

Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський промислово-економічний коледж  
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Заступник директора з  
навчальної роботи  
\_\_\_\_\_ С.В. Бондаренко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_

Методичні рекомендації  
для виконання дипломного проекту  
з спеціальності 5.05070104 „Монтаж і експлуатація  
електроустаткування підприємств і цивільних споруд”  
напрямок „Проект електроустаткування підприємства,  
цеху, дільниці”

Рецензенти:

І.К. Решетник, викладач спеціальних електротехнічних дисциплін  
ЧПЕК КНУТД

В.В.Олійник, голова ЦК спеціальних електротехнічних дисциплін,  
викладач вищої категорії ЧПЕК КНУТД

Укладач: Т.В. Ліх

Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту з спеціальності 5.05070104 “Монтаж і експлуатація електроустановок підприємств і цивільних споруд” напрямом „Проект електроустановок підприємства, цеху, ділянки” – Чернігів, Чернігівський промислово-економічний коледж Київського національного університету технологій та дизайну, 2016р.

В основу рекомендацій покладені основні питання вивчення спеціальних електротехнічних дисциплін

Методичні рекомендації для виконання дипломного проекту розраховані на студентів випускного курсу.

Розглянуто та схвалено  
на засіданні циклової комісії  
спеціальних електротехнічних дисциплін  
Протокол № \_\_\_\_\_  
від \_\_\_\_\_

Голова циклової комісії

В.В.Олійник

## Зміст

Загальні відомості про дипломне проектування	4
Вступ	5
1 Технічна частина	5
1.1 Характеристика об'єкту проектування	5
1.2 Технічна характеристика підприємства (цеху)	6
1.3 Характеристика споживачів електроенергії. Категорія електропостачання	6
1.4 Відомість споживачів електроенергії	8
1.5 Вибір схеми електропостачання	9
2 Розрахункова частина	11
2.1 Вибір системи освітлення, джерел світла та їх розміщення	11
2.2 Розрахунок освітлення з перевіркою точковим методом	13
2.3 Вибір схеми і розрахунок мережі освітлення	21
2.4 Технічна характеристика виробничого механізму	24
2.5 Вибір типу і схеми електроприводу	24
2.6 Розрахунок потужності і вибір електродвигунів з перевіркою пускового моменту	25
2.7 Робота електричних схем управління	34
2.8 Розрахунок і вибір пуско-регулюючої апаратури	34
2.9 Розрахунок і вибір струмопроводів, силових шаф і їх розміщення	48
2.10 Розрахунок електричних навантажень цеху, компенсація реактивної потужності, вибір кількості і потужності трансформаторів підстанції	55
2.11 Монтаж вибраного електроустаткування	56
2.12 Експлуатація вибраного електроустаткування	56
2.13 Удосконалення технічних рішень	57
2.14 Заходи з енергозбереження	59
3 Охорона праці	59
3.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві	59
3.2 Визначення небезпечних і шкідливих чинників виробництва	59
3.3 Заходи з електробезпеки	59
3.4 Розрахунок заземлення	61
3.5 Заходи з екології	61
4 Висновки	61
5 Вимоги до зображення електричних схем	75
Література	

## **Загальні відомості про дипломне проектування**

Бурхливий технічний прогрес в області електротехніки і електроніки привів до значних змін в теорії і практиці електроустаткування промислових підприємств і цивільних споруд.

Життя висуває перед нами завдання – вивести народне господарство на якісно-новий науково-технічний і організаційно-економічний рівень, добитись рішучого підйому інтенсифікації виробництва, підвищення його ефективності.

Курс на інтенсифікацію продиктований об'єктивними умовами, всім ходом розвитку держави.

Економіка, що розвивається на новій науково-технічній основі, може служити матеріальною базою підвищення життєвого рівня людей, може забезпечити закріплення позицій на міжнародній арені, дозволить їй буди великою і квітучою державою.

В області енергетики ці завдання передбачають високий рівень проектно-конструкторських розробок, впровадження і раціональну експлуатацію високонадійного електроустаткування, зменшення невиробничих витрат електроенергії при її передачі, розподілу та споживанню.

Розвиток і ускладнення структури систем електропостачання та електроустаткування, зростаючі вимоги до економії і надійності її роботи, в поєднанні із часто-змінною структурою і характером споживачів електроенергії, широке впровадження пристроїв управління розподілом і споживанням електроенергії ставить проблему підготовки висококваліфікованих спеціалістів.

Найважливішим етапом в розвитку творчої діяльності майбутніх спеціалістів є дипломне проектування, в ході якого розвиваються навички самостійного вирішення виробничих проблем і практичного застосування теоретичних знань.

Дипломне проектування є заключним етапом навчання студентів у технікумі, яке спрямоване на систематизацію і розширення теоретичних знань, розвиток творчого і аналітичного мислення, закріплення навичок виконання розрахунково-графічних робіт.

Тема дипломного проекту розглядається на засіданні циклової комісії та затверджується наказом по технікуму.

Теми дипломних проектів реальні, вони можуть бути застосовані на виробництві.

Завдання для виконання дипломного проекту видається керівником дипломного проектування, воно складається з теми, змісту, кількості і змісту графічних креслень.

Дипломний проект, складається із пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка дипломного проекту повинна мати 70-90 сторінок рукописного тексту.

Пояснювальна записка включає в себе: титульний лист, завдання на проектування, зміст, вступ, розрахункову частину, розділ з охорони праці, економічна частина, висновки, список літератури, якою користувався студент.

Проект виконують дотримуючись вимог Єдиної Системи Конструкторської документації (ЕСКД).

В пояснювальній записці проводиться розрахунок, дається обґрунтування прийнятих рішень, приводяться необхідні для розрахунків формули і схеми. При проведенні однотипних розрахунків, пояснення до них виконуються на одному конкретному прикладі, а для інших - результати розрахунків виконують в табличній формі.

## **Вступ**

Вступ повинен розкривати суть розв'язуваних завдань і їх значення для економічного розвитку України. Стан і перспективи розвитку систем електроприводу, електропостачання, комплексного управління, впровадження телемеханізації.

У вступі необхідно відобразити останні рішення Уряду країни в області розвитку електрифікації, частково в певній галузі (хімічна, легка, харчова промисловості, енергетичне машинобудування чи верстатобудівництво і т.ін.)

## **1 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА**

### **1. 1 Характеристика об'єкту проектування**

В пояснювальній записці проекту дається коротка характеристика об'єкту з описом будівельної частини, технологічного процесу виробництва і улаштування електроустаткування.

Характеристика будівельної частини повинна включати відомості про габарити об'єкту, матеріали з яких виконані підлога, стіни, стелі, несучі

опорні конструкції, колони, опори і перекриття, наявність закладних деталей, габарити допоміжних приміщень.

## **1.2 Технічна характеристика підприємства (цеху)**

В даному розділі потрібно дати коротку характеристику цеху. Охарактеризувати технологічний процес даного цеху, види і типи машин, які будуть встановлені, їх кількість, розташування, дати характеристику фону, контрасту об'єкта розрізнення з фоном, коефіцієнти відображення – стелі, стін, робочої поверхні. Дати характеристику оточуючого середовища.

## **1.3 Характеристика споживачів електроенергії. Категорія електропостачання**

В цьому розділі студент на основі зібраного матеріалу на переддипломній практиці дає характеристику споживачів електроенергії, визначає категорію електропостачання.

Споживачем електроенергії (електроспоживачем) є електрична частина технологічної установки чи механізму, яка одержує енергію з мережі і витрачає її на виконання технологічних процесів.

Електроспоживачі промислових підприємств кваліфікуються за наступними ознаками: *струм, напруга, частота, потужність, надійність* електропостачання, режим роботи, технологічному призначенні, територіальне розміщення.

**За напругою** електроспоживачі поділяться на дві групи: до 1000 В і вище 1000 В.

**По типу струму** електроспоживачі поділяться на споживачів промислової частоти (50 Гц), змінного струму частотою вище чи нижче 50 Гц, постійного струму.

**За потужністю** підприємства прийнято розділяти на малі – до 5 МВт; середні від 5 до 75 МВт; великі від 75 до 1000 МВт.

**За ступенем надійності** електропостачання ПУЄ передбачає три основні категорії.

**Перша категорія** – об'єднує такі електроспоживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з небезпекою для життя людей, нанесенням значних збитків народному господарству, розладом складного технологічного процесу, пошкодженням устаткуванням, масовим браком продукції виробництва. Перерва в електропостачанні споживачів першої

категорії допускається тільки на час автоматичного вводу резервного живлення.

*До другої категорії надійності* – відносяться споживачі, перерва в електропостачанні яких може привести до масового недовипуску продукції, простою технологічних машин, робітників, промислового транспорту. Перерва в електропостачанні споживачів другої категорії допускається на час, необхідний для включення резервного живлення силами експлуатаційного персоналу.

*Третя категорія* – об'єднує електроприймачі, які не підпадають під вказані вище характеристики. Приймачі даної категорії допускають перерву в електропостачанні не більше однієї доби.

За режимом роботи електроприймачі відносять до одного з трьох режимів: довгострокового, короткострокового, повторно-короткострокового.

Залежно від виду перетворень електроенергії електроспоживачі поділяються на електропривод, електротехнічні установки, освітлювальні установки.

За подібністю технологічного процесу електроспоживачі можна розділити на загальнопромислові установки, виробничі механізми, під'ємно-транспортне устаткування, електрозварювальні установки, перетворювачі, електронагрівальні та електролізні установки.

До загальнопромислових установок відносяться вентилятори, насоси, компресори, повітродувки, і т. ін., в них використовуються асинхронні і синхронні двигуни трьохфазного змінного струму, а де потрібне регулювання продуктивності – двигуни постійного струму. Характер навантаження рівний, поштовхи спостерігаються тільки при запуску. Основні агрегати працюють в довгостроковому режимі. Дана група електроспоживачів відноситься, як правило, до першої категорії надійності, а на виробництвах хімічної промисловості, і в ряді інших виробництв – до „особливої” групи першої категорії. Деякі вентиляційні і компресорні установки відносяться до другої категорії надійності.

На промислових підприємствах переважає електропривод виробничих механізмів. Як правило електропривод технологічних механізмів відноситься до другої категорії надійності, крім механізмів та установок, які за своїми показниками відносяться до першої категорії (хімічна промисловість, деякі унікальні верстати).

Електронагрівальні установки об'єднують електричні печі і електротермічні установки, які за способом перетворення електроенергії в теплову поділяються на печі опору, індукційні установки, дугові електричні

печі, інфрачервоного нагріву. Всі вони відносяться до другої категорії надійності.

Електрозварювальне устаткування працює в повторно-коротко-часовому режимі, однофазні зварювальні споживачі дають нерівномірне навантаження по фазах. Коефіцієнт потужності коливається в межах 0,3-0,7. По степені надійності відносяться до другої категорії.

Коефіцієнт потужності під'ємно-транспортних механізмів змінюється відповідно навантаженню в межах 0,3 - 0,8. З надійністю електропостачання під'ємно-транспортні механізми відносяться до першої або другої категорії (в залежності від призначення та місця роботи).

Електричні освітлювальні установки являються в основному однофазними споживачами. Рівномірне завантаження всіх фаз досягається шляхом групування світильників по фазах. Характер навантаження довгостроковий. Коефіцієнт потужності для лам розжарення -1,0, з газорозрядними лампами від 0,95 до 0,96. Освітлювальні установки відносяться до другої категорії надійності. В таких випадках, коли відключення освітлення загрожує безпеці людей, чи не допускається умовами технологічного процесу, передбачаються системи аварійного освітлення.

#### **1.4 Відомість споживачів електроенергії**

Однією з складових вихідних даних для проектування систем електропостачання є відомість споживачів електроенергії, яка складається за даними звіту з технологічної та переддипломної практик і включає в себе відомість технологічного обладнання, як основного (по виробництву) даного цеху (чи підприємства), так і допоміжного – вентилятори, кондеціонери, і т. ін.

Наприклад, в механічному цеху встановлено два токарні верстати, три фрезерні, три свердлильні, два шліфувальні, п'ять заточних, дві печі опору, два вентилятори, освітлення.

Таблиця 1.1 - Відомість споживачів електроенергії

Номер за планом	Назва механізму	Номінальна потужність, кВт	Кількість верстатів, шт.	$\cos \varphi$	$K_B$	Загальна потужність, кВт
1	Токарний верстат	7,5	2	0,4 - 06	0,12 - 0,14	19,6
		1,5				
2		0,6				
3	Фрезерний верстат	11	3	0,4 - 06	0,12 - 0,14	5,48
4		3				
5		1,1				
		0,75				
		0,6				
6	Радіально-свердлильний верстат	5,5	3	0,4 - 06	0,12 - 0,14	8,45
7		2,2				
8		0,75				
9	Шліфувальний верстат	5,5	2	0,4 - 06	0,12 - 0,14	4,55
10		3,0				
		0,6				
11	Вентилятор	22	2	0,8	0,65	22
12		22				
13	Піч опору	35	2	0,95	0,5	35
14		35				
15	Заточні верстати	1,5	5	0,4 - 06	0,12 - 0,14	1,5
16		1,5				
17		1,5				
18		1,5				
19		1,5				

### 1.5 Вибір схеми електропостачання

Схема електропостачання цеху, підприємства, в цілому, повинна відповідати технологічному процесу і бути органічно з ним зв'язана. Схема повинна забезпечувати задану категорію надійності постачання, бути економічною і достатньо гнучкою, тобто, без суттєвої перебудови забезпечити живлення електроприймачів при зміні їх потужності або кількості. Тому при виборі схеми електропостачання необхідно передбачити можливість розширення і розвитку окремих їх елементів.

Характерною особливістю схем внутрішньозаводського розподілу електроенергії є велика розгалуженість мережі і наявність великого числа комутаційно-захисної апаратури. В загальному випадку схеми внутрішньозаводського розподілу електроенергії мають ступінчасту побудову, але не більше двох – трьох, бо в цьому випадку ускладнюється комутація і захист мережі. На невеликих за потужністю підприємствах рекомендується застосувати одноступінчаті схеми. Схема розподілу повинна бути зв'язана з технологічною схемою об'єкту, живлення споживачів різних паралельних технологічних ліній повинно здійснюватись від різних джерел: підстанцій, розподільчих пунктів, різних секцій шин однієї підстанції.

При побудові загальної схеми внутрішнього електропостачання підприємства необхідно приймати варіанти, які забезпечують раціональне використання розподільчих пристроїв, мінімальну довжину мереж, максимум економії комутаційно - захисної апаратури та провідникової продукції.

Внутрішньо-заводський розподіл електроенергії виконується по магістральній, радіальній та змішаній схемах. Вибір схеми визначається категорією надійності споживачів електроенергії, їх територіальним розміщенням, особливостями режимів роботи. Радіальна схема – електроенергія від джерела живлення передається безпосередньо до споживача. Частіше радіальні схеми виконують одно- або двоступінчатими. Одноступінчата схема на невеликих підприємствах для живлення сконцентрованих споживачів.

