

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

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

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Балюта С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехніка та електротехнології»

на тему: «Розробка системи електропостачання ливарного цеху

Маріупольського металургійного заводу»

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

Таран Максим Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Ізволеньський Ігор Євгенович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач (ка) _____

Київ - 2022р

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь бакалавр

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Таран Максим Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання ливарного цеху
Маріупольського металургійного заводу»

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2022р.

3. Вихідні дані до роботи Призначення комбінату і його характеристики, перелік споживачів і їх потужність. Розташування і навантаження компресорного цеху.

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

Розрахунок електричних навантажень, вибір трансформаторів ГПП, вибір кількості і потужності силових пунктів. розрахунок перерізу кабелів, вибір автоматичних вимикачів, розрахунок струмів КЗ, розгляд питань з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план металургійного заводу

2. Схема силового електрообладнання цеху №3

3. Схема освітлення цеху.

4. Схема електропостачання заводу.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.11.2021р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	12.11.2021р	
2	Вступ	13.11.2021р	
3	Коротка характеристика електроприймачів цеху	18.11.2021р	
4	Розрахунок електричних навантажень	23.11.2021р	
5	Вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання	28.11.2021р	
6	Вибір числа та потужності цехових ТП	05.12.2021р	
7	Вибір високовольтних кабелів	10.12.2021р	
8	Внутрішнє електропостачання компресорної	15.12.2021р	
9	Розрахунок струмів короткого замикання	20.12.2021р	
10	Розрахунок освітлення.	25.12.2021р	
11	Вибір компенсуючих пристроїв.	02.01.2022р	
12	Вибір високовольтного обладнання.	06.01.2022р	
13	Охорона праці	10.01.2022р	
14	Розгляд спецпитання	17.01.2022р	
15	Здача дипломного проекту на перевірку	25.01.2022р	

Здобувач _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

Таран М.С.

Ізволєнський І.Є.

Анотація

Таран Максим Сергійович. Дипломний проект на тему :
« Розробка системи електропостачання ливарного цеху
Маріупольського металургійного заводу.»

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

Пояснювальна записка складається із вступу, 14 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 92 сторінки .

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

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

У додатковому розділі розглянуто управління печами постійного струму

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

Taran Maksym Serhiiiovych .Diploma project on the topic :
" Development of a power supply system for the foundry
of the Mariupol Metallurgical Plant"

National University of Food Technologies, Kiev -2022

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

The explanatory note consists of an introduction, 14 sections and a list of used literature. The project is 92 pages long.

The description is given a graphic 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 considers the characteristics of the enterprise and provides a description of the technological process. Calculations of electrical loads were made and a cartogram of loads was built. Transformers of the main lowering substation are calculated, as well as the number and power of shop transformers are calculated. The calculation of working currents is performed and the corresponding cables are selected. For the power supply system of the plant, the calculation of short-circuit currents is made. Electric devices of protection and control are selected. The number and type of equipment to compensate for reactive power is calculated.

The number and type of equipment to compensate for reactive power is calculated. In the additional section, the management of DC furnaces is considered In the section labor protection, possible emergency situations and means of safety and protection of service personnel are considered.

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

Зміст

Вступ	6
1. Характеристика підприємства та короткий опис технологічного процесу	8
2. Розрахунок електричних навантажень	11
3. Розрахунок картограми навантажень, визначення центру електричних навантажень	18
4. Вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання	21
5. Вибір трансформаторів головної понижувальної підстанції	25
6. Вибір числа та потужності цехових трансформаторних підстанцій по вимогам надійності	30
7. Вибір високовольтних кабелів	33
8. Внутрішнє електропостачання компресорної	36
9. Розрахунок струмів короткого замикання	42
10. Освітлення	54
11. Вибір компенсуючих пристроїв	58
12. Вибір високовольтного обладнання	62
13. Управління печі постійного струму (спецпитання)	69
14. Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки	80
Література	90

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

Вступ.

При проектуванні та будівництві підприємств застосовуються сучасні на цей час методи та засоби, що дозволяють підприємству порівняно з іншими підприємствами виробляти продукцію з меншими затратами. Але з часом обладнання старіє як фізично так і морально і на підприємствах проводять реконструкцію з метою заміни старого обладнання на нове, більш сучасне, яке відповідає вимогам часу.

Українська держава на даному етапі розвитку поставила собі мету, яка пов'язана з покращенням стану в економіці, розвитком передових напрямків виробництва та демократизацією суспільства. Перед нами стоїть важке завдання підняти рівень виробництва, подолати економічну кризу та привести державу до передових країн світу. Для підняття промисловості необхідно провести інвестування, готувати до праці спеціалістів, зробити виробництво більш інтенсивнішим, підвищити якість продукції, яка б стала конкурентно спроможною на світовому ринку, використовувати досягнення науково-технічного прогресу, вводити в дію нові більш ефективні технології.

Користуючись досвідом передових країн світу, є можливість підвищити ефективність виробництва в ливарному виробництві за допомогою сучасних технологій та прийомів, зменшити собівартість виробленої продукції та витрати енергії.

Особливе значення має рішення комплексу науково-технічних питань, які тісно пов'язані з підвищення економічності роботи системи електропостачання промислових підприємств з урахуванням якості електроенергії. Адже відомо, що якість продукції та обсяги її виробництва залежать від систем електропостачання.

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

Проектна задача більш складна, ніж розрахункова, оскільки не завжди можна запропонувати чітку однозначну методику її розв'язання, не завжди є всі необхідні дані. Розв'язання задачі вимагає техніко-економічного аналізу і творчого підходу, самостійності і досвіду, необхідного для продуктивної інженерної діяльності. Набуття таких знань і досвіду - мета дипломного проектування.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Характеристика підприємства та короткий опис технологічного процесу

Ливарне виробництво— технологічний процес виготовлення виливків, що полягає в заповненні ливарної форми розплавленим матеріалом (ливарним металом чи сплавом, пластмасою, деякими гірськими породами) і подальшій обробці отриманих після твердіння виробів. На долю литих металевих деталей в середньому приходиться 50- 70% маси (в верстатобудуванні до 90%) і 20% вартості машин. Тільки методами лиття можливо отримати складні за конфігурацією і геометрією заготовки із чорних та кольорових сплавів з високим (75-98%) коефіцієнтом використання металу.

У ливарному виробництві глина використовується як найбільш поширений зв'язуючий матеріал (формувальних піщаних сумішей) для виготовлення ливарних форм; крім того, глини входять до складу ливарних фарб частіше у вигляді глинистої суспензії, яка у зваженому стані підтримує протипригарний матеріал. У ливарстві застосовуються як вогнетривкі, так і тугоплавкі глини, а також бентонітові, що мають високу зв'язуючу властивість. Крім того, у наш час використовують понад 100 різних зв'язуючих, найбільш поширені: глина, рідке скло, синтетичні смоли, ЛСТ, кристалогідрати тощо. Також поширюються процеси лиття з застосуванням технологій виготовлення піщаних ливарних форм без зв'язуючого, в таких формах сухий пісок ущільнюється і утримується за допомогою вакууму (вакуумно-плівкове формування - ВПФ; лиття за моделями, що газифікуються - ЛГМ).

Механізація і автоматизація ливарного виробництва. Більшість технологічних операцій в ливарному виробництві дуже трудомістка,

					ДП 2022					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Характеристика підприємства					
Розробив		<i>Таран М.</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>							8	
Зав.кафедр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5- 5ск		
Н. Контр.										
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>								

протікає при високій температурі з виділенням газів і кварцемістким пилом. Для зменшення трудомісткості і створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці в ливарних цехах застосовують різні засоби механізації і автоматизації технологічних процесів і транспортних операцій. Впровадження механізації в Ливарне виробництво відноситься до середини 20 ст. Тоді для приготування формувальних матеріалів почали використовувати бігуни, сита, розпушувачі, а для очищення відливань - піскоструминні апарати. Були створені прості формувальні машини з ручним набиванням форм, пізніше стали застосовувати гідравлічні преси. У 20-х рр. з'явилися і швидко поширилися пневматичні струшуючі формувальні машини. На кожній технологічній операції прагнули замінити ручну працю машинним: удосконалювалися устаткування для виготовлення форм і стержнів пристрої для вибивання і очищення відливань, механізувалося транспортування матеріалів і готових відливань, були впроваджені конвеєри, розроблені методи потокового виробництва. Подальший ріст механізації Ливарне виробництво виражається в створенні нових вдосконалених машин, ливарних автоматів і автоматичних ливарних ліній, в організації комплексно-автоматизованих ділянок і цехів. Найбільш трудомісткі операції при виробництві відливань - формування, виготовлення стержнів і очищення готових відливань. На цих ділянках ливарних цехів найбільшою мірою механізовані і частково автоматизовані технологічні операції. Особливо ефективно впровадження в Ливарне виробництво комплексної механізації і автоматизації. Перспективними є автоматичні лінії формування, складки і заливки форм сплавом з охолодженням відливань і їх вибиванням. Успішно працює установка для автоматичної заливки форм сплавом на конвеєрі, що безперервно рухається. Маса рідкого сплаву для заповнення форм контролюється електронним апаратом, що враховує металоємність певної форми. Установка забезпечена автоматичною сумішоприготувальною системою контроль якості формувальної

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

суміші і регулювання сумішопріготування здійснюються автоматичним пристроєм (системи "Молдабилити- контроллер", Швейцарія).

Для фінішних операцій (очищення і зачистки відливань) застосовують прохідні барабани безперервної дії з дробильними апаратами. Великі відливання очищають в камерах безперервної дії, уздовж яких відливання пересуваються на замкнутому транспортері. Створені автоматичні очисні камери для відливань, що мають складні порожнини. Кожна така камера є незалежним механізмом для транспортування відливань який працює автоматично, виконуючи команди, що поступають від так званих модулів управління, розставлених на монорейковій транспортній системі. У зоні очищення за заздалегідь заданою програмою з оптимальною швидкістю обертається підвіска на яку автоматично навішується відливання. Двері камери відкриваються і закриваються автоматично.

При масовому виробництві попередня (чорнова) зачистка відливань (обдирання) здійснюється в ливарних цехах. Під час цієї операції також готуються бази для механічної обробки відливань на автоматичних лініях в механічних цехах. Завершальні операції можуть робитися і на автоматичних лініях.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2. Розрахунок електричних навантажень

Основираціонального вирішення всього комплексу техніко-економічних питань при проектуванні електропостачання сучасного промислового підприємства є правильне визначення очікуваних електричних навантажень. Значення електричних навантажень визначають вибір всіх елементів та техніко-економічні показники проектуємої системи електропостачання. Від правильної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні витрати в системі електропостачання, витрати кольорового металу, втрати електроенергії та експлуатаційні витрати.

Занижені значення електричних навантажень викличуть підвищенні втрати електроенергії в системі електропостачання, прискорює зношення устаткування. Зайве збільшення розрахункових навантажень спонукає збільшення капітальних витрат і не повне використання електрообладнання та провідникового матеріалу.

Основними методами визначення електричних навантажень є:

- А) розрахунок по установленні потужності і коефіцієнту попиту;
- Б) розрахунок по середній потужності і відхиленню розрахункового навантаження від середнього;
- В) розрахунок по середній потужності і коефіцієнту максимуму.

Якщо відомі потужності електричних приймачів підприємства, то доцільно використовувати досить точний метод розрахунку розрахункової потужності: метод коефіцієнту максимуму.

При проведенні розрахунку усі споживачі, що є на підприємстві (окрім таких, що працюють в короткочасному режимі і резервних, при визначенні розрахункової потужності групи споживачів не враховуються) поділяють

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

на дві групи:

- 1) споживачі, які працюють за постійним графіком навантаження;
- 2) споживачі, що працюють за змінним графіком навантаження.

Для вказаних груп споживачів подальші розрахунки проводяться окремо.

Порядок розрахунку розрахункової потужності для вищезгаданих підгруп споживачів наведено нижче.

2.1. Розрахунок електричних навантажень цехів ливарного заводу.

Визначення розрахункових навантажень модернізуємого цеху проводиться по середній потужності та коефіцієнту максимуму . Розрахунок навантажень проводимо в цілому по цехам заводу та окремо для цеху № 3.

Розрахункове активне навантаження групи електро приймачів зі змінним графіком навантаження по середній потужності та коефіцієнту максимуму із виразу :

$$P_p = k_m \cdot P_{cm} ,$$

де k_m - коефіцієнт максимуму ;

P_{cm} - середня потужність за максимально завантаженою зміну;

Середня активна потужність групи за максимально завантаженою зміну:

$$P_{cm} = \sum(k_v \cdot P_{ном}) ,$$

де k_v - коефіцієнт використання;

$P_{ном}$ - номінальні активні потужності .

Середня активна потужність групи за максимально завантаженою зміну:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi ,$$

де $\operatorname{tg}\varphi_{ном}$ - тангенс кута коефіцієнта потужності

					ДП 2022	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт максимуму активної потужності визначається по кривим в залежності $K_M = f(n_e; K_B)$

Для визначення ефективного числа електроприймачів вводиться коефіцієнт m :

$$m = \frac{P_{\text{НОМ_МАКС}}^*}{P_{\text{НОМ_МІН}}^*}$$

Ефективна кількість споживачів групи

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{НОМ}i}^*}{P_{\text{НОМ_МАКС}}^*}$$

Розрахункове реактивне навантаження групи електроприймачів зі змінним графіком навантаження приймається рівною :

$$\text{при } n_e \leq 10 \quad Q_p = 1,1 Q_{\text{СМ}}$$

$$\text{при } n_e > 10 \quad Q_p = Q_{\text{СМ}}$$

Повне розрахункове навантаження визначається за формулами:

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

Для цеху № 3 розрахункове навантаження рівне:

$$P_p^- = K_M \cdot P_{\text{СМ}}^-;$$

$$P_p^- = 1,29 \cdot 154,56 = 199,4 \text{ кВт};$$

$$\text{де } P_{\text{СМ}} = K_B \cdot P_{\text{НОМ}} = 0,7 \cdot 220,8 = 154,56 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{СМ}} = P_{\text{СМ}} \cdot \text{tg}\varphi = 154,56 \cdot 0,75 = 115,92 \text{ квар},$$

Сумарна номінальна потужність для підгрупи електроприймачів, що працюють із змінним режимом

$$P_{\Sigma \text{НОМ}} = \sum_{i=1}^7 P_{\text{НОМ}i}^- \text{ кВт},$$

$$P_{\Sigma \text{НОМ}} = 220,8 + 2727 + 1157 + 3853,4 + 41,1 + 650 + 2000 + 2964 = 14023,4 \text{ кВт}.$$

					ДП 2022	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо коефіцієнт m :

$$m = \frac{P_{\text{ном max}}}{P_{\text{ном min}}},$$
$$m = \frac{3853,4}{41,1} = 94;$$

Сумарна середня потужність за максимально завантаженою зміну

$$P_{\Sigma \text{см}} = \sum_{i=1}^7 P_{\text{см}i}^-;$$

$$P_{\Sigma \text{см}} = 154,56 + 1908,9 + 809,9 + 2697,4 + 28,77 + 455 + 1400 + 2074,8 = 9529,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{\Sigma \text{см}} = \sum_{i=1}^7 Q_{\text{см}i}^-;$$

$$Q_{\Sigma \text{ном}} = 115,92 + 1431,7 + 607,43 + 2023 + 21,58 + 341,25 + 1050 + 1556,1 = 7146,98 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт використання електроприймачів :

$$k_{\text{в}} = P_{\Sigma \text{см}} / P_{\Sigma \text{ном}};$$
$$k_{\text{в}} = 9529,3 / 14023,4 = 0,7;$$

Ефективна кількість електроприймачів :

$$n_{\text{е}} = \frac{2 \cdot P_{\Sigma \text{ном}}^-}{P_{\text{ном max}}};$$
$$n_{\text{е}} = \frac{2 \cdot 1460}{960} = 3,04;$$

За табл. 2.1 [1] знаходимо коефіцієнт максимуму

$$k_{\text{м}} = 1,29;$$

Розрахункова потужність підгрупи електроприймачів, працюють із змінним режимом

$$P_{\text{р}} = k_{\text{м}} \cdot P_{\Sigma \text{см}};$$
$$P_{\text{р}} = 1,29 \cdot 9529,3 = 12292,8 \text{ кВт};$$

Оскільки $n_{\text{е}} = 3,04 < 10$, то реактивна складова визначається так

$$Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\Sigma \text{см}} = 1,1 \cdot 7146,98 = 7861,7 \text{ квар.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 2.1

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

№ п/п	Обладнання	В, шт.	Встановлена потужність Рном, кВт		Кс	Cosφ / tgrφ	Рном, кВт	Qном, квар	Iн, А	Кв	Розрахункове навантаження		
			Одного	Всіх							Рн, кВт	Qн, квар	
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Цех № 4	35	1550,78/1,0	8263,46	0,7	0,8/0,75	5751,1	4313,6	2	1,29	7418,9	4745	8806,5
2	Склад сухого ліссу з регенерацією	1	428,42/428,42	428,42	0,3	0,7/1	128,5	128,5	2	1,29	165,77	141,35	217,9
3	Ділянка механічної обробки брусів	1	824/824	824	0,7	0,8/0,75	576,8	432,6	2	1,29	744,1	475,86	883,2
4	Драбляк високвольтні електроприміачі 1 черги (U=10В)	1	416,84/416,84	416,84	0,7	0,8/0,75	291,8	218,85	2	1,29	376,42	240,7	446,8
5	Цех № 3. Три плазми	4	3040/800	9120	0,7	0,8/0,75	6384	4788	2	1,29	8235,36	5266,8	9775,5
6	Насосна станція оборотного водопостачання	8	548,57/42,02	2070,98	0,7	0,8/0,75	1479,03	1109,22	2	1,29	1907,9	1220,1	2264,7
7	Цех № 3	8	3853,4/41,1	14023,4	0,7	0,8/0,75	9529,3	7146,98	4	1,29	12292,8	7861,7	14440,3
9	Складобаз	7	1025/46,2	1719,52	0,3	0,7/1	515,84	515,84	2	1,29	665,43	567,42	874,5
10	Ділянка переробки шлаку і волетриків	6	666,8/3,0	769,0	0,4	0,7/1	307,6	307,6	2	1,29	396,8	338,36	521,5
11	Ділянка підготовки формувальних матеріалів	9	157/3,5	402	0,25	0,7/1	100,525	100,525	2	1,29	129,68	110,58	170,43
12	Блок цехів (допоміжні цехи, обробка дрібного і середнього плит)	2	7296,15/1287,55	8583,7	0,3	0,7/1	2575,11	2575,11	2	1,29	3321,9	2832,6	4365,6
13	Сумарне змінне навантаження			48614,65	0,54		29017	22669,8	2,1	1,29	37431,9	24666,8	44883,7
14	Освітлення			2230,6	0,7	0,8/0,75	241,9	181,4			234	199,5	307,5
15	Промисловий об'єкт						29258,9	22851,2			37665,9	24866,3	45191,2

2.2. Визначення розрахункової потужності освітлювальних установок

Згідно генплану площа цеху № 3 корпусу складає :

$$S = 1780,4 \text{ м}^2.$$

Активну розрахункову потужність освітлювальних установок за методом питомої потужності

$$P_{po} = P_{пит} \cdot S$$

Приймаємо для освітлювання виробничих приміщень: $P_{пит} = 15 \text{ Вт/м}^2$;

$$P_{po} = 0,015 \cdot 5780 = 88,05 \text{ кВт.}$$

Переважає більшість освітлювальних установок підприємства - це люмінесцентні лампи, які працюють з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi = 0,85$.

