітлення, а також зростання витрат енергії.

При кращому освітленні легше виявляються недоліки, допущені при обробці деталей і, отже, поліпшується якість продукції. У свою чергу, недостатнє або нераціональне освітлення можуть стати причиною підвищення травматизму, так як при недостатній освітленості утруднюється розрізнення небезпечних частин верстатів.

					ДП 2023	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для освітлення цеху вибрані світильники ЛПО 01-2x40 з люмінесцентними лампами ЛБ, для яких $\lambda = 0,9$.

Знаходимо значення розрахункової висоти h за формулою:

$$h = H - h_p - h_c,$$

$$h = 7,2 - 0,8 - 0,21 = 6,19 \text{ м}$$

Відстань між рядами світильників в цеху:

$$L = \lambda \cdot h$$

$$L_{\text{в}} = 0,9 \cdot 6,19 = 5,6 \text{ м}$$

Відповідно до отриманих значеннями L виконуємо розміщення світильників в цеху.

Для визначення потужності ламп методом коефіцієнта використання розраховуємо світловий потік кожного світильника, необхідний для отримання норми освітленості:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_{\text{зап}} \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}$$

де Φ - світловий потік одного світильника, лм;

E_n – нормована мінімальна освітленість, лк;

$K_{\text{зап}} = 1,3$ - коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м^2 ;

$z = 1,1$ - для люмінесцентних ламп;

η - коефіцієнт використання світлового потоку;

N – кількість світильників.

Норма освітленості для верстатного відділення становить - $E_n = 300$ лк [3].

Коефіцієнт використання світлового потоку є функцією індексу приміщення i :

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

де A - довжина приміщення, м;

B - ширина приміщення, м.

					ДП 2023	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індекс приміщення для верстатного відділення цеху згідно плану:

$$i = \frac{36 \cdot 24}{6,19 \cdot (36 + 24)} = 2,3$$

Окрім індексу приміщення, для знаходження коефіцієнта використання світлового потоку необхідно знати коефіцієнти відбиття стелі, стін і робочої поверхні: $p_{\text{п}} = 70 \%$, $p_{\text{с}} = 50 \%$, $p_{\text{р}} = 30 \%$ [3, табл. 5-1].

За [3, табл. 5-9] визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку для токарно-автоматного цеху - $\eta = 90 \%$.

Відповідно до плану розміщення світильників визначаємо необхідний світловий потік для даного цеху:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 894 \cdot 1,1}{40 \cdot 0,9} = 11175 \text{ лм}$$

Вибираємо лампи ЛБ40, що мають потужність $P_{\text{ном}} = 40 \text{ Вт}$ і світловий потік $\Phi_{\text{ном}} = 3000 \text{ лм}$.

Кількість світильників:

$$N = \frac{E_{\text{н}} \cdot k \cdot S \cdot z}{2\Phi_{\text{л}} \cdot \eta};$$

де k – коефіцієнт запасу: $k=1,3$;

2 - кількість ламп в одному світильнику ЛПО 01-2х40.

$$N = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 894 \cdot 1,1}{2 \cdot 3000 \cdot 0,9} \approx 65 \text{ світильників}$$

Загальна кількість ламп ЛБ-40 в цеху $N = 130$.

Встановлена потужність ламп:

$$P_{\text{уст}} = N \cdot P_{\text{ном.л}}$$
$$P_{\text{уст}} = 65 \cdot 40 \cdot 2 + 6 \cdot 100 = 5800 \text{ Вт.}$$

Встановлюємо 5 рядів світильників по 13 світильників у ряду з відстанню між рядами по 5 м.

Для аварійного освітлення встановлюємо шість ламп розжарювання типу МОЕ27 100 W, потужністю 100 Ват кожна.

					ДП 2023	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо значення коефіцієнтів попиту і обліку втрат потужності в пуско-регулюючій апаратурі для люмінесцентних ламп: $K_p = 0,95$; $K_{\text{пра}} = 1,1$.
Освітлювальне навантаження цеху буде становити:

$$P_{\text{po}} = 5,8 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 6,06 \text{ кВт.}$$

Розрахунок освітлювального навантаження приміщень

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається активна потужність, яка витрачається на освітлення:

$$P_{\text{р.о}} = P_{\text{пит}} \cdot F$$

де $P_{\text{р.о}}$ - розрахункове освітлювальне навантаження, кВт;

F – площа приміщення, м^2 .

Приймаємо для освітлювання виробничих приміщень:

$$P_{\text{пит}} = 15 \text{ Вт/м}^2;$$

для складів:

$$P_{\text{пит}} = 10 \text{ Вт/м}^2.$$

Переважає більшість освітлювальних установок підприємства – це люмінесцентні лампи, які працюють з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi = 0,8$.
Реактивна складова розрахункової потужності цехів дорівнює

$$Q_{\text{р.о}} = P_{\text{р.о}} \cdot \text{tg}\varphi.$$

Потужність аварійного освітлення становить 5 % від загального навантаження освітлення приміщень. Отже, дорівнюватиме 37 кВт.

					ДП 2023	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати зведені у таблиці 2.2.1.

Таблиця 2.2.1

	Назва приміщення	P_o , кВт/м. кв.	F, м. кв.	$P_{p.o}$, кВт	tg	$Q_{p.o}$, квар	$S_{p.o}$, кВА
1	Ковбасний цех	0,015	9828	147,42	0,882	130,01	196,56
2	Гофтар	0,015	1458	21,87	1,169	25,57	33,65
3	Холодильник №1	0,015	7200	108	0,62	66,93	127,06
4	Завод первинної	0,015	1836	27,54	1,02	28,10	39,34
5	Лайвстак	0,01	2592	25,92	0,882	22,86	34,56
6	Завод технічних фабрикатів	0,015	1470	22,05	1,169	25,78	33,92
7	Завод сироватки	0,015	2187	32,805	1,02	33,47	46,86
8	ЦХВУ	0,015	1620	24,3	0,62	15,06	28,59
9	Конденсатна	0,015	1080	16,2	0,62	10,04	19,06
10	Інститут	0,015	7380	110,7	1,02	112,94	158,14
11	Машино- розвантажувальна станція	0,015	1620	24,3	1,02	24,79	34,71
12	Заводу управління	0,015	3240	48,6	1,169	56,82	74,77
13	Холодильник №2	0,015	4950	74,25	0,75	55,69	92,81
14	Ремонтно-механічний цех	0,015	864	6,06	0	0,00	6,06
15	Тепло-цех	0,015	720	10,8	0,484	5,23	12,00
16	Ремонтно-будівельні майстерні	0,015	2700	40,5	0,882	35,72	54,00
17	Пральня	0,01	675	6,75	0,75	5,06	8,44
	Разом			748,065		654,06	993,68

Розрахунок навантаження зовнішнього освітлення

Освітлення проїздів та доріг, відкритих виробничих майданчиків, а також освітлення для потреб охорони виконується світильниками зовнішнього освітлення із ртутними лампами, що встановлюються на залізобетонних опорах вздовж підприємства, а також на покрівлях та стінах будівель на кронштейнах.

Орієнтовно на кожні 200 м² площі необхідно встановлювати світильник з лампою типу ДРЛ-250. Площа території підприємства 175086 м², отже необхідна кількість світильників визначається за формулою:

$$N_{св} = \frac{S}{200} = \frac{175086}{200} = 875 \text{ шт.}$$

					ДП 2023	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова активна потужність зовнішнього освітлення:

$$P_{\text{р.зовн.осв.}} = 875 - 250 = 218,75 \text{ кВт.}$$

Отже, для встановлення зовнішнього освітлення приймаємо світильники РСУ 01-250 з лампами типу ДРЛ з незалежним ПРА.

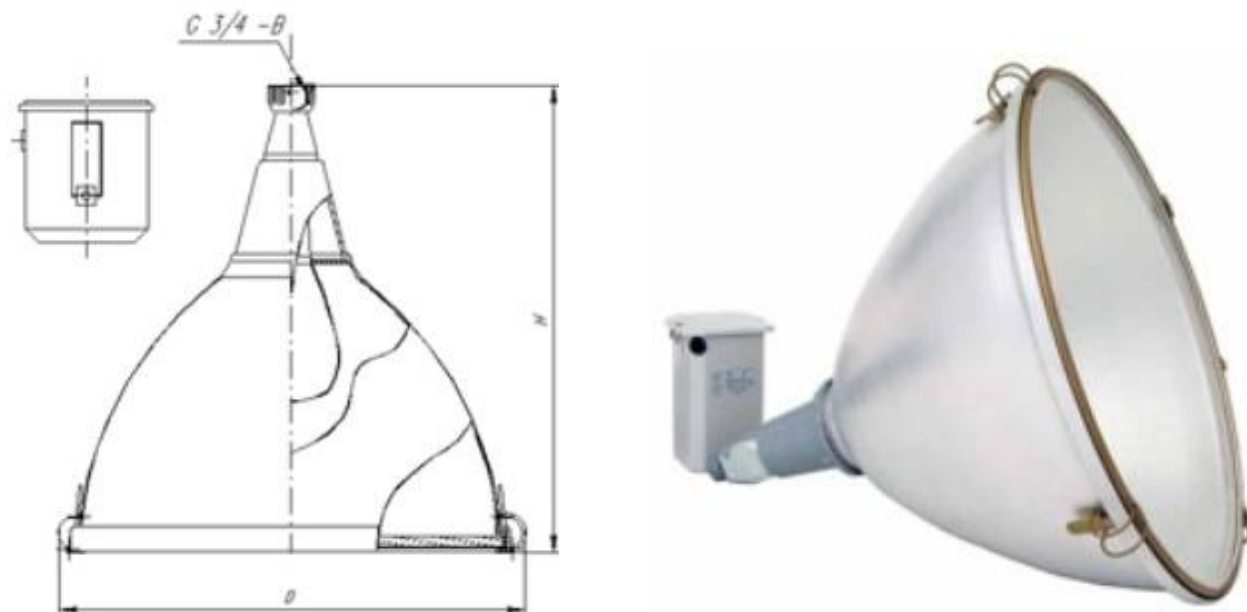


Рис. 2.1.

Конструкція:

- корпус світильника виготовлений з алюмінієвого сплаву литтям під тиском;
- кабельне уведення ущільнене гумовим сальником;
- відбивач алюмінієвий, освітлений, виготовлений методом видавки;
- захисне скло силікатне загартоване термостійке;
- пускорегулюючий апарат незалежний електромагнітний;
- патрон E40, керамічний;
- спосіб установки - на трубу, підвіс (гак) або монтажний профіль;
- можливе комплектування захисною сіткою (захисна сітка сталева зварена).

					ДП 2023	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тип світильника	Розмір D, мм	Розмір H, мм	Маса, кг	Потужність лампи	Ступінь захисту
PCY 01-250	345	490	8,0	250	IP53

2.3. Розрахунок сумарного електричного навантаження підприємства

Сумарна розрахункова потужність по всьому підприємству:

$$P_{p.\Sigma} = P_{p.\text{прим.}} + P_{p.\text{осв.прим}} + P_{p.\text{зовн.осв}} =$$

$$= 12528,24 + 748,06 + 218,7 = 13495 \text{ кВа},$$

$$Q_{p.\Sigma} = Q_{p.\text{прим.}} + Q_{p.\text{осв.прим}} + Q_{p.\text{зовн.осв}} =$$

$$= 8893,86 + 654,06 + 0 = 9547,92 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність по всьому підприємству:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{13495^2 + 9547.92^2} = 16531.17 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

					ДП 2023	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2023	Таблиця 2.1.1 - Розрахунок електричних навантажень низьковольтної мережі по групах підключення									
Вихідні дані							Змінна потужність ЕП		pe	Km	Розрахункова потужність		Sp, кВА		
По завданню						Довідкові дані		Pсм, кВт			Qсм, квар	Pr, кВт		Pr, квар	
Найменування		№ На плані	Кіль-кість	Номінальна потужність, кВт		Kв.	tgφ								
				одного ЕП				загальна							
Токарний восьмишпindelьний горизонтальний напiвавтомат		26,27	2	19,3		38,6	0,35	1,52	13,51	20,5					
Заточний станок		28,2930,31	4	10,7		42,8	0,14	1,73	6	10,4					
Токарно-гвинторізний верстат		32,33	2	5,5		11	0,14	1,73	1,5	2,7					
Алмазно-розточний станок		34	1	28		28	0,14	1,73	3,9	6,8					
Перетворювач дугового електрозварювання		35	1	34		34	0,35	1,52	11,9	18,1					
Зварювальний трансформатор		36	1	14	14	0,14	1,73	2	3,5						
Токарно-гвинторізний верстат		37	1	11	11	0,14	1,73	1,5	2,7						
Брикетировочний прес		38,39	2	24	48	0,14	1,73	6,7	11,6						
Всього по СП1			14	146,5	227,4	0,19	1,6	47	76,3	12	1	47	76,3	89,6	
Токарний восьмишпindelьний горизонтальний напiвавтомат		19,20	2	19,3	38,6	0,35	1,52	13,51	20,5						
Заточний станок		21,22,23	3	10,7	32,1	0,14	1,73	4,49	7,8						
Вертикально-свердлильний станок		13	1	2,2	2,2	0,14	1,73	0,3	0,5						
Центрувальний станок		14,15,16,17	4	9,8	39,2	0,14	1,73	5,5	9,49						
Токарний напiвавтомат		18	1	2,2	2,2	0,35	1,52	0,77	1,2						
Токарний восьмишпindelьний горизонтальний напiвавтомат		24	1	14,77	14,77	0,14	1,73	2	3,6						
Токарно-гвинторізний верстат		25	1	10,7	10,7	0,14	1,73	1,5	2,7						
Всього по СП2			13	69,67	139,77	0,22	1,65	28,07	45,79	11	1	28,07	45,79	53,7	
Токарний восьмишпindelьний горизонтальний напiвавтомат		1,2,3	3	19,3	57,9	0,14	1,73	8,1	14						
Токарний восьмишпindelьний горизонтальний напiвавтомат		4,5,7,8	4	14,77	59,08	0,14	1,73	8,27	14,3						
Токарно-револьверний станок		6	1	10,6	10,6	0,14	1,73	1,5	2,7						
Токарно-гвинторізний верстат		11	1	5,65	5,65	0,14	1,73	0,8	1,4						
Прес		9,10,12	3	7,9	23,7	0,14	1,73	3,3	5,7						
Всього по СП3			12	58,22	156,93	0,14	1,73	21,97	38,1	11	1	21,97	38,1	44	
Всього навантаження по цеху					524,1							97,04	160,19	187,3	
27	Арк.														