Магістральні схеми розподілу електроенергії застосовують в тому випадку, коли, споживачів багато і застосування радіальних схем економічно не вигідне. Основна перевага магістральних схем – зниження капітальних витрат за рахунок скорочення ліній, зменшення кількості використаних високовольтних апаратів. Особливо вигідно застосовувати магістральні схеми при живленні цехових трансформаторні підстанції незначної потужності, розташованих вздовж цеху. Основний недолік магістральних схем - менша надійність електропостачання в порівнянні із радіальними. Тому на практиці застосовуються різні модифікації таких схем: схеми подвійних магістралей, які резервуються між собою окремими ділянками, або двопроменеві схеми, коли живлення підстанції забезпечується від двох джерел.

На виробництві, переважно, застосовують змішані схеми живлення, де використовують переваги як магістральних, так і радіальних схем, що дозволяє створити схему електропостачання з найкращими техніко-економічними показниками.

## **2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА**

### **2.1 Вибір системи освітлення, джерел світла та їх розміщення**

#### **Загальні положення**

Електричне освітлення - важливий фактор, від якого значною мірою залежать комфортність перебування і роботи людей.

Основні показники штучного освітлення (горизонтальна освітленість на нормованому рівні, яскравість, спектральний склад світла, пульсація світлового потоку, що засліплює дію джерел світла) повинні забезпечувати нормальні і безпечні умови праці людей, сприяти підвищенню продуктивності праці і якості продукції. Важлива вимога до освітлювальної установки - її економічність (мінімум приведених витрат і витрати електроенергії).

Основні документи для проектування освітлення: "Будівельні норми і правила" (СНиП-2-4— 79), ПУЭ (гл. VI-1...VI-5) і розроблені на їх основі відомчі норми для установок, введені в дію з січня 1979 р., "Галузеві норми освітлення підприємств, будинків і споруд".

Робоче освітлення є основним і служить для створення нормованої освітленості у всіх точках робочої поверхні. Для чергового освітлення виділяють 10% ламп, включається і відключається чергове освітлення незалежно від основного робочого освітлення. Чергове освітлення призначене для контролю безперервних технологічних процесів при відсутності або недостатку природного освітлення.

Для тимчасової роботи персоналу при аварійному відключенні робочого освітлення і в момент евакуації людей із приміщення (при кількості працюючих більш 50 чоловік) використовують аварійне освітлення, освітленість від якого складає приблизно 10 % від нормованого, але не менш 5 лк всередині будинків і 1лк на відкритих площадках. Аварійне освітлення повинно живитись від незалежного джерела або автоматично підключатися до нього при аварійному відключенні основного джерела.

Для створення однакової освітленості в усіх точках освітлюваної поверхні застосовують систему загального рівномірного освітлення. У разі потреби створення більшої освітленості на визначених ділянках приміщення, використовують систему загального локалізованого освітлення.

Для концентрації освітленості на робочих місцях (верстатах, стендах, щитах керування, робочих машинах і т. д.) застосовують систему

комбінованого освітлення, що складається з місцевого і загального освітлення, причому освітленість на робочих поверхнях від загального освітлення повинна складати не менш 200 лк при застосуванні люмінесцентних ламп і 100 лк при застосуванні ламп розжарення.

Як джерела світла застосовують лампи розжарення або люмінесцентні. Основні переваги ламп розжарення - проста конструкція, порівняно невисока вартість, надійність. До їх недоліків варто віднести низьку світлову віддачу, незадовільний спектральний склад випромінювання, необхідність застосування захисних пристроїв від сліпучої дії ламп.

Люмінесцентні лампи в порівнянні з лампами розжарення мають більш м'який спектр випромінювання, у 4...5 разів більшу світлову віддачу, більш тривалий термін служби і значно меншу яскравість. Однак люмінесцентні лампи мають потребу в додатковій пусковій апаратурі, для них характерні висока вартість установки, пульсація світлового потоку, його зменшення при температурі нижче 15°C и вище 40°C, підвищення напруги запалювання при збільшенні вологості повітря, менша надійність.

Люмінесцентне освітлення можна застосовувати в приміщеннях, де виконують роботи, що вимагають розпізнавання колірних відтінків; у приміщеннях, у яких тривало знаходяться люди, але природне світло туди не проникає; у приміщеннях, де виконують роботи, що потребують великої зорової напруги; для зовнішнього освітлення при великому значенні нормованої освітленості.

Відповідно до галузевих норм освітлення будинків і споруд для загального освітлення приміщень основного виробничого призначення варто застосовувати газорозрядні джерела світла низького тиску (лампи типу ЛБ, ЛБР, ЛД і інші), а для підсобних приміщень - лампи розжарення. Для освітлення території підприємств, виробничих площадок, проїздів необхідно застосовувати газорозрядні (високого і низького тиску) джерела світла. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається використовувати для основних виробничих приміщень і відкритих територій лампи розжарення.

При виборі типу світильників необхідно враховувати умови навколишнього середовища, вимоги до характеру світлорозподілу, умови і економічність монтажу та експлуатації.

Замість світильників ПВЛМ і ПЛВП промисловість випускає світильники з поліпшеними характеристиками серії ЛСП-18 з лампами ЛБ потужністю 18, 36 і 40 Вт і замість світильників ППД і ППР світильники НСП21 з лампами розжарення 100 і 200 Вт. Рівномірність розподілу

освітлення на освітлюваній поверхні в основному залежить від типу світильника і відношення  $\lambda$  (відстані  $L$  між світильниками до висоти  $h$  розташування світильника над освітлюваною поверхнею). Найкраще відношення  $L/h$  для деяких типів світильників наступні:

Г, Гс - 0,9...1,0; ОД, ОДОР, ПВПП, ШОД, НОГЛ, ВЛН —1,3...1,5; ПО-21, СК-300, УП, ПВЛМ, У, СО, ВЗГ—1,6...1,8; ШМ, ППР, ППД, ПУ, СХ — 2,0... 2,25.

Якщо уздовж стін приміщення розташовані робочі поверхні, то відстань  $l$  від крайніх рядів світильників до стін приймають рівним (0,25...0,3)  $L$ , в інших випадках (0,4...0,5)  $L$ . Для створення рівномірної яскравості по стелі для світильників відбитого і розсіяного світлорозподілу відстань від світильника до стелі повинна складати 0,2...0,25 відстані від стелі до освітлюваної поверхні.

Освітленість розраховують методом коефіцієнта використання світлового потоку, точковим методом або за допомогою таблиць питомої потужності та прямих нормативів.

Тоді вирішують питання: знайомство з характеристикою об'єкта і складання таблиць основних параметрів приміщень (довжина, ширина, площа, висота, коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги, характер навколишнього середовища та особливості технологічного процесу); вибору типу джерела світла (враховується напруга джерела електропостачання); системи освітлення і типу світильників; нормованої освітленості та коефіцієнта запасу; визначення кількості світильників і розміщення їх на плані приміщення; розрахунок освітленості одним із методів.

Для загального освітлення приміщень основного виробничого призначення, як правило, застосовують газорозрядні джерела світла низького тиску, а для приміщень підсобного призначення — ламп розжарювання.

Території підприємств, виробничі майданчики, проїзди освітлюють газорозрядними джерелами світла високого і низького тиску.

Допускається застосування ламп розжарювання.

## **2. 2 Розрахунок освітлення з перевіркою точковим методом**

**Метод коефіцієнта використання світлового потоку** застосовують при розрахунках загального рівномірного освітлення горизонтальної поверхні в накритих приміщеннях.

При цьому враховується світловий потік, який відбивається від стелі, стін і підлоги. Основна формула

Розрахунковий світловий потік  $\Phi$ , лм

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta}, \quad (2.1)$$

де  $E$  — нормована освітленість, лк;  
 $k$  — коефіцієнт запасу;  
 $S$  — площа приміщення, м<sup>2</sup>;  
 $z$  — коефіцієнт нерівномірності освітлення;  
 $N$  — кількість світильників, шт;  
 $\eta$  — коефіцієнт використання світлового потоку.

**Порядок розрахунку.** Спочатку обґрунтовано вибирається тип джерела світла (лампи розжарювання, люмінесцентні лампи, лампи типу ДРЛ, тощо). Потім залежно від характеру робіт, що виконуються в приміщенні, згідно з «Галузевими нормами освітлення підприємств, будівель і споруд» вибирається нормована освітленість, коефіцієнт запасу і коефіцієнт нерівномірності освітлення ( 1,15 — для світильників з лампами розжарювання прямого світла; 1,1 — в інших випадках ).

Враховуючи світлорозподіл, умови навколишнього середовища та економічність, визначається тип світильника.

Визначається кількість світильників при умові їх розміщення з найбільш вигідною відносною відстанню

Коефіцієнт співвідношення  $\lambda$

$$\lambda = \frac{L}{H_p}, \quad (2.2)$$

де  $L$  — відстань між світильниками, м;  
 $H_p$  — розрахункова висота, м.

Прийнявши для даного типу світильника  $\lambda$  (у розрахунках береться менше значення), визначають кількість світильників в ряду при заданій розрахунковій висоті:

Кількість світильників  $n_a, n_b$ , шт

$$n_a = \frac{A}{L}, \quad (2.3)$$

$$n_b = \frac{B}{L},$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$B$  - ширина приміщення, м.

Кількість всіх світильників  $N$ , шт

$$N = n_a n_b, \quad (2.4)$$

Вибирається коефіцієнт відбиття стелі, стін та підлоги.

Визначається індекс приміщення

Індекс приміщення  $i$

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (2.5)$$

Знаходиться коефіцієнт використання залежно від типу світильника, коефіцієнтів відбиття та індексу приміщення. При  $i > 5$  коефіцієнт використання береться для  $i = 5$  в %, а в формулу при розрахунках підставляється в частках одиниці. Потім за формулою визначається розрахунковий світловий потік однієї лампи.

На заключному етапі вибирається потужність лампи, світловий потік якої дорівнює або більший розрахункового. При значній розбіжності розрахункового і фактичного світлового потоку лампи у формулу підставляється значення фактичного світлового потоку і уточнюється кількість ламп.

Розрахунок освітлення люмінесцентними лампами методом коефіцієнта використання можна проводити в іншому порядку. Спочатку вибирається тип світильника, потужність і світловий потік ламп якого відомий. Потім визначається розрахунковий світловий потік для всього освітлюваного приміщення і кількість світильників ( діленням розрахункового світлового потоку на світловий потік ламп одного світильника ). Одержана кількість світильників рівномірно розміщується над освітлюваною площею приміщення.

**Точковий метод** використовують під час перевірки розрахунків освітлення, а також при прямих розрахунках:

- загального локалізованого освітлення;
- місцевого освітлення;
- освітлення негоризонтальних площин;
- зовнішнього освітлення ( вулиць, площ, відкритих просторів ).

Точковий метод враховує тільки освітленість від світлового потоку, що безпосередньо потрапляє від світильника в розрахункову точку.

Основні формули

Горизонтальна і вертикальна освітленість  $E_G$ ,  $E_B$ , лк

$$E_G = \frac{I_\alpha}{H_p^2} \cos^3 \alpha; \quad (2.6)$$

$$E_B = \frac{I_\alpha}{H_p^2} \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha, \quad (2.7)$$

де  $H_p$  — розрахункова висота, м;

$I_\alpha$  — сила світла в напрямку розрахункової точки, що освітлюється, кд;

$\alpha$  — кут між напрямом сили світла в розрахункову точку і віссю симетрії світильника, град.

*Порядок перевірки освітленості в розрахунковій точці точковим методом.* Спочатку визначають тангенс кута падіння світлового променя в розрахункову точку

$$\tan \alpha = \frac{d}{H_p} \quad (2.8)$$

де  $d$  — відстань від розрахункової точки до проекції осі симетрії світильника на площину, яка їй перпендикулярна і проходить через розрахункову точку. Цю відстань можна виміряти на плані приміщення з урахуванням масштабу. По визначеному тангенсу знаходять кут  $\alpha$  та  $\cos^3 \alpha$  або  $\cos^2 \alpha$  та  $\sin \alpha$ .

Сила світла  $I_\alpha$ , лм

$$I_\alpha = (I_\alpha)_{1000} \frac{\Phi_\alpha}{1000}, \quad (2.9)$$

де  $(I_\alpha)_{1000}$  — сила світла світильника з умовною лампою 1000 лм;

$\Phi_{\text{л}}$  — дійсний світловий потік лампи, що встановлена в світильнику, лм.

Підставляючи одержані дані у відповідну формулу, знаходять освітленість.

Якщо контрольна точка освітлюється декількома світильниками, то аналогічно визначають освітленість від кожного із них і дані підсумовують.

При прямих розрахунках точковим методом визначають кількість світильників і розміщують їх на плані приміщення, потім знаходять точку з найменшою освітленістю для світильника з умовною лампою 1000 лм і визначають розрахунковий потік за формулою

Розрахунковий потік  $\Phi$ , лм

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu\Sigma e}, \quad (2.10)$$

де  $E$  — нормована освітленість, лк;

$k$  — коефіцієнт запасу;

$\mu$  — коефіцієнт, що враховує освітленість віддалених світильників і залежить від їх типу,  $\mu = 1,1—1,2$ ;

$\Sigma e$  — сумарна умовна освітленість від ламп з світловим потоком 1000 лм кожна, лк., визначається для кожного світильника за формулою

Умовна освітленість  $e$ , лк

$$e = \frac{(I_{\alpha})_{1000} \cos^3 \alpha}{H_p^2}, \quad (2.11)$$

**Розрахунок освітлення за питомою потужністю** застосовують при визначенні загального рівномірного освітлення закритих приміщень. При цьому користуються спеціальними таблицями питомої потужності.

Потужність лампи  $P$ , Вт

$$P = \frac{\omega S}{Nn}, \quad (2.12)$$

де  $S$  — площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

- $\omega$  — питома потужність, Вт/м<sup>2</sup>;
- $N$  — кількість світильників, шт.;
- $n$  — кількість ламп світильнику.

Порядок розрахунку освітлення за питомою потужністю. Спочатку визначають параметри освітлювальної установки (тип та кількість світильників, коефіцієнти відбиття, освітленість, коефіцієнт запасу, а також площу приміщення та розрахункову висоту).

Потім приймають значення питомої потужності з відповідної таблиці.

Знаходять розрахункову потужність лампи за основною формулою і вибирають тип лампи, потужність якої дорівнює або близька до розрахункової.

Таблиці питомої потужності не враховують форми приміщення і досить точні при умові  $A : B \leq 2,5$ . При користуванні таблицями для подовжених приміщень питому потужність приймають для умовної площі  $2B^2$  і це значення відносять до всієї площі приміщення.

**Розрахунок освітлення за прямими нормативами** застосовують для приміщень, де встановлюється один світильник. При цьому потужність лампи приймається за таблицею з урахуванням нормованої освітленості та площі приміщення.

**Розрахунок освітлення від світлової лінії.** Окремо встановлені люмінесцентні лампи або їх ряди розглядаються як світлової лінії, якщо їх довжина більше половини розрахункової висоти.

Світлові лінії можуть бути як безперервні, так і з проміжками  $\lambda$ , що рівномірно розподіляються по довжині. Довгі лінії з проміжками  $\lambda < 0,5H_p$  розглядаються як безперервні довжиною  $L$ .