Реактивна складова розрахункової потужності цеху № 3:

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \text{tg}\varphi$$

$$Q_{po} = 88,05 \cdot 0,62 = 155,12 \text{ квар.}$$

Для інших цехів і відділень, розрахункову потужність освітлювальних установок визначаємо аналогічно. Результати розрахунків наведені в табл. 2.2.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 2.2

№	Назва об'єкта	S	P _o	P _{ро.}	$\frac{\cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi}$	Q _{ро.}
		м ²	кВт	кВт		кВар
1	2	3	4	5	6	7
1	Цех № 4	9670	0,015	145,05	0,85/0,62	89,93
2	Склад сухого піску з регенерацією	8560	0,015	128,4	0,85/0,62	79,6
3	Ділянка механічної обробки букси	3570	0,015	53,55	0,85/0,62	33,2
4	Пральня	2005	0,015	30,08	0,85/0,62	18,65
5	Високовольтні електроприймачів 1 черги (U=10В)	3107	0,015	46,61	0,85/0,62	28,9
6	Цех № 3. Три плавильні прольоти	5870	0,015	88,05	0,85/0,62	54,6
7	Насосна станція оборотного водопостачання	1578	0,015	23,67	0,85/0,62	14,68
8	Цех № 3	16680	0,015	250,2	0,85/0,62	155,12
9	Скрапобаза	1005	0,015	15,05	0,85/0,62	9,33
10	Ділянка переробки шлаку і вогнетривів	800	0,015	12	0,85/0,62	7,44
11	Ділянка підготовки формувальних матеріалів	756	0,015	11,34	0,85/0,62	7,03
12	Блок цехів (допоміжні цехи, обробка дрібного і середнього лиття)	6358	0,015	95,37	0,85/0,62	59,13
всього		59959		899,36		557,61

Розрахункова потужність споживачів 0,4 кВ враховуючи освітлювальні установки складає

$$P_{p0,4} = P_p + P_{pc};$$

$$P_{p0,4} = 37665,9 + 899,36 = 38565,26 \text{ кВт};$$

$$Q_{p0,4} = Q_p + Q_{po};$$

$$Q_{p0,4} = 24866,3 + 557,61 = 25423,91 \text{ квар.}$$

$$S_p = \sqrt{38565,26^2 + 25423,91^2} = 53907,36 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3. Розрахунок картограми навантажень, визначення центру електричних навантажень.

Головна понижувальна підстанція є однією з найважливіших ланок системи електропостачання будь-якого промислового підприємства, тому розміщення підстанції на території підприємства питання при побудові раціональної схеми електропостачання.

При раціональному розміщенні ГПП на території підприємства техніко-економічні показники системи електропостачання будуть оптимальними

Центр навантажень підприємства є символічним центром споживання електроенергії.

ГПП, а також цехові підстанції необхідно намагатися розташувати як можна ближче до центрів навантажень, оскільки це дозволяє наблизити вищу напругу до центра споживання електричної енергії і значно скоротити протяжність як мереж високої, так і низької напруги, а також зменшити витрати провідникового матеріалу і зменшити втрати електроенергії в розподільних мережах.

Картограма навантажень будується для генплану заводу, який зображено на листі 1. Картограма навантажень підприємства являє собою розміщені по генплану круги, причому площі, обмежені цими окружностями, в масштабі $\tau \text{ r}^2$ дорівнює навантаженню цехів підприємства. Для кожного цеху будується свій круг, центр якого співпадає з центром електричних навантажень цеху.

Картограму навантажень будемо будувати лише для активної потужності за таким алгоритмом:

- 1) будується базовий круг для найбільш завантаженого цеху таким чином щоб коло, утворене кругом, не торкалося меж інших цехів. В нашому випадку таким

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок картограми навантажень	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Таран М.</i>						
Перевірів		<i>Ізволєнський І.</i>					18	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5- 5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

цехом є цех № 3. Оскільки цехів із споживачами високої напруги немає, то не враховуємо.

2) знаходиться радіус базового круга. В нашому випадку радіус круга дорівнює 60 мм.

3) відповідно до радіуса базового круга обчислюється масштаб площ кругів. В нашому випадку масштаб дорівнює

$$m = P_{\text{рп.в}} / (\rho \cdot r^2);$$
$$m = 0,1.$$

4) відповідно до отриманого масштабу площ кругів розраховуємо для інших цехів відповідні радіуси кругів. Для прикладу визначаємо радіус круга для цеху № 3:

5)

$$r = \sqrt{\frac{P_{\text{цз}}}{\pi \cdot m}};$$

$$r = \sqrt{\frac{12292,8}{3,14 \cdot 0,1}} = 197,8 \text{ мм}.$$

де $P_{\text{цз}}$ - потужність цеху № 3

m - масштаб площі круга, який вибирається з міркувань наочності картограми.

б) визначимо кут навантаження освітлювальних установок.

Наприклад для цеху № 3:

$$\alpha_{\text{осв}} = \frac{P_{\text{рв}}}{P_r} \cdot 360;$$

$$\alpha_{\text{осв}} = \frac{26,7}{12286,3} \cdot 360 = 0,78$$

Для інших цехів виконуючи лише етапи пунктів 4, 5 та 6 (де це потрібно) даного алгоритму визначаємо радіуси кругів та кутів навантаження освітлювальних установок. Результати по визначенню характеристик картограми навантаження наведені в табл. 3.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Центр електричних навантажень підприємства символізує центр споживання електроенергії. За допомогою центра електричних навантажень є змога розміщувати підстанцію на території підприємства без важких розрахунків.

На основі вимірних координат центрів електричних навантажень визначимо центр електричних навантажень всього підприємства за формулами:

$$X_0 = \frac{\sum P_{pi} \cdot x_i}{\sum P_{pi}};$$

де X_i, Y_i - координати відповідного центра навантажень для i - того цеха.

$$X_0 = 384,9 \text{ мм}$$

$$Y_0 = 304 \text{ мм}$$

Таблиця 3.1

№	Назва цеху	x_i , мм	y_i , мм	P_{pi} , кВт	$P_{роi}$, кВт	$P_{внi}$, кВт	r_i , мм	$a_{осв}$
1	Цех № 4	544,5	430,5	7418,9	145,5	7564,4	155,2	7,06
2	Склад сухого піску з регенерацією	146,2	254,5	165,77	128,4	294,17	30,6	278,84
3	Ділянка механічної обробки букси			744,1	53,55	797,65	50,4	25,91
4	Пральня	488	404	376,42	30,08	406,5	35,98	28,77
5	Високовольтні електроприймачів 1 черги (U=10В)			8235,36	46,61	8281,97	162,41	2,04
6	Цех № 3. Три плавильні прольоти	404,5	330,5	1907,9	88,05	1995,95	79,73	16,6
7	Насосна станція оборотного водопостачання	589	410	1783,3	23,67	1806,97	75,86	4,78
8	Цех № 3	399	222,5	12286,3	250,2	12536,5	199,81	7,33
9	Скрапобаза	306	340,5	665,43	15,05	680,48	46,55	8,14
10	Ділянка переробки шлаку і вогнетривів	65,5	455	396,8	12	408,8	36,08	10,89
11	Ділянка підготовки формувальних матеріалів			129,68	11,34	141,02	21,19	31,48
12	Блок цехів (допоміжні цехи, обробка дрібного і середнього лиття)	266	177	3321,9	95,37	3417,27	104,32	10,34
13	Сума			37431,9				

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

4. Вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання.

Системи електропостачання можна розділити на системи внутрішні та зовнішні. Зовнішнє електропостачання заводу здійснюється від енергосистеми .

Потужність трансформаторів і переріз дротів вибирається так, щоб в нормальному режимі вони були завантажені на 60-70%, а при можливому відключенні однієї з ліній чи трансформатора не відключена лінія чи трансформатор могли б забезпечити безперебійну роботу підприємства. Для живлення приладів захисту та автоматики використовують трансформатори струму. Захист від атмосферних розрядів виконується розрядниками .

Для визначення напруги лінії живлення використовується формула Стілла:

$$U = 6\sqrt{l + 16P_p};$$

де L - довжина лінії, км

P_p - потужність одного кола передачі.

$$P_p = 37665,9 \text{ кВт};$$

$$U = 6\sqrt{6 + 16 \cdot 37,6659} = 148,03 \text{ кВ.}$$

Отже, напруга живлячої мережі приймається 110 кВ.

Якщо підприємство має власну ТЕЦ, то генераторна напруга ТЕЦ приймається як напруга всієї розподільчої мережі.

Напруга 3 кВ застосовується на застарілих підприємствах. При реконструкції підприємств рекомендується переходити на більш високу напругу.

Напруги 6 кВ та 10 кВ. На невеликих та середніх підприємствах, де відсутні високовольтні двигуни, рекомендується застосовувати напругу 10 кВ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2022			
Розробив		Таран М.			Вибір схем електропостачання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Ізволеньський І.					21	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5- 5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

На великих підприємствах з високою кількістю високовольтних двигунів рекомендується напруга 6 кВ. Високовольтні двигуни на 6 кВ дешевші, ніж на 10 кВ.

Трансформатори ТП на напругу 6—10 кВ мало відрізняються за ціною, те ж можна сказати про кабелі, комутаційну апаратуру.

При невеликій кількості високовольтних двигунів необхідно робити техніко-економічний розрахунок двох варіантів: перший варіант - 6 кВ, другий варіант - 10 кВ. На рис. 4.1 подана схема для другого варіанта розрахунку.

На напругу 6 кВ потрібно ставити розподільчий пункт, що значно збільшує матеріальні витрати.

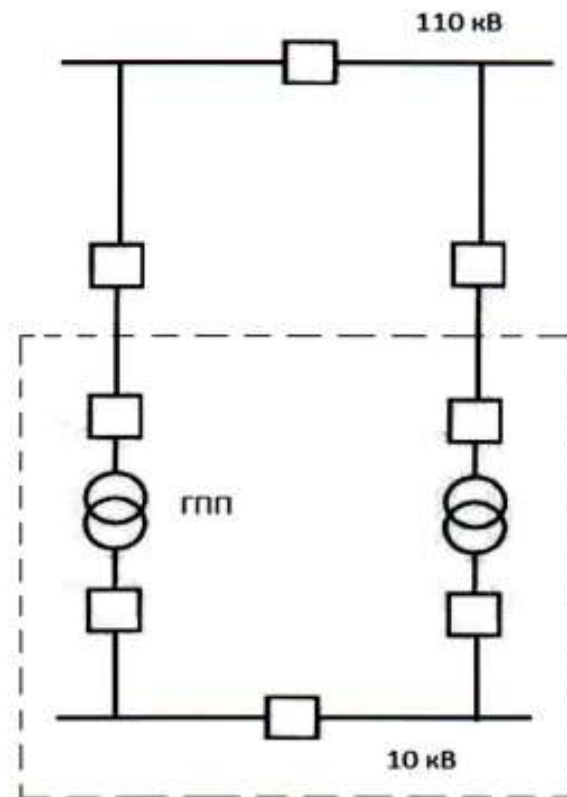


Рис. 4.1 Схема розподільчої мережі при напрузі 10 кВ.

Враховуючи все вище сказане і оскільки в завданні немає синхронних двигунів потужністю 400 кВт, які випускаються на напругу лише 6 кВ, то приймаємо напругу розподільчої мережі рівну 10 кВ.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1. Визначення розрахункової потужності на рівні ГПП

Оскільки:

$$Q_{e.1} = 0,2 Q_p,$$

$$Q_{e.1} = 0,2 * 24866,3 = 4973,26 \text{ квар};$$

$$Q_{e.2} = 0,$$

де $Q_{e.1}$, $Q_{e.2}$ - економічно обґрунтована величина реактивної потужності, яку енергосистема може передати промислому підприємству у період максимуму та мінімуму навантаження енергосистеми.

Тоді розрахункова потужність на рівні ГПП буде дорівнювати:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_{e.1}^2},$$
$$S_{p,гпп} = \sqrt{37665,9^2 + 4973^2} = 37992,77 \text{ кВА.}$$

Напруга 110 кВ підводиться по повітряним лініям до підприємства і на ГПП поблизу заводу понижується до 10 кВ.

Так як на підприємстві в основному споживачі 2 категорії, то живлячу лінію виконуємо дволанцюговою.

Визначаємо розрахунковий струм лінії.

$$I_{норм} = \frac{S_{p,гпп}}{\sqrt{3} \cdot n_{пл} \cdot U_{ном\text{ ср}}},$$
$$I_{норм} = \frac{37992,77}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 110} = 99,7 \text{ А};$$
$$I_{MAX} = 2 \cdot I_{норм},$$
$$I_{MAX} = 2 \cdot 99,7 = 199,4 \text{ А.}$$

За табл. 10.1 [3] знаходимо економічну густину струму при $T_{мдх} = 4500$ год для повітряної лінії $J_{ек} = 1,1 \text{ А/мм}^2$.

Визначаємо економічно вигідний переріз ПЛ

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$S_{EK} = \frac{I_{НОМ}}{J_{EK ПЛ}},$$

$$S_{EK} = \frac{99,7}{1,1} = 90,64 \text{ мм}^2.$$

За табл. 3.23 [1], 3.20 [1] вибираємо провід типу АС-95/16:

$$S_{СТ} = 95 \text{ мм}^2 > S_{EK} = 90,64 \text{ мм}^2.$$

$$I_{ДОП} = 330 > I_{МАХ} = 199,4 \text{ А}.$$

З цього видно, що за здатністю до перевантажень повітряна лінія задовольняє умови.

Погонні параметри лінії (табл. П.9 , [2]):

$$r_0 = 0,306 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,421 \text{ Ом/км}.$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

5. Вибір трансформаторів головної понижувальної підстанції.

Правильний технічно та економічно обґрунтований вибір трансформаторів для ГПП промислових підприємств має істотне значення для раціональної побудови схеми електропостачання цих підприємств.

Основні міркування при виборі трансформаторів ГПП такі:

1) забезпечення надійності електропостачання відповідно категорії споживача у нормальних, аварійних і ремонтних умовах так, щоб трансформатор, що залишився в роботі, забезпечував роботу підприємства на час заміни вибулого трансформатора з урахуванням можливого обмеження навантаження без збитку для діяльності підприємства і з використанням допустимого перевантаження.

2) забезпечення мінімуму зведених затрат на трансформатори з урахуванням динаміки росту електричних навантажень.

Число трансформаторів ГПП вибирається, виходячи з категорії споживача:

I категорія - обов'язково два трансформатори;

II категорія - два трансформатори, ґрунтується на техніко-економічному розрахунку з урахуванням збитків;

III категорія - один трансформатор.

Навантажувальна здатність трансформатора перевіряється при вимкненні одного трансформатора. При цьому враховується можливість тривалого перевантаження трансформатора за рахунок:

А) добового недовантаження; б) сезонного недовантаження.

Після виявлення усіх перерахованих показників варіантів, що порівнюються, розглядають питання забезпечення необхідної надійності та резервування електропостачання при аварійному виході з ладу одного із трансформаторів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2022			
Розробив		Таран М.			Вибір трансформаторів ГПП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Ізволєнський І.					25	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5 -5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

Розглядаємо два можливих варіанти потужності трансформаторів ГПП
Маріупольського ливарного заводу з урахуванням допустимих перевантажень.

I варіант	II варіант
2хТРДН-40000/110;	2хТРДН-63000/110;
$S_{ном} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$	$S_{ном} = 63 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
$U_{ВН} = 115 \text{ кВ}$	$U_{ВН} = 115 \text{ кВ}$
$U_{НН1} = U_{НН2} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{НН1} = U_{НН2} = 10,5 \text{ кВ}$
$P_x = 34 \text{ кВт}$	$P_x = 50 \text{ кВт}$
$P_{\kappa} = 170 \text{ кВт}$	$P_{\kappa} = 245 \text{ кВт}$
$U_{\kappa} = 10\%$	$U_{\kappa} = 10,5\%$
$I_x = 0,55\%$	$I_x = 0,5\%$

Ціна 704000 грн.

880000 грн.

Завантаження трансформаторів в період максимального навантаження

$$\beta = \frac{S_p}{2 \cdot S_0}$$

$$\beta_{\text{вп}} = \frac{37992,77}{2 \cdot 40000} = 0,47$$

$$\beta_{\text{вп}} = \frac{37992,77}{2 \cdot 63000} = 0,3$$

В нормальному режимі трансформатори будуть працювати з неповним завантаженням.