Таблиця 2.1.2 - Розрахунок електричних навантажень м'ясокомбінату

№	Назва приміщення	Р _{ном} , кВт	пє	Р _{макс.} , кВт	К _в	tgφ	cosφ	Р _{см.} , кВт	Q _{см.} , квар	К _м	Р _р , кВт	Q _р , квар	С _р , кВА
Електроприймачі низької напруги 0,4 кВ													
1	Ковбасний цех	2800	140	40	0,75	0,88	0,75	2100,00	1852,03	1,035	2173,50	1852,03	2855,54
2	Гофтар	350	35	20	0,50	1,17	0,65	175,00	204,60	1,150	201,25	204,60	286,99
3	Холодильник №1	417	42	20	0,90	0,62	0,85	375,30	232,59	1,000	375,30	232,59	441,53
4	Завод первинної переробки продуктів	1890	42	90	0,65	1,02	0,70	1228,50	1253,32	1,116	1371,01	1253,32	1857,54
5	Лайвстак	100	13	15	0,50	0,88	0,75	50,00	44,10	1,215	60,75	44,10	75,07
6	Завод технічних фабрикатів	990	40	50	0,70	1,17	0,65	693,00	810,21	1,090	755,37	810,21	1107,71
7	Завод сироватки	380	17	45	0,60	1,02	0,70	228,00	232,61	1,170	266,76	232,61	353,93
8	ЦХВУ	2860	57	100	0,80	0,62	0,85	2288,00	1417,98	1,033	2363,50	1417,98	2756,23
9	Конденсатна	370	49	15	0,75	0,62	0,85	277,50	171,98	1,085	301,09	171,98	346,74
10	Інститут	500	67	15	0,50	1,02	0,70	250,00	255,05	1,103	275,75	255,05	375,62
11	Машино-розвантажувальна станція	240	24	20	0,30	1,02	0,70	72,00	73,45	1,292	93,02	73,45	118,53
12	Заводоуправління	50	10	10	0,60	1,17	0,65	30,00	35,07	1,260	37,80	35,07	51,57
13	Холодильник №2	520	35	30	0,90	0,75	0,80	468,00	351,00	1,000	468,00	351,00	585,00
14	Ремонтно-механічний цех	524	34	34	0,25	0,75	0,80	97,04	160,19	1,000	97,04	160,19	187,30
15	Тепло-цех	1200	80	30	0,75	0,48	0,90	900,00	435,89	1,045	940,50	435,89	1036,60
16	Ремонтно-будівельні майстерні	190	15	25	0,50	0,88	0,75	95,00	83,78	1,240	117,80	83,78	144,56
17	Пральня	100	7	30	0,60	0,75	0,80	60,00	45,00	1,330	79,80	45,00	91,61
	Сумарне НН	13481,10									9978,24	7658,84	12578,68
Електроприймачі високої напруги 6кВ													
8	ЦХВУ 6кВ	3000	3	1000	0,85	0,48	0,90	2550,00	1235,02	1,00	2550,00	1235,02	2833,33
	Загальна потужність ЕП комбінату	16481,10									12528,24	8893,86	15364,17

ДП 2023

3. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА З ВИЗНАЧЕННЯМ ЦЕНТРУ НАВАНТАЖЕННЯ М'ЯСОКОМБІНАТУ

Для полегшення роботи щодо розміщення підстанції на генеральний план підприємства наноситься картограма навантажень. Картограма навантажень являє собою кола. Для кожного цеха креслиться коло, центр якого збігається з центром навантажень цеха. Кожне коло поділяється на сектори, які відповідають освітлювальному навантаженню та силовому. Користування картограмою навантажень робить роботу з розміщення підстанції найточнішою і дозволяє запобігти серйозним похибкам.

Центр електричних навантажень можна прийняти співпадаючим з центром ваги фігури, що зображає корпус підприємства на плані. Підстанцію слід розмістити якнайближче до центра навантажень. Таке розміщення підстанції дозволяє звести до мінімуму протяжність мереж, втрати енергії та коливання напруги.

Кола на картограмі навантажень відповідають у певному масштабі розрахунковому навантаженню. Площі кіл пропорційні навантаженням, а центри збігаються з центрами навантажень окремих цехів.

Кола поділяються на сектори, площі яких у певному масштабі відповідають певному типу навантажень:

- а) розрахункове навантаження електроприймачів;
- б) розрахункове освітлювальне навантаження.

На генплані підприємства довільно проводяться вісі координат і знаходяться координати центра навантажень цехів.

					ДП 2023						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Побудова картограми навантажень підприємства				Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Савченко В.Є.										
Перевірив	Ізволеньський І.Є.									29	89
									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 529к		
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М.										

Розглянемо на приклад розрахунок ковбасного цеху.

Сумарна потужність:

$$P_{P\Sigma} = P_{OC} + P_p.$$

$$P_{P\Sigma} = 147,42 + 2173,5 = 2320,92 \text{ кВт}$$

Радіус кола:

$$r = \sqrt{\frac{P_{P\Sigma}}{\pi \cdot m}},$$

де $m = 0,05$ - масштаб площі кола, який вибирається проаналізувавши картограму,

$$r = \sqrt{\frac{2320,92}{3,14 \cdot 0,5}} = 38,45$$

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження

$$\gamma = \frac{P_{PO}}{P_{P\Sigma}} \cdot 360^\circ,$$

$$\gamma = \frac{147,42}{2320,92} \cdot 360^\circ = 22,8$$

Аналогічно розраховуємо інші приміщення, результати заносимо в таблицю 3.1.

Координати умовного центру електричних навантажень підприємства визначаємо, виходячи з виразу:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi}^\Sigma \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}^\Sigma},$$

$$X = 239.5$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi}^\Sigma \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}^\Sigma},$$

$$Y = 181$$

де n – кількість цехів;

X_1, Y_1 — координати центра навантажень окремої споруди.

					ДП 2023	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 3.1.

Назва приміщення	Р _о , кВт/м.кв.	F, м.кв.	Р _{р. о} , кВт	Р _{р.} , кВт	ΣР _р , кВт	г, мм	α, град	X, м	Y, м
Ковбасний цех	0,015	9828	147,42	2173,50	2320,92	38,4	23	323	54
Гофгара	0,015	1458	21,87	201,25	223,12	11,9	35	285,5	366
Холодильник №1	0,015	7200	108	375,30	483,30	17,5	80	322	126
Завод первинної переробки	0,015	1836	27,54	1371,01	1398,55	29,8	7	321	194
Лайвстак	0,01	2592	25,92	60,75	86,67	7,4	108	378,5	300
Завод технічних фабрикатів	0,015	1470	22,05	755,37	777,42	22,3	10	333,5	313
Завод сироватки	0,015	2187	32,805	266,76	299,57	13,8	39	285,5	258,5
ЦХВУ	0,015	1620	24,3	2363,50	4937,80	56,1	2	228,6	120
ЦХВУ бкВ				2550,00			186		
Конденсатна	0,015	1080	16,2	301,09	317,29	14,2	18	221,2	279,5
Інститут	0,015	7380	110,7	275,75	386,45	15,7	103	97,2	70,5
Машино- розвантажувальна станція	0,015	1620	24,3	93,02	117,32	8,6	75	174,5	51
Заводоуправління	0,015	3240	48,6	37,80	86,40	7,4	203	147	231
Холодильник №2	0,015	4950	74,25	468,00	542,25	18,6	49	117	331,5
Ремонтно-механічний цех	0,015	864	6,06	97,04	103,10	8,1	21	180	267
Тепло-цех	0,015	720	10,8	940,50	951,30	24,6	4	27,5	198
Ремонтно-будівельні майстерні	0,015	2700	40,5	117,80	158,30	10,0	92	33	359,4
Пральня	0,01	675	6,75	79,80	86,55	7,4	28	26,5	274,5

Точка центру електричних навантажень підприємства зображена на листі №1 графічної частини дипломного проекту.

					ДП 2023	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИБІР ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

4.1. Вибір напруги живлячої мережі

Вибір напруги живлячої мережі залежить від потужності, що споживається підприємством, його віддаленості від джерела живлення, кількості та потужності окремих електроприймачів.

Значення величини живлячої напруги визначає параметри ліній електропередачі та вибраного електрообладнання, а також розміри капіталовкладень, втрати електроенергії.

Для визначення раціональної напруги спочатку визначаємо нестандартну напругу, при якій мають місце мінімальні приведені річні витрати електроенергії.

Нестандартна раціональна живляча напруга визначається за формулою:

$$U = 4.34 \cdot \sqrt{1 + 16 \cdot P}, \text{ кВ},$$

де

1 – довжина живлячої лінії, км;

P - потужність одного кола передачі, МВт.

$$U = 4.34 \cdot \sqrt{11.6 + 0.016 \cdot 13495} = 65.9 \text{ кВ},$$

Отже, напруга живлячої мережі становитиме 110 кВ.

Живлення підприємства здійснюється від підстанції енергосистеми, на якій встановлено два три-обмоткових трансформатори потужністю 25 МВ·А, кожен, з первинною напругою 110 кВ і вторинною - 35, 20, 10, 6 кВ.

					ДП 2023						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір зовнішнього електропостачання підприємства	Літ.		Арк.	Аркушів		
Розробив		Савченко В.Є.						32	89		
Перевірив		Ізволеньський І.Є.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 532					
Н. Контр.											
Затвердив		Балюта С.М									

4.2. Вибір трансформатора на ГПП

Для підприємств середньої потужності ($P_p = 15...75 \text{ МВ} \cdot \text{А}$) пунктом прийому електроенергії за наявності у джерела живлення напруг $35...220 \text{ кВ}$ є *головна понижувальна підстанція* (ГПП).

Трансформатори ГПП повинні забезпечувати надійне електропостачання в нормальному і після-аварійному режимах.

Якщо на підприємстві маються споживачі першої та другої категорій, приймаємо до установки на підстанції два трансформатори однакової потужності з вбудованим регулюванням напруги під навантаженням. Потужність трансформаторів вибираємо таким чином, щоб при відключенні одного з трансформаторів інший, що залишився в роботі, міг передавати усю задану потужність при допустимому перенавантаженні.

Вибір потужності трансформаторів ГПП здійснюється на підставі розрахункового навантаження заводу та інших споживачів, що живляться від ГПП, S_p на шинах 10 кВ .

Необхідну потужність трансформаторів S_T попередньо визначаємо за умови

$$S_T \geq \frac{S_p}{2K_3},$$
$$S_T = \frac{13,495}{2 \cdot 0,7} = 9639,285.$$

де $K_3 = 0,7$ – коефіцієнт завантаження трансформатора в нормальному режимі.

За отриманим значенням потужності S_T вибирається номінальна потужність трансформатора $S_{T, \text{ном}}$.

Вибираємо трансформатор типу ТДН-10000/110 за табл. 4.2. [1] з такими характеристиками:

$$\begin{array}{lll} S_{Tр}^{\text{ном}} = 10000 \text{ кВ} \cdot \text{А} & \Delta P_x = 14 \text{ кВт} & i_x = 0.9\% \\ U_{\text{номВН}} = 110 \text{ кВ} & \Delta P_k = 58 \text{ кВт} & \\ U_{\text{номНН}} = 10 \text{ кВ} & U_k = 10,5\% & \end{array}$$

					ДП 2023	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Вибір схеми головної підстанції (розподільного пункту) підприємства

ГПП призначена для пониження напруги до величини розподільної мережі підприємства і розмноження відгалужень до окремих груп споживачів.

ГПП бувають: тупикові, відгалужувальні, прохідні, вузлові. Обираємо тупикову підстанцію, яка передбачає дві незалежні лінії до кожного з трансформаторів від ДЖ.

В більшості випадків живлення трансформаторів ГПП відбувається від повітряної лінії (ПЛ), в деяких випадках використовується кабельний ввід. До комутаційної апаратури високої напруги відносяться роз'єднувачі з заземлюючими ножами, високовольтні вимикачі, трансформатори струму і вимірювальні трансформатори напруги, а також розрядники. Використання замість високовольтних вимикачів струмовідокремлювачів і короткозамикачів небажано в зв'язку з їх нестійкою роботою в зимовий період та потребою в штучних коротких замиканнях. Схеми з роз'єднувачем застосовують в умовах забрудненої атмосфери.

Між двома живлячими лініями на підстанції, як правило, робиться ремонтна перемичка з двома роз'єднувачами.

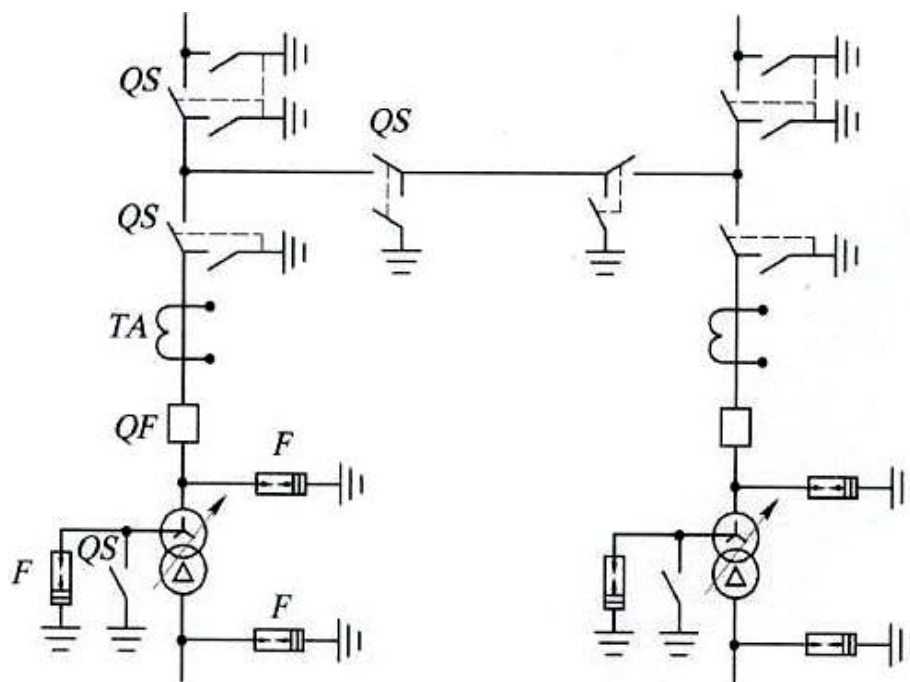


Рис. 4.1. Високовольтна електрична частина 110 кВ тупикової ГПП

					ДП 2023	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Розподільний пристрій (РПр) 10(6) кВ виконується, як правило, закритого типу, має в більшості випадків одинарну секційну систему шин. У разі використання двох обмоткових трансформаторів з розщепленою неперемкненою вторинною обмоткою може мати подвійну секційну систему шин. Він складається з комплектних розподільних пристроїв (КРПр). До складу КРПр входять ввідні КРПр, які розташовуються посередині секції шин, трансформатора власних потреб, шино-з'єднуючого КРПр, КРПр для відгалужень до окремих споживачів (РП, трансформаторів і т.п), вимірювальних трансформаторів, конденсаторних батарей. Передбачається встановлення розрядників на стороні 10(6) кВ, а також резервних КРПр для відгалужень. Можлива електрична схема розподільного пристрою 10(6) кВ наведена на рисунку 4.2.

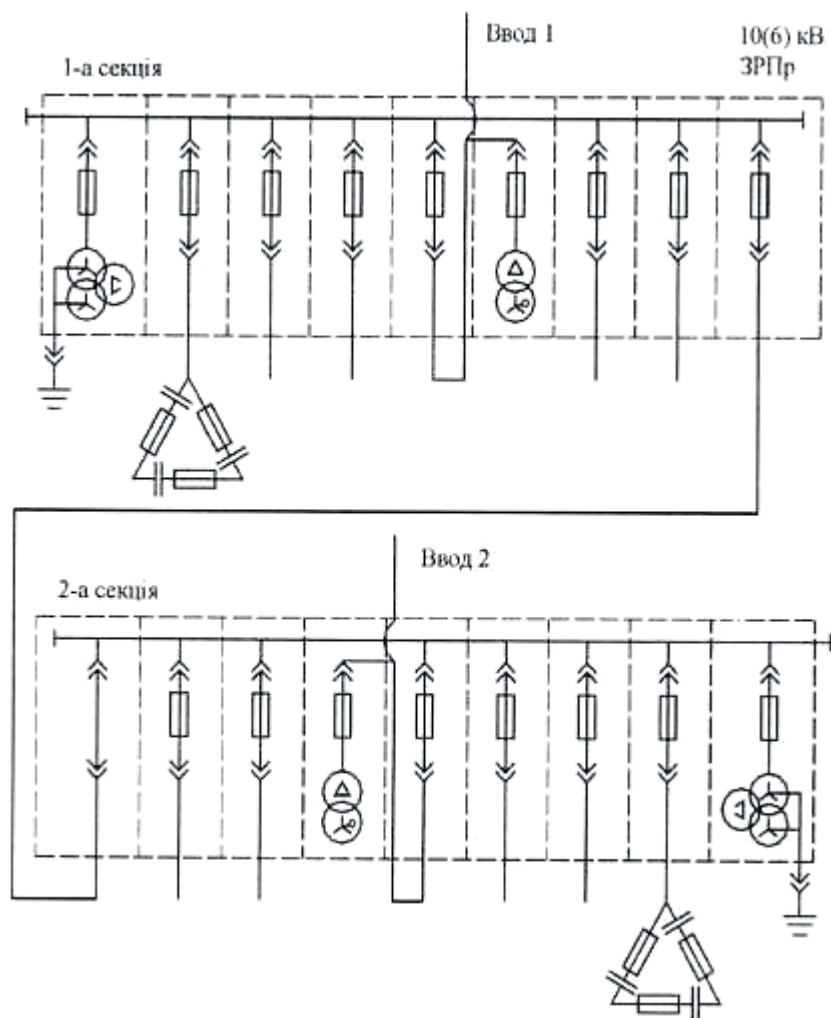


Рисунок 4.2. Електрична частина розподільного пристрою 10(6) кВ ГПП

4.4. Вибір лінії електропередачі

Для живлення ГПП (напруга 110) в більшості випадків використовується ПЛ, для живлення ЦРП (напруга 6...35 кВ) - кабельні лінії (КЛ).