Освітлення в кожному з цих випадків зручно підраховувати за допомогою графіків лінійних ізолюкс.

Щільність світлового потоку  $\Phi'$ , лм/м

$$\Phi' = \frac{1000EkH_p}{\mu\Sigma\varepsilon}, \quad (2.13)$$

- де  $E$  — нормована освітленість, лк;
- $k$  — коефіцієнт запасу;
- $H_p$  — розрахункова висота;

$\mu$  — коефіцієнт, який враховує дію віддалених світильників і відбитий світловий потік ( $\mu = 1,1—1,3$ );  
 $\varepsilon$  - відносна освітленість (при  $\Phi' = 1000$  лм/м і  $H_p = 1$  м).

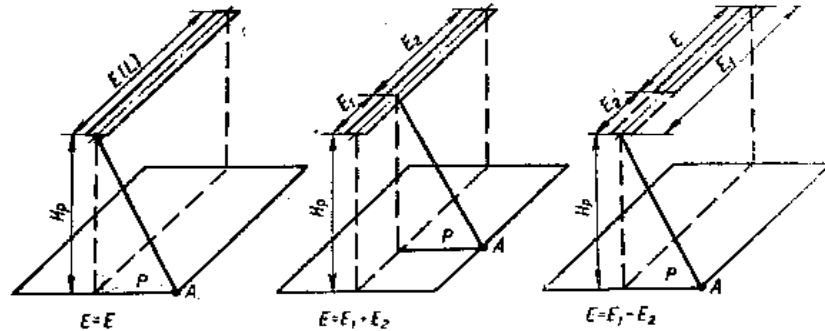


Рисунок 2.1 - Відносна освітленість точок залежно від їх положення відносно світної лінії

Залежність між світловим потоком і його щільністю для безперервної світлової лінії  $\Phi = \Phi'L$ ; лінії з проміжками  
Світловий потік  $\Phi_c$ , лм

$$\Phi_c = \Phi'(l + \lambda), \quad (2.14)$$

де  $\Phi_c$  - світловий потік відповідно лінії і одного світильника, лм;

$l$  — довжина світної частини лампи в світильнику, м.

Розрахункова точка при загальному рівномірному освітленні, як правило, вибирається між рядами в місцях, де задається нормована освітленість.

При довгих рядах світильників зменшення освітленості на кінцях рядів компенсують продовженням лінії на  $0,5H_p$  за межі освітлювальної поверхні або доповнюють поздовжніми рядами світильників по торцях ліній.

Порядок розрахунку освітлювальної установки з люмінесцентними лампами за допомогою графіків лінійних ізолюкс. Визначають кількість рядів світильників (враховуються робочі та технологічні проходи, а також найбільш вигідна відносна відстань).

Вимірюють розміри  $p$  і  $L$  і розраховують відношення відносних відстаней між світильниками по ширині і довжині.

Відносна відстань по ширині приміщення  $p'$

$$p' = \frac{P}{H_p}, \quad (2.15)$$

Відносна відстань по довжині приміщення  $L'$

$$L' = \frac{L}{H_p}, \quad (2.16)$$

Визначається відносна освітленість  $\varepsilon$  для точки на графіку з координатами  $p'$  і  $L'$ . При освітленні точки А декількома рядами або їх частинами відносну освітленість визначають від кожного ряду окремо і складають (одержують  $\Sigma\varepsilon$ ).

Підраховують щільність потоку  $\Phi'$  за формулою (2.13).

Знаходять повний потік ламп в ряду  $\Phi = \Phi'L$  та кількість світильників  $n_a$ , шт.

$$n_a = \Phi / \Phi_c$$

де  $\Phi_c$  — світловий потік ламп в світильнику, і рівномірно розміщують їх в ряду.

Освітленість в контрольній точці під час перевірки для безперервної лінії Е, лк

$$E = \frac{\Phi \mu \Sigma \varepsilon}{1000 k H_p L}, \quad (2.17)$$

Освітленість в контрольній точці під час перевірки для лінії з проміжками Е, лк

$$E = \frac{\Phi}{1000 k H_p (l + \lambda)}, \quad (2.18)$$

де  $l$  — довжина лампи.

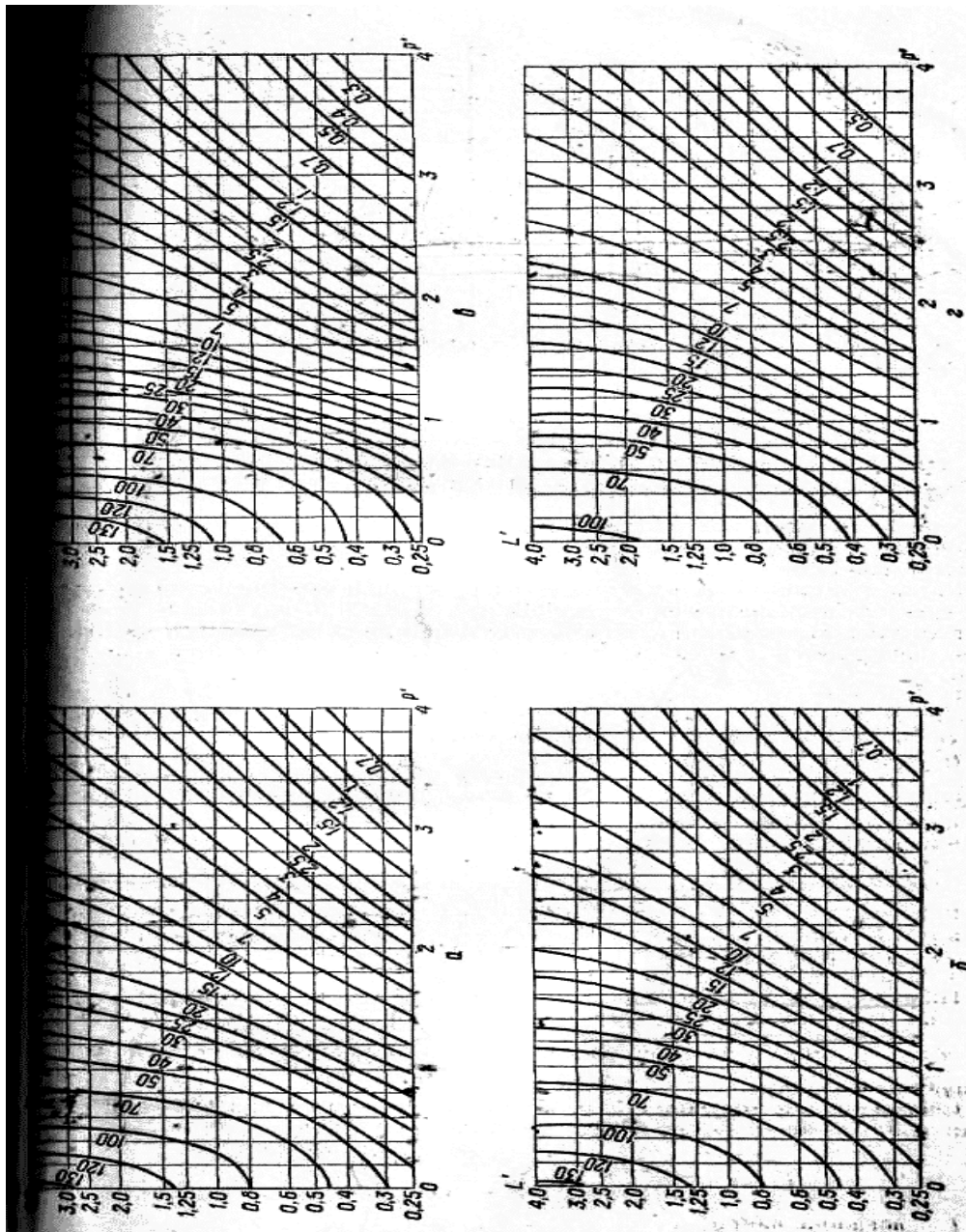


Рис. 6.5. Лінійні ізолюкси для світильників:  
 а — ПВЛМ з двома лампами ЛБР; б — ПВЛМ з однією лампою ЛБР; в — ПВЛМ-Р з лампами ЛБР; г — ПВЛМ, ПВЛ-П.

### 2.3 Вибір схеми і розрахунок освітлювальної мережі

Вибір напруги для освітлювальної установки проводиться одночасно з вибором напруги для силових споживачів, враховуючи також вимоги техніки безпеки.

Для світильників загального призначення рекомендується напруга 380 / 220 В змінного струму при заземленні нейтралі і не вище 220 В змінного струму при ізольованій нейтралі і при постійному струмі.

В приміщеннях з особливою небезпекою застосовується напруга не вище 42В.

Електропостачання робочого освітлення, як правило виконується самостійними лініями від щитів підстанції. При цьому електроенергія передається від щитів підстанції живлячими лініями на освітлювальні магістральні пункти або щитки, а від них груповим освітлювальним щиткам, від яких живляться групові лінії. Допускається живлення освітлення від силових магістралей при схемах блок-трансформатор – магістраль, якщо коливання напруги не перевищують норм. Світильники аварійного освітлення повинні бути приєднані до незалежного джерела.

При виборі типу щитків управління освітленням і їх розміщенням враховують умови середовища, де вони встановлюються, спосіб встановлення, типи і кількість апаратів.

Щитки, по можливості, повинні бути розташовані в центрі навантаження, довжина групових ліній ( враховуючи підйоми і спуски ) повинна бути не більше для 4х - провідної лінії 70-75 м, для двохпровідної 30-35 м.. щитки повинні встановлюватись в місцях вільних від обладнання і зручних для обслуговування, при цьому, бажано, бачити з місця установки щитка вмикання світильників. Число групових ліній вибирається по навантаженню – до 20 А. До двохпровідної групи допускається приєднання до 20 світильників, до 4х - провідної до 60 світильників, (штепсельна розетка прирівнюється до світильника, для ліній, що живлять світильники з двома і більшим числом ламп дозволяється приєднувати до 2х - провідної до 50 ламп, до 4х провідної до 150 ламп ).

Освітлювальні мережі розраховують на мінімум провідникового матеріалу та по допустимій втраті напруги, яка залежить від розрахункового навантаження ліній і її довжини.

Переріз проводів (кабелів) повинен забезпечити: достатню механічну міцність, проходження струму навантаження без нагріву зверх допустимих температур, необхідний рівень напруги у джерел світла, спрацювання захисних апаратів. Найменший допустимий переріз по механічній міцності повинен бути: для мідних проводів  $1\text{мм}^2$ , для алюмінієвих –  $2,5\text{мм}^2$ .

Струм який викликає нагрів проводів при рівномірному навантаженні I, А

- для трифазної мережі ( з нульовим проводом чи без нього )

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U_{л.\cos\varphi},} \quad (2.19)$$

- для двохфазної мережі з нульовим проводом

$$I = \frac{P}{2U\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.20)$$

- для однофазної мережі

$$I = \frac{P}{U\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.21)$$

де  $P$  - потужність кВт;

$U_{\text{л}}$  – лінійна напруга, В;

$U_{\text{ф}}$  – фазна напруга, В.

По даному струму і по таблицях перевіряють відповідність перерізу проводу на нагрів при проходженні тривалого струму.

Переріз проводу по допустимій втраті напруги  $S$ , мм<sup>2</sup>

$$S = \frac{M}{\Delta U \cdot C}, \quad (2.22)$$

де  $M$  – момент навантаження на дану лінію,

$\Delta U$  - допустима втрата напруги на даній ділянці, не більше ніж 2,5%;

$C$  – коефіцієнт, залежить від схеми живлення, трифазна з нулем, для міді – 72, для алюмінію – 44.

Момент навантаження на дану лінію  $M$ , кВт·м

$$M = P_{\text{а}} \cdot L, \quad (2.23)$$

$L$  – довжина лінії, м;

$P_{\text{а}}$  – активна потужність всіх ламп на даній лінії, кВт;

На практиці при розрахунку мереж користуються формулою

Переріз проводу  $S$ , мм<sup>2</sup>

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{\Delta U \cdot C}, \quad (2.24)$$

де  $\sum M$  - сума моментів до щитка освітлення ( групових ліній );

$\sum \alpha m$  - сума моментів всіх відгалуження;

$\alpha$  - коефіцієнт приведення моментів, залежить від числа проводів на ділянці до відгалуження і після. При переході з 4х провідної на однофазну  $\alpha = 1,85$ , якщо групові лінії теж 4х провідні ( кабелем ), то  $\alpha = 1$ .

## 2.4 Технічна характеристика виробничого механізму

В цьому розділі дипломник повинен дати коротку технічну характеристику машини, верстату, установки, обраної для розробки, коротко описати будову, призначення, принцип дії, показати кінематичні зв'язки.

## 2.5 Вибір типу і схеми електроприводу

Електропривод включає в себе електромеханічний пристрій що складається з електродвигуна, передаточного механізму і апаратури захисту і управління, призначеного для приведення в дію робочих органів виконуючих машин.

В залежності від призначення виконуючих механізмів, їх будови і способу передачі енергії електричні приводи діляться на три види: одиночний, груповий і багатодвигуновий. Найбільше розповсюдження має багатодвигуновий, для якого характерне дистанційне управління в поєднанні з можливою централізацією.

Електродвигуни до робочих механізмів вибираються за наступними параметрами: напрузі, роду струму ( постійний, змінний), частоті обертання, умовах оточуючого середовища, характеру і величині навантаження.

## 2.6 Розрахунок потужності і вибір електродвигунів з перевіркою пускового моменту

Для розрахунку потужності і вибору двигуна необхідно мати всі початкові дані. Правильний вибір потужності двигуна, на підставі одержаного розрахунку, має велике значення, оскільки від цього залежить продуктивність, надійність і економічність робочого механізму. Якщо вибраний двигун більшої потужності, ніж необхідно за умовами його роботи, то збільшуються капітальні витрати і знижуються ККД,  $\cos \varphi$ . Якщо потужність двигуна менше необхідної, виникає перегрів обмоток, що різко знижує термін служби двигуна.

З погляду нагріву двигунів розрізняють три основні режими їх роботи:

- Тривалий: 1) з постійним навантаженням; 2) із змінним навантаженням;

- Короткочасний;

- Повторно-короткочасний.

Режими роботи двигунів найкращим чином характеризуються діаграмами навантажень, під якими розуміють графіки зміни в часі моменту  $M = f(t)$ , струму  $I = f(t)$ , або потужності на валу двигуна в період його роботи.

Діаграма навантаження двигуна будується на підставі рівняння руху електроприводу

Момент, що розвивається двигуном  $M$ , Н·м.

$$M = M_c + M_{дин}, \quad (2.25)$$

де  $M_c$  - статичний момент опору, приведений до валу двигуна, Н·м;

$M_{дин}$  - динамічний момент, приведений до валу двигуна Н·м

$$M_{дин} = I \frac{dw}{dt}. \quad (2.26)$$

Як видно з рівняння, для побудови діаграми навантаження двигуна необхідно мати графік зміни в часі приведених статичних моментів,  $M_c = f(t)$  тобто діаграму, навантаження робочої машини, і графік зміни в часі

динамічного моменту  $I \frac{dw}{dt} = f(t)$ , для визначення якого необхідно мати графік зміни швидкості двигуна і приведений момент інерції приводу.