Перевіряємо можливість роботи одного з трансформаторів при відключенні другого, а трансформатор що залишився може витримати потужність:

$$S_j = 1,4; S_T = 1,4 \cdot 40000 = 56000 \text{ кВ А}; S = 1,4 \cdot 63000 = 88200 \text{ кВ А}.$$

Визначаємо залежність втрат потужності в трансформаторі, від завантаження

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{лх}} + \beta_{\text{вп}}^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}};$$

де β - коефіцієнт завантаження трансформаторів

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Втрати реактивної потужності в трансформаторі

$$P_{XX} = S_m \cdot \frac{I_x}{100}$$

$$Q_{XX} = 40000 \cdot \frac{0,55}{100} = 220 \text{квар}$$

$$Q_{XX} = 63000 \cdot \frac{0,5}{100} = 315 \text{квар}$$

$$P_{K3} = S_m \cdot \frac{U_K}{100}$$

$$Q_{K3} = 40000 \cdot \frac{10,5}{100} = 4200 \text{квар}$$

$$Q_{K3} = 63000 \cdot \frac{10,5}{100} = 6615 \text{квар}$$

Втрати активної потужності в трансформаторі:

$$\Delta P'_{XX} = \Delta P_{XX} + K_e \cdot \Delta Q_{XX};$$

де K_e (кВт/квар) - економічний еквівалент реактивної потужності

$$\Delta P_{XX} = 34 + 0,05 \cdot 220 = 45 \text{ кВт}; \quad P_{XX} = 50 + 0,05 \cdot 315 = 65,75 \text{ кВт};$$

$$\Delta P'_{K3} = \Delta P_{K3} + K_e \cdot \Delta Q_{K3};$$

$$\Delta P'_{K3} = 170 + 0,05 \cdot 4200 = 380 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{K3} = 245 + 0,05 \cdot 6615 = 575,75 \text{ кВт};$$

Залежність втрат потужності від навантаження для одного трансформатора:

$$\Delta P'_T = 45 + 0,47^2 \cdot 380 = 128,9 \quad \Delta P_T = 65,75 + 0,3^2 \cdot 575,75 = 117,57;$$

Знаходимо навантаження, при яких необхідно переходити на роботу з двома трансформаторами:

$$S_X = S_T \cdot \sqrt{n \cdot (n-1) \cdot \frac{\Delta P'_{XX}}{\Delta P'_{K3}}}; \text{ кВА};$$

$$S_X = 40000 \cdot \sqrt{2 \cdot (2-1) \cdot \frac{45}{380}} = 19466,6 \text{ кВА}; \quad S_X = 63000 \cdot \sqrt{2 \cdot (2-1) \cdot \frac{65,75}{575,75}} = 30108,3 \text{ кВА};$$

$$\beta = \frac{19466,6}{2 \cdot 40000} = 0,24 ;$$

$$\beta = \frac{30108,3}{2 \cdot 63000} = 0,24 ;$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Для визначення втрат електроенергії за рік використовуємо річний графік навантаження підприємства по тривалості. Графік має вигляд представлений на рисунку:

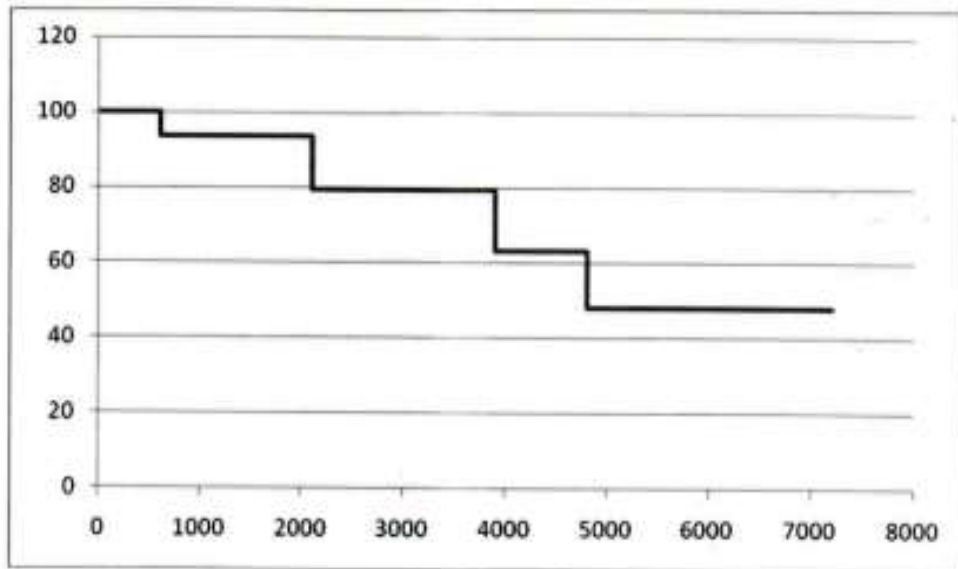


Рис 5.1. Річний графік навантаження заводу Результати розрахунку втрат електроенергії в трансформаторах зведені в табл.5.1.

Таблиця 5.

№ ступені	Навантаження %	Навантаження кВА	β	$\beta_{0,5}$	Тривалість ступеня, год/рік	Втрати потужності, кВт	Втрати енергії кВт·Тр $\Delta W=P \cdot T_r$	Стр, кВа
1	48,21428571	18317,83	0,47		2400,0	124,33	298392	2x40000
2	63,39285714	24084,76	0,44		900,0	163,48	147132	
3	79,46428571	30190,57	0,38		1800,0	204,92	368856	
4	93,5	35523,24	0,3		1500,0	241,11	361665	
5	100	37992,77	0,23		600,0	257,88	154728	
							1330773	
1	48,21428571	18317,83	0,3		2400,0	113,35	272040	2x63000
2	63,39285714	24084,76	0,28		900,0	149,04	134136	
3	79,46428571	30190,57	0,24		1800,0	186,82	336276	
4	93,5	35523,24	0,19		1500,0	219,81	329715	
5	100	37992,77	0,15		600,0	235,5	141060	
							1213227	

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

Капітальні вкладення:

$$K_1=2*704000=1408000\text{грн}; \quad K_2 = 2*880000=1760000\text{грн};$$

Експлуатаційні витрати Амортизаційні витрати :

$$C_{a1}=0,063* 1408000 = 88704\text{грн};$$

$$C_{8i}=0,063*1760000 = 110880\text{грн};$$

Вартість втрат електроенергії;

$$C_{a2}=0,52*1330773= 692001,96\$; \quad C_{a2}=0,52*1213227= 630878\$;$$

Сумарні експлуатаційні витрати :

$$B=88704+692001,96 =780705,96\text{грн};$$

$$B=110880+630878=741758\text{грн};$$

Зведені витрати

$$Z = K \cdot E, + B,$$

$$Z = 1408000 \cdot 0,1+780705,96=921505,96\text{грн},$$

$$Z = 1760000 \cdot 0,1+741758=917758\text{грн}$$

Техніко-економічний розрахунок показує, що встановлення трансформаторів ТРДН-40000/110 є дешевшим по капітальним вкладенням і вигіднішим в процесі експлуатації. Остаточо приймаємо: 2хТРДН- 40000/110.

					ДП 2022	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Вибір числа та потужності цехових трансформаторних підстанцій по вимогам надійності

Попередній вибір числа і потужності трансформаторів в цехових трансформаторних підстанціях виконується на основі вимог надійності електропостачання і розподілення між трансформаторними підстанціями споживаємої електроенергії .

На модернізованому заводі більша частина споживачів відноситься до другої категорії , що вимагає надійного електропостачання тому всі цехові підстанції виконуються двотрансформаторними. При цьому в аварійних режимах один трансформатор деякий час може бути перевантаженим на 40%. Нормальний режим роботи - роздільний. Це забезпечує зниження струмів короткого замикання і дозволить використати більш дешеву апаратуру на стороні НН.

В системах електропостачання промислових підприємств потужність силових трансформаторів в нормальних умовах повинна забезпечувати живлення всіх електроприймачів .

Покриття потреб потужності може здійснюватися не тільки за рахунок використання номінальної потужності трансформаторів , але й за рахунок їх перевантажуємої здатності. Потужність трансформаторів визначається з врахуванням категорії цеху. На заводі є цехи II категорії з $\beta = 0,7-0,8$ та III категорії з $\beta = 0,8-0,95$.

Розрахункова потужність трансформатора дорівнює :

$$S = \frac{Sp}{\beta}$$

					ДП 2022						
					Вибір потужності цехових ТП						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Таран М.</i>									
Перевірив		<i>Ізволеньський І.</i>								30	
Зав.кафедр.									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.											
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>									

$$\text{Де } S_p = \sqrt{(P_{см} + P_o)^2 + (Q_p)^2}$$

Вт- Коефіцієнт завантаження трансформатора для відповідної категорії.

Розрахунок потужності трансформаторів проводиться в таб. № 6.1

Таблица 6.1

№ цеху	S _{см} , кВА	Стр , кВА	βт	Вибрана потужність ТП Стр , кВА	№ ТП	S _p = $\frac{S_{см}}{S_t}$
						7
1	2	3	4	5	6	7
1	7819,04	8806,5	0,89			
	7819,04	8806,5		2x1000	37	0,89
5	7980	9775,5	0,82			
	7980	9775,5		1x2800 2x3800	5 5	0,82
6	1848,76	2264,7	0,82			
8	11911,6	14440,3	0,82			
				2x8000 1x12750 1x2500 14x1000	12 14 2 32, 34, 35, 43, 44, 45, 38	0,82
7	1728	2116,8	0,82			
	1728	2116,8		2x1000 2x320	17 13	0,82
9	729,5	874,5	0,83			
	729,5	874,5		1x1000	11	0,83
10	435,01	521,5	0,83			
	435,01	521,5		1x400		0,83
11	142,16	170,43	0,83			
12	3641,76	4365,6	0,83			
2	181,73	217,9	0,83			
3	721	883,2	0,82			
4	364,75	446,8	0,82			
	5051,4	6083,93		16x1000	46/1, 9,10, 8, 76, 75, 5/1, 5/2, 2, 6, 3, 4, 74/2, 7,2	0,83

Вибираємо 35 х ТС3-1000/10 з такими параметрами:

$$\Delta P_x = 3 \text{ кВт};$$

$$u_k = 5,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 10 \text{ кВ}$$

2хТС3-320/10

$$\Delta P_x = 1 \text{ кВт};$$

$$u_k = 5,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 6 \text{ кВ}$$

1хТС3-400/10

$$\Delta P_x = 1,3 \text{ кВт};$$

$$u_k = 5,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 6 \text{ кВ}$$

2хТМ-2500/10

$$\Delta P_x = 3,85 \text{ кВт};$$

$$u_k = 6,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 6 \text{ кВ}$$

1хТМ-2800/10

$$\Delta P_x = 3,9 \text{ кВт};$$

$$u_k = 6,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 35 \text{ кВ}$$

2хТМ-3800/10

$$\Delta P_x = 5,3 \text{ кВт};$$

$$u_k = 7,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 21 \text{ кВ}$$

2хТМ3-8000/10

$$\Delta P_x = 7,6 \text{ кВт};$$

$$u_k = 7,5 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 35 \text{ кВ}$$

1хТМ3-12750/10

$$\Delta P_x = 12 \text{ кВт};$$

$$u_k = 8 \%;$$

$$U_{BH \text{ ном}} = 36,75 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 11,2 \text{ кВт};$$

$$i_x = 1,5 \%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 0,4 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 3,8 \text{ кВт};$$

$$i_x = 3,5 \%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 0,23 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 5,4 \text{ кВт};$$

$$i_x = 3 \%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 0,23 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 23,5 \text{ кВт};$$

$$i_x = 1\%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 3,15 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_x = 23,5 \text{ кВт};$$

$$i_x = 1\%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 10,5 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 33,5 \text{ кВт};$$

$$i_x = 0,9 \%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 6,3 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 46,5 \text{ кВт};$$

$$i_x = 0,8 \%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 3,15 \text{ кВ}$$

$$\Delta P_k = 60 \text{ кВт};$$

$$i_x = 0,75 \%;$$

$$U_{HH \text{ ном}} = 10,5 \text{ кВ}$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

7. Вибір високовольтних кабелів

Провідники будь-якого призначення повинні задовольняти вимоги тривало допустимого їх нагрівання струмами як нормального, так і максимального режиму. У зв'язку із цим переріз провідників вибирають за економічно вигідною густиною струму для нормального режиму роботи електроустановки та перевіряють за граничною тривало- допустимою температурою поверхні провідника при максимальному режимі. Економічно вигідний перетин провідника, мм²

$$S_{ек} = \frac{I_n}{j_{ек}},$$

де I_n - струм нормального робочого режиму, А; $j_{ек}$ - нормоване значення економічно вигідної густини струму, А/мм². Розрахунковий економічно вигідний переріз заокруглюється до найближчого більшого або меншого стандартного перерізу $S_{ст}$, мм².

Для напруги 10 кВ використовуємо кабелі АпвЗгаПу з ізоляцією з шитого поліетилену та оболонкою з поліетилену на напругу 10 кВ.

Перевірка вибраного стандартного перерізу Б«* за граничною тривало- допустимою температурою при максимальному режимі провадиться для всіх видів провідників - шин, кабелів, проводів. Тривало-допустима максимальна температура $t_{доп}$ провідників нормується або умовою підвищеного окислення контактних з'єднань для неізольованих провідників, або умовою швидкого старіння ізоляції для ізольованих провідників. З урахуванням максимальних тривало- допустимих температур навколишнього середовища для $t^{\wedge}.c$ (для повітря 25 С , для землі та води 15 °С) для різних видів провідників

					ДП 2022					
					Вибір високовольтних кабелів					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Таран М.							33	
Перевірів		Ізволеньський І.								
Зав.кафедр.										
Н. Контр.										
Затвердив		Балюта С.М			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5- 5ск					

стандартного перерізу та їх ізоляції експериментально отримані максимальні значення тривало-допустимих струмів $I_{\text{доп}}$.

Провідник задовольняє умові нагрівання його до тривало-допустимої температури при максимальному режимі, якщо виконується залежність

$$K_{\text{нав}} \cdot I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс}}$$

де $K_{\text{нав}}$ допустимий коефіцієнт навантаження в максимальному режимі, більший за одиницю.

Для напруги 10 кВ використовуємо кабелі ААБл з ізоляцією з шитого поліетилену та оболонкою з поліетилену на напругу 10 кВ.

Ці кабелі мають ряд переваг порівняно з іншими кабелями з паперовою ізоляцією:

- підвищена робоча температура , що дозволяє підвищену пропускну здатність;
- підвищена стійкість при роботі в умовах перевантажень та коротких замикань;
- можливість прокладки на трасах з необмеженою різницею рівнів ;
- не містять оливи .бітуму , свинцю ,що спрощує монтаж, і виключає екологічно несприятливі фактори ;
- більш надійні в експлуатації і потребують менших витрат на реконструкцію і утримання кабельних ліній;
- меншу вагу і допустимий радіус вигину;
- можливість виготовлення кабелів великої будівельної довжини.

Для трансформаторів 1000 кВА

1) Нормальний та максимальний струм:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{ном ТТ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}$$
$$I_{\text{норм}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ А};$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

2) Економічно вигідний переріз:

$$S_{ек} = \frac{I_{макс}}{J_{ек КЛ}}$$
$$S_{ек} = \frac{55}{1,4} = 39,3 \text{ мм}^2.$$

3) По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз кабельної лінії:

$$S_{ст} \geq S_{ек}$$
$$S_{ст} = 50 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 39,3 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель типу ААБл -10-3х50.

Перевіряємо вибраний кабель за умовою допустимого нагріву

$$I_{доп} > I_{макс}$$
$$I_{доп} = 105 \text{ А} > I_{макс} = 77 \text{ А}$$

$$x_0 = 0,09$$

$$r_0 = 0,625$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

8. Внутрішнє електропостачання компресорної.

Електричні мережі напругою до одного кВ обслуговують технологічні процеси на промислових підприємствах. Передачу і розподіл електричної енергії до цехових споживачів промислових підприємств виконують електричними мережами. Споживачі електроенергії приєднуються до внутрішньо цехових підстанцій та розподільчим пристроям за допомогою захисних і пускових апаратів.

По характеру і призначенню мережі діляться на дві групи:

- а) живлячі - підходящі від шин вторинної напруги в трансформаторній підстанції до РП .
- б) розподільчі - підходящі від РП до різних ділянок.

Мережі низької напруги характеризуються великою кількістю електродвигунів, елементів пускової та захисної апаратури та комутаційних апаратів. В них витрачається велика кількість провідникового матеріалу та кабельної продукції .

Розподіл електроенергії силовими споживачами здійснюється напругою 0,38 кВ . По характеру технологічного процесу приймачі згуртовані окремими групами , тому система електропостачання - радіальна. В якості джерела живлення приймаємо КТП , розміщені в центрі електричних навантажень .

Шини 0,4 кВ резервуються . Схеми побудови електричних мереж вибираються в відповідності з характером і розміщенням технологічного обладнання . При цьому передбачена можливість приєднання нових електроприймачів .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2022			
Розробив		Таран М.			Внутрішнє електропостачання компресорної	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		Ізволеньський І.					36	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5- 5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

8.1. Розрахунок силової мережі компресорної.

Напруга силової мережі 380/220В. Силowymi споживачами електроенергії в компресорній є компресори низкою та високого ступеня , аміачні і масляні насоси , вентилятори та ін.

В якості захисної , комутаційної апаратури електрообладнання 380 В передбачаємо силові розподільчі пункти типу СПМ шафи магнітних пускачів , магнітні пускачі типу ПМЕ та ПМА.

8.1.1. Обчислення пікового струму та пікової потужності.

При визначенні пікової потужності вважаємо, що один споживач максимальної потужності працює з максимальним навантаженням, а решта споживачів працює в номінальному режимі

$$I_{\text{ном}}^{\text{макс}} = \frac{P_{\text{ном}}^{\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \phi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}},$$
$$I_{\text{ном}}^{\text{макс}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,925} = 365 \text{ A}.$$

Розрахунковий струм на один трансформатор

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n},$$
$$I_p = \frac{2380}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 3} = 1213 \text{ A}.$$

Розрахунковий струм на групу СП секції 1

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$
$$I_p = \frac{643}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 978 \text{ A}.$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Пусковий струм споживача найбільшої потужності :

$$I_n^{\text{макс}} = 5 \cdot I_{\text{ном}}^{\text{макс}} = 5 \cdot 241 = 1205 \text{ A}$$

Піковий струм

$$I_{\text{пик}} = I_n^{\text{макс}} + (I_p - K_a \cdot I_{\text{ном}}^{\text{макс}}) \cdot t$$

$$I_{\text{пик}} = 1205 + (978 - 0,8 \cdot 241) = 1990 \text{ A.}$$

Пікова потужність :

$$S_{\text{пик}} = I_{\text{пик}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}$$

$$S_{\text{пик}} = 1990 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38 = 1300 \text{ кВА}$$

8.1.2. Вибір автоматичного вимикача на ТП для підключення групи силових пунктів.

Вибираємо вимикач з [1, табл. 3.5] за умовами

$$U_{\text{ном АВ}} = 380 \text{ В} > U_{\text{ном мур}} = 380 \text{ В}$$

$$I_{\text{ном розч}} = 1000 \text{ A} > I_p = 978 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном АВ}} = 1600 \text{ A} > I_{\text{ном розч}} = 1000 \text{ A}$$

$$I_{\text{спрац}} = 5000 \text{ A} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 1990 = 2487,5 \text{ A}$$

Отже, вибрали вимикач Е16В

8.1.3. Вибір характеристик кабельної лінії від ТП до групи силових пунктів.