Вибір повітряної лінії напругою 110 кВ

Визначаємо струми нормального та максимального режимів:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{пл}} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{13495}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} = 25,415 \text{ А.}$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм}} = 2 \cdot 25,415 = 50,83 \text{ А.}$$

Економічно вигідну густину струму приймаємо $j_{\text{ек}} = 1.1 \text{ А/мм}^2$ (для алюмінієвих проводів, при $T_{\text{макс}} = 3800 \text{ год}$).

Знаходимо економічно вигідний переріз повітряної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{макс}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{50,83}{1,1} = 46,2 \text{ мм}^2.$$

За табл. 3.23. [1] вибираємо провід типу АС-50/8.

$$S_{\text{ст}} = 50 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 46.2 \text{ мм}^2$$

$$I_{\text{доп}} = 210 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 142 \text{ А.}$$

Мінімальний переріз повітряної лінії 110 кВ за умовою корони складає 70 мм^2 . Отже, вибираємо провід типу АС-70/11. Допустимий струм АС-70/11 складає 265 А.

Погонні параметри лінії: $r_0 = 0,46 \text{ Ом/км}$, $x_0 = 0,275 \text{ Ом/км}$.

Перевіряємо переріз проводу з падіння напруги в лінії в нормальному і після-аварійному режимах:

$$\Delta U_{\%} = \frac{P_3 \cdot R + Q_3 \cdot X}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100\% < 10 - 15\%;$$

$$R = r_0 \cdot l = 0.46 \cdot 11.6 = 3.611 \text{ Ом};$$

$$X = x_0 \cdot l = 0.275 \cdot 11.6 = 4.93 \text{ Ом};$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{P_3 \cdot R + Q_3 \cdot X}{U_{\text{н}}^2} \cdot 100\% = \frac{13495 \cdot 3,611 \cdot 10^{-3} + 0 \cdot 4,93 \cdot 10^{-3}}{110^2} \cdot 100\% = 0,4\%$$

За умовою коронного розряду проводу такого перерізу можна використовувати

					ДП 2023	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ВИБІР ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

5.1. Вибір напруги внутрішньозаводської мережі

Серед споживачів електроенергії м'ясокомбінату маються споживачі з номінальною напругою 380/220 В і маються високовольні електродвигуни на напругу 6 кВ, їх невелика кількість. Тому номінальною напругою внутрішньозаводської мережі приймаємо напругу 10 кВ, як більш економічну й універсальну в порівнянні з напругою 6 кВ, що застосовується переважно на підприємствах, які мають власну електростанцію з генераторами 6 кВ чи якщо серед споживачів електроенергії такого підприємства превалюють споживачі з номінальною напругою 6 кВ.

5.2. Вибір схеми внутрішнього електропостачання

На підприємстві розподіл енергії проводиться кабельними лініями. Можливі дві основні схеми розподілу електроенергії – радіальна та магістральна в залежності від розташування електроприймачів.

На м'ясокомбінаті приймаємо радіальну схему електропостачання. Вона забезпечує високу надійність, гнучкість розташування мережі дозволяє організувати керування.

Однак радіальна схема має недолік - висока вартість та наявність щитів до 1000 В у вигляді великої кількості радіальних ліній.

					ДП 2023					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір внутрішнього електропостачання			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Савченко В.Є.									
Перевірив	Ізволеньський І.Є.								37	89
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 537к		
Н. Контр.										
Затвердив	Балюта С.М.									

6. ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВИХ ТП

Число і потужність цехових трансформаторів вибирають, виходячи з одержаних даних про повну розрахункову потужність цеху та категорії споживачів.

На ТП можуть встановлювати 1 або 2 трансформатори.

Якщо в цеху передбачено декілька підстанцій, та електроприймачі мають I і II категорію встановлюють, як правило, двотрансформаторні підстанції й одно-трансформаторні з обов'язковим з'єднанням по нижчій напрузі. Двотрансформаторні цехові підстанції мають застосовуватися при перевазі електроприймачів I і II категорій, а також при нерівномірному добовому чи річному графіку навантаження.

Потужність трансформатора вибирається на основі техніко-економічного розрахунку із врахуванням можливості перевантаження його в аварійному режимі.

Згідно з ПУЕ допускається після-аварійне перевантаження трансформаторів на 40 % на час максимум загальною добовою тривалістю понад 6 годин протягом не більше як п'яти діб.

При цьому коефіцієнт заповнення добового графіка в умовах перевантаження не повинен перевищувати 0,75, тобто:

$$S_c / (1.4 \cdot S_{\text{ном}}) < 0,75.$$

Отже, за вказаних умов перевищення середньодобового навантаження трансформатора над його номінальною потужністю допускається не більше як 5%. Трансформатори перевантажувати по середній потужності не дозволяється. ПУЕ рекомендує перевантажувати трансформатори за рахунок нерівномірності добового графіка, графіка за місяць або за рік.

					ДП 2023					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір потужності трансформаторів цехових ТП			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Савченко В.Є.									
Перевірив	Ізволеньський І.Є.								38	89
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 538к		
Н. Контр.										
Затвердив	Балюта С.М.									

Номинальна потужність трансформатора на ТП 1

$$S_{\text{ном}}^{\text{тр}} = \frac{S_p}{K_{\text{пер}}^{\text{ав}}} = \frac{2320,9}{1,4} = 1599,1 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

де $K_{\text{пер}}^{\text{ав}}$ - коефіцієнт перевантажувальної здатності трансформатора в аварійному режимі.

За $S_{\text{ном}}^{\text{тр}}$ з табл. 4.2. [2] вибираємо трансформатор типу ТМ-1600/10/0,4.
Для ТП6 вибираємо трансформатор типу ТМ-2500/10/6

Аналогічно вибираються трансформатори для інших ТП.

Розміщення ТП показано на генплані підприємства (лист №1).

№ ТП	Назва цеху	S_p , кВА	$S_{p,\text{осв}}$, кВА	$S_{p\Sigma}$, кВА	$S_{p\Sigma} / 1,4$, кВА	$S_{\text{тр.ном}}$, кВА
ТП1	Ковбасний цех	2173,5	147,42	2320,92	1599,1	2x1600
ТП2	Гофгара	201,25	21,87	3269,43	2335,3	2x2500
	Холодильник №1	375,3	108			
	Завод первинної переробки	1371,01	27,54			
	Лайвстак	60,75	25,92			
	Завод технічних фабрикатів	755,37	22,05			
	Завод сироватки	266,76	32,805			
ТП3	ЦХВУ	23635	24,3	3321,06	2372,186	2x2500
	Конденсатна	301,09	16,2			
	Інститут	275,75	110,7			
	Машино-розвантажувальна станція	93,02	24,3			
ТП4	Заводоуправління	37,8	48,6	2044,8	1459,85	2x1600
	Холодильник №2	468	74,25			
	Теплоцех	940,5	10,8			
	Ремонтно-будівельні майстерні	117,8	40,5			
	Пральня	86,55	79,8			
ТП6	Ремонтно-механічний цех	97,04	6,06	103,1		1x160
ТП5	ЦХВУ 6к	2500	-			2x2500

Зовнішнє освітлення підключено до ТП4.

					ДП 2023	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Одним з основних питань, що вирішують при проектуванні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств, є питання компенсації реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності з одночасним покращанням якості електроенергії безпосередньо в мережах промислових підприємств являється одним з основних напрямків скорочення втрат електричної енергії та підвищення ефективності електричних установок підприємства.

Встановлення джерела реактивної потужності призводить до зниження втрат в період максимуму навантаження в середньому на 0,08 кВт / квар.

Оскільки силове обладнання та освітлювальне навантаження розташовані на стороні низької напруги з напругою 0,4 кВ та електричне більш віддалене від джерела живлення, тому передача реактивної потужності в мережу НН потребує збільшення перерізу проводів та кабелів, підвищення потужності силових трансформаторів і супроводжується втратами активної та реактивної потужностей.

Витрати, зумовлені переліченими вище факторами, можна зменшити та навіть ліквідувати, якщо здійснити компенсацію реактивної потужності безпосередньо в мережі НН.

Для компенсації реактивної потужності встановлюємо низьковольтні КУ. Виберемо низьковольтні КУ на ТП 1.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори ТП

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_T^e \cdot \beta)^2 - (P_p)^2} \text{ квар};$$

$$Q_T = \sqrt{(1600 \cdot 2 \cdot 0,75)^2 - 2320,92^2} = 611 \text{ квар},$$

					ДП 2023						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення необхідної потужності компенсуючи пристроїв			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Савченко В.Є.										
Перевірив	Ізволеньський І.Є.								40	89	
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 540к			
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М										

де $S_T = 1600$ кВА – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;

$\Delta N^e_T = 2$ шт. - кількість трансформаторів на ТП;

$\beta = 0,75$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

$P_p = 2320,92$ кВт - розрахункова потужність електроприймачів напругою до 1 кВ.

Потужність КУ, що визначається пропускною здатністю трансформаторів ТП

$$Q_{HK1} = Q_{p.HH} - Q_T \text{ квар};$$

$$Q_{HK1} = 1982,04 - 611,008 = 1371,032 \text{ квар};$$

Оскільки $Q_{HK1} < 0$, приймаємо $Q_{HK1} = 0$ квар.

Потужність КУ, які забезпечують оптимальну величину втрат електричної енергії в електромережах

$$Q_{HK2} = Q_{p.HH} - Q_{HK1} - \gamma \cdot S_T \cdot N_T^e \text{ квар};$$

$$Q_{HK2} = 1982,04 - 1371,032 - 0,1 \cdot 1600 \cdot 2 = 291,008 \text{ квар};$$

де $\gamma = f(k_1; k_2)$.

Показник k_1 характеризує відношення питомих витрат на НБК та високовольтних батарей конденсаторів і в практичних розрахунках для енергетичної системи України при кількості робочих змін 3 дорівнює 11, при двозмінній роботі - 12, однозмінній - 24. Отже, $k_1 = 24$.

k_2 - залежить від характеристики електричної мережі й для радіальної мережі його чисельне значення беруть згідно з даними табл. 2.10. [2], $k_2 = 3$.

Оскільки $Q_{HK2} > 0$, тоді $Q_{HK2} = 291,008$ квар.

Сумарна розрахункова потужність низьковольтних КУ:

$$Q_{HK} = Q_{HK1} + Q_{HK2} \text{ квар}$$

$$Q_{HK} = 1371,032 + 291,008 = 1662,04 \text{ квар}.$$

З розрахунків видно, що на стороні НН ТП 1 необхідно становити КУ потужністю $Q_{HK} = 1662.04$ квар.

Отже, згідно табл. 4.37. [1] вибираємо:

2хУКМФ-0,4-825-82,5 УЗ.

					ДП 2023	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно вибираємо КУ для інших ТП та інформацію заносимо в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1

Трансформаторна підстанція	Установка компенсації реактивної потужності
ТП1	2хУКМФ-0,4-825-82,5 УЗ.
ТП2	2хУКМФ- 0,4-1100-50
ТП3	2хУКМФ-0,4-700-50 УЗ
ТП4	2хУКМФ-0,4-360-30 УЗ

Потужність високовольтних конденсаторних установок:

$$Q_{НК} = Q_p - Q_{p.вн} + \sum \Delta Q_{ТТП} - Q_{e1} - Q_{сдном} - \sum Q_{нкф} + \sum \Delta Q_{ТТПП} \text{ квар.}$$

Втрати реактивної потужності в трансформаторах трансформаторної підстанції:

$$\sum_{i=1}^n \Delta Q_{ТТП} = n \cdot [\Delta Q_x + \beta_t^2 \cdot \Delta Q_k],$$

Для ТП1:

$$\Delta Q_{ТТП} = 2 \cdot [22,4 + 0,733^2 \cdot 88] = 139,277 \text{ квар.}$$

де n – кількість трансформаторів на трансформаторній підстанції;

ΔQ_k , ΔQ_x - втрати реактивної потужності в трансформаторах при холостому ході пf короткому замиканні:

$$\Delta Q_x = \frac{S_{тр.ном} \cdot i_x}{100} = \frac{1600 \cdot 1,4}{100} = 22,4 \text{ квар.}$$

$$\Delta Q_k = \frac{S_{тр.ном} \cdot U_k}{100} = \frac{1600 \cdot 5,5}{100} = 88 \text{ квар.}$$

$$\beta_t = \frac{\sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{нкф})^2}}{n \cdot S_{тр.ном}} = \frac{\sqrt{2320,92^2 + (1982,04 - 1650)^2}}{2 \cdot 1600} = 0,732$$

- коефіцієнт завантаження трансформатора.

					ДП 2023	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, втрати реактивної потужності в трансформаторах трансформаторних підстанціях :

$\Delta Q_{\text{гтп1}}$	139,277 квар
$\Delta Q_{\text{гтп2}}$	173,199 квар
$\Delta Q_{\text{гтп3}}$	174,275квар
$\Delta Q_{\text{гтп4}}$	118,424 квар
$\sum_{i=1}^n \Delta Q_{\text{гтп}}$	605,175 квар

Фактична потужність КУ напругою до 1000 кВ:

$$\sum_{i=1}^n \Delta Q_{\text{нкф}} = 1650 + 2200 + 1400 + 360 = 5610 \text{ квар.}$$

Втрати реактивної потужності в трансформаторах ГПП:

$$\sum \Delta Q_{\text{тгпп}} = n \cdot [\Delta Q_x + \beta_T^2 \cdot \Delta Q_K] = 2 \cdot [90 + 0,675^2 \cdot 1050] = 1136,8 \text{ квар.}$$

Потужність високовольтних конденсаторних установок:

$$Q_{\text{нк}} = 8152,7 + 1235,02 + 605,175 - 0 - 0 - 5610 + 1136,9 = 5519,795 \text{ квар}$$

Знак «+» вказує на недокомпенсацію реактивної потужності.

З розрахунків видно, що на стороні високої напруги трансформаторної підстанції необхідно ставити конденсаторні установки потужністю $Q_{\text{нк}} = 5519.795$ квар.

За табл. 4.33/ [1] маємо дві конденсаторні установки:

УКРМ-10,5-2250-450 (3х450 +2х450)

Низьковольтні конденсаторні установки підключені через автоматичні вимикачі.

Розрахунковий струм:

$$I_{p.ку1} = \frac{Q_{КУ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{825}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1191 \text{ A.}$$

$I_{p.ку1}$	1191 A
$I_{p.ку2}$	1588 A
$I_{p.ку3}$	1010A
$I_{p.ку4}$	519,6 A

Вибираємо вимикач типу ВА57-43, який має струм до 1600 А і широкий діапазон номінальних струмів.