Сума алгебраїчних статичних і динамічних моментів дає графік зміни сумарного моменту на валу двигуна, тобто діаграму навантаження двигуна.

Слід зазначити, що при визначенні динамічного моменту необхідно наперед орієнтуватися на певну потужність двигуна. Остання необхідна для визначення прискорення і повного моменту інерції  $J$ , частина якого складає момент інерції ротора (якоря) двигуна. Після побудови діаграми навантаження для конкретного двигуна, останній перевіряється за умовами нагріву і перевантажувальної здатності. Звідси розрахунок потужності двигуна необхідно проводити в наступній послідовності:

- визначити початкові дані для розрахунку потужності двигуна;
- провести розрахунок статичних моментів  $M$  на підставі початкових даних;
- заздалегідь вибрати потужність двигуна на підставі набутого значення  $M$  і швидкості обертання  $W$ ;
- розрахувати і побудувати діаграму навантаження двигуна  $M = f(t)$ , для чого розрахувати залежність  $M_c = f(t)$ ,  $w = f(t)$  та  $M_{дин} = f(t)$ .
- перевірити заздалегідь вибраний двигун за умовами нагріву і перевантажувальної здатності; на підставі перевірки зробити висновок про придатність вибраного двигуна.

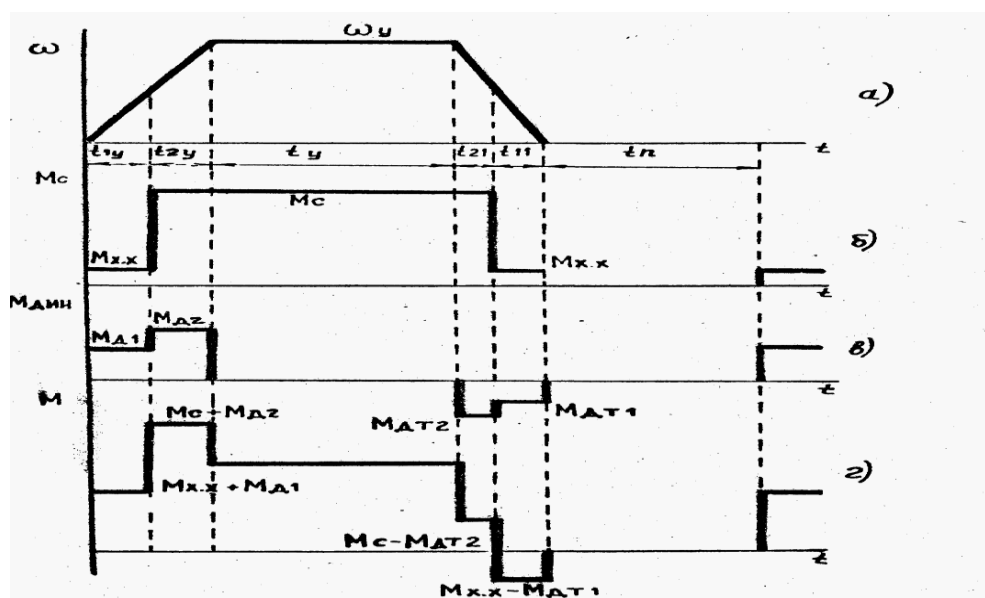


Рисунок 2.3 - Швидкісна діаграма (а), навантажувальна діаграма (б), діаграма динамічних моментів (в) і навантажувальна діаграма двигуна (г)

Розглянемо докладніше кожний з наведених пунктів.

До початкових даних відносяться всі ті дані, які характеризують роботу двигуна у будь-який момент часу. Тобто, це дані технологічного процесу і технічні характеристики механізму. Ці дані для розрахунку студент повинен зібрати під час проходження переддипломної практики. Тому, вже на цій стадії, слід добре вивчити метод розрахунку потужності двигуна, щоб визначитися з переліком необхідних даних. Частину початкових даних необхідно взяти з паспорта механізму, де вказана його технічна характеристика, решта даних, тобто дані технологічного процесу, визначаються на основі конкретних функцій механізму в технологічному процесі.

### **Розрахунок статичних моментів**

Якщо заздалегідь значення статичних моментів опору не задані, то їх слід розрахувати за даними технологічного процесу і технічними характеристиками механізму, тобто, за початковими даними.

Отже, перш ніж приступити до розрахунку, необхідно чітко уявляти конструкцію механізму, його кінематику, функції механізму в технологічному процесі, режим роботи і мати початкові дані.

Слід визначитися, з яких складових складається сумарний момент опору  $M_c$

$$M_c = M_{np} + M_{тр} + M_{х.х.}, \quad (2.27)$$

де  $M_{np}$  – момент, потрібний для подолання сил опору машини;

$M_{тр}$ - момент додаткових сил тертя в підшипниках робочих валів і в передаточних механізмах (муфтах, редукторах, ремінних передачах і т.д.);

$M_{х.х.}$ - момент холостого ходу.

Розраховані за початковими даними складові статичного моменту повинні бути приведені до валу двигуна.

Загальна формула приведення має наступний вигляд

Статичний момент, приведений до валу двигуна  $M_c$ , Н · м

$$M_c = \frac{M_{c.в.}}{i \cdot \eta}, \quad (2.28)$$

де  $M_{c.в.}$ - статичний момент на валу робочої машини.

$i$  – передаточне число;

$\eta$  - к.к.д. машини.

Примітка - Під  $M_{cm}$  мається на увазі будь-який момент опору, тобто СМ це може бути:

- загальний к.к.д.;
- загальне передавальне число між двигуном і механізмом.

За наявності в механізмі поступально рухомих елементів приведення сил опору до валу двигуна проводиться за формулами

Статичний момент,  $M_c$ , Н · м

$$M_c = \frac{F_{c.m} \cdot V}{\omega \cdot \eta}, \quad (2.29)$$

де  $F_{c.m}$  - зусилля робочого органу механізму, Н;

$V$  – лінійна швидкість, м/с

$\omega$  - кутова швидкість на валу двигуна, рад/с.

Кутова швидкість на валу двигуна  $\omega$ , рад/с.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 0,105n, \text{ рад/с}, \quad (2.30)$$

де  $n$  - швидкість обертання двигуна, об/хв;

Ці рівняння справедливі лише для рухового режиму. Для гальмівних режимів (двигун працює генератором) приведення статичних моментів слід проводити за наступними формулами

Статичний момент,  $M_c$ , Н · м

$$M_c = \frac{M_{cm} \cdot \eta}{i}; \quad (2.31)$$

$$M_c = \frac{F_{c.m} \cdot V \cdot \eta}{\omega}. \quad (2.32)$$

На закінчення слід вивести формулу залежності з часу,  $M_c = f(t)$ , якщо така залежність не задана.

### **Попередній вибір двигуна**

Важливим завданням є вибір потужності приводного двигуна.

Відразу вирішити це завдання неможливо, оскільки у величину приведенного моменту інерції  $J$  входить і момент інерції двигуна,  $J_{дв}$ , який ще не вибраний. А  $J_{дв}$  складає у ряді випадків 70% від сумарного  $J$ .

Окрім потужності двигуна необхідно знати:

- тип виконання двигуна, вибір якого залежить від умов навколишнього середовища;
- режим роботи двигуна (тривалий, короткочасний, повторно короткочасний);
- номінальна напруга двигуна;
- швидкість обертання в  $\text{радiан}^{-1}$  або об/хв;
- тип збудження (для двигуна постійного струму).

При виборі потужності двигуна враховується наступне:

- величина середнього статичного  $M_{с.ср}$  моменту може бути першим орієнтиром при визначенні номінальної потужності  $P_H$ , кВт

$$P_H \geq (1 \div 1,6) \cdot M_{с.ср} \cdot \omega_H \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{фак}}{ПВ_{ст}}}, \quad (2.33)$$

де 1-1,6 – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження приводу;

$ПВ_{фак}$  - фактична тривалість включення, %;

$ПВ_{сг}$  - довідникова тривалість включення, на яку розрахований двигун, %;

$\omega_H$  - номінальна швидкість двигуна рад/с.

- можна прийняти за основу найбільший момент, потрібний від двигуна,  $P_H$ , кВт

$$P_H \geq (1,2 \div 1,4) \cdot \frac{M_{с.мах}}{\lambda_{дв}} \cdot \omega_H, \quad (2.34)$$

де 1,2/ 1,4 - коефіцієнт запасу;

$M_{с.мах}$  - максимальний статичний момент, приведений до валу двигуна;

$\lambda_{дв}$  - перевантажувальна здатність двигуна.

- у разі тривалої роботи із змінним навантаженням потужність двигуна вибирається на 15-20% більше середньої потужності графіка, навантаження робочої машини, тобто

Потужність двигуна  $P_H$ , кВт

$$P_H \geq (1,15 \div 1,2) \cdot \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{t_{\Sigma}} \quad (2.35)$$

- можуть бути використані інші методи розрахунку потужності.

Розрахунок спрощеної діаграми навантаження двигуна.

Побудова діаграми навантаження двигуна  $M = f(t)$  ведеться на підставі рівняння.

Її починають з побудови графіків зміни в часі швидкості двигуна,  $\omega = f(t)$  приведених статичних моментів  $M_c = f(t)$  динамічного моменту;  $M_{дин} = f(t)$

Залежність  $\omega = f(t)$  як правило буває заданою. Якщо тахограми немає, то її слід розрахувати за початковими даними і потім побудувати графік .

Потім розраховують залежність  $M_c = f(t)$ , якщо вона не задана і також будують графік .

Наступним етапом визначають сумарний момент інерції приводу  $J$ , приведений до валу двигуна і потім значення  $M_{дин}$ .

Визначити  $J$  стає можливим після попереднього вибору двигуна за наступною формулою:

Момент інерції двигуна  $\sum J_{дв}$ , кг м

$$\sum J_{дв} = (1,1 \div 1,2) J_{ред} + J_m \cdot \frac{1}{i^2} + \frac{mV^2}{\omega^2} \quad (2.36)$$

де 1,1-1,2 - коефіцієнт, що враховує момент інерції редуктора;

$J_{дв}$  - момент інерції двигуна, кг·м<sup>2</sup>;

$J_m$  - момент інерції частин механізму, що обертаються кг·м<sup>2</sup>;

$i$  - передавальне число редуктора;

$m$  - маса, кг;

$V_m$  - лінійна швидкість, м/с;

$\omega$  - кутова швидкість обертання, рад/с.

Приведеному значенню моменту інерції приводу і відповідних прискорень при розгоні й уповільненні, що визначаються за даними графіка швидкості  $\omega = f(t)$ , ведеться побудова графіку зміни динамічного моменту .

Алгебраїчна сума в кожен момент часу приведених значень статичного і динамічного моментів визначає момент, що розвивається двигуном, графік якого в часі і є діаграмою навантаження електроприводу.

При розрахунку потужності двигуна інколи задаються значеннями середніх пускових і гальмівних моментів  $M_n$  і  $M_r$ .

Строгих рекомендацій для їх вибору не існує, проте залежно від системи приводу і технологічних вимог можна рекомендувати наступні співвідношення в порівнянні з моментом номінальним  $M_n$ .

Час пуску і гальмування при цьому визначаються за формулами:

- для приводу постійного струму по системі Г-Д

$$M_n = (1,6-1,8)M_n; \quad (2.37)$$

$$M_r = (1,2-1,4)M_n. \quad (2.38)$$

- для приводу постійного по системі ТП-Д:

$$M_n = M_r = (1,7-2)M_n. \quad (2.39)$$

- для вентильних асинхронних каскадів

$$M_n = (1,3-1,6)M_n; \quad (2.40)$$

$$M_r = (1-1,3)M_n. \quad (2.41)$$

Час пуску  $t_n$ , с

$$t_n = \frac{J\Delta\omega}{Mn - Mc}, \quad (2.42)$$

Час гальмування  $t_z$ , с.

$$t_z = \frac{J\Delta\omega}{Mr + Mc}, \quad (2.43)$$

Спосіб остаточної перевірки вибраного двигуна за умовами нагріву визначається типом двигуна і режимом його роботи.

Для механізмів тривалого режиму роботи з постійним або таким, що мало змінюється навантаженням (насоси, вентилятори і т.д.), потужність

двигуна вибирається безпосередньо по каталогу, відповідно до потужності з діаграми навантаження (або потужністю рахованої за теоретичною формулою). При цьому повинна дотримуватися умова  $P_H \geq P_c$ .

Перевірки двигуна за нагрівом або перевантаженням тут не вимагається.

Для всієї решти режимів роботи (тривалого із змінним навантаженням, короткочасного і повторно-короткочасного) проводиться перевірка вибраного двигуна на нагрів методом еквівалентного струму, моменту потужності або методом середніх втрат.

На практиці проектування електроприводів з усіх методів перевірки двигунів на нагрів частіше використовується метод еквівалентного струму або моменту.

Значення еквівалентних величин знаходять по рівняннях

Еквівалентний струм  $I_e$ , А

$$I_e = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (2.44)$$

Еквівалентний момент  $M_e$ , Н•м

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (2.45)$$

де  $I_1, I_2, \dots, I_n$  - значення струмів окремих ділянок навантаження, А;

$M_1, M_2, \dots, M_n$  - значення моментів на окремих ділянках навантаження, Н•м;

$t_1 + t_2 + \dots + t_n$  - час роботи на окремих ділянках навантаження, с.

Ці значення порівнюються з номінальними значеннями струму, моменту заздалегідь вибраного двигуна. Якщо  $M_n \geq M_e$  або  $I_n \geq I_e$  то двигун задовільняє умовам нагріву.

При виборі потужності двигунів постійного струму незалежного збудження з регулюванням швидкості за рахунок зміни магнітного потоку, постійного струму послідовного, або змішаного збудження, а також асинхронних з короткозамкненим ротором, необхідно користуватися методом еквівалентного струму.

Приведені рівняння справедливі в тих випадках, коли умови охолодження на всіх ділянках роботи не відрізняються від розрахункових або використовуються двигуни з примусовою вентиляцією. Для самовентильюючих двигунів, тепловіддача яких залежить від швидкості, в даних рівняннях слід вводити поправочні коефіцієнти ( $d_1$  - коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження при пуску і гальмуванні, як правило,  $d = 0,75$ ) для ділянок, де швидкість двигуна, вибраного з серії, призначеної для роботи в тривалому режимі, менше номінальної або відбувається його зупинка.