$I_3 = 1000 \text{ A}$ - струм апарату захисту (автоматичного вимикача).

Кратність струму для кабельної лінії відносно струму апарату захисту

$$K_3 = 1,25$$

Коефіцієнт прокладання $K_n = 1$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$I_s \frac{K_s}{K_n} = 1000 \frac{1}{1} = 1000 \text{ А.}$$

Вибираємо шинопровід з [1, табл. 3.37]

Отже, вибрали шинопровід ШМА-4 з $I_{\text{доп}} = 1000 \text{ А}$

8.1.4. Вибір характеристик апаратури захисту.

Розрахунок подаємо в табличній формі (табл. 8.1).

Таблиця 8.1.

№	Назва	п,шт	Електроприймач				Автоматичний вимикач			
			$P_{\text{ном}}$ кВт	$\cos\phi_{\text{ном}}$ / $\eta_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}=I_p$ А	$1,25 \cdot I_{\text{пуск}}$ А	$U_{\text{ном,в}}$	$I_{\text{н.розч}}$ А	$I_{\text{ном}}$ АВ, А	Тип
1	КНС1	3	55	0,88/0,9	105,5099	659,437	550	160	160	A3715Б
2	КНС2	3	100	0,9/0,925	182,5036	1140,648	550	200	250	A3726Б
3	КВС1	3	132	0,9/0,925	240,9048	1505,655	550	250	250	A3726Б
4	КВС2	3	75	0,89/0,9	142,2606	889,1285	550	160	250	A3715Б
5	Компресори1	2	200	0,9/0,925	365,0073	2281,296	550	400	400	A3736Б
6	Компресори2	2	160	0,85/0,85	293,5928	1834,955	550	320	400	A3736Б
7	АН1	7	5,9	0,8/0,8	14,00644	87,54026	550	16	63	A3715Б
8	АН2	5	5,1	0,8/0,8	12,10726	75,67039	550	12,5	63	AE2040
9	МН1	5	5,5	0,8/0,8	13,05685	81,60533	550	16	63	A3715Б
10	МН2	1	4,5	0,8/0,8	10,68288	66,76799	550	12,5	63	AE2040
11	МН3	3	2,2	0,8/0,8	5,222741	32,64213	550	6	25	AE2025
12	МУ	1	2,2	0,8/0,8	5,222741	32,64213	550	6	25	AE2025
13	ДВ	4	2,2	0,8/0,8	5,222741	32,64213	550	6	25	AE2025

Приклад розрахунку покажемо на прикладі компресора 2М 200 кВт

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\phi \cdot \eta_{\text{ном}}}$$

$$I_{\text{ном}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,925} = 365 \text{ А};$$

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 365 = 2007,5 \text{ А}$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$\begin{aligned}
 U_{\text{ном АВ}} &= 380 \text{ В} & = & U_{\text{ном мер}} = 380 \\
 I_{\text{ном, розч}} &= 400 \text{ А} & > & I_{\text{об}} = 365 \text{ А} \\
 I_{\text{ном АВ}} &= 400 \text{ А} & \geq & I_{\text{ном, розч}} = 400 \text{ А} \\
 I_{\text{спрац}} &= 4000 \text{ А} \geq 1,25 * I_{\text{пуск}} = 1,25 * 2007,5 = 2509 \text{ А}
 \end{aligned}$$

З [1, табл. 3.4] вибрали автоматичний вимикач А3736Б

8.1.5. Вибір силових РП.

Розрахунок подаємо в табличній формі (табл. 8.2).

Таблиця 8.2.

№	СП			Електроприймачі		
	Тип	п*Іном. АВ,А	Іном.СП,А	Назва	п,шт	Ісп,А
1	СПА-77-9	2*2505*160	400	КВС1,КНС1,	2	346,4
2	СПА-77-9	2*2505*160	400	КВС1,КНС1,	2	346,4
3	СПА-77-8	8*160	400	КВС2, АН2	7	345,1
3	СПА-77-8	8*160	400	КВС2, МН1	6	207,5

№	СП			Електроприймачі		
	Тип	п*Іном. АВ,А	Іном.СП,А	Назва	п,шт	Ісп,А
1	СПА-77-9	2*2505*160	400	КВС1, МУ, ДВ,АН2	6	264,0
2	СПА-77-9	2*2505*160	400	КНС2, МН2, МН3	6	391,4
3	СПА-77-8	8*160	400	КНС2, АН2	7	266,5

Схему силових розподільчих пунктів подано на рис. 8.1.

8.1.6. Вибір провідників від РП до електроприймачів.

Розрахунок подаємо в табличній формі (табл. 8.3). Розрахунок покажемо на прикладі компресора 2М 200 кВт

Таблиця 8.3.

Електроприймач				АВ		Кабель АВВГ	
№	Назва	п,шт	Р _{ном} , кВт	I _{н.розч} ,А	I _{пр} ,А	I _{дол} ,А	S _{СТ} ,мм ²
1	КНС1	3	55	160	160	165	95
2	КНС2	3	100	200	210	110	2*50
3	КВС1	3	132	250	250	270	2*70
4	КВС2	3	75	160	160	165	95
5	Компресори1	2	200	400	400	405	3*70
6	Компресори2	2	160	320	320	330	2*95
7	АН1	7	5,9	16	16	16	2,5
8	АН2	5	5,1	12,5	12,5	16	2,5
9	МН1	5	5,5	16	16	16	2,5
10	МН2	1	4,5	12,5	16	16	2,5
11	МН3	3	2,2	6	16	16	2,5
12	МУ	1	2,2	6	16	16	2,5
13	ДВ	4	2,2	6	16	16	2,5

Провід вибираємо за умовою

$$I_{пр} \geq I_3 \frac{K_3}{K_n}$$

де I₃ - струм захисту; I₃ = I_{н,0мрозч}

$$I_3 \frac{K_3}{K_n} = \frac{400 \cdot 1}{1} = 400 \text{ А}$$

Вибираємо з [1, табл. 3. 15] переріз струмопровідної жили 8_{СТ} 3х70мм² з I_{дол} = 3*135=405 А.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

9. Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів к.з. робимо з урахуванням струмів підживлення від синхронних і асинхронних електродвигунів напругою 10 кВ. Усі інші двигуни і навантаження, що знаходяться за трансформаторами від точок к.з., не враховуються.

Базисні величини:

$$\begin{aligned} S_6 &= 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \\ U_{61} &= 115 \text{ кВ}; \\ U_{62} &= 10,5 \text{ кВ}; \end{aligned}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$$

$$I_{6.1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,503 \text{ кА};$$

$$I_{6.2} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,51 \text{ кА}.$$

Розрахуємо струми к.з. відповідно до розрахункової схеми (рис. 1.4а). Знаходимо індуктивні опори елементів електропостачальної системи у відносних базисних одиницях відповідно до цієї схеми і заступної схеми (рис. 1.4б).

опір системи -

$$x_e = \frac{S_6}{S_e};$$

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок струмів КЗ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Таран М.</i>					42	
Перевірив		<i>Ізволєнський І.</i>						
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5- 5ск			

$$x_c = \frac{100}{3500} = 0,0285;$$

опори ПЛ і КЛ 110 кВ -

$$x = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср.н}}^2},$$

де X_0 пл = 0,421 Ом/км - погонне значення індуктивного опору фази одного кола ПЛ - 110 кВ;

X_0 кл = 0,09 - погонне значення індуктивного опору для одножильного маслонаповненого кабелю 110 кВ;

$$x_{\text{пл}} = 0,421 \cdot 4,435 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,014;$$

$$x_{\text{кл.1}} = 0,09 \cdot 1,565 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,0106;$$

опір трансформатора ТРДН - 40000 /110

- обмотка напруги 110 кВ:

$$x_{\text{т.в}} = \frac{0,125 \cdot U_{\text{к.вн}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{н.т}}},$$

$$x_{\text{т.в}} = \frac{0,125 \cdot 10,5}{100} \cdot \frac{100}{40} = 0,033;$$

обмотка напруги 10 кВ

$$x_{\text{т.н1}} = x_{\text{т.н2}} = \frac{1,75 \cdot U_{\text{к.вн}}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{н.т}}},$$

$$x_{\text{т.н1}} = x_{\text{т.н2}} = \frac{1,75 \cdot 10,5}{100} \cdot \frac{100}{40} = 0,459;$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- загальний опір:

$$x_{\tau} = x_{\tau,н} + x_{\tau,и} = 0,033 + 0,459 = 0,492 ;$$

- опір КЛ 10 кВ:

$$x_{кл.2} = 0,08 \cdot 0,82 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0595 ;$$

$$x_{кл.3} = 0,08 \cdot 0,06 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0044 ;$$

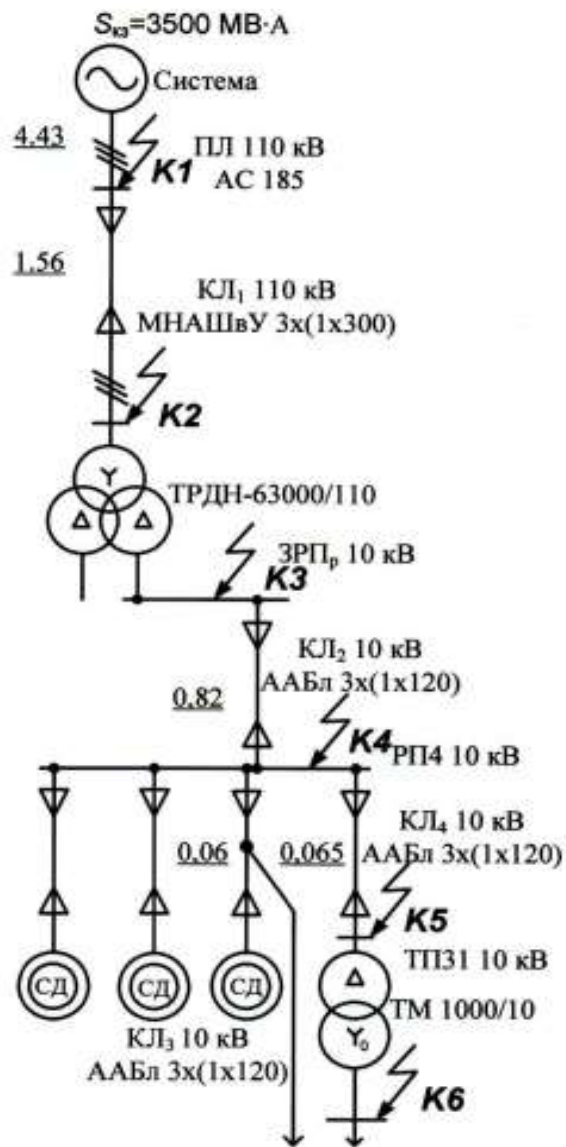
$$x_{кл.4} = 0,08 \cdot 0,065 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,0047 ;$$

- опір двигунів :

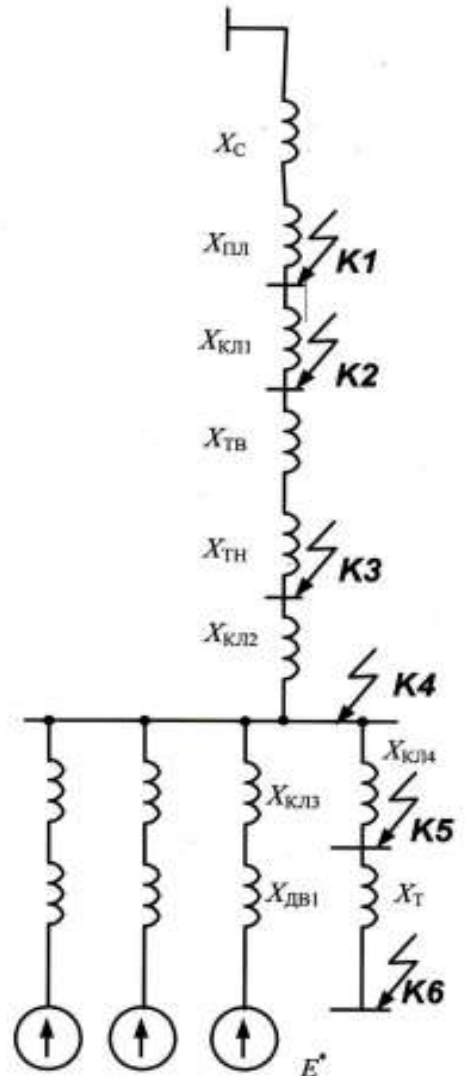
$$x_{дв.1} = \frac{1}{\kappa_{пуск}} \cdot \frac{S_6}{S_H} ; \quad x_{дв} = \frac{x_{дв.1}}{n_{дв}} ;$$

$$x_{дв.1} = \frac{1}{6} \cdot \frac{100}{1,88} = 8,8652 .$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



а)



б)

Рис. 9.1- Схеми для розрахунку струмів короткого замикання:

а - розрахункова схема;

б - заступна схема.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Визначимо струми к.з. у точці Кі (рис 1.5):

$$x_1 = x_c + x_{\text{лп}} ;$$

$$x_1 = 0,0285 + 0,014 = 0,0425 ;$$

$$x_2 = \frac{x_{\text{дв.1}} + x_{\text{кп.3}}}{3} + x_{\text{кп.2}} + x_{\text{т}} + x_{\text{кп.1}} ;$$

$$x_2 = \frac{8,8652 + 0,0044}{3} + 0,0595 + 0,492 + 0,0021 = 3,51 ;$$

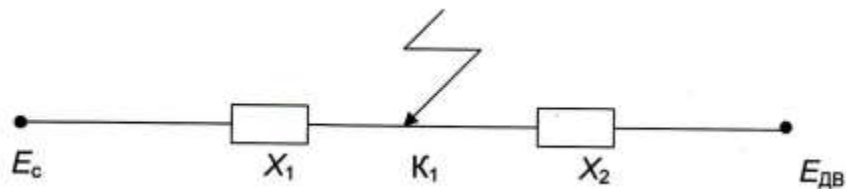


Рис.9.2 - Розрахункова схема знаходження струму короткого замикання в точці КТ

Понадперехідний струм від системи:

$$I_c'' = \frac{E_c}{x_1} \cdot I_{\text{к.з.}} ;$$

$$I_c'' = \frac{1}{0,0425} \cdot 0,503 = 11,835 \text{ кА};$$

понадперехідний струм від високовольтних двигунів

$$I_{\text{м}}'' = \frac{E_{\text{м}}}{x_2} I_{\text{к.з.}} ;$$

$$I_{\text{м}}'' = \frac{1,1}{3,51} \cdot 0,503 = 0,1576 \text{ кА};$$

загальний понадперехідний струм:

$$I'' = \sqrt{I_c''^2 + I_{\text{м}}''^2} ;$$

$$I'' = \sqrt{11,835^2 + 0,1576^2} = 11,836 \text{ кА} ;$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

ударний струм к.з. від системи:

$$i_{y.c} = K_{y.c} \cdot \sqrt{2} \cdot I_c'' ,$$

де $K_{y.c}$ – ударний коефіцієнт від системи;

$$i_{y.c} = 1,85 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,835 = 30,964 \text{ кА} ;$$

ударний струм від двигунів:

$$i_{y.m} = K_{y.m} \cdot \sqrt{2} \cdot I_m'' , \text{ кА}$$

де $K_{y.дв}$ - ударний коефіцієнт від двигунів;

$$i_{y.m} = 1,55 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,1576 = 0,345 \text{ кА} ;$$

загальний ударний струм у точці к.з.:

$$i_y = i_{y.c} + i_{y.дв} ;$$

$$i_y = 30,964 + 0,345 = 31,309 \text{ кА} ;$$

тепловий імпульс к.з.:

$$B_k = (I'')^2 \cdot (t_{кз} + T_a),$$

де $t_{кз} = t_{рз} + t_{св}$. - повний час відключення, с;

$t_{рз}$ - час спрацьовування швидкодіючого захисту, прийнятий рівним 1,0 с;

$t_{св}$ - час спрацьовування вимикача на районній ТП, прийнятий рівним 0,2 с;

T_a - стала часу загасання аперіодичної складової струму к.з., що рівна 0,065

[3];

$$B_k = 11,835^2 (1,0 + 0,2 + 0,065) = 177,185 \text{ кА}^2\text{с.}$$

					ДП 2022	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо струми к.з. у точці К₃(рис 1.6):

$$X_3 = X_1 + X_{кп.1} + X_T ;$$

$$X_3 = 0,0425 + 0,0106 + 0,492 = 0,5451 ;$$

$$X_4 = X_2 - X_T - X_{кп.1} ;$$

$$X_4 = 3,51 - 0,492 - 0,0106 = 3,00074 ;$$

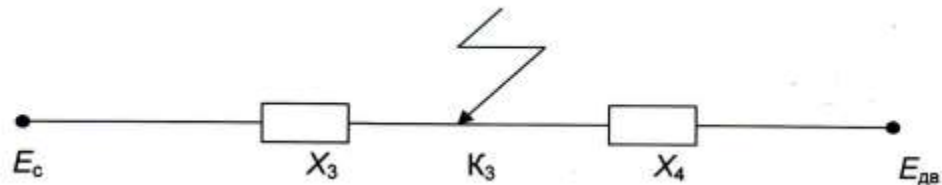


Рис. 9.3 - Розрахункова схема знаходження струму короткого замикання в точці К₃

Понадперехідний струм від системи:

$$I_c'' = \frac{E_c}{X_3} I_{б.2} = \frac{1}{0,5451} \cdot 5,51 = 10,108 \text{ кА} ;$$

понадперехідний струм від високовольтних двигунів:

$$I_{дв}'' = \frac{E_{дв}}{X_4} I_{б.1} = \frac{1,1}{3,00074} \cdot 5,51 = 2,0198 \text{ кА} ;$$

загальний понадперехідний струм (формула 1.55):

$$I'' = \sqrt{10,108^2 + 2,0198^2} = 10,308 \text{ кА} ;$$

ударний струм к.з. від системи (формула 1.56):

$$i_{y,c} = 1,85 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,108 = 26,446 \text{ кА} ;$$

ударний струм к.з. від двигунів (формула 1.57):

$$i_{y,дв} = 1,55 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,0198 = 4,427 \text{ кА} ;$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

загальний ударний струм у точці Кз:γ

$$i_y = i_{y.c.} + i_{y.дв.};$$

$$i_y = 26,446 + 4,427 = 30,873 \text{ кА};$$

Діюче значення періодичної складової струму к.з. у момент часу

$$t = t_{p.z.} + t_{0,y}; t = 0,75 + 0,12 = 0,87 \text{ с};$$

$$I_{n,t}'' = \sqrt{I_c''^2 + I_{n,t,дв}''^2} = \sqrt{I_c''^2 + (\gamma_{n,t} \cdot I_{дв}'')^2},$$

де $\gamma_{n,t} = 0,6$ - коефіцієнт загасання періодичної складової струму підживлення від синхронних двигунів при $t = 0,87$ с;

$$I_{n,t}'' = \sqrt{10,108^2 + (0,6 \cdot 2,0198)^2} = 10,18 \text{ кА};$$

аперіодична складова струму к.з. від системи і двигунів (за умови, що стала часу загасання системи $T_{ал} = 0,065$ с і двигунів $T_{алв} = 0,035$ с) -

$$i_{a,t} = \sqrt{2} \cdot (I_c'' \gamma_{к.с.} + I_{дв}'' \gamma_{a,t,дв.}),$$

де $\gamma_{к.с.} = \gamma$, = 0,1- коефіцієнт загасання аперіодичної складової $t=0,87$ с {3};

$$i_{a,t} = \sqrt{2} (10,108 + 2,0198) \cdot 0,1 = 1,715 \text{ кА};$$

амплітудне значення повного струму к.з.

$$i_{к.з.} = \sqrt{2} \cdot I_{n,t}'' + i_{a,t};$$

$$i_{к.з.} = \sqrt{2} \cdot 10,18 + 1,715 = 16,112 \text{ кА};$$

тепловий імпульс короткого замикання устаткування, що знаходиться за лінійними вимикачами ЗРПр 10 кВ:

$$t_{к.з.} = t_{p.z.} + t_{с.в.}; t_{к.з.} = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ с};$$

$$W_k = I''^2 (t_{к.з.} + T_a) = 10,308^2 \cdot (0,15 + 0,05) = 21,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

За аналогією з вище приведеними розрахунками визначаємо струми к.з. у точках К₂, К_д, К₅.