Номінальний струм для високовольтної конденсаторної установки:

$$I_p = \frac{Q_{КУ}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi} = \frac{2250}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1} = 129.9 \text{ A.}$$

Економічно вигідний переріз:

$$S_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек.кл}} = \frac{129.9}{1.4} = 92,786 \text{ мм}^2$$

Вибираємо кабель типу ААШвУ-10-3х95.

$$S_{ст} = 95 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 92,786 \text{ мм}^2.$$

					ДП 2023	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ КАБЕЛІВ

Вибір кабелів для підключення цехових ТП.

Приклад розрахунку для ТП1:

Нормальний та максимальний струми:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном.тр}} \cdot \beta}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{1600 \cdot 0,73}{\sqrt{3} \cdot 10} = 67,4 \text{ А.}$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 129,326 \text{ А.}$$

Знаходимо економічно вигідний переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{ек.кл}}} = \frac{67,4}{1,1} = 61,304 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу обираємо стандартний переріз кабельної лінії: $S_{\text{ст}} = 70 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 61,304 \text{ мм}^2$.

Вибираємо 2 кабелі типу 2хААШвУ -10-3х70, прокладка в землі.

Погонні параметри кабельної лінії за табл. 3.28. [1]:

$$r_0 = 0,443 \text{ Ом/км}, \quad x_0 = 0,083 \text{ Ом/км.}$$

Перевіряємо кабельну лінію за умовою допустимого нагріву ($I_{\text{доп}}$ за табл.

$$3.36. [1]): \quad I_{\text{доп}} = 161 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 129 \text{ А.}$$

Дані розрахунків заносимо до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Назва КЛЕП	$I_{\text{норм}}^{\text{р}},$ А	$I_{\text{макс}}^{\text{р}},$ А	$S_{\text{ек}},$ мм ²	$I_{\text{доп}}^{\text{нр}},$ А	К-сть, марка і переріз кабеля
ГПП-ТП1	67,4	129,326	61,304	162	2хААШвУ-10-3х70
ГПП-ТП2	96,562	202,073	87,783	218	2хААШвУ- 10-3х120
ГПП-ТП3	96,995	202,073	88,177	218	2хААШвУ-10-3х120
ГПП-ТП4	59,767	129,326	54,334	162	2хААШвУ-10-3х70
ГПП-ТП5	68	129,326	56,6	162	2хААШвУ-10-3х120
ГПП-ТП6	9,238	12,93	9,398	75	2хААШвУ-10-3х16

					ДП 2023							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір перерізу кабелів				Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Савченко В.Є.											
Перевірив	Ізволеньський І.Є.										45	89
									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 545к			
Н. Контр.												
Затвердив	Балюта С.М											

Визначаємо переріз кабелю від ТП2 до РП 2 цеху виготовлення пробок:
Визначаємо струми нормального і максимального режимів:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot n_{\text{кл}} \cdot U_{\text{ном.ср}}} = \frac{201,5}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 0,4} = 145,23 \text{ А.}$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм}} = 2 \cdot 145,23 = 290,46 \text{ А.}$$

Економічно вигідну густину струму приймаємо $J_{\text{ск}} = 1,4 \text{ А/мм}^2$ та при $T_{\text{макс}} = 3800 \text{ год.}$

Знаходимо економічно вигідний переріз кабельної лінії:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{ек}}} = \frac{145,23}{1,4} = 103,74 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель типу ААШВУ-0,4-150 $I_{\text{доп}} = 314 \text{ А}$, прокладений в землі.

Перевіряємо кабельну лінію за умовами нагріву:

$$S_{\text{ст}} = 150 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 103,74 \text{ мм}^2.$$

$$I_{\text{доп}} = n_{\text{кб}} \cdot k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{п}} = 314 \cdot 1 \cdot 1,15 = 350,75 \geq I_{\text{макс}} = 290,46 \text{ А.}$$

Умова термічної стійкості виконується.

Вибираємо кабель типу, ААШВУ-0,4-4х150.

Дані розрахунків заносимо до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

Назва КЛЕП	$I_{\text{норм}},$ А	$I_{\text{макс}},$ А	$S_{\text{ск}},$ мм ²	$I_{\text{доп}}^{\text{нр}}$ А	К-сть, марка і переріз кабеля
ТП2-РП2	145,2	290,4	148	303,23	2хААШВУ-0,4-4х150
ТП2-РП6	545,141	1090,28	389,386	1109,2	6хААШВУ-0,4-4х185
ТП2-РП5	43,84	87,68	31,3	103,5	2хААШВУ-0,4-4х16
ТП2-РП7	192,51	385,03	137,5	414	4хААШВУ-0,4-4х70
ТП2-РП3	270,84	541,67	193,46	558,9	4х ААШВУ-0,4-4х 120
ТП3-РП9	217,29	434,58	155,208	496,8	4хААШВУ-0,4-4х95
ТП3-РП10	199	398,01	142,15	414	4хААШВУ-0,4-4х70
ТП3-РП11	67,13	134,26	47,95	155,25	2хААШВУ-0,4-4х35
ТП4-РП12	27,27	54,55	19,48	103,5	2х ААШВУ-0,4-4х 16
ТП4-РП13	337,7	675,49	241,24	714,15	4хААШВУ-0,4-4х 185
ТП4-РП16	85,014	170,029	60,72	320	2хААШВУ-0,4-4х70
ТП4-РП17	27,59	115,18	41	155,25	2хААШВУ-0,4-4х35

					ДП 2023	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Коротким замиканням називають будь-яке непередбачене нормальними умовами роботи з'єднання двох точок електричного кола. Причинами короткого замикання є механічні пошкодження ізоляції, її пробій від перенапруг і старіння, обриви, накиди та перетини проводів, повітряних ліній, помилкові дії обслуговуючого персоналу.

Внаслідок короткого замикання в колі виникають небезпечні для елементів кола струми, які можуть вивести його з ладу. Тому для забезпечення надійності роботи цих мереж, електрообладнання пристроїв релейного захисту проводиться розрахунок струмів короткого замикання.

Місце розташування точок короткого замикання вибираємо таким чином, щоб при короткому замиканні електрообладнання, що перевіряється, та провідники знаходились в найбільш не вигідних умовах.

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно скласти розрахункову схему та схему заміщення. В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорами, приведеними до базових умов.

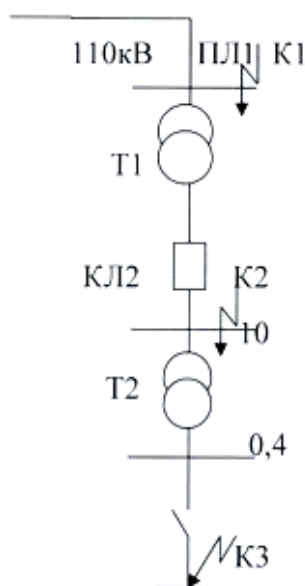


Рис. 9.1. Розрахункова схема

					ДП 2023						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок струмів короткого замикання	Літ.		Арк.	Аркушів		
Розробив		Савченко В.Є.						47	89		
Перевірив		Ізволеньський І.Є.				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 547к					
Н. Контр.											
Затвердив		Балюта С.М.									

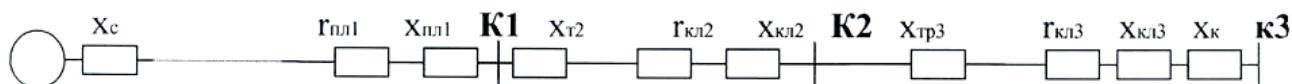


Рис. 9.2. Схема заміщення

Розрахунок струмів короткого замикання проводимо у відносних базисних величинах.

Електроустаткування, встановлюване в системах електропостачання, повинно бути стійким до струмів К.З. і вибиратися з урахуванням сили цих струмів.

1. Задаємося базисним значенням потужності: $S_6 = 100$ МВА

2. Задаємося базисними значеннями напруг:

$$U_{61} = 115 \text{ кВ}$$

$$U_{62} = 10.5 \text{ кВ}$$

$$U_{63} = 0.4 \text{ кВ}$$

3. Визначаємо базисні струми:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{61}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА}$$

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{62}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{63}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,34 \text{ кА}$$

4. Визначаємо опір схеми заміщення:

а) ПЛ:

$$X_{пл1*} = X_{*б.л.} = \frac{x_0 L S_6}{U_{61}^2} = \frac{0.46 \cdot 11.51 \cdot 100}{115^2} = 0.04$$

$$r_{пл1*} = r_{*б.л.} = \frac{r_0 L S_6}{U_{61}^2} = \frac{0.46 \cdot 8,2 \cdot 100}{115^2} = 0.024$$

					ДП 2023	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) Трансформатора на ГПП:

$$X_{T2*} = X_{*б.т.} = \frac{U_K S_6}{100 \cdot S_{ном.т}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 10} = 1,05$$

в) КЛЕП:

$$X_{пл2*} = X_{*б.л.} = \frac{x_0 L S_6}{U_{62}^2} = \frac{0,081 \cdot 0,3 \cdot 100}{10,5^2} = 0,022$$

$$r_{пл2*} = r_{*б.л.} = \frac{r_0 L S_6}{U_{62}^2} = \frac{0,258 \cdot 0,3 \cdot 100}{10,5^2} = 0,07$$

5. Трансформатор на підстанції № 3:

$$X_{T3} = X_{*б.т.} = \frac{U_K S_6}{100 \cdot S_{ном.т}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 2,5} = 2,6$$

Визначаємо силу струмів К.З.:

Точка К-1

$$z_{1*} = \sqrt{(x_{1*} + x_c)^2 + r_{1*}^2} = \sqrt{(0,04 + 0,51)^2 + 0,024^2} = 0,551$$

$$I_{к1} = \frac{I_{61}}{z_{1*}} = \frac{0,5}{0,551} = 0,907 \text{ кА}$$

$$i_{y1} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к1} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,907 = 2,309 \text{ кА}$$

де $K_y = 1,9$, [2] (Рисунок 6.2)

Аперіодична стала часу для системи:

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(k_y - 1)} \text{ с;}$$

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с;}$$

де $k_y = 1,8$ – ударний коефіцієнт.

					ДП 2023	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час протікання К.З.:

$$\tau_{\text{К.З.}} = \tau_{\text{р.з.}} + \tau_{\text{в.в.}} \text{ с,}$$

$$\tau_{\text{К.З.}} = 0,32 + 0,08 = 0,4 \text{ с.}$$

Аперіодична складова струму К.З.:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{\text{К1}} \cdot e^{\frac{-\tau_{\text{nb}}}{\tau_a}} \text{ кА,}$$

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 0,907 \cdot e^{\frac{-0,09}{0,045}} = 0,174 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_{\text{К}}^{\text{К1}} = (I_{\text{К1}})^2 \cdot (\tau_{\text{К.З.}} + T_a) \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

$$B_{\text{К}}^{\text{К1}} = (0,907)^2 \cdot (0,4 + 0,045) = 0,366 \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

Перевіряємо КЛ, яка йде від джерела за умовою:

$$S_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{B_{\text{К}}^{\text{К1}}}}{C} < S_{\text{СТ}}^{\text{КЛ}} \text{ мм}^2 ,$$

$$S_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{0,336 \cdot 10^6}}{90} = 63,7 \text{ мм}^2 < S_{\text{СТ}}^{\text{КЛ}} = 70 \text{ мм}^2 ,$$

Точка К-2

$$X_{\Sigma 2} = X_{\text{Т2}} + X_{\text{КЛ2}} + X_{\text{с}} + X_{\text{пл1}} = 1,05 + 0,022 + 0,51 + 0,04 = 1,622$$

$$r_{\Sigma 2} = r_{\text{пл1}} + r_{\text{КЛ2}} = 0,024 + 0,07 = 0,094$$

Активний опір не враховуємо, тому що $r_{\Sigma 2} \leq 0,3X_{\Sigma 2}$, $0,094 \text{ Ом} \leq 0,51 \text{ Ом}$.

$$I_{\text{К2}} = \frac{I_{\text{б1}}}{X_{\Sigma 2}} = \frac{5,5}{1,622} = 3,391 \text{ кА}$$

$$i_{\text{у2}} = K_{\text{у}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{К2}} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,391 = 8,632 \text{ кА,}$$

де $K_{\text{у}} = 1,8$ = для напруги 10 кВ

$$S_{\text{К2}} = \frac{S_{\text{б}}}{X_{\Sigma 2}} = \frac{100}{1,622} = 61,652 \text{ МВА}$$

					ДП 2023	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аперіодична стала часу для системи:

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(K_y - 1)} \text{ с;}$$

$$T_a^{(c)} = \frac{-0,01}{\ln(1,8 - 1)} = 0,045 \text{ с;}$$

де $k_y = 1,8$ – ударний коефіцієнт.

Час протікання К.З.:

$$\tau_{\text{К.З.}} = \tau_{\text{р.з.}} + \tau_{\text{в.в.}} \text{ с,}$$

$$\tau_{\text{К.З.}} = 0,32 + 0,08 = 0,4 \text{ с.}$$

Аперіодична складова струму К.З.:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{\text{к2}} \cdot e^{\frac{-\tau_{nb}}{\tau_a}} \text{ кА,}$$

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 3,391 \cdot e^{\frac{-0,09}{0,045}} = 0,649 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_K^{k2} = (I_{\text{к2}})^2 \cdot (\tau_{\text{К.З.}} + T_a) \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

$$B_K^{k2} = (3,391)^2 \cdot (0,4 + 0,045) = 5,117 \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

Точка К-3. Опір контактів для цехових ТП

$$r_K = 20 \text{ Ом.}$$

Опір кабельних ліній, що живлять ТП потужністю 2500 кВА

$$r_{\text{кл3}} = r_0 \cdot l_{\text{кл}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НОМ}}^{\text{нн}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{вн}}} \right)^2 \cdot 10^3 ,$$

$$r_{\text{кл3}} = 0,07 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,034 ,$$

$$X_{\text{кл3}} = X_0 \cdot l_{\text{кл}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НОМ}}^{\text{нн}}}{U_{\text{НОМ}}^{\text{вн}}} \right)^2 \cdot 10^3 ,$$

$$X_{\text{кл3}} = 0,022 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,011,$$

					ДП 2023	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір трансформаторів на ТП потужністю 2500 кВА

$$r_{T3} = \frac{\Delta P_K}{(S_{НОМ}^T)^2} \cdot (U_{НОМ}^{cp})^2 \cdot 10^3 ,$$

$$r_{T3} = \frac{23,5 \cdot 10^3}{2500^2} \cdot 0,4^2 \cdot 10^3 = 0,602 ;$$

$$x_{T3} = \sqrt{(10 \cdot U_K)^2 - \frac{\Delta P_K}{(S_{НОМ}^T)^2} \cdot \frac{(U_{НОМ}^{cp})^2}{S_{НОМ}^T}} \cdot 10^3 ,$$

$$x_{T3} = \sqrt{(10 \cdot 605)^2 - \frac{23,5 \cdot 10^3}{2500^2} \cdot \frac{0,4^2}{2500}} \cdot 10^3 = 4,16 .$$

Сумарні опори

$$r_{\Sigma} = r_{пл1} + r_{кл2} + r_{кл3} + r_{T3} + r_K ,$$

$$r_{\Sigma} = 0,024 + 0,07 + 0,034 + 0,602 + 20 = 20,764 ,$$

$$x_{\Sigma} = x_{пл1} + x_{кл2} + x_{T2} + x_{кл3} + x_{T3} ,$$

$$x_{\Sigma} = 0,04 + 0,022 + 1,05 + 0,011 + 4,16 = 5,275 ,$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{(r_{\Sigma})^2 + (x_{\Sigma})^2}$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{20,764^2 + 5,275^2} = 21,424$$

Початковий струм К.З.

$$I_{K4} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma}} \text{ кА},$$

$$I_{K4} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 21,424} = 10,78 \text{ кА}.$$

Ударний струм К.З.