Так, наприклад, вираз еквівалентного моменту з урахуванням зміни тепловіддачі двигуна для діаграми навантаження рис.3.2, буде наступним:

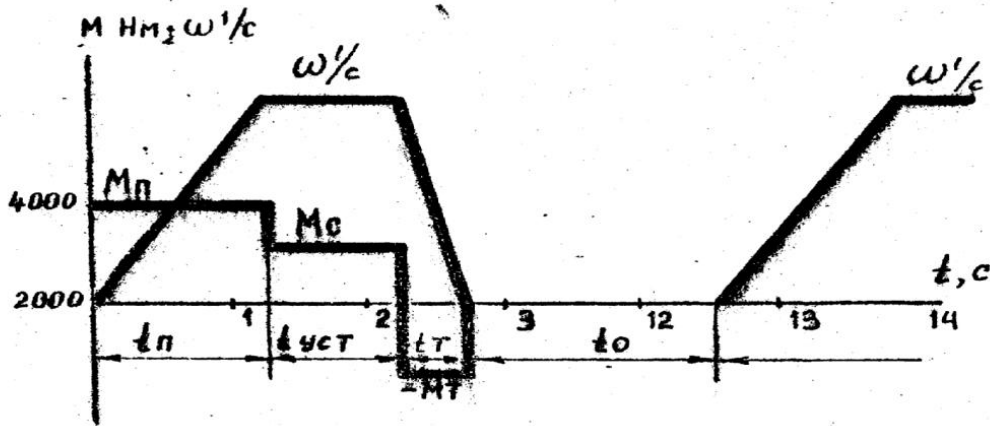


Рисунок 2.4 Діаграма навантаження

Після перевірки двигуна за умовами нагріву його перевіряють по перевантажувальній здатності, тобто вибір потужності двигуна повинен проводитися з урахуванням як умов тривалої роботи, так і миттєвих перевантажень.

Двигун проходить по перевантаженню, якщо виконується умова:

$$\begin{aligned} M_{max} &\leq \lambda M_n; \\ I_{max} &\leq \lambda_1 I_n, \end{aligned} \quad (2.46)$$

де  $M_{max}$  - максимальні значення моменту, взятих з діаграми навантаження;

$I_{max}$  - максимальні значення струму, взятих з діаграми навантаження;

$\lambda$  - відповідно допустимі коефіцієнти перевантаження по моменту і струму.

## **2.7 Робота електричних схем управління**

Принципальна схема управління машиною, верстатом, установкою креслиться в графічній частині дипломного проекту. Опис її роботи проводиться в пояснювальній записці. При цьому вказується призначення всіх елементів схеми, порядок їх роботи і виконання технологічного завдання. Вказуються зв'язки блокування, обмеження ходів, реверсу, гальмування, сигналізація та інше.

## **2.8 Розрахунок і вибір пуско-регулюючої апаратури**

### **Загальні відомості**

Апарати керування призначені для вмикання, вимикання і перемикавання електричних кіл і електроспоживачів, регулювання частоти обертання і реверсування електродвигунів, регулювання параметрів силових, освітлювальних, нагрівальних і інших електроустановок.

Захисні апарати призначені для вимикання електричних кіл при виникненні в них ненормальних режимів (короткі замикання, значні перевантаження, різкі зниження напруги та ін.). Апарати керування та захисту вибирають по ряду параметрів, основні з яких - номінальні струм і напруга. Крім того, апарати вибирають по кліматичному виконанню (ДСТ 35543-70), по ступеню захисту від впливу навколишнього середовища (ДСТ 14254-69) і інших параметрах у залежності від призначення апарату (граничний струм короткого замикання, що відключається, електродинамічна і термічна стійкість, розривна потужність, зносостійкість контактів та ін.).

Від правильного вибору пускової і захисної апаратури у великій мірі залежать надійність роботи і збереження устаткування в цілому, якісні й економічні показники виробничого процесу, електробезпека людей.

### **Рубильники і перемикачі**

Рубильники і перемикачі призначені для нечастих (не більш шести в годину) неавтоматичних відключень і переключень електричних кіл змінного струму напругою до 660 В, частотою 50 Гц і постійного струму напругою до 440 В.

Конструктивно рубильники і перемикачі розрізняють: за числом полюсів - одно-, дво- і триполюсні; за видом приводу - з центральною рукояткою, боковою рукояткою, з бічним підйомним приводом; за захищеністю - відкритому і захищеному; за способом підключення струмопроводу - переднє, заднє.

Рубильники типу Р і рубильники-перемикачі типу РП випускають на напругу до 660 В змінного і 440 В постійного струму в одно-, двох- і триполюсному виконанні і на номінальні струми 100, 250, 400 і 630 А. По типи приводу їх виконують: з бічною незнімною рукояткою (РП, РП11), з винесеною і знімною рукояткою (Р16, РП16), з передньою рукояткою (Р19, РП19) і важелем для керування штангою (Р20, РП20). Дво - і триполюсні рубильники з бічною рукояткою типу РБ випускають на номінальні струми 250, 400 і 630 А і номінальна напруга 380 і 660 В. Крім зазначених вище, застосовують інші типи рубильників, наприклад РС зі зміщеним приводом.

Для неавтоматичної комутації і захисту від струмів перевантаження і короткого замикання (к. з.) використовують блоки запобіжник-вимикач у дво - і триполюсному виконанні типу БПВ на 100, 250 і 400 А, типу ППВ на 100, 250 А, рубильник із запобіжниками зі зміщеним приводом на 100, 250, 400 А и ін.

Рубильники і перемикачі вибирають за номінальною напругою, номінальним струмом, кількістю полюсів, конструктивним й кліматичним виконанням, категорією розміщення і ступенем захисту.

### **Пакетні вимикачі і перемикачі**

Пакетні вимикачі й перемикачі призначені для роботи в електричних колах напругою до 380 В змінного струму і до 220 В постійного струму. Їх застосовують як групові вимикачі на розподільчих щитах, для перемикання режимів роботи в електричних схемах, пуску асинхронних двигунів малої потужності і т.п.

### **Кнопки керування, шляхові і кінцеві вимикачі і перемикачі**

Кнопки керування використовують для дистанційного керування контакторами, пускачами й іншими електромагнітними апаратами, а також для комутації кіл сигналізації, блокувань і т.ін. Їх випускають відкритого, захищеного, водозахисного, пило-, водозахистного і вибухозахищеного виконання. Кнопки керування, змонтовані в загальному корпусі або на панелі, називають кнопковою станцією. В промислових електроустановках

застосовують кнопкові станції головним чином захищеного, пило-водозахищеного і відкритого виконання.

Промисловість випускає кнопки керування серії КЕ тринадцяти типів, що відрізняються виконанням, видом, формою, кольором кнопок, числом контактних ланцюгів і оперативних написів на кнопках. Номінальний струм контактів при напрузі 500 В змінного струму і 220 В постійного струму 6 А. На базі КЕ випускають 36 типів станцій керування серії ПКЕ з однією, двома і трьома кнопками.

Шляхові і кінцеві вимикачі і перемикачі являють собою кнопки керування, що діють автоматично (при натисканні на них деталі механізму, що рухається). Їх широко застосовують в автоматичних схемах приводу транспортних механізмів для зміни напрямку руху керованого механізму і виключення можливості переходу його за межі допустимих положень.

### **Електромагнітні пускачі**

Електромагнітні пускачі служать для дистанційного керування асинхронними двигунами (включення, відключення, реверсу), трифазними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором потужністю до 250 А і напругою до 500 В. Такі пускачі автоматично відключають двигуни при зниженні напруги на 50...60 % номінального і при перевантаженнях, (якщо мається теплове реле).

Найбільш широке поширення отримали електромагнітні пускачі серії ПМЕ-000 і ПАЕ-100 з номінальним струмом від 3,2 до 150 А. Поступово їх заміняють більш зручними пускачами серії ПМЛ-000000 з  $I_n$  від 10 до 200 А.

Структура умовних позначень пускача складається з літерного позначення серії (ПМЕ, ПАЕ, ПМЛ, ПМА) і ряду цифр після дефісу, що позначають:

- у серії ПМЕ-000 перша цифра - величина пускача (0, 1, 2);

- друга - виконання (для нульової величини 1, 4, 7- відкрите з чотирма замикаючими контактами; 2, 5, 8 - захищене з чотирма замикаючими і двома контактами, що розмикають);

3, 6, 9 – пило-, водонепроникними з чотирма замикаючими контактами; для першої і другої величин: 1 -відкрите, 2 - захищене, 3 – пило-, вологонепроникним виконанням);

- третя цифра - можливість реверсу електродвигуна, наявність теплового реле і кнопок керування (1 - нереверсивний без реле, 2- нереверсивний з реле, 3- реверсивний без реле, 4 - реверсивний з реле, 5 - нереверсивний без реле з убудованими в оболонку кнопками "Пуск" і "Стоп", 6 - те ж, але з тепловим реле);

у серії ПАЕ-000 перша цифра - величина пускача (3, 4, 5, 6); друга - виконання (1-відкрите, 2 - захищене, 3 - пилозахищене, 4 – пило-, водонепроникне); третя цифра - те ж, що в ПМЕ;

у серії ПМЛ-000000 перша цифра - величина (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7);

- друга - можливість реверсу, наявність теплових реле і блокувань (1- нереверсивний без реле, 2 - нереверсивний з реле, 5 – реверсивний без реле з механічним і електричним блокуванням, 6 - те ж, але з реле, 7 - для переключення "зірка - трикутник");

- третя - виконання за ступенем захисту і наявністю кнопок (0 - IP00, 1-IP54 із кнопкою "Реле", 2 - IP54 із кнопками "Пуск" і "Стоп", 3 - IP54 із кнопками "Пуск" і "Стоп" і сигнальною лампою);

- четверта - виконання за числом і виконанням контактів допоміжного кола;

- п'ята - кліматичне виконання і категорія розміщення.

Захист від перевантажень здійснюється за допомогою вбудованих теплових реле: двополюсного типу ТРН в пускачах ПМЕ і ПАЕ 0, 1, 2 і 3 величин, однополюсних типу ТРП у пускачах ПАЕ 4, 5 і 6 величин і трифазних типу РТЛ у пускачах ПМЛ. Діапазон регулювання струму вставки реле ТРН і ТРП - від 0,75 до 1,25 Ін. Електромагнітні пускачі вибирають в залежності від умов навколишнього середовища і схеми управління за номінальною напругою, номінальним струмом, за струмом нагрівального елемента теплового реле і за напругою втягуючої котушки. При виборі електромагнітних пускачів і теплових реле можна використовувати дані табл.2.1, або користуватись довідниковими даними.

Таблиця 2.1 - Технічні дані електромагнітних пускачів і теплових реле

Тип пускача	Величина пускача	Найбільша потужність двигуна, кВт при напрузі 380 В	Вбудовані теплові реле		
			Тип	Номинальний струм реле, А	Номинальний струм теплових елементів, А
ПМЕ	0	1,1	ТРН-10А	3,2	0,32;0,4;0,5;0,63;0,8;1,0;1,25;1,6;2,0;2,5;3,2
ПМЕ	1	4,0	ТРН-10	10	0,5;0,63;0,8;1,0;1,25;1,6;2,0;3,2;4,0;5,0;6,3;8;10
ПМЕ	2	10,0	ТРН-25	25	5,0;6,3;8;10;12,5;16;20;25
ПМЕ	3	17,0	ТРН-40	40	12,5;16;20;25;32;40
ПМЕ	4	30,0	ТРП-60	60	20;25;30;40;50;60
ПМЕ	5	55,0	ТРП-150	150	50;60;80;100;120
ПМЕ	6	75,0	ТРП-150	150	100;120;150
ПМЛ	1	4,0	РТЛ-1	10	1,6...10
ПМЛ	2	10,0	РТЛ-2	25	10...25
ПМЛ	3	18,5	РТЛ-3	40	30;40
ПМЛ	4	30,0	РТЛ-4	63	40...63
ПМЛ	5	45,0	РТЛ-5	80	63;80
ПМЛ	6	55,0	РТЛ-6	125	100;125
ПМЛ	7	110,0	РТЛ-7	200	125;160;200

### Плавкі запобіжники

Плавкі запобіжники призначені для захисту електричних установок від струмів короткого замикання і струмів перевантаження. Проста конструкція, невеликі розміри і порівняно мала вартість обумовили широке застосування плавких запобіжників у промислових електроустановках, особливо при напрузі до 1000 В. На відміну від інших видів захисних пристроїв, плавкі запобіжники об'єднують у собі функцію виявлення пошкоджень і функцію відключення пошкодженої ділянки.

Однак, плавким запобіжникам властиві і серйозні недоліки, що обмежують область їхнього застосування, до числа яких відносяться: великий розкид спрацьовування плавкої вставки до 50 % по струму, необхідність заміни плавкої вставки або всього запобіжника після однократного спрацьовування, можливість роботи двигуна на двох фазах при перегоранні запобіжника на одній фазі й ін.

Плавкі запобіжники вибирають за наступними параметрами:

- за номінальною напругою;

При захисті плавкими запобіжниками лінії, до якої приєднано більше одного двигуна, струм плавкої вставки  $I_{вст}$ , А

$$I_{вст} \geq \frac{I_n}{\alpha} + I_{n(n-1)} \quad (2.47)$$

де  $\alpha$  – 2,5 для двигунів з тривалим режимом роботи, (1,6 – 2) при повторно-короткочасному режимі роботи.

Слід зазначити, що запобіжники, обрані за даними умовами, захищають короткозамкнені двигуни тільки від коротких замикань;

Для вибору плавких запобіжників за умовою селективності використовується метод узгодження характеристик запобіжників. В основу цього методу покладений принцип методу порівняння перерізу плавких вставок.

При встановленні однотипних запобіжників напругою до 1000 В селективність буде дотримана, якщо плавкі вставки кожних двох послідовно включених запобіжників відрізняються одна від одної не менше як на одну-, дві ступені за шкалою номінальних плавких вставок, а при встановленні високовольтних запобіжників з кварцевим заповнювачем – на одну ступінь.

Таблиця 2.2 Технічні дані плавких запобіжників напругою до 1000 В.

Тип	Номінальний струм $I_{\text{ном}}$ , А	
	Запобіжника	Плавкої вставки
ПНП-60	60	6, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60
ПН2-100	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
ПН2-250	250	80, 100, 120, 150, 200, 250
ПН2-400	400	200, 250, 300, 400
ПН2-600	600	300, 400, 500, 600
ПП17-39	1000	500, 630, 800, 1000
ПП18-33	160	50, 63, 80, 100, 125, 160
ПП18-34	250	125, 160, 200, 250
ПП18-37	400	250, 320, 400
ПП18-39	630	400, 500, 630
ПП18-41	1000	630, 800, 1000
ПР2	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
ПРС-6	6	1, 2, 4, 6
ПРС-25	25	4, 6, 10, 16, 20, 25
ПРС-63	63	20, 25, 40, 63
ПРС-100	100	40, 63, 80, 100

### Автоматичні вимикачі

Автоматичні вимикачі призначені для проведення струму у нормальному режимі і вимикання електричних кіл при коротких замиканнях, перевантаженнях та недопустимому зниженні напруги їх використовують для

оперативних вмикань та вимикань електричних кіл напругою до 220 В постійного, 380 В змінного струму частотою 50 або 400 Гц.

Умовні позначення автоматичних вимикачів серії АЗ700Ф розшифровуються так:

<u>А37</u>	<u>Х</u>	<u>Х</u>	<u>Ф</u>	<u>УЗ</u>
1	2	3	4	5

1 - серія;

2 - величина за номінальною силою струму вимикача: 1-160А; 2-250А; 3-630А;

3- виконання за кількістю полюсів та наявністю розчіплювачів; 1 - двополюсні з електромагнітними розчіплювачами; 5 - двополюсні з електромагнітними та тепловими розчіплювачами; 6 - триполюсні з електромагнітними та тепловими розчіплювачами; 7 - двополюсні; 8 - триполюсні без розчіплювачів;

4- фенопластовий корпус;

5- кліматичне виконання та категорія розміщення. За вимогою замовника вимикачі виготовляють з такими додатковими пристроями: незалежним розчіплювачем; розчіплювачем нульової напруги; електромагнітним приводом; допоміжними контактами.