Одержуємо:

$$I'_{к2}=10,327 \text{ кА}; \quad i_{уд.к2}=30,204 \text{ кА};$$

$$I'_{к4}=12,911 \text{ кА}; \quad i_{уд.к4}=38,156 \text{ кА};$$

$$I'_{к5}=11,096 \text{ кА}; \quad i_{уд.к5}=33,875 \text{ кА}.$$

Робимо розрахунок струму однофазного к.з. на шинах 110 кВ ГПП (К₂). Заступна схема нульової послідовності представлена нижче на рис. 1.7. Тому що схема з'єднання обмоток трансформаторів ГПП зірка- трикутник- трикутник, то струм нульової послідовності в мережі 10кВ буде відсутній

Визначаємо опори цієї схеми:

Система:

$$x_{0.c} = \frac{m^{(1)} \cdot U_{c.ф}}{I_{к.з}^{(3)}} - 2x_{1.c};$$

$$x_{1.c} = x_{c.*б} \cdot \frac{U_n^2}{S_б};$$

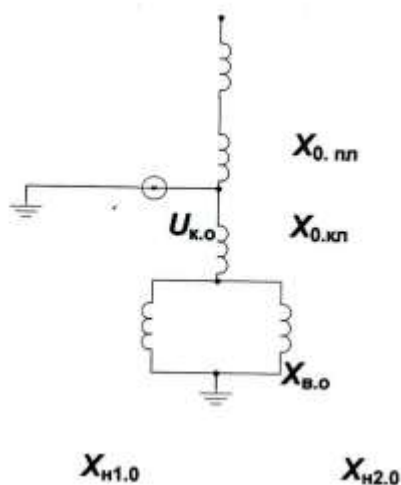


Рис.9.4 - Заступна схема нульової послідовності

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$x_{1.c} = 0,0285 \cdot \frac{110^2}{100} = 3,45 \text{ Ом};$$

$$x_{o.c} = \frac{3 \cdot 110}{\sqrt{3} \cdot 11,48} - 2 \cdot 3,45 = 9,69 \text{ Ом};$$

$$x_{o.c.*} = \frac{x_{c.o}}{Z_6} = \frac{x_{c.o}}{U_6^2 / S_6};$$

$$x_{o.c.*} = \frac{9,69}{115^2 / 100} = 0,0733 \text{ в.о.}$$

Повітряна лінія :

$$x_{o.пл.*} = \frac{x'_{o.пл}}{Z_6} \cdot l_x = \frac{x'_{o.пл} \cdot l_x}{U_6^2 / S_6};$$

$$x_{o.пл} = 4,7 \cdot x'_{1.пл}; \quad x_{o.пл} = 4,7 \cdot 0,421 = 1,979 \text{ Ом/км};$$

$$x_{o.пл.*} = \frac{1,979 \cdot 4,435}{115^2 / 100} = 0,066 \text{ в.о.}$$

Кабельна лінія :

$$x_{o.кл.*} = \frac{x'_{o.кл} \cdot l_{кл}}{U_6^2 / S_6};$$

$$x_{o.кл} = 4,6 \cdot x'_{1.кл}; \quad x_{o.кл} = 4,6 \cdot 0,09 = 0,414 \text{ Ом/км};$$

$$x_{o.кл.*} = \frac{0,414 \cdot 1,565}{115^2 / 100} = 0,04899 \text{ в.о.}$$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Трансформатор ГПП

$$X_{Т.В} = 0,032 \text{ в.о.};$$

$$X_{Т.Н} = 0,268 \text{ в.о.};$$

$$X_{В.о.*} = 0;$$

$$X_{Н1.о*} = X_{Н2.о*} = 0,27 \text{ в.о.}$$

Сумарний опір:

$$X_{\Sigma.о*} = \frac{(X_{Л.о.*} + X_{С.о.*} + X_{КЛ.о.*}) \cdot (X_{В.о.*} + X_{Н1.о.})}{X_{Л.о.*} + X_{С.о.*} + X_{КЛ.о.*} + X_{В.о.*} + X_{Н1.о.}};$$

$$X_{\Sigma.о*} = \frac{(0,066 + 0,0733 + 0,001) \cdot (0 + 0,27)}{0,066 + 0,0733 + 0,001 + 0,27} = 0,092 \text{ в.о.};$$

$$X_{\Sigma.1*} = 0,066 \text{ в.о.}$$

Визначаємо додатковий опір однофазного к.з.:

$$\Delta X^{(1)} = X_{\Sigma 2.*} + X_{\Sigma.о.*} = X_{\Sigma 1.*} + X_{\Sigma.о.*};$$

$$\Delta X^{(1)} = 0,066 + 0,092 = 0,158;$$

$$\Delta x^{(1)} = \Delta X^{(1)} \cdot Z_6 = \Delta X^{(1)} \cdot U_6^2 / S_6;$$

$$\Delta x^{(1)} = 0,158 \cdot \frac{115^2}{100} = 20,896 \text{ Ом} .$$

Струм однофазного короткого замикання в точці К₂

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{m^{(1)} \cdot E_{\text{рез.ф.}}}{X_{1,\text{рез}} + \Delta x^{(1)}} .$$

					ДП 2022	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому виразі:

$$X_{1,рез} = X_{\Sigma.1} \cdot \frac{U_{н}^2}{S_6};$$

$$X_{1,рез} = 0,066 \cdot \frac{115^2}{100} = 8,729 \text{ Ом} .$$

Тоді:

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{3 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot (8,729 + 20,896)} = 6,724 \text{ кА}.$$

Таблиця 9.1.

Точки Кз	Xроз(Z)	U6	I6	Iск	i уд
K1	0,0425	10,5	0,503	11,836	31,309
K2	3,51	10,5	5,51	10,327	30,204
K3	0,5451	10,5	3,42	10,308	30,873
K4	3,00074	10,5	2,3	12,911	38,156
K5	3,47	10,5	4,65	11,096	33,875

10. Освітлення

Для освітлення приміщень адміністративних , громадських , а також зовнішнього освітлення використовують лампи розжарювання , люмінесцентні, ртутні, лампи високого тиску.

Люмінесцентні лампи та лампи розжарювання є джерелами світла масового використання. Вони використовуються і для аварійного освітлення.

Світильники аварійного освітлення приєднують окремими лініями до незалежних джерел живлення . Світильник аварійного освітлення повинен відрізнятися від світильників робочого освітлення спеціально нанесеними знаками.

Правильний вибір світильників має велике значення для роботи освітлювальної установки та її економічності. При виборі необхідно враховувати умови навколишнього середовища

В цеху № 3 модернізуемого ливарного заводу встановлюємо два типи світильників ППР та ППД.

Розрахунок освітлення цеху починається с визначення нормованої освітленості для кожного приміщення, коефіцієнта запасу, висоти підвісу над робочою поверхнею, напруги живлення освітлювальної мережі, типу світильників .

Розрахунок встановленої потужності покажемо на прикладі плавильної ділянки.

Рішення. Приймаємо систему загального освітлення для всього приміщення і робочих поверхонь. Нормована освітленість досить висока $E_n=300$ лк, і не рекомендується брати лампи розжарювання. Тому приймаємо люмінесцентну

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Освітлення	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Таран М.</i>						
Перевірів		<i>Ізволєнський І.</i>					54	
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5- 5ск		

лампу ЛБ як найбільш економічну, а вимоги до високої кольоропередачі відсутні. Приміщення з нормальним навколишнім середовищем дозволяє вибрати світильник типу ЛДОР з двома лампами потужністю 40 і 80 Вт.

Відстань від стелі до світильника приймаємо 0,5 м ($A_c = 0,5$ м), $H_p = 0,8$ м, тоді висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - h_p - h_c = 3,2 - 0,8 - 0,5 = 1,9 \text{ м.}$$

Світильник ЛДОР має криву світлорозподілу типу Д; для нього можна прийняти $L/h = 1,4$, тоді $L = h \cdot 1,4 = 1,9 \cdot 1,4 = 2,66$ м. Приймаємо відстань між рядами світильників $i = 3$ м. Відстань від крайнього ряду світильників до стін приймаємо $0,3xL$, тобто $I = 0,3 \cdot 3 = 0,9$ м, тоді кількість рядів визначається залежності:

$$N_p = \frac{A - 2 \cdot I}{L} + 1 = \frac{6,2 - 2 \cdot 0,9}{3} + 1 = 2,47 \approx 2$$

Приймаємо число рядів 3.

З характеристики конструкції будови приймаємо $p_n = 50\%$, $p_c = 30\%$:
 $p = 10\%$.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{6,2 \cdot 6,2}{2,7(6,2 + 6,2)} = 1,15$$

За табл. 15.6 для світильників ЛДОР при заданих коефіцієнтах відбиття визначаємо коефіцієнт використання $\eta_v = 0,38$.

Визначаємо потрібний світловий потік одного ряду при $K_3 = 1,5$ і $Z = 1,1$

$$\Phi_{\text{ряд}} = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N_p \eta_v} = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 38,4 \cdot 1,1}{0,38} = 25010,5$$

Беремо лампи ЛБ потужністю 40 Вт з розрахунковим потоком $\Phi_n = 3000$ лм і визначаємо потрібне число світильників в одному ряду:

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$N = \frac{\Phi_{ряд}}{\Phi_{св}} = \frac{25010,5}{2 * 5220} = 2,4$$

Приймаємо N=3

Розрахунок освітлення інших приміщень цеху наведено в табл. 10.1

Таблиця 10.1

Приміщення	S	Ен	Кз	L/h	к-кість світильників	P вст
Плавильна ділянка		30	1,3	1,5	33	12,93
Формувально-складально-вибивна ділянка		300	1,5	1,4	6	0,326
Стержнева ділянка		100	1,5	1,4	5	1,09
Термообрубна ділянка		75	1,5	1,4	4	0,48
Ділянка ремонту устаткування		150	1,5	1,4	2	0,144
Ділянка ґрунтування та механообробки		200	1,5	1,4	2	0,19

Розрахунок освітлювальної мережі

Живлення освітлювальної мережі (плавильної ділянки) виконується від КТП , як і живлення силових споживачів цеху.

Для живлення групи світильників використовується трифазна чотирипровідна лінія.

Живлення освітлювальної мережі виконується проводом марки АВВГ. Вся освітлювальна мережа отримує живлення від двох групових щитів 1 ЩО та 1ЩОА .

Визначаємо переріз освітлювальної мережі по допустимій втраті напруги

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$\Phi_{\text{ред}} = \frac{M}{c \cdot \Delta U} = \frac{M}{0,38} = 25010,5$$

де M-момент навантаження

C=46 – коефіцієнт, що залежить від напруги мережі і матеріалу проводу $\Delta U=2.5\%$ -допустимі втрати напруги ;

$$M=L \cdot P_{\text{вст}} \cdot K \cdot K_c$$

де L - довжина ділянки, що розраховується,

$P_{\text{вст}}$ - встановлена потужність;

K- коефіцієнт, що враховує втрати в пускорегулюючих пристроях
для ламп накаливання $K=1,1$; люмінесцентних ламп $K=1$;

K_c - коефіцієнт попиту.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

11. Вибір компенсуючих пристроїв

Оптимальне значення реактивної потужності, яку можна передати через трансформатори трансформаторної підстанції:

$$Q_T = \sqrt{(S_T \cdot N_{Te} \cdot \beta)^2 - (P_p)^2};$$

$$Q_T = \sqrt{((400 + 1000 \cdot 31 + 1600 + 2800 + 3800 \cdot 2 + 8000 \cdot 2 + 12750 + 2500) \cdot 0,86)^2 - 37665,9^2} = 51988,38$$

квар,

де S_T - потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;
 N_{Te} - кількість трансформаторів на трансформаторній підстанції; $\beta = 0,86$ - нормований коефіцієнт завантаження цехових трансформаторів; $P_p = 37665,9$ кВт - розрахункова потужність електроприймачів напругою до 1 кВ.

Потужність конденсаторної установки, що визначається пропускною здатністю трансформаторів трансформаторної підстанції:

$$Q_{НК1} = Q_p - Q_T;$$

$$Q_{НК1} = 24866,3 - 37665,9 = -12799,6 \text{ квар.}$$

Потужність конденсаторних установок, які забезпечують оптимальну величину втрат електричної енергії в електромережах:

$$Q_{НК2} = Q_p - Q_{НК1} - \gamma \cdot S_T \cdot N_{Te};$$

$$Q_{НК2} = 24866,3 - 0 - 0,5 (400 + 1000 \cdot 31 + 1600 + 2800 + 3800 \cdot 2 + 8000 \cdot 2 + 12750 + 2500) = -12458,7 = 0$$

де $\gamma = f(k_1; k_2)$, k_1 - залежить від кількості змін і для підприємства, яке працює в три зміни $k_1 = 11$; k_2 - залежить від характеристики електричної мережі і для радіальної мережі рівний:

					ДП 2022					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір компенсуючих пристроїв					
Розробив		Таран М.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Ізволєнський І.							58	
Зав.кафедр.								ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5 -5ск		
Н. Контр.										
Затвердив		Балюта С.М								

$$k_2 = \frac{I_{\text{каб}} \cdot S_T}{F_{\text{каб}}}$$

$$k_2 = \frac{0,5 \cdot 1000}{50} = 10.$$

Отже $l = 0,5$ за номограммою на рис. 5.14 [1].

Сумарна розрахункова потужність низьковольтних конденсаторних установок:

$$Q_{\text{нк}} = Q_{\text{нк1}} + Q_{\text{нк2}} = 0+0 = 0 \text{ квар.}$$

Нормативна методика має суттєві недоліки [1]. Щоб компенсувати ці недоліки на шинах кожної ТП потрібно встановити конденсаторні установки такої потужності :

6хУКМ58-0,4-225-37,5УЗ, що має такі характеристики:

Тип конденсатора - КМПС2-0,4-12,5-3УЗ

Габарити а=740мм, в=430мм, с=1860мм

Кількість та потужність ступенів 6х37,5

На ТП № 5 та 6 встановлюємо КУ 3хУКМ58-0,4-268-67 УЗ, що має такі характеристики:

Тип конденсатора - КМПС2-0,4-12,5-3УЗ

Габарити а=730мм, в=440мм, с=1910мм

Кількість та потужність ступенів 4х67,

Фактична потужність низьковольтних конденсаторних установок:

$$Q_{\text{нкф}} = 6 \cdot 225 + 3 \cdot 268 = 2154 \text{ квар.}$$

Потужність високовольтних конденсаторних установок:

$$Q_{\text{вк}} = Q_p + Q_{\text{рвв}} + \sum \Delta Q_{\text{ТП}} - Q_{\text{ел}} - Q_{\text{СДном}} - Q_{\text{НКФ}} + 2 \cdot \Delta Q_{\text{ТПП}}$$

Втрати реактивної потужності в трансформаторах трансформаторної підстанції:

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$\sum_1^n \Delta Q_{ТПП} = n \cdot [\Delta Q_x + (\beta_T)^2 \cdot \Delta Q_k] = 9 \cdot [32 + 0.735^2 \cdot 55] = 555.4 \text{ квар,}$$

де $n = 5$ - кількість трансформаторів на трансформаторній підстанції;
 ΔQ_x та ΔQ_k — втрати реактивної потужності в трансформаторі при холостому ході та короткому замиканні;

$$\Delta Q_x = \frac{S_{ТРном} \cdot i_x}{100} = \frac{1000 \cdot 3.2}{100} = 32 \text{ квар,}$$

$$\Delta Q_k = \frac{S_{ТРном} \cdot u_k}{100} = \frac{1000 \cdot 5.5}{100} = 55 \text{ квар, } \beta_T = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{n \cdot S_{ном}^T} = \frac{\sqrt{5553^2 + 3609^2}}{9 \cdot 1000} = 0.735 -$$

коефіцієнт завантаження трансформатора.

Економічно обґрунтована величина Q , яку енергосистема може передати промислового підприємству у період максимуму:

$$Q_{e.1} = 722 \text{ квар;}$$

$$Q_{BK} = 3609 + 0 + 555.4 - 722 - 0 - 2154 + 483.4 = 1772 < 0 \text{ квар.}$$

Вибираємо 2 високовольтні конденсаторні установки УКЛ56-10.5- 900 УЗ

ТУ 647 РК-00213457.014-97

2х УКЛ56-10.5-900 УЗ, що має такі характеристики:

Габарити $a=4610\text{мм}, b=820\text{мм}, c=1600\text{мм}$.

Баланс реактивної потужності.