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{с.к4}'' \text{ кА},$$

$$i_y = 1,0 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,14 = 15,245 \text{ кА},$$

					ДП 2023	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1

Результати розрахунків струмів короткого замикання

Т-ки к.з.	Місце к.з.	Базисні умови			Зак- лючні опори	Початкові струми, кА I_c	Аперіодична складова, кА i_a	Ударні струми, кА i_y	Тепловий імпульс, кА ² ·с
		U_6 , кВ	S_6 МВА	I_6 , кА					
K1	КЛ1	115	100	0,502	0,551	0,907	0,174	2,309	0,366
K2	Шини ТП 10 кВ	10,5	100	5,5	1,622	3,391	0,649	8,632	5,117
K4	НН ТП1	0,4	-	-	21,424	10,78	—	15,245	—

10. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

10.1. Вибір основних комутаційних апаратів

Вибір вимикачів 110 кВ ГПП

Вимикачі вибираємо по параметрах нормального режиму:

$$\left. \begin{array}{l} U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер}} \\ I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном.розр}} \end{array} \right\}$$

а потім перевіряємо за критеріями аварійного режиму:

$$\left. \begin{array}{l} I_{\text{відкл}} \geq I_{\text{роб.відкл}} \\ i_{\text{макс}} \geq i_y \\ B_k = I_t^2 \cdot t \geq I_{\infty}^2 \cdot t \end{array} \right\}$$

За номінальними параметрами $U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$ і $I_{\text{ном}} = 162,45 \text{ А}$ вибираємо вимикач ВБК-110Б-20/1000У1 з такими даними:

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.откл}} = 20 \text{ кА};$$

$$I_{\text{мах}} = 52 \text{ кА};$$

$$I_t = 20 \text{ кА};$$

$$T = 3 \text{ с.}$$

Перевірка за (1.40):

$$20 \text{ кА} > 0,907 \text{ кА}$$

$$52 \text{ кА} > 2,309 \text{ кА}$$

$$20^2 \cdot 3 = 1200 > 0,366^2 \cdot 2 = 0,667 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Вибір роз'єднувачів 110 кВ

Роз'єднувачі вибираємо по номінальних параметрах аналогічно вимикачам.

Вибираємо роз'єднувачі РНД-3-110/1000У1 з такими даними:

$$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}; I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}; i_{\text{мах}} = 80 \text{ кА}; I_t = 31,5 \text{ кА}; t = 4 \text{ с.}$$

					ДП 2023		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Савченко В.Є.			Вибір обладнання	Літ.	Арк.
Перевірив		Ізволеньський І.Є.					Аркушів
							54
							89
Н. Контр.						ІННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 554к	
Затвердив		Балюта С.М					

Перевіряємо по (1.40):

$$80 \text{ кА} > 2,309 \text{ кА}$$

$$31,5^2 \cdot 4 = 3969 > 0,366^2 \cdot 2 = 0,667 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Вибір вимикачів 10 кВ

Вибір вимикачів на вторинній стороні ППІ

Розрахунковий струм на вторинній стороні ППІ складає:

$$I_p = \frac{S_i}{2\sqrt{3}U_i}$$
$$I_p = \frac{13495}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 389,567 \text{ А}$$

Вибираємо вимикачі ВВ/TEL-10 з наступними даними:

$$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}, I_{\text{НОМ}} = 630 \text{ А}, I_{\text{НОМ.откл}} = 12.5 \text{ кА}, I_{\text{max}} = 32 \text{ кА}, I_t = 20 \text{ кА}, t = 4 \text{ с.}$$

Перевіряємо обрані вимикачі за умовами (1.40):

$$12.5 \text{ кА} > 3.391 \text{ кА}$$

$$32 \text{ кА} > 8.632 \text{ кА}$$

$$12.5^2 \cdot 4 = 625 > 5,117^2 \cdot 2 = 52.367 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Вибір вимикачів навантаження напругою 10 кВ цехових ТП

Вимикачі навантаження вибираємо по номінальних параметрах аналогічно вимикачам.

Вибираємо вимикачі навантаження ВНЗ-17 з такими даними:

$$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{НОМ}} = 400 \text{ А};$$

$$i_{\text{откл}} = 400 \text{ А};$$

$$I_t = 14 \text{ кА};$$

$$t = 1 \text{ с.}$$

Перевіряємо по (1.40):

$$400 \text{ А} > 389,56 \text{ А}$$

$$14^2 \cdot 1 = 196 > 5.117^2 \cdot 2 = 52.367 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

					ДП 2023	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір запобіжників напругою 10 кВ цехових ТП

Запобіжники вибираємо по номінальних параметрах аналогічно вимикачам.

Вибираємо запобіжники ПКТ-10-400-40УЗ з параметрами:

$$U_{\text{ном}} = 10\text{кВ},$$

$$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А},$$

$$I_{\text{ном.откл}} = 40 \text{ кА}.$$

Вибір апаратів захисту мережі 0.4 кВ

Згідно з ПУЕ, як апарати захисту мереж застосовуються автоматичні вимикачі або запобіжники.

Апарати захисту слід встановлювати в місцях мережі, де переріз провідника зменшується, а також у місцях приєднання провідників, що захищаються, до живильної лінії.

Запобіжники мають встановлюватися на всіх незаземлених полюсах або фазах. Установлення запобіжників у нульових робочих провідниках заборонено. При захисті мереж з глухо заземленою нейтраллю розчеплювачі автоматичних вимикачів мають встановлюватися в усіх незаземлених провідниках.

Апарати захисту за своєю вимикаючою здатністю мають відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки, що захищається, електричної мережі.

Номінальні струми плавких вставок і струми розчеплювачів автоматичних вимикачів слід обирати за розрахунковими струмами ділянок мережі, чи за номінальними струмами електроприймачів. Причому апарати захисту не повинні вимикати електроустановки при короточасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми тощо).

Умови вибору автоматичних вимикачів:

° За номінальною напругою:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер}};$$

де $U_{\text{ном.мер}}$ - номінальна напруга мережі, в якій застосовується вимикач.

					ДП 2023	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

° За номінальним струмом розчеплювача:

$$I_{\text{ном.розч}} \geq I_{\text{розч}}$$

де $I_{\text{розч}}$ – розрахунковий струм ділянки мережі, що захищається.

° За номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.розр}}$$

° За умовою спрацювання при короткочасних перевантаженнях:

$$I_{\text{спр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пik}}$$

- За умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні:

$$I_{\text{к}}^1 \geq 3 \cdot I_{\text{спр}}$$

Якщо автоматичний вимикач має тільки електромагнітний розчеплювач,
то

$$I_{\text{к}}^1 \geq 1,1 \cdot I_{\text{спр}}$$

Перевірку за умовою спрацювання при однофазному короткому замиканні здійснимо наступним чином. Визначимо струм КЗ для найбільш віддаленого споживача, який живиться проводом незначного перерізу (1,5 мм). Цей струм буде мінімальним із всіх струмів КЗ, тому якщо захист спрацює на його значення, то отже спрацює і на більші струми.

Для трансформаторів максимальний струм розчеплення:

$$I_{\text{розч}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.т.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3233 \text{ А.}$$

Для секційного вимикача:

$$I_{\text{розч}} = \frac{(0,7 \div 0,8) \cdot S_{\text{н.т.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{0,7 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1617 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичні вимикачі серії ВА45. Автоматичні вимикачі показані на листі № 2 графічної частини.

					ДП 2023	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.2. Вибір вимірювальних трансформаторів струму і напруги

10.2.1. Вибір вимірювальних трансформаторів струму

Трансформатори струму являють собою однофазні електричні пристрої та вибираються у двофазному чи трифазному виконанні для кожного приєднання усіх розподільчих пристроїв конкретної системи електропостачання. У зв'язку з цим вимірювальні трансформатори струму з'єднуються за схемою неповної або повної зірки.

Вибираємо вимірювальні трансформатори струму в колі РП на стороні 10 кВ.

Вибираємо трансформатор ТЛ -10.

Паспортні дані :

$$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{НОМ1}} = 400 \text{ А};$$

$$I_{\text{НОМ2}} = 5 \text{ А};$$

$$Z_{\text{НОМ}^2} = 0,8 \text{ Ом};$$

$$k_{\text{Т}} = 0,5.$$

Таблиця 10.1

Прилад	Тип приладу	Ф. «А», ВА	Ф. «В», ВА	Ф. «С», ВА
Амперметр	Э -351	-	0.5	-
Варметр	Д - 305	0.5	0.5	0.5
Лічильник активної та реактивної енергії	«Альфа»	3.6	3.6	3.6
Разом		4.6	4.6	4.6

Визначаємо опір найбільш завантаженої фази:

$$Z_{\Sigma \text{прил}} = \frac{S_{\Sigma \text{прил}}}{I_{\text{ном.2}}^2} = \frac{4,6}{5^2} = 0,184 \text{ Ом}$$

Розрахунок максимального значення опору проводів, які з'єднують трансформатор струму з приладами, при роботі його в заданому класі точності:

$$Z_{\text{прил}} = Z_{\text{ном}^2} - Z_{\Sigma \text{прил}} - Z_{\text{к}} [\text{Ом}],$$

де $Z_{\Sigma \text{прил}}$ - максимальний струмовий опір котушок приладів найбільш завантаженої фази;

$Z_{\text{ном}2}$ - номінальний опір вторинної обмотки ($Z_{\text{ном}2} = 0,8 \text{ Ом}$);

$Z_{\text{к}}$ - опір контактів ($Z_{\text{к}} = 0,1 \text{ Ом}$).

$$Z_{\text{прил}} = 0,8 - 0,184 - 0,1 = 0,516 \text{ Ом.}$$

Мінімально можливий переріз з'єднувальних проводів:

$$S_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{р}}}{Z_{\text{прил}}} = \frac{0,028 \cdot 60 \cdot \sqrt{3}}{0,516} = 5,6 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо стандартний переріз 6 мм^2 .

Перерахунок опору з'єднувальних проводів :

$$Z_{\text{пр}} = \frac{0,028 \cdot 60 \cdot \sqrt{3}}{16} = 0,29 \text{ Ом.}$$

Розрахунок навантаження лінії:

$$Z_{\text{роз}} = Z_{\text{прил}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{к}} = 0,516 + 0,181 + 0,1 = 0,797 \text{ Ом.}$$

Оскільки номінальне навантаження трансформатора струму більше ніж розрахункове:

$$Z_{\text{ном}} \geq Z_{\text{роз}} [\text{Ом}]$$

$$0,8 \text{ Ом} \geq 0,797 \text{ Ом.}$$

то вибраний трансформатор струму працюватиме в даному класі точності.

Схема підключення вимірювальних трансформаторів струму представлена на рис. 10.1.

					ДП 2023	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

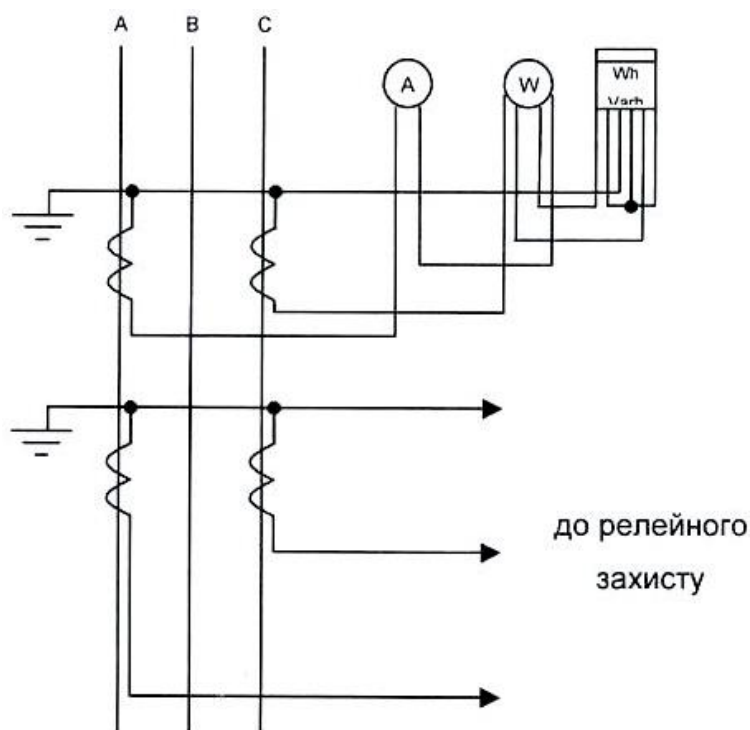


Рис. 10.1. Схема підключення вимірювальних трансформаторів струму

10.2.2. Вибір вимірювального трансформатора напруги

Для живлення лічильників, вольтметрів та пристроїв релейного захисту застосуємо вимірювальний трансформатор напруги типу НТМИ-10-66УЗ.

Вимірювальний трансформатор напруги призначений для пониження високої напруги до стандартного значення - 100 або л/3 -100, від первинних кіл високої напруги для кіл вимірювання та релейного захисту.

Паспортні дані НТМИ -10-66УЗ:

$$U_{\text{ном1}} = 100 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{ном2}} = 10 \text{ кВ}$$

$$S_{\text{ном2}} = 120 \text{ ВА}$$

Трансформатори напруги встановлюємо на кожній секції збірних шин 10кВ.

Умова роботи вимірювального трансформатора напруги в класі точності 0.5.

$$S_{\text{ном2}} \geq S_{\text{р}}, [\text{В А}].$$

					ДП 2023	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.2

Прилад	Тип приладу	Потужність однієї котушки, В А	Кількість приладів, шт.	Сумарна потужність, В А
Ватметр	Д-305	2	1	4
Лічильник активної та реактивної енергії	«Альфа»	-	6	22
Вольтметр	Э-335	2	1	2
Разом				28

Розраховуємо сумарне навантаження вторинних обмоток вимірювального трансформатора напруги.

$$S_{\Sigma 2} = S_{\text{пр}} + S_{\text{р.з.}}, [\text{В А}],$$

де $S_{\text{пр}}$ — навантаження приладів;

$S_{\text{р.з.}}$ — навантаження оперативних кол.

$$S_{\Sigma 2} = 28 + 90 = 118 \text{ В А}$$

Оскільки, умова:

$$S_{\text{ном2}} = 120 \text{ В А} \geq S_{\text{р}} = 118 \text{ В А.}$$

виконується, то трансформатори напруги задовольняють умову перенавантаження і можуть бути прийняті до установки.

Визначаємо втрати напруги в з'єднувальних проводах.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном}} \cdot z_{\text{пр}}}{U_{\text{ном2}}} \cdot 100\% \leq 0.5\%,$$

$$\text{де } I_{\text{ном}} = \frac{S_{\Sigma 2}}{U_{\text{ном2}}} = \frac{118}{100} = 1.18 \text{ А};$$

$$z_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{р}}}{S_{\text{ст}}} = \frac{0,028 \cdot 40}{6} = 0,186 \text{ Ом};$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,18 \cdot 0,186}{100} \cdot 100\% = 0,38\% \leq 0,5\%$$

					ДП 2023	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки умова

$$\Delta U \leq 0,5\%$$

виконується, приймаємо провід стандартним перерізом $S_{ст.} = 6 \text{ мм}^2$.