Вони мають переднє, заднє і комбіноване приєднання мідних або алюмінієвих проводів. Працюють у тривалому режимі при таких умовах навколишнього середовища:

- кліматичне виконання і категорія розміщення УЗ;
- навколишнє середовище не повинно містити струмопровідного пилу, агресивних газів і пари в концентраціях, що руйнують метали та ізоляцію;
- група умов експлуатації М7 за ГОСТ 17516—72 для стаціонарного виконання і М1 - для висувного виконання;
- місце встановлення вимикачів повинне бути захищене від потрапляння води, масла, емульсії тощо, а також від безпосередньої дії сонячної радіації.

Автоматичні вимикачі мають нерегульовані вставки спрацьовування електромагнітних і теплових розчіплювачів, тому застосовують в основному для захисту від коротких замикань та перевантажень електричних мереж і окремих електроприймачів.

Вимикачі АЗ700ФУЗ при змінному і постійному струмі з одночасним проходженням струму по всіх полюсах вимикача:

- повинні не спрацьовувати при номінальній силі струму термометалевого розчіплювача;
- можуть спрацьовувати при струмі  $1,05 I_n$  термометалевого розчіплювача за час менше 2 год з початком відліку від холодного вимикача.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики автоматичних вимикачів  
A3700

серії

Типи	Номінальні сили струму, А		Номінальні сили струму вставки спрацьовування електромагнітного розчіплювача, А
	вимикачів	електромагнітних розчіплювачів	
A3711ФУЗ	160	80	400
A3712ФУЗ	160	160	630, 1000, 1600
A3721ФУЗ	250	250	1600, 2000, 2500
A3722ФУЗ			
A3731ФУЗ	630	400	2500, 3200, 4000
A3732ФУЗ			
		630	4000, 5000, 6300

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики автоматичних вимикачів серії  
A3700ФУЗ з електромагнітними і термометалевими розчіплювачами

Типи	Номінальні сили струму, А			Номінальні сили струму вставок, А		Гранично допустима сила струму короткого замикання, кА
	вими- кача	електро- магнітного розчіп- лювача	тепло- вого розчіп- лювача	тепло- вого розчіп- лювача	електро- магнітного розчіплювача	
A3715ФУЗ	160	160	16	18	630	5,5
A3716ФУЗ			20	23		10
			25	29		15
			32	37		20
			40	46		20
			50	58		25
			63	73		25
			80	92		25
			100	115		25
			125	144		25
			160	184		25
			32	37	1600	20
			40	46		20
			50	58		25
			63	73		25
			80	92		25
			100	115		25
			125	144		25
			160	184		25
A3725ФУЗ	250	250	160	184	2500	35
			200	230		35
			250	288		35
		400	250	288	2500	50

Продовження таблиці 2.4

Типи	Номинальні сили струму, А			Номинальні сили струму вставок, А		Гранично допустима сила струму короткого замикання, кА
	вимикача	електромагнітного розчіплювача	теплого розчіплювача	теплого розчіплювача	електромагнітного розчіплювача	
A3715ФУЗ	160	160	16	18	630	5,5
			320	368	3200	50
			400	460	4000	50
		630	500	575	5000	50
			630	725	6300	50

Приклад замовлення. Вимикач стаціонарного виконання А3716ФУЗ на 20 А змінного струму, 50 Гц, сила струму вставки спрацьовування електромагнітного розчіплювача 600 А, без допоміжних пристроїв, з затискачами для переднього приєднання проводів без кабельних наконечників, ТУ 16.522.028—74.

Поряд з вимикачами серії А3700ФУЗ виготовляють вимикачі серії А3700, які розраховані для роботи в мережах з напругою до 660 В змінного струму, і до 440 В постійного струму. Крім виконань, що передбачені в серії А3700ФУЗ, випускають вимикачі з напівпровідниковими і електромагнітними розчіплювачами. Основне виконання передбачається з струмообмеженням (А3700Б), а також селективне виконання (А3700С).

Автоматичні вимикачі серії АЕ20М (модернізовані) застосовують у трансформаторних підстанціях потужністю до 630 кВ•А та для вбудови у комплектні пристрої. Умовні позначення вимикачів розшифровуються так:

АЕ20 Х Х Х — Х Х Х — 00 — XXXX Х  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1- серія;

2- величина вимикача залежно від номінальної сили струму: 4 - 63 А, 5 - 100 А, 6 - 160 А;

3 - позначення кількості полюсів та максимальних розчіплювачів струму: 2- двополюсні з електромагнітними розчіплювачами; 3 — триполюсні з електромагнітними розчіплювачами; 5 - двополюсні з електромагнітними і тепловими розчіплювачами; 6 - триполюсні з електромагнітними та тепловими розчіплювачами;

4- позначення вимикача модернізованого: М — для вимикачів на 63 і 100 А, відсутність знака — на 160 А;

5- наявність вільних контактів; 1 - без вільних контактів; 2 - один замикаючий (Із), 3 - один розмикаючий (Ір); 4 - один замикаючий і один розмикаючий (Із + Ір);

6- позначення допоміжних розчіплювачів; 0-без допоміжних розчіплювачів; 1 - мінімальний розчіплювач напруги, 2 - незалежний розчіплювач;

7- позначення температурної компенсації і регулювання сили струму неспрацьовування: Р - наявність регулювання та температурної компенсації, 0 - без регулювання і температурної компенсації;

8- ступінь захисту - ІР00;

9- кліматичне виконання і категорія розміщення за ГОСТ15150-69;

10 - клас стійкості проти спрацювання (А, Б).

Номінальні сили струму максимальних розчіплювачів струму, А, вимикачів з силою струму:

63А 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10;  
12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 А

100 А 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 А

160 А 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160 А

Межі регулювання вставки за струмом спрацьовування теплового розчіплювача становлять (0,9—1,15)  $I_n$ , а для теплових розчіплювачів, сила струму яких дорівнює номінальній силі струму вимикачів,— від 0,9  $I_n$  до номінальної.

Автоматичні вимикачі АЕ2020 та АЕ2040 призначені для захисту електричних кіл від перевантажень та струмів короткого замикання, захисту, пуску й зупинки асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, а також для оперативних вмикань і вимикань електричних кіл (частота до 30 вмикань на годину) у колах напругою до 660 В змінного струму частотою 50 Гц, до 380 В частотою 400 Гц і до 220 В постійного струму.

Структура умовного позначення вимикачів АЕ2020 і АЕ2040 така ж, як і вимикачів серії АЕ20М, але відсутня літера М.

На відміну від вимикачів АЕ20М, які мають лише двополюсне і триполюсне виконання, АЕ2040 мають також однополюсне виконання (типу АЕ2044 з електромагнітним та тепловим розчіплювачами).

Вставка за струмом спрацьовування у зоні струмів короткого замикання кратна номінальному струму розчіплювача (струм відсічки) і становить  $12 I_H$ .

**Автоматичні вимикачі серій ВА51 і ВА52** призначені для проведення струму у нормальному режимі, захисту електричних кіл від струмів короткого замикання і перевантаження, оперативних вмикань і вимикань з частотою до 30 на годину, захисту електродвигунів від струмів перевантаження та коротких замикань. Вони розраховані для роботи в мережах змінного струму напругою до 660 В з частотою 50 Гц і постійного струму напругою до 220 В. Вбудовуються у розподільчі пристрої і окремо розміщені ящики, застосовуються в усіх галузях народного господарства.

Умовні позначення цих вимикачів розшифровуються так:

<u>ВА</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X</u>	<u>X3</u>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1- ВА — вимикач автоматичний;
- 2- серія (51 — неструмообмежуючі, 52 — струмообмежуючі);
- 3- дефіс або літера Г для позначення вимикачів для захисту електродвигунів;
- 4- позначення номінальної сили струму вимикача: 25-25 А; 29 - 63А; 31 - 100 А; 33 - 160 А;
- 5- кількість полюсів; 1 -один полюс з розчіплювачем в одному полюсі, 2 - два полюси, 3 - три полюси, 8 - два полюси з двома розчіплювачами в триполюсному виконанні корпусу вимикача;
- 6- вид розчіплювачів максимального струму: 2 - електромагнітний, 4 - електро-магнітний і тепловий (комбінований);
- 7- наявність допоміжних розчіплювачів та вільних контактів: 00 - без допоміжних розчіплювачів і вільних контактів, 11 - є вільні контакти, 18 - незалежний розчіплювач та вільні контакти, 23 - мінімальний розчіплювач й вільні контакти;
- 8- вид привода та спосіб встановлення вимикача; 1 — ручний привід, стаціонарне виконання, 3 — електромагнітний привід, стаціонарне виконання;
- 9- наявність допоміжних механізмів: 0 — відсутні, 6 — пристрій блокування положення «Вимкнуто»;
- 10 - наявність регулювання струму неспрацьовування теплового розчіплювача: Р — з регулюванням, 0 — без регулювання;
- 11 - ступінь захисту оболонки: 30 — IP30;

12 - кліматичне виконання (УХЛ, Т) та категорія розміщення (3).

Номінальні сили струму вимикачів та розчіплювачів максимального струму наведені у таблиці

Таблиця 2.5 - Номінальні сили струму розчіплювачів максимального струму автоматичних вимикачів ВА51

Тип вимикачів	Номінальні сили струму вимикачів, А	Номінальні сили струму розчіплювачів максимального струму, А	Кількість полюсів	Сили струму відсічки в кратності від номінального
ВА51-25-84	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	2	10/нр
ВА51-25-34			3	10/нр
ВА51Г25-34	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0	3	14/нр
		1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5		
		6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		
ВА51-29-14	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	1	(3, 7, 10)/нр
		31,5; 10; 50; 63		
ВА51-31-24	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	2	(3, 7, 10)/нр
ВА51-31-34			3	(3, 7, 10)/нр
ВА51Г31-34			3	14/нр
ВА51-33-24	160	80; 100; 125; 160	2	10/нр
ВА51-33-34			3	10/нр
ВА51-31-34			3	14/нр

Таблиця 2.6 – Комутаційна здатність автоматичних вимикачів серії ВА51

Тип вимикачів	Номінальні сили струму, А	Номінальні сили струму розчіплювачів, А	Гранична комунітаційна здатність, кА, при напрузі 380 В
ВА51-25	25	6,3; 8	2
		10; 12,5	2,5
		16; 20; 25	3,8
ВА51Г25	25	0,3-1,6	3
		2-8	1,5
		10; 12,5	2
		16; 20; 25	3
ВА51-29	63	6,3-12,5	1,5

Продовження таблиці 2.6

Тип вимикачів	Номинальні сили струму, А	Номинальні сили струму розчіплювачів, А	Гранична комунітаційна здатність, кА, при напрузі 380 В
		16	3
		20; 25	4
		31,5-63	8
ВА51-31	100	16	4,5
		20; 25	5
		31,5-63	7
		80; 100	10
ВА51Г31	100	16-25	3,6
		31,5-63	7
		80; 100	10
ВА51-33	160	80-160	12,5
ВА51Г33			

Теплові розчіплювачі можуть регулювати силу струму неспрацьовування в межах  $(0,8—1) I_{нр}$ . Сила струму спрацьовування електромагнітних розчіплювачів знаходиться в межах  $(0,8—1,2)$  номінального струму вставки спрацьовування.

Мінімальні розчіплювачі напруги вимикачів ВА51 виготовляють на напруги змінного струму 110, 127, 220, 380 і 660 В, незалежні розчіплювачі — 24, 36, 110, 127, 220, 380 і 660 В змінного струму.

Вільні контакти у тривалому режимі витримують навантаження 4А при напрузі 380 і 660 В.

Приклад замовлення. Вказують тип виконання вимикача відповідно з структурою умовного позначення, номінальну напругу, номінальну силу струму максимальних розчіплювачів струму, ступінь захисту затискачів зовнішніх провідників, номер технічних умов.

Наприклад, вимикач з номінальною силою струму 25 А, триполюсний, з електромагнітним і тепловим розчіплювачем на 12,5 А, без допоміжних розчіплювачів і вільних контактів, без допоміжних механізмів, з регулюванням струму неспрацьовування теплового розчіплювача: вимикач автоматичний ВА51-25-340010P30УХЛЗ, 380 В, 50 Гц, 12,5 А, ступінь захисту затискачів IP20, ТУ 16.522.157—83.

Автоматичні вимикачі АП50Б призначені для вимикання при перевантаженнях і коротких замиканнях електричних кіл з номінальною напругою постійного струму до 220 В та змінного струму з частотою 50 Гц і напругою до 500 В, оперативних вмикань з частотою до 30 на годину цих кіл (у

тому числі асинхронних електродвигунів з частотою вмикань до 12 на годину).

Вимикачі серії АП50Б експлуатуються в стаціонарних установках (у шафах, ящиках, на щитах, панелях тощо). Група експлуатації М7 за .1 ГОСТ 17516—72.

Номинальні сили струму розчіплювачів: 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63 А. Вимикачі з розчіплювачем у нульовому проводі випускаються з номінальним струмом фазних розчіплювачів 16; 25; 40; 50 і 63 А. Вимикачі серії АП50Б можуть мати контакти допоміжних кіл з 1р або 2з контактами.

Струм миттєвого спрацьовування електромагнітних розчіплювачів і (струм відсічки) становить  $3,5I_n$  або  $10I_n$ .

Номинальний режим роботи вимикачів — тривалий.

Умовні позначення вимикачів АП50Б розшифровуються так:

<u>АП50Б</u>	—	<u>XXXX</u>	<u>X</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
1		2	3	4	5	6

1— серія;

2— кількість і позначення максимальних розчіплювачів струму; МТ — комбінований максимальний розчіплювач струму (електромагнітний і тепловий); М — електромагнітний максимальний розчіплювач струму; Т — тепловий максимальний розчіплювач струму, кількість проставляють перед позначенням розчіплювача;

3— позначення додаткового розчіплювача; Н — розчіплювач мінімальної напруги;

Д — незалежний розчіплювач; О — розчіплювач струму в нульовому проводі;

4— кліматичне виконання: У, ХЛ, Т;

5— категорія розміщення: 2, 3 і 5;

6— позначення вимикача залежно від номінального струму головних і кіл; 1 — 1,6; 2,5; 4 А; 2 — 6,3; 10; 16 А; 3 — 25; 40; 50; 63А.

Додаткові розчіплювачі типів Н, О, Д монтують замість одного електромагнітного розчіплювача, тоді кількість електромагнітних та теплових і розчіплювачів вказують окремо (наприклад, АП50Б — 2МЗТНУЗ).