$B = 3609 + 0 + 555.4 - 722 - 0 - 2154 + 483.4 - 1800 = -28,2 < 0$ квар. Низьковольтна конденсаторна установка підключена через автоматичний вимикач АЗ715Б.

Нормативна методика має суттєві недоліки. Щоб компенсувати ці недоліки на шинах кожної ТП потрібно встановити наступні конденсаторні установки

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

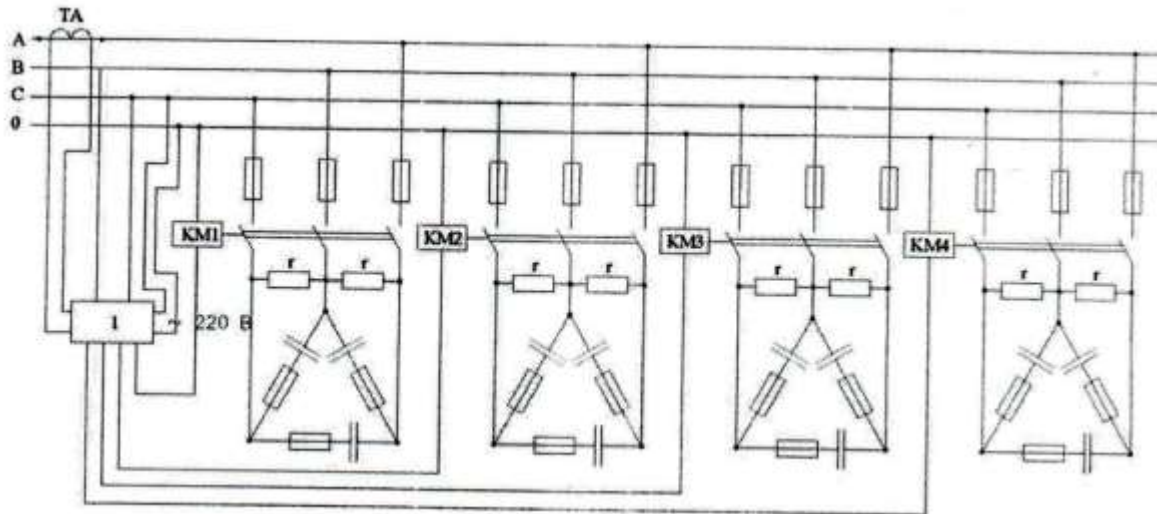


Рис. 11.1 Принципова схема конденсаторної установки
з регулятором потужності

1 - регулятор потужності

Конденсаторна установка має дискретне регулювання потужності

Регулятор обладнаний спеціальними гермованими реле, які є дуже надійними. Комутація секцій конденсаторної установки здійснюється контакторами КМ. Кожна секція захищена запобіжниками

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

12. Вибір високовольтного обладнання

Вибір високовольтного вимикача (елегазового) типу ВГБЭ-35-

12.5/630УХЛ1

Таблиця 12.1

$U_{НОМ} = 35 \text{ кВ}$	=	$U_{НОМ} = 35 \text{ кВ}$
$I_{НОМ} = 630 \text{ А}$	>	$I_{МАХ} = 94,2 \text{ А}$
$I_{НОМ.ВІДКЛ.} = 12,5 \text{ кА}$	>	$I_{0,0} = 1,98 \text{ кА}$
$I_{ДИН} = 12,5 \text{ кА}$	>	$I_{0,0} = 1,98 \text{ кА}$
$i_{ДИН} = 50 \text{ кА}$	>	$i_y = 4,51 \text{ кА}$

Вибираємо високовольтний роз'єднувач типу РНД3.2-35/1000У1

Таблиця 12.2

$U_{НОМ} = 35 \text{ кВ}$	=	$U_{НОМ} = 35 \text{ кВ}$
$I_{НОМ} = 1000 \text{ А}$	>	$I_{МАХ} = 94,2 \text{ А}$
$i_{ДИН} = 63 \text{ кА}$	>	$i_y = 4,51 \text{ кА}$
$I_T^2 \cdot T = 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	>	$B_K = 1,665 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір трансформаторів струму.

Трансформатор струму в приєднанні живлячих ліній.

Вибираємо трансформатор струму типу ТФЗМ-35А-У1:

$$I_{НОМ} = 100 \text{ А} = I_{МАХ} = 94,2 \text{ А};$$

$$U_M = 40,5 \text{ кВ} > U_H = 35 \text{ кВ};$$

$$K_T = 0,5; Z_{2НОМ} = 2 \text{ Ом}; I_2 = 5 \text{ А}.$$

Схему з'єднань трансформатора струму з вимірювальними приладами наведено на Рис. 12.1

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір високовольтного обладнання	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Таран М.						
Перевірив		Ізволєнський І.					62	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М						

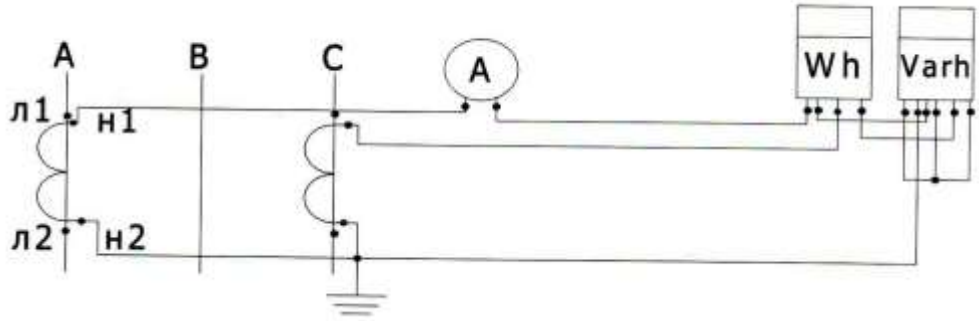


Рис. 12.1 Схема приєднання обладнання до трансформаторів струму.

Таблиця 12.3

Прилад	Тип приладу	A, В·А	B, В·А	C, В·А
A	Э351	0,5	-	-
Wh	И672М	2,0	-	2,0
Varh	И673А	2,5	-	2,5
Разом		5,0	-	4,5

По всім умовам проходять також електронні лічильники, сучасних умовах використовувати найдоцільніше.

Опір контактних з'єднань $Z_K = 0,1$ Ом.

Сумарний опір вторинного кола трансформатор струму:

$$Z_{\text{ПРИЛ}} = 5,0/25 = 0,2 \text{ Ом};$$

$$Z_{\text{ПР}} = \frac{\rho \cdot L}{F_{\text{МИН}}} = \frac{0,026 \cdot 10}{4} = 0,06 \text{ Ом};$$

$$Z_{\text{НАВ}} = Z_{\text{ПР}} + Z_K + Z_{\text{ПРИЛ}} = 0,06 + 0,1 + 0,2 = 0,36 \text{ Ом} < Z_{2\text{НОМ}} = 2 \text{ Ом}.$$

Трансформатор струму в приєднанні асинхронних двигунів, синхронних двигунів та трансформаторів трансформаторної підстанції розраховуються при однаковій умові підключення до трансформатора струму тільки амперметрів.

Для прикладу виберемо трансформатор струму в приєднанні трансформатора ТМЗ-1000/10.

Вибираємо ТЛК-10-1:

$$I_{НОМ}=100 \text{ A} > I_{МАХ}=77 \text{ A};$$

$$U_M=12 \text{ кВ} > U_H=10 \text{ кВ};$$

$$K_T=0,5; Z_{2НОМ}=0,4 \text{ Ом}; I_2=5 \text{ A}.$$

Таблиця 12.4

Прилад	Тип приладу	A, В·А	B, В·А	C, В·А
A	Э351	-	0,5	-
Разом	-	-	0,5	-

Опір контактних з'єднань $Z_K=0,05 \text{ Ом}$.

Сумарний опір вторинного кола трансформатора струму:

$$Z_{ПРИЛ}=0,5/25=0,02 \text{ Ом};$$

$$Z_{ПР} = \frac{\rho \cdot L}{F_{MIN}} = \frac{0,028 \cdot 10}{4} = 0,06 \text{ Ом};$$

$$Z_{НАВ}=Z_{ПР}+Z_K+Z_{ПРИЛ}=0,02+0,05+0,06=0,13 \text{ Ом} < Z_{2НОМ} = 0,4 \text{ Ом}.$$

Вибір трансформатора напруги.

Згідно з даними табл.4.1 [2], на розподільчому пристрої високої напруги встановлюються прилади з наступними навантаженнями паралельних котушок:

Вибір трансформатора напруги на вводі:

Таблиця 12.5

Найменування приєднання	Прилад	Тип приладу	Потужн. котушки приладу	К-сть котушок	cos φ	К-сть приладів	P, Вт	Q, вар
Лінія 35 кВ	Амперметр Лічильник акт.енергії Лічильник реакт.енергії	Э 351	0,5	1	1	1	0,5	-
		И672М	8	2	0,25	1	4	15,5
		И673М	8	2	0,25	1	4	15,5
Збірні шини	Вольтметр	Э 378	2	1	1	1	2	-
Σ							10,5	31

$$S_p = \sqrt{10,5^2 + 31^2} = 32,73 \text{ В}\cdot\text{А.}$$

За табл.5.13[1] вибираємо трансформатор напруги марки ЗхЗНОМ- 35-65У1 : $S_{НОМ}=150\text{В}\cdot\text{А}$, класом точності 0,5.

Вибір трансформатора напруги на низькій стороні:

Таблиця 12.6

Найменування приєднання	Прилад	Тип приладу	Потужн. котушки приладу	К-сть котушок	cos φ	К-сть приладів	P,Вт	Q,вар
Збірні шини	V	Э351	2	1	1	1	2	-
Лінія 10 кВ	Wh	И672М	8	2	0,25	8	4	15,5
	Varh	И673М	8	2	0,25	8	4	15,5
Трансформатор власних потреб	Wh	И672М	8	2	0,25	1	4	15,5
Σ							14	46,5

Сумарна потужність:

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S_p = \sqrt{14^2 + 46,5^2} = 48,7 \text{ В}\cdot\text{А.}$$

За табл.5.13 [1] вибираємо трансформатор напруги марки ЗхЗНОСЛТ - 10УЗ, $S_{НОМ}=75 \text{ В}\cdot\text{А}$, $S_{маx} = 640\text{В}\cdot\text{А}$.

Для з'єднання трансформаторів напруги з приладами приймаємо контрольний кабель АКРВГ перерізом жил $2,5 \text{ мм}^2$ за умовою механічної стійкості.

Вибираємо обмежувач перенапруги ОПН-КР/ТЕЛ-10/12,5 та запобіжник типу ПКТ-101-10-2-31,5УЗ за такими умовами:

Таблиця 12.7

$U_{ЗАП} = 10 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$
$I_{НОМ.ЗАП} = 2\text{А}$	$I_{НОМ} = S_{маx} / \sqrt{3} \cdot U_{НОМ} = (640 / \sqrt{3} \cdot 10) \cdot 10^{-3} = 0,036\text{А}$
$I_{НОМ.ВІДКЛ.} = 31,5 \text{ кА}$	$I_{к.з} = 2,127\text{кА}$

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

В приєднанні трансформаторів трансформаторної підстанції вибираємо високовольтний вакуумний вимикач типу VD -4:

Таблиця 12.8

$U_{НОМ\text{ вв}} = 10 \text{ кВ}$	=	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$
$I_{НОМ} = 630 \text{ А}$	>	$I_{МАХ} = 77 \text{ А}$
$I_{НОМ\text{ відкл}} = 16 \text{ кА}$	>	$I_{0,0} = 1,985 \text{ кА}$
$\sqrt{2} I_{НОМ\text{ відкол}} (1 + \beta_H / 100) = \sqrt{2} \cdot 20 (1 + 2,5 / 100) = 35,4$	>	$\sqrt{2} I_{0,0} + i_a = 2,858 \text{ кА}$
$I_T^2 \cdot T = 40^2 \cdot 3 = 4800 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	>	$B_K = 1 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вибір трансформатора власних потреб.

Таблиця 12.9

№	Найменування	Встановлена потужність			cosφ	Навантаження	
		одного	кільк.	всього, кВА		P, кВт	Q, кВар
1	Підігрів шаф КРП	1	24	24	1	16	-
2	Опалення та освітлення	6	1	6	1	6	-
3	Зовнішнє освітлення	2	1	2	1	2	-
4	Навантаження оперативних кіл	2	1	2	1	2	-
5	Разом					26	0

Система оперативного струму - змінний струм.

Розрахункова потужність трансформатора :

$$S_{РОЗР} = K_C \cdot \sqrt{P^2 + Q^2} = 0,85 \cdot \sqrt{26^2 + 0^2} = 22,1 \text{ кВА};$$

$$S_{РОЗР.ТР} = S_{РОЗР} / K_{2\text{доп}} = 28,9 / 1,4 = 16 \text{ кВА};$$

$$S_{НОМТР} = 25 \text{ кВА} > S_{РОЗР.ТР} = 16 \text{ кВА}.$$

Отже, беремо два трансформатори типу ТМ-25/10 з $S_{НОМТР} = 25 \text{ кВА}$.

Вибираємо вимикач навантаження ВНПу-10/400 запобіжник типу ПКТ-101-10-2-31,5УЗ за такими умовами:

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Таблиця 12.10

$U_{ЗАП} = 10 \text{ кВ}$	=	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ}$
$I_{НОМ.ЗАП} = 2 \text{ А}$	>	$I_{НОМ} = 1,44 \text{ А}$
$I_{НОМ.ВІДКЛ.} = 31,5 \text{ кА}$	>	$I_{кз} = 4,5 \text{ кА}$

В приєднанні трансформатора трансформаторної підстанції на стороні низької напруги вибираємо автоматичний вимикач типу ВА55-41

Таблиця 12.11.

$U_{АВ} = 0,4 \text{ кВ}$		$U_{НОМ} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{НОМ.РОЗЧ} = 63 \text{ А}$		$I_{НОМ.ТП} = 924 \text{ А}$
$I_{АВ.НОМ} = 10 \text{ кА}$		$I_{НОМ.РОЗЧ} = 6,16 \text{ кА}$

Вибір комплектної трансформаторної підстанції

Вибираємо 2хКТПА-1000/10/0,4.

Технічні дані КТПА.

Потужність силового трансформатора ТМЗ - 1000 кВА.

Номинальна напруга, кВ: ВН-10 , НН-0,4.

Струм змінний трифазний. Частота 50 Гц.

Струм і номінальна напруга допоміжних ланцюгів - постійний, 220В.

Струм електродинамічної стійкості: на боці ВН - 15 кА; на боці НН – 25 кА

Опір ізоляції ланцюгів: ПВН - 1000 МОм; РП НН - 1 МОм.

Номинальний струм збірних шин: ВН - 400 А; НН - 910 А.

Струм запобіжника ВВП для напруги 10 кВ - 80 А.

Втрати потужності – $2 * 8,85 = 17,7 \text{ кВт}$.

У склад КТПА входить:

пристрій вводу з боку ВН (ПВН);

два силових трансформатори;

розподільчий пристрій з боку НН (РП НН).

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Опис пристрою вводу з боку ВН (ПВН).

ПВН являє собою шафу глухого виду (типу ВВ-1) або шафу з вимикачем навантаження і запобіжником типу ШВВ. ШВВ - металічна шафа з вимикачем навантаження ВВП 10/630.

В КТПА застосовуються двообмоткові силові трансформатори типу ТМЗ - 1000/10.

РП НН складається з:

шаф вводу низької напруги (ШВ);

шаф ліній, що відходять (ШЛ);

шаф аварійного вводу від генератора (ШВА);

шафи секційної (ШС);

шинопроводи;

шафи обліку.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

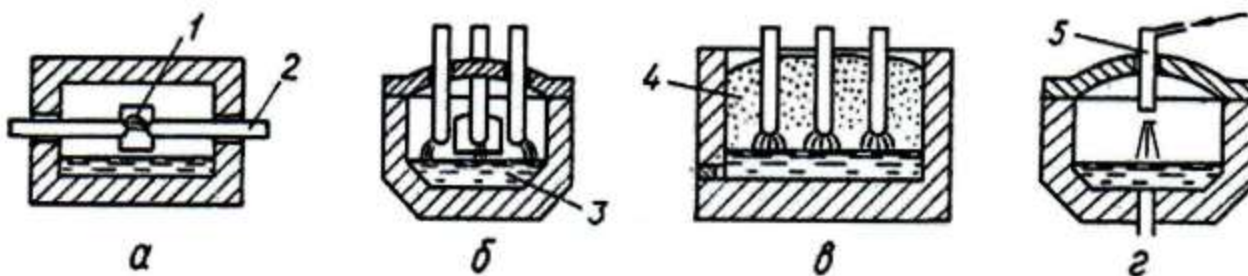
13. Управління печі постійного струму

13.1. Сутність процесу плавки в дугових печах

Сутність процесу плавки в дугових печах полягає в тому, що якщо звести до зіткнення два вугільні електроди, з'єднаних із джерелом електроживлення, а потім розвести їх на деяку відстань, то між ними виникає безперервний розряд - електрична дуга.

Цей процес супроводжується виділенням великої кількості тепла й сліпучим яскравим світлом.

Залежно від способу передачі тепла від дуги до металу печі бувають непрямого, прямого, змішаного й плазмового нагріву (див. рис. 13.1).



а - непрямого нагріву; б - прямого нагріву; в - змішаного нагріву
г - плазмового нагріву

Рис. 13.1 — Схеми дугових електропечей

При непрямому нагріві (див. рис. 1, а) електричні дуги 1 горять між електродами 2 на деякій відстані від металу, а при прямому (див. рис. 1,б)- між електродами 5 й нагріваємым металом, що є однією з ділянок електричного ланцюга. Для виробництва сталі в промислових умовах використовують переважно печі прямого нагріву.

У печах змішаного нагріву (див. рис. 1, в) дуги горять під шаром твердої

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Таран М.				Спецпитання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив	Ізволєнський І.						69	
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив	Балюта С.М					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5-5ск		

шихти 4, що оточує електроди. Шихта нагрівається теплом, що виділяється в дузі й безпосередньо в самій шихті при проходженні через неї електричного струму. Застосовуються такі печі головним чином для виробництва феросплавів і чавуну.

В установках плазмового нагріву (див. рис. 13.1, г) тепло переноситься іонізованим потоком газу (аргон), який подається під тиском у плазмотрон 5. У цьому випадку можливість нагріву металу до 20000°C. Плазмові печі використовують для виплавки спеціальних сталей, сплавів і чистих металів.