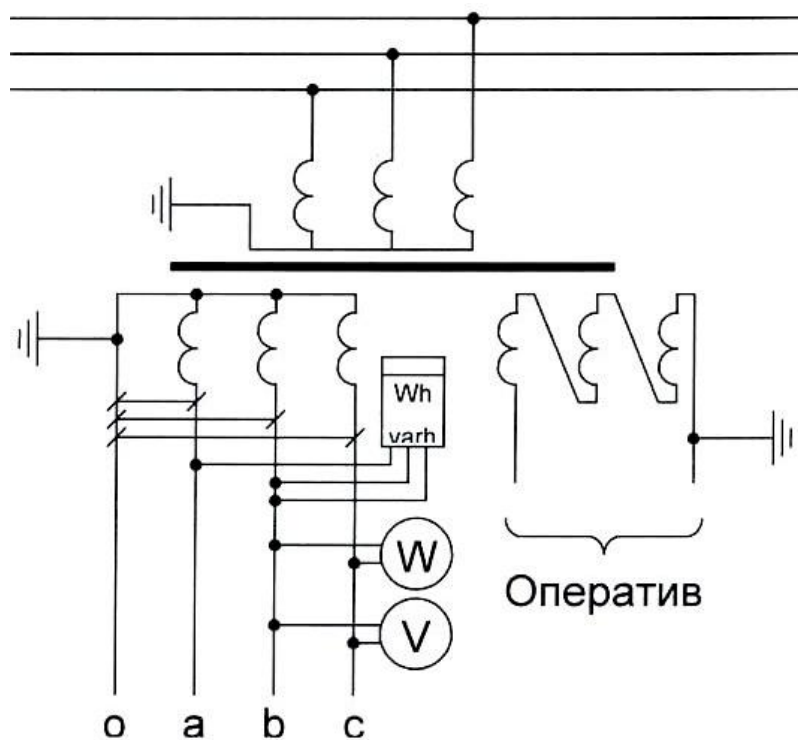


Рис. 10.2. Схема підключення оперативних ланцюгів та приладів до трансформатора напруги

11. ВИБІР РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

При виборі типів релейного захисту (РЗ) слід керуватися тим, що пристрої РЗ мають забезпечувати автоматичне відключення елемента, що захищається, у випадку його пошкодження, яке становить безпосередню небезпеку для нього чи всієї установки, а також у разі виникнення умов, що загрожують пошкодженням (різке зниження рівня масла в трансформаторі) або порушення нормального режиму роботи електроустановки. Якщо порушення нормального режиму роботи чи пошкодження не являють безпосередню небезпеку для електроустановки, то пристрої релейного захисту мають забезпечувати сигналізацію, яка вказує на виконання цих режимів.

При виборі схеми релейного захисту треба керуватися типовими схемними рішеннями. Але слід пам'ятати про особливості конкретного РЗ, що накладаються використовуваною комутаційною апаратурою, фактичним джерелом оперативного струму, віддаленістю підстанції від джерела живлення тощо.

Методика вибору струмів спрацювання захистів визначається типом захистів і вимогами, що ставляться до їх чутливості та надійності. Струм спрацювання максимального струмового захисту відстроюється від максимальних струмів навантаження.

Витримка часу максимального струмового захисту вибирається з умови узгодження із захистом попередньої ділянки. При узгодженні із захистом, що має незалежну витримку часу, ступінь часу обирається 0,35...0,6 с, при узгодженні із захистом, що має незалежну характеристику, - 0,6...1 с. При виборі узгодження із швидкодіючим захистом ступінь часу обирається 0,35...0,4 с.

					ДП 2023					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір релейного захисту			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Савченко В.Є.									
Перевірив	Ізволеньський І.Є.								63	89
								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 569		
Н. Контр.										
Затвердив	Балюта С.М.									

Встановлюємо релейний захист на наступних елементах системи електропостачання:

I. Трансформатори.

Від пошкоджень та ненормальних режимів роботи встановлюється наступні види релейного захисту:

1. Захист від багатофазних коротких замикань в обмотках та на виводах.
2. Захист від однофазних коротких замикань на землю в обмотці та на виводах, які приєднанні до мережі з глухо заземленою нейтраллю.
3. Захист від виткових замикань в обмотках.
4. Захист від струмів в обмотках, які зумовлені зовнішнім коротким замиканням.
5. Захист від струмів в обмотках, які зумовлені перенавантаженням.
6. Захист від пониження рівня масла.
7. Захист від однофазних коротких замикань на землю в мережах 3-10 кВ з ізольованою нейтраллю, якщо транс-ор живить мережу, в якій відключення однофазних коротких замикань на землю необхідно за вимогами безпеки.

Для захисту трансформаторів від надструмів при зовнішніх коротких замиканнях встановлюється максимальний струмів захист із дією на відключення. Також в схему включають одне додаткове реле з дією на сигнал для захисту трансформаторів від перенавантажень.

Крім вказаних захистів на трансформаторах, що встановлюється в цехах, передбачається газовий захист. Цей захист реагує на всі види внутрішніх пошкоджень і діє на відключення.

II. Лінія зв'язку з енергосистемою.

Від пошкоджень та ненормальних режимів роботи встановлюється наступні види релейного захисту:

1. Максимальний струмовий направлений захист із дією на відключення.
2. Частотний тривалий захист із дією на відключення.
3. Тривалий захист по напрузі із дією на відключення.

					ДП 2023	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

III. Електродвигуни.

Від пошкоджень та ненормальних режимів роботи встановлюється наступні види релейного захисту:

1. Сумова відсічка із дією на відключення.
2. Захист від однофазних замикань на землю.
3. Захист від перенавантажень із дією на сигнал.
4. Захист від недопустимого зниження напруги.

Так, як захист обладнання цехових трансформаторних підстанцій передбачений схемами електричних з'єднань КТП, розглянемо релейний захист, встановлений на секції ТП1, до якої приєднана кабельна лінія зв'язку КЛ. Для захисту КЛ та ТП1 планується застосувати двоступінчастий струмовий захист - струмову відсічку без витримки часу в поєднанні з максимальним струмовим захистом з незалежною витримкою часу.

11.1. Розрахунок струмової відсічки

В якості сприймаючого пристрою застосуємо реле струму РТ- 40. Захист виконаний за двофазною дворелейною схемою зі з'єднанням трансформаторів струму та реле в неповну зірку.

Струм спрацювання миттєвої відсічки [1]:

$$I_{с.з.} = k_B \cdot I_{кз}^1 = 1,9 \cdot 609,8 = 1159 \text{ А.}$$

де
$$I_{кз}^1 = I_{кз} \cdot \left(\frac{U_{ном.нн}}{U_{ном.вн}} \right) = 15245 \cdot \frac{0,4}{10} = 609,8 \text{ А,}$$

де $k_B = 1.9$ – коефіцієнт відстрочки реле типу РТ- 40.

Струм спрацювання реле:

$$I_{с.р.} = \frac{k_{сз} \cdot I_{с.з.}}{K_{тс}} = \frac{1 \cdot 1159}{400/5} = 14,48 \text{ А.}$$

де $k_{сз} = 1$ - коефіцієнт само-запуску;

$I_{кмах}$ - КЗ в одній із фаз при вимкненому секційному вимикачі;

$K_{тА}$ - коефіцієнт трансформації трансформаторів струму.

					ДП 2023	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт чутливості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3}/2 \cdot I_{\text{к}}^{(3)}}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{0,87 \cdot 4650}{1159} = 3,491 > 2$$

11.2. Розрахунок максимального струмового захисту

Струм спрацювання МСЗ визначаємо за формулою:

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{K_{\text{н}} \cdot K_{\text{сзп}}}{K_{\text{зв}}} \cdot I_{\text{ном}} = \frac{1,3 \cdot 1,5}{0,85} \cdot 192,45 = 441,5 \text{ А,}$$

де $K_{\text{н}} = 1,3$ - коефіцієнт надійності;

$K_{\text{зв}} = 0,85$ - коефіцієнт звороту струмового реле,

$K_{\text{сз}} = 1,5$ - коефіцієнт само-запуску навантаження.

Струм спрацювання реле:

$$I_{\text{с.р.}} = \frac{k_{\text{сз}} \cdot I_{\text{с.з.}}}{K_{\text{тс}}} = \frac{1 \cdot 441,5}{400/5} = 6,3 \text{ А.}$$

Коефіцієнт чутливості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз}}^1}{I_{\text{с.з.}}} = \frac{609,8}{441,5} = 1,3 < 2$$

Враховуючи, що струмова відсічка не задовольняє умови чутливості, застосовуємо максимальний струмовий захист з блокуванням за напругою із застосуванням реле напруги мінімальної дії.

11.3. Опис роботи релейного захисту

В аварійній ситуації, при спрацюванні МСЗ або струмової відсічки (спрацювання секційного вимикача), після витримки часу вмикається пристрій автоматичного повторного включення АПВ однократної дії. Витримка часу відстроюється для спрацювання приводу вимикача навантаження ВН кабельної лінії. При цьому передбачається блокування АПВ при ввімкненому ВН. Після успішного АПВ кабельна лінія від'єднується, а споживачі ТП продовжують отримувати живлення і подається сигнал про аварію на кабельній лінії. При аварії на шинах релейний захист спрацьовує повторно.

					ДП 2023	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Компенсація реактивної потужності

12.1. Виникнення реактивної потужності

Одним з основних питань, розв'язуваних як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації систем промислового електропостачання, є питання про компенсацію реактивної потужності, що включає вибір доцільних джерел, розрахунок і регулювання їхньої потужності, розміщення джерел у системі електропостачання.

Кількісні і якісні зміни, що відбуваються в промисловому електропостачанні за останні роки, додають цьому питанню особливу значимість. В даний час приріст споживання реактивної потужності істотно перевершує приріст споживання активної потужності. При цьому передача реактивної потужності на значні відстані від місць генерації до місць споживання істотно погіршує техніко-економічні показники систем електропостачання.

Більшість споживачів електроенергії являють собою електромагнітні механізми, наприклад, електричні машини, трансформатори, обладнання для дугового зварювання та інші, в яких змінний магнітний потік пов'язаний з обмотками.

Внаслідок цього в обмотках при протіканні змінного струму наводяться реактивні е.р.с., що обумовлюють зсув за фазою (ϕ) між напругою та струмом. Цей зсув за фазою зазвичай збільшується, а $\cos(\phi)$ зменшується при малому навантаженні. Наприклад, якщо $\cos(\phi)$ двигунів змінного струму при повному навантаженні складає 0,75-0,80, то при малому навантаженні він зменшиться до 0,20-0,40. Малонавантажені трансформатори також мають низький $\cos(\phi)$.

Тому, якщо не вжити спеціальних заходів, то результуючий $\cos(\phi)$ енергетичної системи буде низький і може зменшитися до 0,50-0,70.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Індивідуальне завдання	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Савченко В.Є.						
Перевірив		Ізволеньський І.Є.					67	89
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 567к		
Затвердив		Балюта С.М.						

Зі зменшенням $\cos(\varphi)$ струм навантаження електричної станції та підстанції буде збільшуватися при одній і тій же споживаній з мережі активній потужності. Відповідно, при компенсації реактивної потужності (застосуванні автоматичних конденсаторних установок КРП) струм, споживаний з мережі, знижується, в залежності від $\cos(\varphi)$ на 30-50 %, відповідно зменшується нагрівання проводів і старіння ізоляції.

Разом з тим, електричні генератори, трансформатори і електричні мережі розраховуються на певні напругу і струм. Тому, наприклад, при $\cos(\varphi) = 0.5$ й повному завантаженні струмом трансформаторів і мереж потужність, що передається споживачам, становитиме всього 50 % від потужності, яка могла б бути передана при $\cos(\varphi) = 1$. Буде мати місце погане використання встановленої потужності трансформаторів, а також електричних мереж.

Для поліпшення використання електричної енергії з метою мінімізації втрат в умовах обмежень на максимальну споживану потужність, велика роль відводиться новим технічним засобам, що дозволяють поліпшити енергетичні характеристики: підвищити $\cos(\varphi)$ до заданих значень, зменшити вміст гармонік в живлячій напрузі, а також спрощують проведення моніторингу мережі.

Одним із заходів є підключення до пристрою з постійним навантаженням компенсуючого конденсатора відповідної потужності, що вмикається одночасно з вмиканням пристрою. В інших випадках рекомендується використання автоматичних конденсаторних установок.

Компенсацію реактивної потужності в повній мірі можна віднести до енергозберігаючих технологій. Підвищення $\cos(\varphi)$ дозволяє зменшити споживання з мережі активної і реактивної енергії та збільшити за рахунок розвантаження за потужністю термін служби обладнання.

Велике значення має правильний вибір місця встановлення компенсуючого пристрою. Загальне правило: реактивну потужність треба компенсувати в місці її виникнення.

					ДП 2023	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо джерелом реактивної потужності є двигун насоса або компресора, то доцільно ставити компенсуючі конденсатори безпосередньо в комірці управління цими пристроями. Якщо реактивна потужність утворюється на стороні низької напруги (НН), то компенсувати її треба також на стороні НН, не допускаючи проходження реактивної потужності через трансформатор.

При цьому слід зазначити, що термін служби значної частки силових трансформаторів, що експлуатуються на підприємствах, давно переступив 15-річний рубіж. Для продовження терміну служби, що залишився, необхідно розвантажити трансформатори по струму, що зменшить температуру перегріву обмоток і отже зменшить швидкість старіння ізоляції. Відомо, що зменшення температури перегріву обмоток на 10 °С дозволяє в середньому подвоїти залишковий термін служби. Враховуючи значну вартість силових трансформаторів, при підвищенні cos (φ) цей аспект, поряд зі зменшенням плати за реактивну енергію дозволяє істотно поліпшити економічні показники підприємства.



Рис. 12.1. Вплив реактивної потужності на роботу електричних мереж

12.2. Компенсація реактивної потужності

Для компенсації реактивної потужності, споживаної електроустановками промислового підприємства, використовують генератори електростанцій і синхронні двигуни, а також додатково встановлювані пристрої, що компенсують — синхронні компенсатори, батареї конденсаторів і спеціальні статичні джерела реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності здійснюється шляхом підключення конденсаторних установок та конденсаторів. Підключаючи конденсатори, ми зменшуємо споживання реактивної потужності через силові трансформатори у енергопостачальній організації та вдосконалюємо $\cos(\varphi)$. Необхідно підтримувати $\cos(\varphi) = 0,9 \dots 0,95$, для того, щоб уникнути платежів за споживання реактивної потужності, знизити навантаження на кабелі та трансформатори, і, в той же час, застрахуватися від перекомпенсації (роботи з надмірною кількістю конденсаторів), можливою при $\cos(\varphi) = 0,97$ і вище.

Більш того, при підвищенні $\cos(\varphi)$ від 0,9 до 0,99 повний струм зменшується всього на 3 %, а потужність конденсаторної установки необхідна для цього збільшується в 2 рази, а її вартість приблизно в 1,5 рази, що економічно недоцільно.

Компенсація реактивної потужності може бути:

- загальною (централізованою);
- індивідуальною (нерегульованою);
- груповою.

Індивідуальна компенсація – компенсація реактивної потужності кожного навантаження окремо (наприклад, на клеммах двигуна). Індивідуальна компенсація - це найбільш просте технічне рішення. Конденсатор підбирається за потужністю та $\cos(\varphi)$ двигуна, тому реактивна потужність двигуна компенсується постійно протягом усього дня, $\cos(\varphi)$ досить високий. Додаткова перевага індивідуальної компенсації реактивної потужності – це те, що витрати на неї найнижчі.

					ДП 2023	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

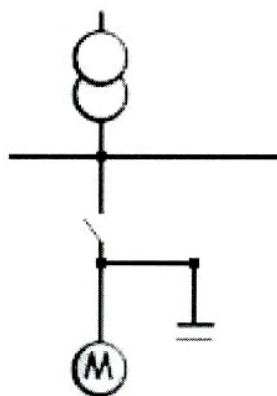


Рисунок 12.2. Схема індивідуальної компенсації

Загальна (централізована) компенсація – компенсація реактивної потужності за допомогою однієї конденсаторної установки, встановленої на КТП або в складі головного розподільчого щита (ГРЩ).

Денний тренд (характер зміни навантаження) є основним чинником, що впливає на вибір найбільш придатною схеми компенсації реактивної потужності.

Групова компенсація (також нерегульована) застосовується при КРП декількох індуктивних навантажень, приєднаних до одного розподільного пристрою загальної КУ. З підвищенням коефіцієнта одночасності вмикання навантаження знижується потужність і підвищується ефективність роботи КУ, який можна встановлювати на стороні 0,4 кВ або 6(10) кВ. Недоліки: роздільна комутація КУ й неповне розвантаження розподільних мереж підприємства від РП.