Автоматичні вимикачі серії АП50Б виготовляють:

двополюсні з комбінованими розчіплювачами (АП50Б-2МТ) і тільки 1 з електромагнітними розчіплювачами (АП50Б-2М);

триполюсні (АП50Б-3МТ, АП50Б-3М);  
 триполюсні з дистанційним розчіплювачем (АП50Б-2МЗТД);  
 триполюсні з додатковим розчіплювачем мінімальної напруги (АП50Б-2МЗТН, АП5ПБ-2МН);  
 триполюсні з додатковим розчіплювачем у нульовому проводі (АП50Б-2МЗТО).

Приклад замовлення. Вимикач типу АП50Б триполюсний, що має три комбінованих розчіплювачі з номінальним струмом  $I_{нр} = 25$  А, струмом відсічки  $10 I_{нр}$ , з двома перемикаючими контактами допоміжного кола: автоматичний вимикач АП50Б-3МТУ3.3, 25 X10, 2п, ТУ 16.522.139-78

## 2.9 Розрахунок і вибір струмопроводів, силових шаф і їх розміщення

Першим етапом проектування систем електропостачання є визначення електричних навантажень.

Розрізняють наступні види навантажень: активну потужність  $P$ , реактивну потужність  $Q$ , повну потужність  $S$  і струм  $I$ .

При розрахунках електричних навантажень застосовують різні коефіцієнти графіків навантаження, які характеризують режими роботи споживачів електроенергії за потужністю або в часі.

Коефіцієнт попиту – це відношення розрахункової (в умовах проектування) або спожитої (в умовах експлуатації) активної потужності до номінальної (установленої),  $K_{п}$

$$K_{п} = \frac{P_{розр.}}{P_{ном.}} \quad (2.34)$$

Для визначення розрахункової активної потужності користуються формулою  $P_{розр.}$ , кВт

$$P_{розр.} = \sum_1^n K_{п} \cdot P_{ном.} \quad (2.35)$$

Реактивна потужність знаходиться за формулою  $Q$ , кВар

$$Q = \sum_1^n P_{роз.} \cdot \tan \varphi \quad (2.36)$$

Повна потужність, яка споживається всіма електроустановками  $S$ , кВА

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.37)$$

Метод упорядкованих діаграм

Цей метод є основним при визначенні розрахункових навантажень систем електропостачання.

Розрахункова потужність визначається за формулою  $P_{\text{розн}}$ , кВт

$$P_{\text{розн}} = K_{\text{мак}} \cdot K_{\text{в}} \cdot P_{\text{н.уст.}} \quad (2.38)$$

де  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання, це відношення середньої активної потужності  $P_{\text{зм}}$  за найбільш завантажену зміну до номінальної установленної потужності;

$K_{\text{мак}}$  – коефіцієнт максимуму, це відношення розрахункового максимуму активної потужності навантаження групи струмоприймачів до середньої потужності навантаження, за найбільш завантажену зміну. Вибирається за таблицями.

Коефіцієнт максимуму  $K_{\text{мак}}$  залежить від коефіцієнту використання  $K_{\text{в}}$  і ефективного числа струмоприймачів,  $n_{\text{ф}}$ . Ефективна кількість групи струмоприймачів, приєднаних до одного вузла (розподільча шафа підстанції, силова розподільча шафа, магістральний шинопровід) визначається в залежності від показника цього вузла  $m$ , кількості споживачів  $n$ , середнього коефіцієнту використання  $K_{\text{в}}$ . Показник  $m$  – це відношення номінальної потужності найбільшого споживача до номінальної потужності найменшого споживача. Ефективна кількість знаходиться за різними формулами в залежності від значень  $K_{\text{в}}$ ,  $m$ ,  $n$  і постійності навантаження.

При  $n \leq 5$ ,  $K_{\text{в}} \geq 0,2$  і  $m > 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = \frac{(\sum_1^n P_{\text{ном.}})^2}{\sum_1^n P_{\text{ном.}}^2} \quad (2.39)$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon > 0,2$  і  $m > 3$ ,  $P = \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = n \quad (2.40)$$

При  $n > 5$ ,  $\kappa_\varepsilon \geq 0,2$  і  $m < 3$ ,  $P \neq \text{const}$  ефективна кількість

$$n_{\text{еф}} = n \quad (2.41)$$

При  $n > 5$ ,  $\kappa_\varepsilon < 0,2$  і  $m < 3$ ,  $P \neq \text{const}$  ефективна кількість не визначається, а максимальна активна потужність розраховується за коефіцієнтом завантаження  $\kappa_3$

$$P_{\text{мак}} = \kappa_3 \cdot \sum_1^n P_{\text{ном}} \quad (2.42)$$

де  $\kappa_3$  - коефіцієнт завантаження струмоприймачів, що працюють у повторно-короткочасному режимі

$$\kappa_{3\text{пкр}} = 0,75$$

при тривалому режимі роботи

$$\kappa_3 = 0,9$$

при автоматичному режимі роботи

$$\kappa_3 = 1,0$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon \geq 0,2$  і  $m \geq 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{ном.}}}{P_{\text{ном(одного найбільшого двигуна)}} \quad (2.43)$$

При  $n \geq 5$ ,  $\kappa_\varepsilon < 0,2$  і  $m \geq 3$ ,  $P \neq \text{const}$

$$n_{\text{еф}} = n_{*\text{еф}} \cdot n \quad (2.44)$$

$$n_{*еф} = f(n_*; P_*)$$

$n_{*еф}$  - відносна ефективна кількість, визначається за таблицями

$$n_* = \frac{n'}{n}$$

де  $n_*$  - відносна кількість найбільших за потужністю електроприймачів;  
 $n'$  - кількість струмоприймачів з одиничною потужністю більшою або рівною  $\frac{P_{ном.мах.}}{2}$  (половина потужності найбільш крупного струмоприймача).

$$P_* = \frac{P_{n'}}{P_{ном.}} \quad (2.45)$$

$P_*$  - відносна потужність найбільших за потужністю електроприймачів

При  $n > 300$ ,  $\kappa_\epsilon > 0,2$  і  $m > 3$ , ефективне число  $n_{еф} = n$

При виборі проводів і кабелів напругою до 1000 В за умовами нагріву їх переріз вибирається в залежності від тривало допустимого струмового навантаження.

Переріз проводів і кабелів напругою до 1000 В вибирається за умовами нагріву в залежності від тривало-допустимого струмового навантаження. Вибір перерізу проводиться:

- за умовами нагріву тривалим розрахунковим струмом  $I_{н.доп.}$ , А

$$I_{н.доп.} \geq \frac{I_p}{K_1 \cdot K_2}$$

- за умовами відповідності вибраному апарату максимального струмового захисту  $I_{н.доп.}$ , А

$$I_{н.доп.} \geq \frac{I_{зак.} \cdot K_3}{K_1 \cdot K_2}$$

де  $I_p$  - розрахунковий струм навантаження, А;

$I_{н.доп.}$  - тривало допустимий струм на проводи, кабелі чи шино проводи (вибирається за таблицями);

$K_3$  - коефіцієнт захисту або кратність захисту;

$K_1$  - поправочний коефіцієнт на умови прокладання;

$K_2$  - поправочний коефіцієнт на число працюючих кабелів, що лежать поряд в землі, трубах, лотках.

Розрахунковий струм навантаження для верстатів з одним, двома чи трьома двигунами розраховується як сума номінальних струмів двигунів, якщо електроспоживачів чотири і більше розрахунковий струм знаходиться методом упорядкованих діаграм, який описаний вище.

Розподільчі шафи призначені для розподілу електроенергії, захисту електрообладнання від коротких замикань і перевантаження. Розподільчі шафи випускаються промисловістю України різноманітних модифікацій, ступенем захисту від оточуючого середовища з різними захисними апаратами. При виборі шаф перевагу необхідно віддавати новим вітчизняним видам серії ПР (з автоматичними вимикачами на фідерах і вводах), та типу ШР-11, СПМ-74, СП-62-У з запобіжниками на фідерах та рубильниками на вводах. Автоматичні вимикачі і запобіжники повинні відповідати розрахунковому струму на кабелі, який вони захищають.

## **2.10 Розрахунок електричних навантажень цеху, компенсація реактивної потужності, вибір кількості і потужності трансформаторів підстанції**

Розрахунок потужності цеху проводиться методом упорядкованих діаграм, аналогічно розрахунку при виборі розподільчих шаф. Електропостачання від трансформаторних підстанцій до розподільчих шаф передається шинпроводами, кабелями, вибраними за розрахунковим струмом відповідних навантажень.

### **Компенсація реактивної потужності**

Засобами компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах можуть бути синхронні двигуни (СД) і батареї статичних конденсаторів (БК).

Компенсація при напрузі 6 (10) кВ може виконуватися синхронними двигунами і БК, а при напрузі 0,38 (0,66) кВ тільки БК.

Економічно доцільно використовувати реактивну потужність при напрузі 6 (10) кВ, передаючи її в мережу 0,38 (0,66) кВ, якщо це не викликає

збільшення потужності або кількості трансформаторів на цеховій трансформаторній підстанції.

Встановлення конденсаторних батарей в мережах напругою до 1000 В дозволяє знизити потужність трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій або зменшити навантаження живлячих ліній, підключаючи конденсаторних батарей до шинопроводів або силових розподільчих пунктів.

Потужність, яку необхідно компенсувати,  $Q_k$  кВар

$$Q_k = P_m \cdot \operatorname{tg} \varphi_m - Q_c \quad (2.46)$$

Значення максимального навантаження  $P_m$  і коефіцієнта  $\operatorname{tg} \varphi_m$  встановлюються в результаті розрахунку електричних навантажень. Величина  $Q_c$  - найбільша реактивна потужність, що може бути передана в мережу підприємства з мережі енергосистеми в період максимуму активних навантажень енергосистеми, задається енергосистемою з обліком  $\operatorname{tg} \varphi_c$ . Значення коефіцієнта реактивної потужності енергосистеми  $\operatorname{tg} \varphi_c$  при напрузі 6 (10) кВ складають 0,48-0,39.

Таблиця 2.8 - Значення  $\alpha_m$  коефіцієнту завантаження  $\alpha_m$

Серія двигуна	Відносне напруження	При коефіцієнті завантаження		
		0,9	0,85	0,8
СДН 6(10) кВ при всіх частотах обертання	0,95	1,31	0,39	1,45
	1,00	1,21	0,27	1,33
	1,05	1,06	0,12	1,17
СТД 6 (10) кВ при частоті обертання 3000 хв <sup>-1</sup>	0,95	1,16	0,26	1,36
	1,00	1,15	0,24	1,32
	1,05	1,1	1,18	1,25

Реактивна потужність генерується синхронними двигунами, визначається нормальними параметрами двигуна  $P_n, \operatorname{tg} \varphi_n, \eta_n$  і коефіцієнтом його завантажень  $\alpha_n$ :

Реактивна потужність  $Q_{cd}$ , *кВар*

$$Q_{cd} = (\alpha_m p_n \operatorname{tg} \varphi_n) / \eta_n. \quad (2.47)$$

Значення коефіцієнта завантаження синхронних двигунів приведені в табл. 2.1 [12]

Потужність, яку можна передати з мережі напругою 10 кВ у мережу з напругою до 1000 В без збільшення числа потужності силових трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій,

Реактивна потужність  $Q_c$ , *кВар*

$$Q_c = \sqrt{(n\beta S_n)^2 - P_m^2}, \quad (2.48)$$

де  $n$  – кількість трансформаторів цехової трансформаторних підстанцій;

$S_n$  – номінальна потужність, кВ·А;

$\beta$  – коефіцієнт завантаження;

$P_m$  – розрахункове навантаження при напрузі 380 В.

Номінальна потужність батарей  $Q_{BK}$  повинна бути близька до розрахункової потужності  $Q_m$  вузла живлення, до якого підключаються БК. Розрахункове реактивне навантаження після підключення БК складає  $Q_m - Q_{BK}$ .

Типи і параметри конденсаторних установок приведені в довідниках.

### **Вибір числа і потужності силових трансформаторів цехових ТП**

У цехах при наявності в них електроспоживачів 1-ї категорії надійності або важливих електроприймачів 2-ї категорії надійності при дво- і тризмінній роботі встановлюються двотрансформаторні підстанції. Якщо між підстанціями виконані перемички, що резервуються, при напругах до 1000 В і в цеху мається не більш 20% навантаження електроспоживачів 1-ї категорії, то можливе застосування однострансформаторних підстанцій із пристроєм на перемичках системи АВР.

Встановлення одного трансформатора на трансформаторних підстанціях вибирається для живлення електроспоживачів 2-ї або 3-ї категорій надійності при наявності складського резерву.

Потужність силового трансформатора вибирається виходячи із середнього і максимального навантажень цехової трансформаторної підстанції і компенсації реактивної потужності при напрузі 380 В для нормального й аварійного режимів.

На двохтрансформаторних підстанціях обидва трансформатори повинні в нормальному режимі нести повне навантаження; при виході з ладу одного трансформатора інший повинен приймати на себе все навантаження підстанції, або з відключенням усіх споживачів 3-ї і частини споживачів 2-ї категорії надійності з урахуванням допустимого перевантаження до 40 % понад номінальну потужність, при коефіцієнті заповнення графіка навантаження не більш 0,75.

У нормальному режимі роботи коефіцієнт завантаження трансформатора приймається: при наявності електроспоживачів 1-ї категорії надійності -  $0,65 \div 0,7$ ; 2-ї категорії -  $0,7 \div 0,8$ ; 3-ї категорії -  $0,94 \div 0,95$ .

З урахуванням допустимого перевантаження

$$S_{cp} \leq 1,05S_H. \quad (2.49)$$

*Приклад 2.4.* Вибрати потужність трансформаторів для живлення електроспоживачів 1-ї і 2-ї категорій надійності при розрахунковій потужності  $S_m = 830 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , тривалості навантаження 4год. і середньому навантаженню  $S_{cp} = 570 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ .

Розв'язок. Для живлення споживачів приймаємо два трансформатори по  $630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ .

При аварійному режимі (робота одного трансформатора) перевантаження складе  $(S_m - S_H)/S_H = (830 - 630)/630 \cdot 100 = 32 \%$ , що менше допустимого (40%).

Маємо  $S_{cp} = 570 \text{ кВ} \cdot \text{А} < 1,05S_H = 1,05 \cdot 630 = 660 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  при коефіцієнті заповнення графіка навантаження  $570/830 = 0,69 < 0,75$ .

## 2.11 Монтаж вибраного електроустаткування

Необхідно стисло описати послідовність виконання електромонтажних робіт, прогресивну технологію ведення монтажу, яка забезпечує підвищення якості електромонтажних робіт. Заготівельні роботи для монтажу електричних машин, силових розподільчих пунктів, електричних мереж та іншого електрообладнання, виготовлення некомплектного обладнання (кріпильних деталей, тощо) в майстернях, монтажні роботи безпосередньо на

місці монтажу. Механізація електромонтажних робіт – максимально скоротити частину ручної праці, широко застосовувати механізми і засоби для проведення електромонтажних робіт.

Описати хід робіт по веденню монтажу освітлювальних і силових мереж, світильників, електричних машин, силових розподільчих пунктів та іншого електрообладнання, яке вибране в даному проекті. (літ. 2, 11)

## **2.12 Експлуатація вибраного електроустаткування**

Звернути увагу на організацію експлуатації електроустаткування, охарактеризувати організаційну структуру відділу головного енергетика підприємства, та організацію енергетичної служби цеху. Проведення робіт згідно вимог ПТЕ – по наряді, розпорядженню чи в порядку поточної експлуатації. Види робіт, що виконуються оперативним, експлуатаційним та черговим персоналом. Графіки планово- попереджальних ремонтів.