Основні параметри електросталеплавильних печей :

параметри	одиниці виміру	ДСП-12	ДСП-25	ДСП-50	ДСП-100	ДСП-200
1. Номінальна потужність пічного трансформатора	МВ•А	8,0	12,5	20,0	32,0	50,0
2. Діаметр ванни на рівні порога	м	3,4	4,0	5,1	5,16	6,96
3. Глибина ванни від рівня порога	м	0,55	0,775	0,955	1,08	1,48
4. Діаметр електрода	м	0,35	0,40	0,50	0,55	0,61
5. Хід електрода	м	2,2	2,6	3,5	3,6	
6. Питома витрата електроенергії на розплавлювання 1 т шихти	кВт•год	470	460	440	415	400

Дугові печі по способу відкривання печі для завантаження ділять на три типи (дивись рис. 2).

Печі, у яких при завантаженні шихти, склепіння підвішене до моста (порталу), піднімається й з-під нього викочується корпус печі, відносять до печей з корпусом, що викочується (див. рис. 2, а).

Печі, у яких склепіння піднімається над піччю й разом з мостом (порталом) від'їжджає убік завантажувального вікна або зливного отвору, відносять до печей з від'їжджаючим порталом (див. рис. 2, б).

Печі, у яких склепіння піднімається над піччю, а опорна колона зі склепінням і стояками повертається навколо осі на 60о- 90о і відкриває робочий простір печі, відносять до печей зі склепінням, що відвертається (див. рис. 2, в).

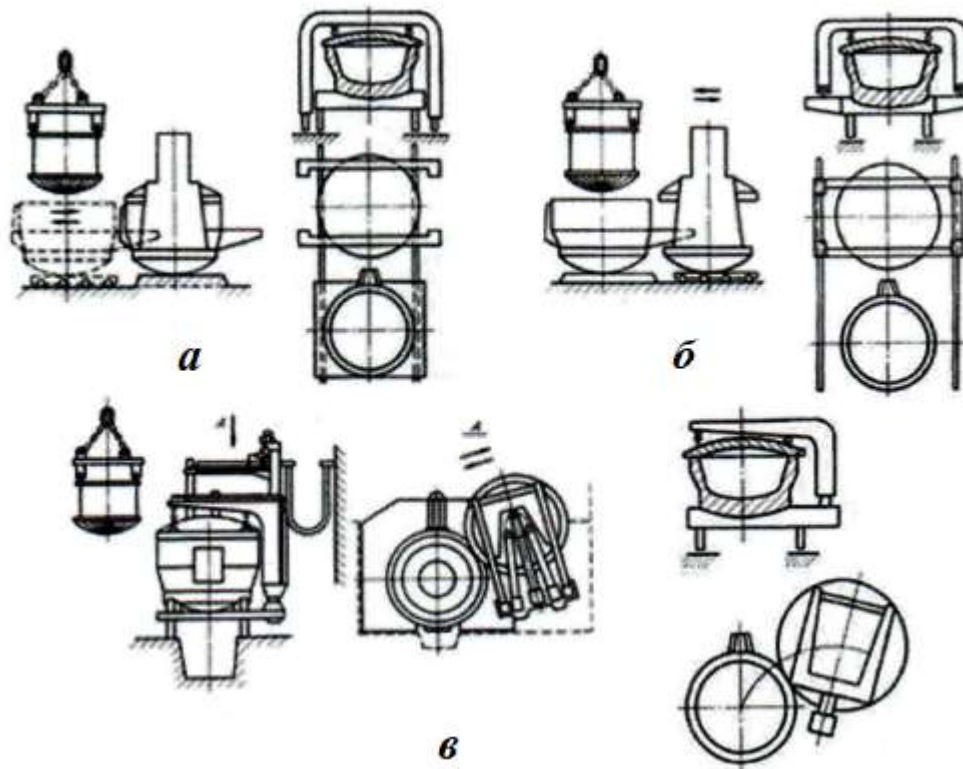


Рис. 2 — Схеми завантаження дугових печей зверху.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

13.2. Елементи електрообладнання дугових печей

Електричні печі - потужні споживачі енергії. Робоча напруга печі складає 100 - 800 У, а сила струму може вимірятися десятками тисяч ампер. До підстанції електросталеплавильного цеху електроенергія подається напругою до 110 кв. Висока напруга живить первинні обмотки пічних трансформаторів.

При наявності в цеху однієї або двох електропечей все електричне обладнання розміщують поблизу печей, а живлення подається високовольтним кабелем.

У цеху з декількома печами безпосередньо біля них розміщують тільки трансформатори й пульти управління, а всю високовольтну апаратуру виносять в окрему будівлю - так званий високовольтний розподільний пристрій. Від розподільного пристрою до трансформатора струм подається підземним високовольтним кабелем.

Основними елементами електрообладнання електропічної установки є роз'єднувач, головний автоматичний вимикач, дросель, перемикач щаблів напруги, пічний трансформатор, коротка мережа, захисні пристрої, вимірювальні прилади, автоматика.

Роз'єднувач служить для відключення електропічної установки, на лінії якої мають бути проведені ремонтні роботи, і для створення видимого розриву ланцюга. Включають і відключають повітряний роз'єднувач при знятому навантаженні.

Головний автоматичний вимикач призначений для відключення під навантаженням електричного ланцюга, по якій протікає струм високої напруги. На діючих електропечах застосовують масляні вимикачі, у яких електрична дуга, що виникає при відключенні вимикача під навантаженням, гаситься маслом. Масляні вимикачі автоматично відключають електропіч, коли сила струму

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

перевищує встановлену, наприклад у моменти коротких замикань, при обвалі шихти в процесі плавлення, коли електрод безпосередньо стикається з металом.

Дросель служить для збільшення стабільності процесу горіння електричних дуг, що досягає введенням у ланцюг додаткового індуктивного опору, і обмеження поштовхів струму при коротких замиканнях. Дросель включається послідовно на стороні високої напруги перед пічним трансформатором.

Перемикач щаблів напруги служить для регулювання потужності, що віддає трансформатором у періоди плавлення, легування й доведення сталі. Максимальну потужність необхідно підводити в період розплавлювання твердої шихти й меншу - у період легування.

Пічний трансформатор служить для перетворення електроенергії високої напруги в енергію низької напруги. Пічний трансформатор встановлюють в окремому приміщенні якнайближче до печі, щоб скоротити витрату міді на шини й зменшити активний і індуктивний опір короткої мережі.

Короткою мережею називають струмопідвід від виводів вторинної напруги пічного трансформатора до електродів. Коротку мережу поділяють на три частини: шини від вторинних виводів пічного трансформатора до виводів за стіну трансформаторного приміщення, гнучкий кабель до рукава електродотримача, шини або водоохолоджуємі труби над рукавом. Гнучка ділянка необхідна, тому що піч повинна нахилитися, а електроди переміщатися нагору або вниз.

Ділянка над рукавом виконують із мідних шин товщиною 10-12 мм або товстостінних водоохолоджуємих мідних труб. На всьому протязі короткої мережі струмопідвід надійно ізолюється від металевих конструкцій печі.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Дугові печі обладнуються системами автоматичного регулювання положення електродів.

Автоматичний регулятор встановлюють для кожного електрода, що забезпечує погоджену роботу всіх трьох електродів. Регулятор складається із двигуна постійного струму, що здійснює через редуктор підйом і опускання електрода, і безпосередньо регулятора, що реагує на зміну електричного режиму в печі й відповідно чому включає електродвигун на підйом або опускання електрода.

Дугові електропечі обладнають також автоматичним захистом від аварій і порушень нормального електричного режиму.

Автоматичний захист здійснюється вмиканням у ланцюг захисних реле (реле максимального струму, реле мінімальної напруги, реле максимальної напруги).

Дуже часто при роботі електропечі відбуваються замикання у зв'язку із зіткненням електродів із шихтою.

Подібні замикання ліквідуються автоматичними регуляторами, що піднімають електроди. Захисна апаратура вимикає піч тільки при тривалому замиканні, наприклад коли шматок шихти потрапив між електродами.

13.3. Конструкція електропечі ДСП -100

Електропіч (див. рис. 25) обслуговують такі основні механізми: переміщення електродів, затиску електродів, підйому склепіння, повороту порталу, нахилу корпусу й повороту печі. Є також допоміжні механізми для відкривання заслінок робочих вікон і ін.

Корпус 4 печі встановлена на роликах у люльці 2, що спирається своїми сегментами 20 на фундаментні балки 21. При зливі металу й скачуванні шлаків піч нахиляють двома рейковими механізмами з електроприводами 1 і 16.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Завантаження печі проводять зверху завантажувальною баддею (кошиком) 7, встановленою над піччю.

Для завалки шихти склепіння 6 піднімають механізмом 14 і відводять убік порталом 12 за допомогою механізму повороту склепіння (порталу) 19. Опора 15 порталу закріплена в люльці 2. Для повороту корпусу на деякий кут в обидва боки від початкового положення служить механізм повороту 3. Електрод 8 закріплюють на кінцях електродотримача 10 механізмом затиску 9; каретки електродотримачів переміщуються по колонах 11. Електроди є основним елементом печі, по яких проходить великий струм електричної дуги, що утвориться між ними й металевою шихтою в печі. Матеріал електродів - графіт, діаметр електрода - 550 мм.

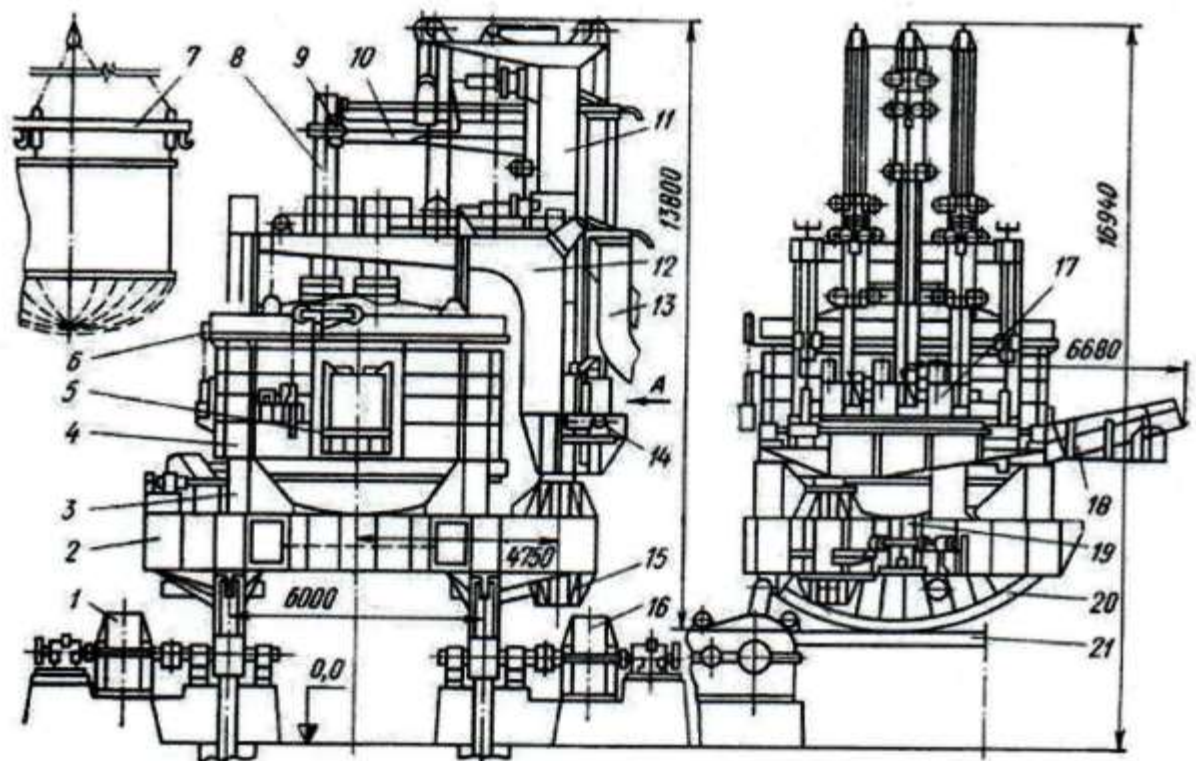
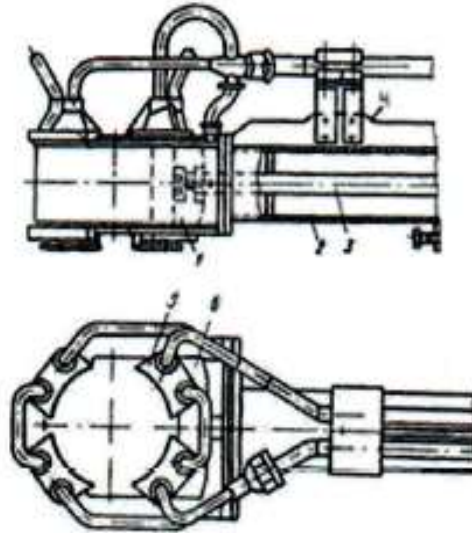


Рис. 13.2. Дугова електропіч ємністю 100 т

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Струм підводиться до печі від трансформатора гнучкими шинами 13. Струм до електродів підводить за допомогою кабелів або мідних труб через спеціальні щоки, що стикаються з бічною стінкою електрода (див. рис. 13.3.)



1- головка; 2- корпус пневмоциліндра; 3- шток;
4- опора; 5- щока; 6- рухлива плита.

Рис. 13.3 - Фрагмент електродотримача

Для кожного електрода (див. рис. 13.3) передбачений свій незалежний механізм переміщення 17, розташований на майданчику порталу. Рідкий метал зливають через носок 18 у сталеливарний ківш.

Заправлення подини, скачування шлаків, завантаження феросплавів, шлакоутворюючих і легуючих елементів виконують через робоче вікно 5, яке оснащено заслінкою з механізмом підйому. У середній частині люльки розміщений пристрій для електромагнітного перемішування металу у ванні.

Опорно - поворотна частина електропечі (див. рис. 13.4) складається з люльки 1 із двома опорними сегментами 8 і фундаментних балок 9.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

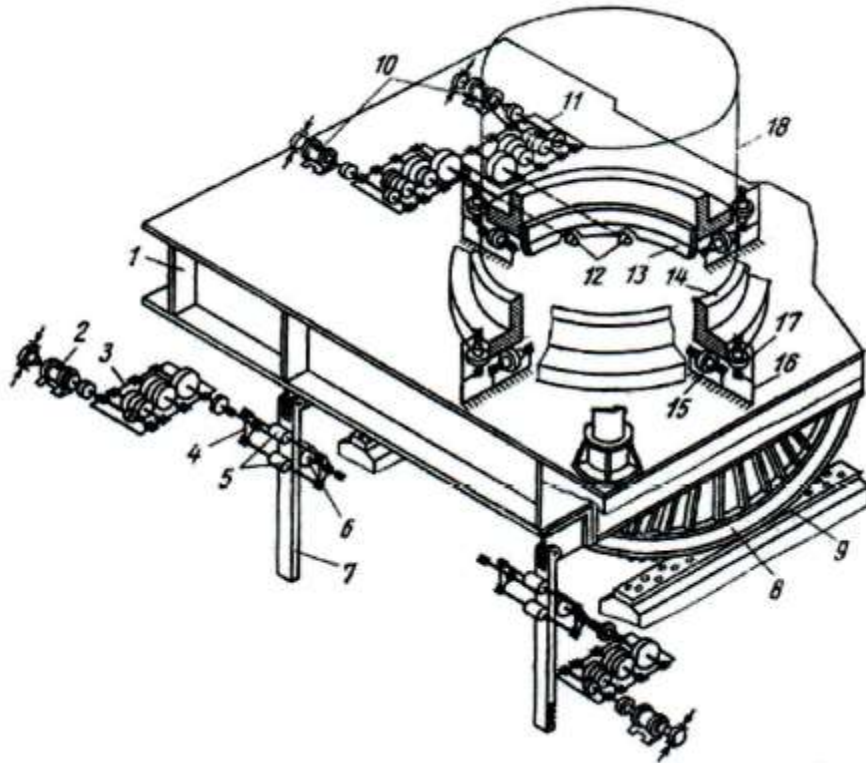


Рис. 13.4. Кінематична схема механізмів нахилу й повороту корпусу електропечі

При нахилі люлька й піч отримують, крім обертового руху, також поступальний в результаті кочення сегментів без ковзання по балках. Для попередження прослизання люльки на опорних поверхнях сегментів у шаховому порядку закріплені шипи, а у фундаментних балках висвердлені відповідні отвори.

Рейки 7 шарнірно приєднані до люльки, також роблять складний рух: поступальне від привідних шестірень 6 і коливальний навколо осі цих шестірень у результаті переміщення колиски. Можливість обкатування рейками шестірень досягається встановленням хитних обойм 4 з обмежувальними роликками 5, що забезпечують правильність зачеплення рейкової пари.

У механізмі нахилу печі передбачені два незалежних електроприводи для кожної із зубчастих рейок. Таке конструктивне

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

вдалим, тому що при виході з ладу одного із приводів піч можна нахилити іншим на зниженій швидкості.

Крім того, не потрібен вал, що з'єднує рейкові пари, що полегшує вивід з - під печі шлакового візка. У механізмі нахилу два електродвигуни 2 ($M = 30$ кВт, $n = 570$ об/хв.) і редуктори 3 з передаточним числом 227.

Поступальна швидкість переміщення рейок 3 м/хв. Кут нахилу печі убік носка при зливі металу 45° , кут повороту убік робочого вікна при скачуванні шлаків 15° . Зупинка механізму в крайніх положеннях здійснюється командоапаратами, розміщеними на вихідних валах редукторів.

Після проплавлення перших колодязів у шихті електроди піднімають у крайнє верхнє положення, повертають корпус на певний кут, електроди опускають і проплавляють такі колодязі.

Опорно-поворотна частина печі влаштована в такий спосіб. Корпус печі 18 своїм кільцем 14 опирається на ролики 15. Осьовий зсув корпусу попереджається упорними роликами 17. Опорні й упорні ролики попарно розташовані в чотирьох тумбах 16, закріплених на колісці 1.

Поворот корпусу здійснюється конічним зубчатим сектором 13, прикріпленим до кожуха печі. Здвоєний привід складається із двох електродвигунів 10 ($N = 7,5$ кВт, $n = 700$ об/хв) і двох триступінчастих редукторів 11 ($i = 296,3$). На вихідні вали редукторів посаджені конічні шестірні 12, що перебувають у зачепленні із сектором.

Схематичне зображення опори корпусу на люльку наведено на рисунку 6.