На багатьох підприємствах не все обладнання працює одночасно, багато верстатів задіяні лише кілька годин на день. Тому індивідуальна компенсація стає дуже дорогим рішенням, при великій кількості обладнання та відповідно великому числі встановлених конденсаторів. Більшість цих конденсаторів не будуть задіяні довгий період часу.

Індивідуальна компенсація найбільш ефективна, коли більша частина реактивної потужності генерується невеликим числом навантажень, які споживають найбільшу потужність досить тривалий період часу.

Централізована компенсація застосовується там, де навантаження переміщується між різними споживачами протягом дня. При цьому споживання реактивної потужності протягом дня змінюється, тому використання автоматичних конденсаторних установок краще, ніж нерегульованих.

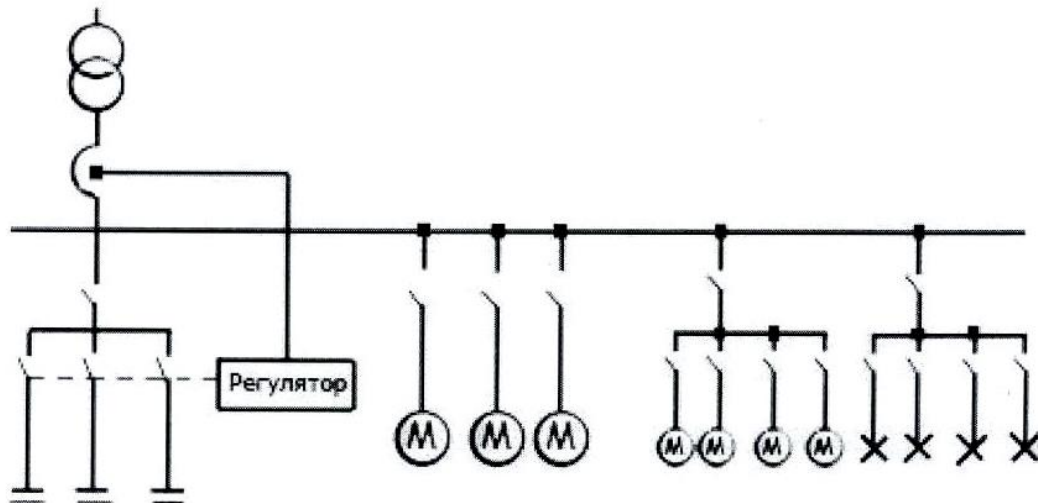


Рисунок 12.3. Схема централізованої компенсації

Як уже зазначалося, основними джерелами реактивної потужності, що встановлюються на місці споживання, є синхронні компенсатори і статичні конденсатори. Окрім них, у промислових установках для цих самих цілей впроваджуються компенсаційні перетворювачі та статичні джерела реактивної потужності з застосуванням тиристорів.

Конденсатори в порівнянні з іншими джерелами реактивної потужності мають наступні переваги:

1. малими втратами активної потужності (0,0025-0,005 кВт/квар);
2. простотою експлуатації (через відсутність обертових і тертьових частин);
3. простотою виробництва монтажних робіт (мала маса, відсутність фундаментів);
4. можливістю установки конденсаторів у будь-якому сухому приміщенні.

До недоліків конденсаторів варто віднести:

- 1) залежність генерованої реактивної потужності від напруги;
- 2) чутливість до переключувань живильної напруги;
- 3) недостатню міцність, особливо при КЗ і перенапругах.

Витрати на генерацію реактивної потужності Q батарей конденсаторів

$$Q = \left(\frac{U_{\text{відн}}}{U_{\text{б,к,відн}}} \right)^2 \cdot Q_{\text{ном}}$$

де $U_{\text{відн}}$ - відносна напруга мережі в місці приєднання;

$U_{\text{б,к,відн}}$ - відношення номінальної напруги конденсаторів до номінальної напруги мережі.

Найбільш широко використовують статичні конденсатори на напрузі до 1000 В і 6-10 кВ.

Синхронні компенсатори встановлюються на напрузі 6-10 кВ приймальних підстанцій.

Синхронні машини. Синхронні компенсатори являють собою синхронні двигуни полегшеної конструкції без навантаження на валові. Вони можуть працювати як у режимі генерування реактивної потужності (при порушенні компенсатора), так і в режимі її споживання (при недопорушенні).

До переваг синхронних компенсаторів як джерел реактивної потужності відносяться: можливість плавного й автоматичного регулювання генеруючої реактивної потужності, достатня термічна й електродинамічна стійкість обмоток компенсаторів під час КЗ.

До недоліків синхронних компенсаторів відносяться подорожчання й ускладнення експлуатації (у порівнянні, наприклад, з батареями конденсаторів) і значний шум під час роботи. Втрати активної потужності в синхронних компенсаторах при їхньому повному завантаженні досить значні й у залежності від номінальної потужності знаходяться в межах 0,011-0,03 кВт/кВАр (рис.12.4).

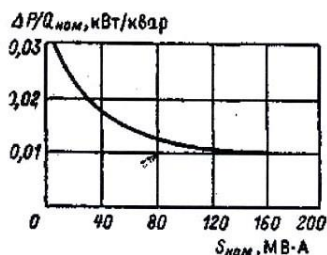


Рис. 12.4. Втрати активної потужності в синхронних компенсаторах

					ДП 2023	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12.3. Режими роботи і регулювання потужності компенсуючих пристроїв

Режим роботи системи промислового електропостачання визначається схемою і параметрами електричної мережі, навантаженнями у вузлах, режимом роботи регулюючих і компенсуючих пристроїв. Багато які з цих факторів піддаються змінам. Для забезпечення найбільш економічних режимів систем електропостачання, що характеризуються нерівномірним графіком добового споживання реактивної потужності, доцільним є регулювання потужності пристроїв, що компенсують.

Якщо засобами штучної компенсації є синхронний компенсатор або синхронні двигуни, то керування їх режимами здійснюють шляхом плавного регулювання порушення завдяки керуванням обмотки збудження.

Регулювання генеруючої конденсаторами реактивної потужності можна вести тільки ступенями шляхом розподілу батарей на частини. Чим більше число таких частин, тим досконаліше регулювання, але тем більше капітальні витрати на установку перемикачів і захисної апаратури.

Режим роботи пристроїв, що компенсують, встановлюють у залежності від параметрів, що забезпечують найбільш економічне рішення, дотриманні припустимих відхилень напруги на затисках приймачів електроенергії.

Як параметри керування можуть використовуватися напругу, навантаження, величини, що характеризують реактивне навантаження, час.

Регулювання потужності пристроїв, що компенсують, по напрузі складають у залежності від відхилення напруги в цьому пункті. Використання напруги як параметр регулювання має недоліки. З іншого боку, що компенсують, пристрої є єдиним засобом регулювань напруги, тому закон керування пристроями, що компенсують, повинний погоджений із законом керування іншими засобами регулювання напруги.

Найбільш простим і досить ефективним є керування часу. У цьому випадку режим роботи системи електропостачання повинний бути попередньо вивчений.

					ДП 2023	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 12.5. даний добовий графік споживання реактивної потужності. Лінія АВ показує, що робота батарей конденсаторів може проходити в режимі, коли одна частина $Q_6 / 2$ включена 24 год. на добу, а другу включають за графіком навантаження тільки на її час.

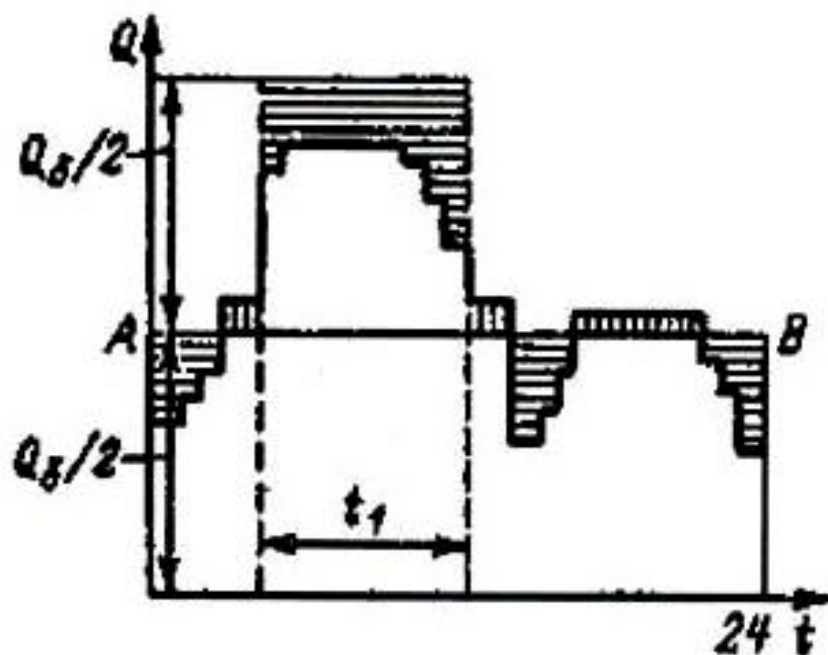


Рис. 12.5. Приклад використання графіка реактивного навантаження для рішення питання про секціонування потужності конденсаторної батареї

У даному випадку відповідно до графіка реактивного навантаження та батарея розділена на дві частини. У конкретних умовах це питання вирішують у залежності від графіка навантаження і схеми підстанції (одиночна система шин несекціонована або одиночна секціонована, причому кожна секція працює роздільно на своє навантаження).

Ступінчате регулювання пристроїв, що компенсують, має наступні недоліки:

1. робота протягом деякого часу з недостатньою або зайвою компенсацією реактивної потужності (на рис. 12.5 ці місця показані штрихуванням);
2. подорожчання установки, що компенсує, за рахунок збільшення капітальних витрат на установку додаткової апаратури, що відключає, (вимикач, роз'єднувач, трансформатори струму і т.п.).

Східчасте регулювання батарей конденсаторів роблять вручну й автоматично. При наявності на підстанції постійного чергового персоналу або телемеханічного керування в системі електропостачання; автоматизація цього процесу не має ряд істотних переваг. На підстанціях, що не мають постійного обслуговуючого персоналу, автоматизація включення і відключення батарей конденсаторів є необхідністю.

У залежності від обраних параметрів регулювання автоматизацію керування режимами пристроїв, що компенсують, здійснюють по замкнутій або розімкнутій схемі впливу. Якщо параметр регулювання істотно не міняється зі зміною потужності пристрою, що компенсує, ($Q_{ку}$) або не залежить від $Q_{ку}$, то структурну схему керування можна представити з розімкнутим ланцюгом впливу (рис. 12.6, а).

Орган, що задає, (ЗО) реагує на параметр регулювання x і по досягненні їм опорної величини $x_{оп}$ впливає через виконавчий орган (ВО) на об'єкт. Наприклад, у випадку, наведеному на рис. 12.6, одна секція батарей конденсаторів включена постійно, а друга може включатися автоматично на час t , за допомогою тимчасового програмного пристрою. Як параметр регулювання, крім часу, використовують напруга або струм розглянутої ділянки мережі. Таке керування режимом пристрою, що компенсує, застосовують в основному для одно- або двосекційних батарей конденсаторів, коли робота їхній здійснюється в режимі включена – відключена (або включена — відключена одна секція).

Якщо параметр регулювання або комбінація параметрів регулювання істотно залежать від режиму роботи пристрою, що компенсує, то структурну схему керування можна представити з замкнутим ланцюгом впливу (рис. 12.6, б).

Таке регулювання генеруємої реактивної потужності застосовують для багатосекційних батарей конденсаторів і синхронних двигунів. Наприклад, потужність багатосекційної батареї конденсаторів змінюється відповідно до зміни реактивного навантаження вузла системи електропостачання.

					ДП 2023	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

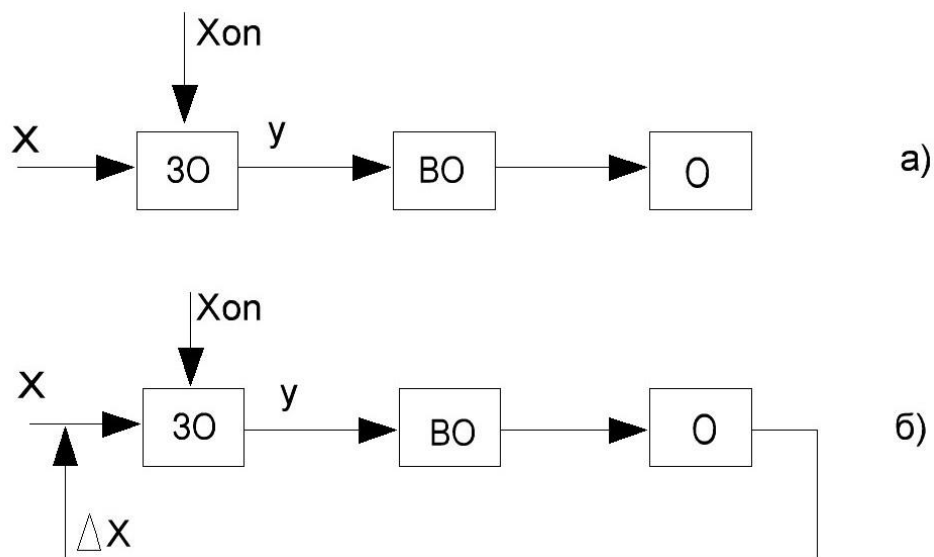


Рис. 12.6. Структурна схема керування режимом пристроїв, що компенсують, з розімкнутої (а) і замкнутої (б) схемами впливу

У розглянутій схемі орган, що задає, реагує на відхилення параметра регулювання x від заданого X_{on} . Для відновлення контрольованого параметра регулюючий вплив y надходить на виконавчий орган, що представляє собою комутуючий апарат секцій батареї конденсаторів або автоматичний регулятор порушення синхронного двигуна. Зміна потужності пристрою, що компенсує, спричиняє зміна параметра регулювання на величину Δx . У результаті утвориться замкнутий ланцюг впливу до відновлення параметра регулювання.

Висновок

Реактивна потужність є невід'ємним елементом виробництва, передачі та споживання електроенергії. Транспортування її електричними мережами викликає низку негативних явищ. Реактивний струм додатково навантажує лінії електропередачі, що призводить до збільшення перерізів проводів і кабелів та, відповідно, до збільшення капітальних витрат на зовнішні й внутрішні мережі.

Реактивна потужність разом з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а отже, підлягає оплаті за діючими тарифами, тому складає значну частину рахунку за електроенергію.

Найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування установок компенсації реактивної потужності (конденсаторних установок).

Використання конденсаторних установок дозволяє:

- розвантажити лінії живлення електропередач, трансформатори і розподільчі пристрої;
- знизити витрати на оплату електроенергії;
- при використанні певного типу установок знизити рівень вищих гармонік;
- погасити мережеві перешкоди, знизити несиметрію фаз;
- зробити розподільчі мережі більш надійними і економічними.

На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

					ДП 2023	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. ОХОРОНА ПРАЦІ

Основною законодавчою базою в Україні з охорони праці є закон “Про охорону праці”, який на даний час діє в новому редактуванні від 21 листопада 2002 року, та “Кодекс законів про працю”. Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти - правила, стандарти, положення, інструкції та інші документи, яким надана діюча чинність в Україні.

За даними Міжнародного бюро праці, на земній кулі кожні три хвилини внаслідок нещасного випадку гине один робітник. Щосекунди четверо дістають травму. Травматизм – основна причина смерті людей до сорока одного року. Це є прямим наслідком науково-технічної революції, в результаті якої, виявляється, небезпека від техніки зростає швидше, ніж способи захисту від неї.

Дослідження показують, що 60-80 % нещасних випадків трапляються нині з вини самого потерпілого. І це зрозуміло: людина не народжується з повагою до правил техніки безпеки. Тому керівник мусить не лише мати міцні знання в галузі охорони праці, але й уміти прищепити інтерес до виконання норм і правил, до творчого розв'язання проблем поліпшення умов праці на виробництві своїм підлеглим.

Саме ці фактори змушують розробляти заходи для забезпечення безпечних умов праці.

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, технічних, гігієнічних та організаційних заходів, що служать для створення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини у процесі праці.

Техніка безпеки являє собою систему організаційних та технічних заходів і засобів, що запобігають впливу небезпечних виробничих факторів на працю робітників.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Савченко В.Є.						
Перевірив		Ізволеньський І.Є.					79	89
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 579к		
Затвердив		Балюта С.М.						

Для аналізу умов праці оберемо ремонтно-механічний цех. В даному приміщенні знаходиться таке теоретично небезпечне для життя людини обладнання як: свердлильний, заточний, круглошліфувальний, фрезерний, токарно-револьверний верстати, зварювальні агрегати, компресор, мостовий кран та насосні агрегати.

Робоче місце працівника повністю оснащено необхідними для нормальних умов праці засобами, для виконання виробничих процесів. Розміри даного приміщення становлять 491 м кв. з установленими в ньому 20 робочими місцями. Згідно нормам на одного працівника повинно виділяться не менше 6м² площі приміщення, тому в даному приміщенні встановлені показники відповідають нормованим значенням.

В ремонтно-механічному цеху основним видом діяльності є ремонтно-профілактичні роботи з основним обладнанням заводу. Даний робочий процес включає в себе як дрібний ремонт обладнання, так і повну заміну чи реставрацію обладнання та певних деталей.

Основним джерелом небезпечних та шкідливих чинників являються компресор, зварювальні агрегати та верстати.

Основними небезпечними чинниками є:

1. Підвищений рівень шуму на робочому місці;
2. Підвищений рівень вібрацій;
3. Електробезпека.

Виробничий шум — це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що виникають у повітряному середовищі та безпосередньо впливають на працездатність.

Джерелами шуму є: всі види транспорту, насоси, промислові об'єкти, пневматичні та електричні інструменти, верстати, будівельна техніка тощо. З шумом пов'язані деякі технологічні процеси — клепання, карбування, обрубка, вибивка лиття, штамповка і т.п.

Джерелом шуму на робочому місці являються компресор, насосна установка та верстати.

					ДП 2023	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 13.1

Рівень шуму, дБА	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньо-геометричними частотами (Гц)								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
50	86	71	61	54	49	45	42	40	38
55	89	75	66	59	54	50	47	45	44
60	93	79	70	63	58	55	52	50	49
65	96	83	74	68	63	60	57	55	54
70	100	87	79	72	68	65	63	61	59
75	103	91	83	77	73	70	68	66	64
80	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Після вимірювання рівня шуму в ремонтно-механічному цеху було встановлено, що отримані показники менші за допустимі нормовані значення, а саме $40 \text{ дБ} < 80 \text{ дБ}$.

Вібрація – це механічний коливальний рух системи з пружними зв'язками. Найпростішою формою вібрації є гармонічне коливання, по синусоїдальному закону. Час, упродовж якого матеріальне тіло здійснює одне повне коливання, називають періодом коливання. Число повних коливань за одиницю часу називають частотою коливань. За одиницю частоти приймають одне коливання за секунду — герц (Гц).

Вібрація характеризується частотою коливань (Гц), амплітудою A зміщення точки коливання від положення рівноваги (мм), коливальною або віброшвидкістю U (м/с) та віброприскоренням a (м/с²).

Залежно від способу передачі вібрації тілу людини розрізняють:

- локальну (місцеву) вібрацію, що передається людині переважно через кінцівки;
- загальну, що передається на тіло людини через опорні поверхні і тіла.

					ДП 2023	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна вібрація поділяється на:

1. транспортну, що передається людині, яка знаходиться на транспортному засобі, що рухається;
2. транспортно-технологічну, яка передається оператору машини з обмеженим переміщенням, яке здійснюється по спеціально підготовлених поверхнях виробничих приміщень або промислових площадок;
3. технологічну, яка передається від стаціонарних машин на робочі місця, що не мають джерела вібрації, через підлогу, фундаменти або робочі площадки, де працює оператор.

Частота гармонійного коливального руху (f) визначається за формулою:

$$f = n / 60 \text{ (Гц)}$$
$$f = \frac{15}{60} = 0,25 \text{ Гц}$$

де n - кількість коливань за хвилину.

Віброшвидкість (V) розраховується за виразом:

$$V = 2\pi f A = \omega A \text{ (м/с)},$$
$$V = 2\pi A = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,124 = 0,77 \text{ м/с}$$

де A - амплітуда коливань (м);

ω – колова частота ($1/\text{с}^2$).

Віброприскорення (a) розраховується за виразом:

$$a = (2\pi f)^2 A \text{ (м/с}^2\text{)},$$
$$a = (2 \cdot 3,14)^2 \cdot 0,124 = 4,8 \text{ м/с}^2$$

Дія вібрації на людину оцінюється рівнем вібрації, вираженої у логарифмічних одиницях - дБ через рівні віброшвидкості

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0} \text{ (дБ)},$$

або Віброприскорення

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0} \text{ (дБ)},$$

де $V_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}$ і $a_0 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$ - граничні (порогові) значення віброшвидкості та віброприскорення.

					ДП 2023	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_v = 20 \lg \frac{0,77}{5 \cdot 10^{-8}} = 143 \text{ дБ}$$

$$L_a = 20 \lg \frac{4,8}{3 \cdot 10^{-4}} = 84 \text{ дБ}$$

З розрахунку видно, що отримані дані не відповідають нормам.

Норми загальної технологічної та локальної вібрації відповідно до ДСН 3.3.6.039-99 для восьмигодинної робочої зміни приведені на рис. 13.1.

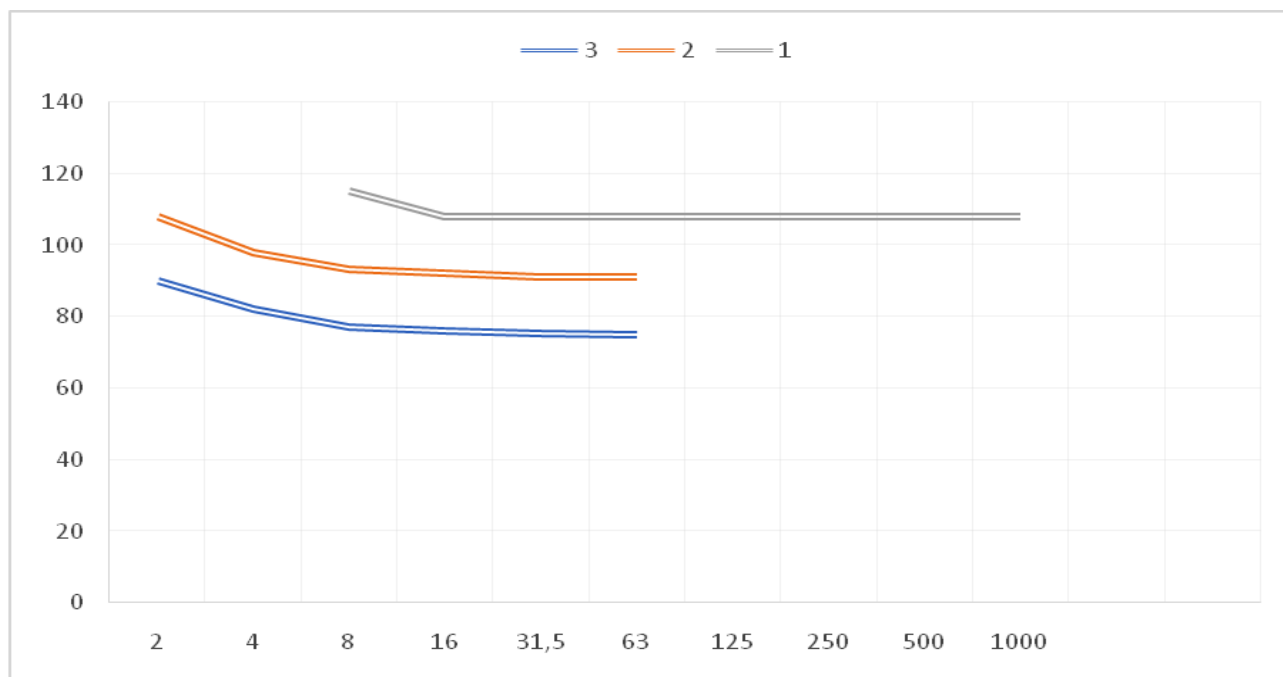


Рис. 13.1. Гігієнічні норми вібрації:

1 - локальної;

2 і 3 - загальної технологічної для виробничих приміщень (2) та лабораторій, КБ, заводоуправлінь, обчислювальних центрів тощо (3).

Довготривалий вплив на людину загальної вібрації призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та вегетативної нервових систем, захворювання органів травлення, а також серцево-судинної системи.

Місцева вібрація викликає порушення периферійного кровообігу і нервової системи та м'язово-суглобного апарату. Тривала дія локальних вібрацій часто призводить до вібраційної хвороби з незворотними змінами в цих системах.

Одночасна дія підвищеного шуму та вібрації, охолодження всього організму або кінцівок поглиблюють захворювання. Профілактика впливу вібрацій на організм людини включає ряд заходів технічного, санітарно-гігієнічного та лікувального характеру Найкращим захистом є дотримання нормативних параметрів інтенсивності вібрації.

Середньо-геометричні частоти октавних смуг вібрацій стандартизовані та становлять: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики.

Електро-травматизм, в порівнянні з іншими видами виробничого травматизму складає невеликий відсоток, однак, за кількістю травм з важким і особливо летальним результатом займає одне з перших місць. Аналіз виробничого травматизму в хімічній промисловості показує, що в середньому близько 18 % всіх важких і смертельних випадків відбувається в результаті ураження електричним струмом. Найбільше число електротравм (60-70 %) відбувається на роботі на електроустановках напругою до 1000 В. Це пояснюється широким поширенням таких установок і порівняно низьким рівнем підготовки осіб, які їх експлуатують; електроустановок понад 1000 В у експлуатації значно менше та їх обслуговує спеціально навчений персонал, що й обумовлює меншу кількість електротравм.

В даному цеху встановлене обладнання на напругу 380 В, трифазного змінного струму, частотою 50 Гц. Всі кабелі мають подвійну ізоляцію, а обладнання має заземлюючий контур. В разі підвищення напруги спрацює захисне устаткування, для уникнення людського травмування та уникнення летальних випадків. Для унеможливлення дотику працівників до струмоведучих елементів, всі провідники прокладені в пластикових коробах та діелектричні гофри.

					ДП 2023	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні електро-захисні засоби для роботи в електроустановках

До 1000 В включно	Понад 1000 В
Ізолювальні штанги	Ізолювальні штанги всіх видів
Ізолювальні кліщі	Ізолювальні кліщі
Електровимірювальні кліщі	Електровимірювальні кліщі
Показчики напруги	Показчики напруги
Діелектричні рукавички	Пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів)
Інструмент з ізолювальним покриттям	

Додаткові електрозахисті засоби для роботи в електроустановках

До 1000 В включно	Понад 1000 В
Діелектричне взуття	Діелектричне взуття
Діелектричні килими	Діелектричні килими
	Діелектричні рукавички
Ізолювальні підставки	Ізолювальні підставки
Ізолювальні накладки	Ізолювальні накладки
Ізолювальні ковпаки	Ізолювальні ковпаки
Сигналізатори напруги	Сигналізатори напруги
Переносні заземлення	Переносні заземлення
Захисні огороження (щити, ширми)	Захисні огороження (щити, ширми)
	Штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу
Плакати і знаки безпеки	Плакати і знаки безпеки
Інші засоби захисту	Інші засоби захисту

Первинні засоби пожежогасіння застосовуються для боротьби з пожежами на початковій стадії. До них належать: пожежні кран-комплекти, вогнегасники, пожежний інвентар (резервуари з водою, ящики з піском, пожежні відра, лопати), а також різний переносний пожежний інструмент (кирки, сокири, багри, ломы і т. інше).

В даному випадку потрібно обладнати приміщення ящиком з піском, лопатою, та 4 порошковими вогнегасниками класу ОП-25.

Висновок

За даними розрахунків в даному цеху всі показники, а саме: рівень шуму, електробезпека, освітленість робочих місць, пожежонебезпека – відповідають нормованим значенням. Єдиним параметром, який не відповідає нормам, є рівень вібрацій. Для вирішення цієї проблеми потрібно застосувати технічні методи усунення вібрацій.

Технічні методи віброзахисту – це система заходів і засобів з покращення роботи машин, зменшення рівня вібрації технологічних процесів, застосування додаткових пристроїв (віброізоляція, вібропоглинання та віброгасіння).

Віброізоляція забезпечує зниження рівня вібрації використанням між джерелом вібрації та працюючим ізолюючих засобів – пружин, ресор, пневматичних та гумових подушок, прокладок, віброізолюючих опор, конструктивних розривів, заміна ударних навантажень на без-ударні.

Вібропоглинання використовується з метою трансформації енергії механічних коливань в інші види енергії, переважно в теплову, а також застосування анти-фазової синхронізації двох або кількох джерел збудження.

					ДП 2023	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті був зроблений розрахунок електропостачання м'ясокомбінату та були вивчені основні методики розрахунків і вибору електрообладнання. На підставі отриманих розрахункових значень потужності комбінату і додаткового навантаження було обрано для головної понижувальної підстанції трансформатор ТНД-10000/110, також розроблена схема головної підстанції підприємства і обрані лінії електропередач, які були електричною частиною проекту електропостачання. Побудували картограму навантаження і визначили точку центру електричних навантажень. Здійснили вибір внутрішньозаводської мережі та схеми внутрішнього електропостачання. На підставі значень розрахункових потужностей і струмів були обрані типи і марки електроустаткування, необхідні для системи електропостачання. Живильні кабелі та проводи були перевірені на відповідність тривало припустимих струмів, а захисна апаратура – запобіжники і автомати – були обрані за номінальним значенням струмів і за значеннями пускових струмів. Був проведений розрахунок короткого замикання, що дозволило перевірити обрану апаратуру на динамічну стійкість.

У спеціальній частині дипломного проекту (спецзавдання) було проведено розрахунок компенсації реактивної потужності і вибрано конденсаторні установки, що дають змогу знизити втрати електроенергії до мінімуму і підвищити ефективність електроустановок.

Також, було розглянуто можливі аварійні ситуації та засоби техніки безпеки і захисту обслуговуючого персоналу.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Савченко В.Є.						
Перевірив		Ізволеньський І.Є.					88	89
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 588		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М.						

Список використаної літератури

1. О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств. - К.: ІСДО, 1993. - 592 с.
2. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. - Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.
3. Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
4. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х томах / Под общ. ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. - М.: Энергоатомиздат, 1980. - 598с.
5. Благой В. С. Струми коротких замикань: Навч. посібник. - К.: ІДСО, 1994.-236 с.
6. Охорона праці в галузі: Методичні вказівки до виконання. Розрахунково-граф. Роботи “Розрахунок заземлювального контуру ” для студ. 7.090603 “Електротехнічні системи електроспоживання” напряму 0906 “Електротехніка ” денної та заоч. форм навчання /Уклад.: В. М. Фалес, Є.С. Богданов, А.М. Литвиненко. – К: НУХТ, 2003.
7. Цивільна оборона. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту для усіх спеціальностей денної та заочної форми навчання / укл. М.М. Яцюк К.: УДУХТ 1998 - 12 с.

					ДП 2023			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Савченко В.Є.					89	89
Перевірив		Ізволеньський І.Є.						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ 589к		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						