До нижньої частини кожуха 1 прикріплена кільцева рейка 5, що опирається на опорні ролики 3 і упорні ролики 4, закріплені в тумбі 2. Упорні ролики 4 запобігають горизонтальному зсуву корпусу.

					ДП 2022	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При обертанні печі щодо нормального положення навколо вертикальної осі на 40° в одну й іншу сторони, кільцева рейка 5 котиться по опорних роликах 3. Обертання забезпечується приводом 10

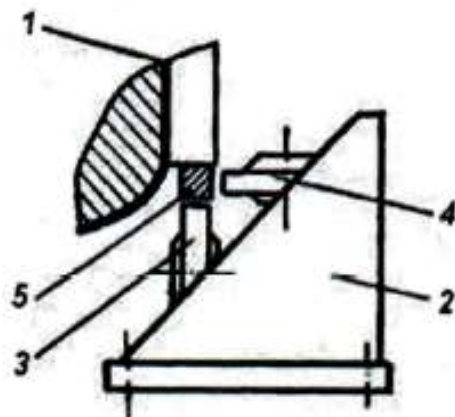


Рис. 13.5. Схема опори корпусу печі на люльку

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

14. Охорона праці

1. Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Конденсаторної установкою називається електроустановка, що складається з конденсаторів та електронного регулятора, і має в складі допоміжне електроустаткування (вимикачі, роз'єднувач, розрядні резистори, пристрої регулювання, захисту та ін.) та ошиновку. Встановлюємо їх в підстанції на стороні 0.4 кВ в зв'язку з простотою монтажу і нечастою необхідністю обслуговувати.

Конденсаторні установки можуть приєднуватися до мережі через окремий вимикач, призначений для включення і відключення тільки конденсаторів, або через загальний вимикач з силовим трансформатором, асинхронним електродвигуном або іншим електроприймачем. Ці установки призначено для компенсації реактивної потужності, що виробляється споживачами, можуть застосовуватися при будь-якій потужності конденсаторної установки. Конденсаторні установки із загальною масою масла понад 600 кг в кожній повинні бути розташовані в окремому приміщенні, що відповідає вимогам вогнестійкості.

В одній шафі з конденсаторами допускається установка належних до них розрядних резисторів, роз'єднувачів, вимикачів навантаження, малооб'ємних вимикачів і вимірювальних трансформаторів.

На конденсаторних установках повинно передбачати пристосування для заземлення несучих металевих конструкцій, які можуть перебувати під напругою при роботі установки.

При поділі конденсаторної батареї на частини рекомендується розташовувати їх таким чином, щоб була забезпечена безпека робіт на кожній з частин при включених інших.

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Таран М.С.</i>			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		<i>Сірик А.О.</i>					80	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5- 5ск		
Н. Контр.		<i>Ізволеньський І.</i>						
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

Конденсаторні установки є приладами спеціального призначення, тому обслуговуючий персонал повинен мати групу допуску до електротехнічних робіт не нижче III . Обслуговування установок виконується при повному відключенні від живлячої мережі.

2. Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Вплив шляху протікання струму на наслідок ураження людини. Тяжкість електротравми визначається впливом факторів:

- електричного характеру — величина напруги, сила струму, вид струму (постійний чи змінний), частота при змінному струмі;
- неелектричного характеру — тривалість дії електроструму;
- навколишнього середовища — температура, тиск, вологість повітря;
- шляху протікання струму через тіло людини.

У разі ураження людини електричним струмом основним уражуючим фактором є сила струму, що проходить через тіло людини. При цьому ступінь негативного впливу на організм людини збільшується із зростанням струму. За характером дії струм оцінюють так, як наведено в табл. 14.1.

На основі даних наведених в цій таблиці можна виокремити декілька характерних видів струму.

Відчутний струм — малий струм, який людина починає відчувати: в середньому близько 1,1 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і близько 6 мА при постійному струмі. Ця дія обмежується при змінному струмі слабким свербіжем і легким пощипуванням (поколюванням), а при постійному струмі — відчуттям нагріву шкіри на ділянці, що доторкується до струмовідних частин.

Невідпускаючий струм — струм, що викликає в разі проходження через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник, а його найменше значення називається пороговим невідпускаючим

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

струмом. При змінному струмі (50 Гц) величина цього струму перебуває в межах 20—25 А, При постійному струмі невідпускаючих струмів, власне кажучи, немає,

Таблиця 14.1. Характер впливу електричного струму на організм людини

Струм, мА	Характер дії	
	Змінний струм	Постійний струм
0,6—1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
2—3	Сильне тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
5—7	Судороги в руках.	Свербіння. Відчуття нагріву.
8—10	Руки з зусиллям, але ще можна відірвати від електродів, сильний біль у пальцях і кистях рук.	Підсилений нагрів.
20—25	Параліч рук, відірвати їх від електрода неможливо. Дуже сильний біль. Дихання затруднене.	Надто сильний нагрів. Незначне скорочення м'язів рук.
50—80	Зупинка дихання. Початок фібриляції.	Скорочення м'язів. Судороги, затруднене дихання.

оскільки при певних значеннях струму людина може самостійно розтиснути руку, в якій затиснутий провідник, і таким чином відірватися від струмовідної частини. Однак в момент відриву виникають болісні скорочення м'язів, аналогічні за характером і больовим відчуттям тим, які спостерігаються при змінному струмі. Сила струму становить приблизно 50—80 мА..

Цей струм і прийнято умовно за поріг невідпускаючих струмів при постійній напрузі.

Фібриляційний струм. Змінний (50 Гц) струм 50 мА і більше, проходячи через тіло людини по шляху "рука — рука" або "рука — ноги", діє як подразник на м'язи серця, що розташовані глибоко в грудях. Це небезпечно для життя людини, оскільки через 1—3 с з моменту замикання кола через людину може настати фібриляція або зупинка серця. При цьому припиняється кровообіг і, відповідно, в організмі виникає нестача кисню; це, в свою чергу, швидко призводить до припинення дихання, тобто настає смерть.

Електричний струм, який викликає фібриляцію серця, називається фібриляційним струмом, а найменше його значення — пороговим фібриляційним струмом.

За частоти 50 Гц фібриляційними є струми в межах від 50 мА до 5 А, а середнє значення порогового фібриляційного струму — близько 100 мА. При постійному струмі середнім значенням порогового фібриляційного струму можна вважати 300 мА, а верхнім 5 А.

Струм понад 5 А, як постійний, так і змінний, викликає раптову зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Водночас із зупинкою серця виникає і параліч дихання, причому після швидкого відключення струму дихання, як правило, самостійно не відновлюється.

Безпечним струмом можна вважати такий струм, який протягом тривалого часу (декілька годин) може проходити через людину, не завдаючи їй шкоди і не викликаючи ніяких відчуттів, і який набагато менший порогового відчутного струму. Точні значення безпечного струму не встановлені, але для практичних цілей його найбільше значення можна, певно, вважати рівним 50—75 мкА при змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і 100—125 мкА — при постійному струмі.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Із порівняння значень порогових струмів, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що постійний струм менш небезпечний (в 4—5 разів), ніж змінний. Але все це справедливо лише для відносно невисоких напруг — до 250—300 В. За більш високих напруг небезпека ураження постійним струмом зростає. Вважається, що за напруги 500 В їх дія вирівнюється, а в разі більш високих напруг постійний струм стає більш небезпечним, ніж змінний частотою 50 Гц.

Дія на людину змінного струму залежить від його частоти. Через наявність в опорі тіла людини ємнісної складової збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла і збільшенням струму, який проходить через людину, що, в свою чергу, підвищує небезпеку ураження. Здавалося б, що в разі збільшення частоти ця небезпека має підвищуватися, але насправді виявилось, що це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц. Подальше підвищення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через тіло людини, супроводжується зниженням небезпеки ураження, яка зникає при частоті 450—500 кГц. Правда, ці струми зберігають небезпеку опіків як у разі виникнення електричної дуги, так і в разі проходження їх безпосередньо через людину.

Електрична напруга також впливає на наслідок ураження людини, але лише тією мірою, в якій її величина визначає силу струму, що проходить через тіло людини. Із зростанням напруги, прикладеної до тіла людини, опір шкіри зменшується в десятки разів, відповідно зменшується і опір тіла в цілому; він наближається до опору внутрішніх органів тканин тіла, тобто до свого найменшого значення (300—500 Ом). Пробій рогового шару шкіри відбувається за напруги 50—200 В.

Суттєвим для наслідків ураження є шлях проходження струму. Так, якщо на шляху струму опиняються життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження дуже висока, оскільки струм безпосередньо діє на ці органи.

					ДП 2022	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його дія на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. Можливих шляхів проходження струму в тілі людини дуже багато, але характерними, які частіше зустрічаються на практиці, є не більше як 15 петель. Найбільш поширені з них — "рука — рука", "права рука — ноги", "ліва рука — ноги". Найбільш небезпечними є петлі "голова — руки" та "голова — ноги", коли струм може проходити через головний і спинний мозок. Але ці петлі на практиці виникають відносно рідко. Наступний по небезпеці шлях — "права рука — ноги", який по частоті утворення займає друге місце. Найменш небезпечний шлях — "нога — нога", який виникає під час дії на людину так званої напруги кроку. Напруга кроку навіть відносно невеликих значень (50—80 В) викликає мимовільні судорожні скорочення м'язів ніг і як наслідок — падіння людини на землю. В цей момент припиняється вплив на людину напруги кроку і виникає більш тяжка ситуація: замість нижньої петлі в тілі людини утворюється новий більш небезпечний шлях, як правило, від рук до ніг. Тяжкість електротравми залежить також від температури, вологості і тиску повітря. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується. Опір цілком здорових і фізично міцних людей в багато разів перевищує розрахункове значення.

3. Практичне завдання

Людина доторкнулась до фази трифазної трипровідної мережі з ізольованою нейтраллю. Накреслити схему і визначити напругу дотику $U_{\text{дот}}$ та струм, що проходить через людину - $I_{\text{дот}}$, для двох режимів роботи електроустановки – нормального та аварійного.

					ДП 2022	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Таблиця 14.2

Варіант	R_L , Ом	R_0 , Ом	Нормальний режим		Аварійний режим		
			1 випадок : $C_A = C_B = C_C = 0$ $R_A = R_B = R_C = R$	2 випадок : $R_A = R_B = R_C = \infty$; $C_A = C_B = C_C = C$	R , кОм	C , мкФ	$R_{зам}$, Ом
6	700	2	1; 3; 8; 25; 50; 80 (кОм)	0,02; 0,06; 0,11 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,4 (мкФ)	15	0,04	150; 70; 10 ; 1 ;

1) При рівності активних опорів і відсутності ємностей, тобто $R_A = R_B = R_C = R$ та $C_A = C_B = C_C = 0$, струм через людину визначається за формулою:

$$I_L = \frac{U_\phi}{R_L + \frac{R}{3}}$$

Знаходимо струм (I_L), що проходить через людину у нормальному режимі при $R = 1000$ Ом ; $U_{дот} = 220$ В; $R_L = 700$ Ом :

$$I_L = \frac{220}{700 + \frac{1000}{3}} = 0,213 \text{ А} = 213 \text{ мА} ;$$

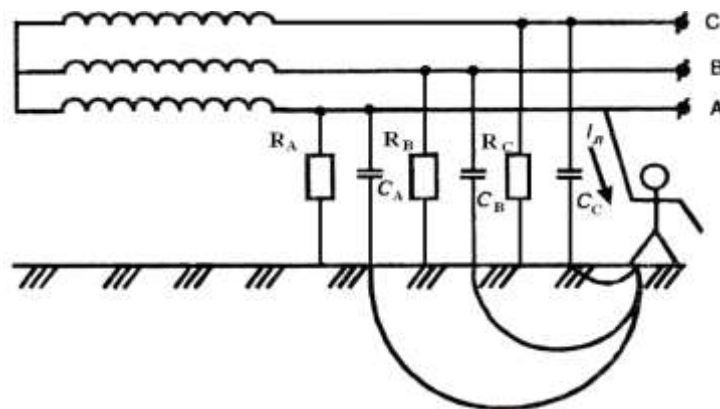


Рис. 14.1. Однофазний дотик людини до проводу 3-фазної мережі з ізолюваною нейтраллю (нормальний режим)

Результати параметрів струму (I_L) для інших значень R зведено до наступної таблиці 14.3.

Якщо лінія має ємнісний опір (наприклад, кабельна) то потрібно визначити ємнісний опір відносно землі :

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Для нашого випадку, коли $C = 0,02$ мкФ :

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,02 \cdot 10^{-6}} = 159 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

У цьому випадку струм через людину дорівнюватиме :

$$I_L = \frac{U_\phi}{\sqrt{R_L^2 + \left(\frac{X_c}{3}\right)^2}}$$

А саме :

$$I_L = \frac{220}{\sqrt{700^2 + \left(\frac{159 \cdot 10^3}{3}\right)^2}} = 0,0041 \text{ А.}$$

Так само знаходимо I_L для інших заданих значень R та C та зводимо їх до таблиці 14.3.

Таблиця 14.3

R	1000	3000	8000	25000	50000	80000
I_L	0,213	0,129	0,065	0,024	0,013	0,008
C	0,02	0,06	0,11	0,4	0,8	1,4
X_c	$159 \cdot 10^3$	$50,0 \cdot 10^3$	$28,6 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$
I_L (ємн)	0,0041	0,013	0,18	0,2	0,21	0,213

У мережах з ізольованою нейтраллю небезпека для людини, яка доторкнулася до одного із фазних проводів в період нормальної роботи мережі,

залежить від опору проводів відносно землі, при збільшенні опору небезпека зменшується.

Так, напруга дотику при $R = 1000$ Ом визначається :

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + \frac{R}{3}} = 220 \cdot \frac{700}{700 + \frac{1000}{3}} = 149 \text{ В.}$$

Якщо лінія матиме ємність C (у нашому завданні $0,02$ мкФ), отримаємо :

$$U_{\text{дот}} = \frac{U_{\phi} \cdot R_{\text{л}}}{\sqrt{R_{\text{л}}^2 + \left(\frac{XC}{3}\right)^2}} = \frac{220 \cdot 700}{\sqrt{700^2 + \left(\frac{159 \cdot 10^3}{3}\right)^2}} = 2,9 \text{ В.}$$

Так само знаходимо $I_{\text{л}}$ та $U_{\text{дот}}$ для інших заданих значень R та C

і зводимо їх у таблицю 14.4.

Таблиця 14.4

R	1000	3000	8000	25000	50000	80000
$U_{\text{дот}}$	149	90,59	45,74	17,05	8,867	5,63
C	0,02	0,06	0,11	0,4	0,8	1,4
X_c	$159 \cdot 10^3$	$50,0 \cdot 10^3$	$28,6 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$
$U_{\text{дот}}$	2,9	9,23	16,06	54,14	104,3	149,4

2.) При аварійному режимі роботи мережі, коли одна із фаз замкнута на землю через відносно малий активний опір $R_{\text{зам}}$, провідності двох інших фаз можна прийняти рівними нулю, тобто $Y_A = Y_B = 0$

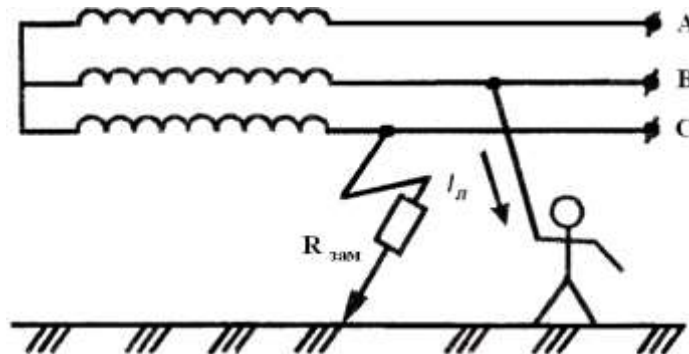


Рис. 14.2. Однофазний дотик до проводу трифазної мережі з ізолюваною нейтраллю (аварійний режим)

У цьому випадку (при $R_{зам}=120$ Ом) визначаємо напругу дотику за формулою :

$$U_{дот} = \frac{U_{\phi} \cdot R_{л} \cdot \sqrt{3}}{R_{л} + R_{зам}} ; \quad U_{дот} = \frac{220 \cdot 700 \cdot \sqrt{3}}{700 + 150} = 313,43 \text{ В.}$$

Аналогічно знаходимо $U_{дот}$ для інших заданих значень $R_{зам}$ і зводимо їх у таблицю 14.5 :

Таблиця 14.5

$R_{зам}$	150	70	10	1
$U_{дот}$	313,43	346	375,2	380,05

Струм ($I_{л}$) аварійного режиму знаходимо за формулою :

$$I_{л} = U_{\phi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{R_{л} + R_{зам}} = 220 \cdot \frac{\sqrt{3}}{850 + 110} = 0,42 \text{ А.}$$

Для інших заданих значень $R_{зам}$ також знаходимо $I_{л}$ і отримані дані зводимо у таблицю 14.6 .

Таблиця 14.6

$R_{зам}$	150	70	10	1
$I_{л}$	0,45	0,49	0,53	0,54

Аналізуючі отримані значення можемо зробити наступний висновок:

В аварійному режимі значення струму, що проходить крізь тіло людини має більшу величину ніж при нормальному режимі, і зі зменшенням опору замикання фази на землю, збільшується як напруга дотику так і струм, що пройде через людину у разі доторкання до фази.

Література

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств . Підручник Вінниця: Нова Книга, 2004.-656с.
2. Сірий О. М., Шестеренко В. Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник-К. : ІСДО, 1993.-592 с
3. Неклепаев Б. И., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования :Учеб. пособие для вузов. - 4-е изд. перераб. и доп. - М,: Энергоатомиздат, 1989. -608 с.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. С 74 Ю. Б. Айзенберга. - М. - Энергоатомиздат, 1993. -472с.
5. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина, М. Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоиздат, 1981. - 408 с.
6. Дьяков В. И. Типовые расчёты по электрооборудованию: Практическое пособие -7изд.М.;Высш. шк., 1991 .—160с.: кл.
7. Неклепаев Б.Н. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.—М.изд-во НИЦ ЭНАС,2006.-144 с.
8. Охрана труда в электроустановках: Учебник для лузов / Под ред Б.А. Князевского .—№-е изд., Перераб и доп.—М.: Энергоатомиздад, 1983.—336с.

					ДП 2022			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Література	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Таран М.</i>					90	
Перевірів		<i>Ізволеньський І.</i>						
Зав.кафедр.								
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого,ЗЕЛ5- 5ск		