Порядок роботи, що проводиться на вибраному електроустаткуванні при оглядах, технічному обслуговуванні, поточних та капітальних ремонтах, строки їх проведення, яке обладнання підлягає випробуванню. Проведення капітальних ремонтів – централізовано, децентралізовано. Стисло описати техніку безпеки при експлуатації електроустаткування. (літ. 2, 11)

## **2.13 Удосконалення технічних рішень**

Це питання дипломного проекту є важливим, в ньому детально розглядається одне з питань зв'язаних з темою дипломного проекту, при цьому враховуються науково-технічні основи організації виробництва, раціональна технологія виробництва, його спеціалізація відповідно природним і екологічним умовам, концентрація виробництва.

Дипломник розробляє питання впровадження в існуючу систему електрифікації виробництва нового пристрою, вузла, елементів електроустаткування, які позитивно будуть впливати на роботу машини, автоматизації верстату, економію електроенергії, зниження витрат на обслуговування та ремонт обладнання, впливатимуть на покращення якості продукції, та техніко-економічних показників.

Це можуть бути питання раціонального використання електроенергії, зменшення холостого ходу електричних машин, підвищення коефіцієнту

потужності, автоматизація роботи верстату, установки, лінії, виробництва в цілому, за допомогою впровадження нових вузлів, датчиків, систем керування та контролю, модернізації машин, заміна енергоємних перетворювачів на напівпровідникові.

## 2.14 Заходи з енергозбереження

Розглядаючи питання енергозбереження, слід враховувати, що економія енергії є важливим, хоч і не єдиним чинником, що визначає високий техніко-економічний рівень розвитку електромеханічних систем. Важливе значення має безпека роботи обслуговуючого персоналу та надійність окремих елементів і електроустановки в цілому. Цим визначається продуктивність установки, витрати на її ремонт та експлуатацію.

Правила технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок вимагають, щоб експлуатація електроустаткування велась з урахуванням економічної роботи електроустановок, при достатній надійності електропостачання і електроспоживання, зниження питомих витрат і підвищення коефіцієнту потужності.

Виконання вказаних умов визначається наступним:

- а) виконанням всіх видів планово-попереджальних ремонтів електроустаткування;
- б) обліком, нормуванням і економією споживання електроенергії;
- в) підвищенням коефіцієнту потужності із застосуванням і без застосування компенсуючих пристроїв.

Планово-попереджувальний ремонт забезпечує не тільки правильну і безаварійну експлуатацію електроустаткування, а й значну економію електроенергії. В першу чергу, це режим змащування підшипників, як електричних машин, так і приводної установки. Правильний режим змащування з застосуванням відповідного мастила, зменшує втрати на тертя в вузлах машин, полегшує їх хід і зменшує споживання електроенергії електроприводом.

Важливе значення має застосування обмежувачів холостого ходу електродвигунів, зварювальних та силових трансформаторів.

На економію електроенергії впливає також номінальне завантаження електродвигунів.

Багато електроенергії витрачається в пускорегулюючий апаратурі, тому потрібно більше впроваджувати безконтактну апаратуру, а також заміну приводу систем Г-Д на тиристорні перетворювачі.

Важливе значення має раціональне використання електроенергії на освітлення виробничих цехів. Велика роль в зниженні витрат електроенергії на освітлення належить високо економічним люмінесцентним лампам. При експлуатації люмінесцентні лампи потрібно замінювати не тоді, коли вони перестають працювати, а коли втрачають частину початкового світлового потоку (приблизно на 30%).

Не допускати роботу люмінесцентних світильників з відключеними конденсаторами, при відсутності в пускорегулюючій апаратурі конденсатора і наявності одних дроселів,  $\cos \varphi$  такого світильника дорівнює 0,5.

Велике значення для покращення освітлення має правильний вибір світильників, найкращою арматурою для люмінесцентних ламп являються світильники ОД, ОДР, ОДО, ВЛВ та ін..

На покращення освітлення впливає колір фарби стін, стелі, підлоги виробничого приміщення.

Велике значення для раціонального використання електроенергії має строге нормування її як по окремих цехах, так і по підприємству в цілому. Потрібно встановлювати норми витрат на одиницю продукції, організувати діючий контроль за раціональним використанням електроенергії.

Велике значення для економії електроенергії має підвищення коефіцієнту потужності  $\cos \varphi$ .

Згідно ПУЕ значення  $\cos \varphi$  повинно складати не нижче 0,92 – 0,95. Всі елементи електричної мережі вибираються за номінальним струмом, величина якого обернено пропорційна коефіцієнту потужності. Втрати електроенергії обернено пропорційні квадрату коефіцієнта потужності.

Основними методами підвищення  $\cos \varphi$  є:

- підвищення коефіцієнту навантаження;
- заміна не завантажених двигунів двигунами меншої потужності;
- зниження напруги при недовантаженні двигунів;
- покращення якості ремонту;
- ліквідація холостих ходів;
- компенсація реактивної потужності;
- заміна потужних асинхронних двигунів на синхронні;
- необхідно слідкувати за навантаженням силових трансформаторів, яке повинно бути в межах 0,65 – 0,75.

При проектуванні дипломник повинен враховувати ці питання.

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **3.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві**

В даному пункті необхідно поглиблено вивчити питання, зв'язаних з темою проекту, коротко викласти правові та організаційні питання з охорони праці, дати оцінку стану охорони праці на даному підприємстві в цілому і в його структурних підрозділах на основі даних взятих при проходженні переддипломної практики, проаналізувати дані атестації робочих місць, паспортизації санітарно-технічного стану, результатів покращення умов праці та санітарно-оздоровчих заходів, видачу спецодягу та інструментів, динаміку показників виробничого травматизму.

### **3.2 Визначення небезпечних і шкідливих чинників виробництва**

Необхідно проаналізувати шкідливі та небезпечні чинники, які є на даному підприємстві та заходи по їх зменшенню. В першу чергу, це стан мікроклімату (температура, вологість, рух повітря, наявність загазованості чи парового забруднення), освітленість приміщень, шум, вібрація, ультразвук, іонізуюче випромінювання, електромагнітні поля. Визначити методи нормалізації стану охорони праці, що гарантували б безпечні та здорові умови праці.

### **3.3 Заходи з електробезпеки**

Визначити класифікацію цеху за безпекою електротравм, навести основні вимоги правил техніки безпеки при експлуатації вибраного електроустаткування, розглянути систему організаційних, технічних заходів, які забезпечують захист людей від небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, електростатичних розрядів, захист від частин, що обертаються.

### **3.4 Розрахунок заземлення**

Для електроустановок напругою вище 1000 В з великими струмами замикання на землю опір заземлюючого пристрою повинен бути не більше

0,5 Ом; для електроустановок напругою вище 1000В, з малими струмами замикання на землю опір заземлюючого пристрою,  $R_3$  Ом

$$R_3 \leq \frac{U}{I_3} \quad (2.50)$$

де  $U$  – напруга, що приймається рівною 250В, якщо заземлюючий пристрій використовується тільки для установок напругою вище 1000В і 125В, якщо заземлюючий пристрій одночасно використовується і для установок до 1000, В.

$I_3$  – розрахунковий струм замикання на землю, А. (Приймають, що струм однофазного коротко замикання не повинно перевищувати 20А – в мережах 10кВ).

Згідно ПУЕ для електроустановок напругою до 1000В із заземленням нейтралі, опір заземлюючого пристрою, до якого приєднуються нейтраль трансформаторів, повинен бути не більше 4 Ом.

Опір стержневих заземлювачів і з'єднуючої полоси можна розрахувати зао наближеною формулою, опір заземлювача  $R_0$ , Ом

$$R_0 = 0.00318 \cdot \rho \cdot K_{з.с.}, \quad (2.51)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту, знаходиться по довідниках;

$K_{з.с.}$  – коефіцієнт сезонності для з'єднувального і стержневого заземлювача, знаходиться по таблицях.

З урахуванням екрануючого впливу опору розтікання струму стержневих і з'єднувальних заземлювачів опір всіх стержнів,  $R_{ст.}$  Ом

$$R_{ст.} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_c}, \quad (2.52)$$

де  $n$  - число стержневих заземлювачів;

$\eta_c$  - коефіцієнт використання, знаходиться по таблицях.

Опір з'єднувальної полоси,  $R_3$  Ом

$$R_3 = \frac{0,366}{\ell} \cdot \rho \cdot K_n \lg \frac{2\ell^2}{bt}, \quad (2.53)$$

де  $\ell$  – довжина з'єднувальної полоси см;  
 $t$  – глибина закладання з'єднувальної полоси в см;  
 $b$  – ширина з'єднувальної полоси, в см.

Дійсний опір з'єднувальної полоси з урахуванням коефіцієнту використання  $R_{з.п.}$ , Ом

$$R_{з.п.} = \frac{Rз}{\eta_c}, \quad (2.54)$$

Опір всього заземлюючого пристрою,  $R_з$ . Ом

$$R_з. = \frac{R_{ст.} \cdot R_{з.п.}}{R_{ст.} + R_{з.п.}}, \quad (2.55)$$

### **3.5 Заходи з екології**

Заходи з екології передбачають розкриття наступних питань: заходи з утилізації відходів виробництва, різкого зменшення забруднення атмосфери газовими та пиловими викидами, збір і очищення паливно-мастильних матеріалів, очищення каналізаційних стоків, озеленення території підприємства та інші заходи для підтримання в належному стані навколишнього середовища.

## **4 Висновки**

В цьому розділі підводяться підсумки всієї роботи над дипломним проектом, відмічаються найбільш важливі і цікаві рішення, отримані в різних частинах проекту, вказуються можливі шляхи подальшого удосконалення технічних рішень, робиться висновок про відповідність результатів, отриманих в проекті. Обсяг 1...2 сторінки.

## **5 Вимоги до зображення і оформлення електричних схем**

Схемою електричного ланцюгу називають її графічне зображення з умовними позначеннями елементів і їх з'єднань.

Правила виконання і оформлення схем регламентуються відповідними стандартами ЄСКД. Види і типи схем, загальні вимоги до їх виконання повинні відповідати ГОСТ 2.701-84 ЄСКД. Схеми. Види і типи. Загальні

вимоги до виконання; правила виконання всіх типів електричних схем – ГОСТ 2.702 – 75 ЄСКД. «Правила виконання електричних схем».

Загальні вимоги до виконання схем:

- Схеми виконують без дотримання масштабу і дійсного просторового розташування складових частин пристрою.

- На схемах, як правило, використовують стандартні умовні графічні позначення. Якщо потрібно використати не стандартизовані позначення деяких елементів, то на схемі роблять відповідні пояснення.

- Слід домагатися найменшого числа перехрещень, поворотів ліній зв'язку, зберігати відстань між паралельними лініями не менше 3 мм.

- На схемі допускається розміщувати різні технічні дані, які характеризують схему в цілому і окремі її елементи.

Електричну схему позначають літерою Е, а її тип цифрами: 1- структурна, 2- функціональна, 3- принципова, 4- з'єднань (монтажна), 5- підключення, 6- загальна, 7- розташування, 0- об'єднана.

Крім електричних є ще схеми: гідравлічні – Г, пневматичні – П, кінематичні – К, вакуумні – В, оптичні – Л, комбіновані – С.

**Е1** – структурна схема являє собою основні функціональні частини установки, їх призначення і взаємозв'язок за допомогою простих геометричних фігур (прямокутників) і ліній. Графічна побудова і компонування схеми повинні забезпечити наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин в установці. Схему використовують для загального ознайомлення з установкою.

**Е2**- функціональна схема, процеси, що проходять в окремих функціональних частинах, або в усій установці. Функціональні частини і зв'язки між ними зображають, як правило у вигляді графічних позначень, доречі окремі пристрої і функціональні групи можуть зображатись у вигляді геометричних фігур. На схемі розміщують надписи, діаграми, або таблиці, які пояснюють послідовність процесів в часі, а також указують параметри в характерних точках, величини струмів, напруг, форми і амплітуди імпульсів. Функціональні схеми використовують для вивчення принципів роботи установки, а також при налагодженні, регулюванні і ремонті.

**Е3**- принципова схема визначає повний склад елементів і зв'язку між ними, дає повну інформацію про елементи і зв'язок між ними, інформацію про принцип роботи установки. Нестандартні умовні позначення на схемі повинні бути пояснені. Умовні позначення в електричних схемах захисту і управління як правило креслять для вимкненого положення, тобто без

напруги на котушках апаратів і ланцюгах управління, і без механічної дії на апарати (початкове положення схеми). Для повного розуміння роботи схеми допускається вносити в неї позиційні позначення. Цифрове позиційне позначення вписують в коло або проставляють поряд з умовними позначеннями елементів. Порядкові номери присвоюють у відповідності з послідовністю розташування елементів на схемі, рахуючи, як правило, зверху вниз в напрямку зліва направо.

Дані про всі елементи зображені на схемі, записують в перелік елементів у вигляді таблиці, розміщеної на першому аркуші схеми. Принципові схеми використовують для вивчення принципу роботи електроустановки, при налагодженні, контролі і ремонті, та при розробці схем з'єднань і монтажних креслень.

**Е4** – схема з'єднань (монтажна) показує з'єднання складових частин електроустановки і визначає проводи, джгути, кабелі або трубопроводи, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їх приєднання і введів (затискачі, роз'єми, і т.ін.). Розташування умовних графічних позначень елементів на схемі повинно, по можливості, відображати їх дійсне розташування. На схемі біля умовних графічних позначень елементів вказують позначення, які присвоєні їй на принциповій схемі.

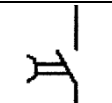
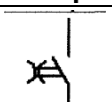


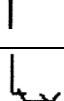
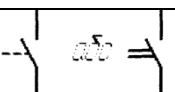
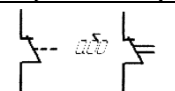
Біля умовних графічних позначень допускається вказувати номінальні величини основних параметрів (опір, ємність, потужність і т.ін.), або тип елемента.

Для спрощення зображення можна креслити окремі проводи, що ідуть в одному напрямку у вигляді загальної лінії, а при підході до контактів кожний провід зображують окремою лінією №1. Схему з'єднань можна виконувати по адресній схемі, адреси розміщують біля одної і другої клем, а замість повного зображення ліній проводів між апаратами лінії роблять невеликої довжини, на яких зустрічними стрілками показують напрямок проводки. Коло кожної стрілки ставлять „адресу” – умовне позначення апарату чи затискача, до якого йде другий кінець проводу і номер проводу (номер вказаний на принциповій схемі). Схеми з'єднань використовують при монтажі, налагодці, контролі, ремонті та експлуатації.

**Е5** – схема підключення, на якій показують повний об'єм і характеристики електричних і трубних проводок, що прокладаються зовні щитів та пультів. В умовних позначеннях зображують встановленні зовні шаф

приводи, виконавчі механізми, сенсорні прилади (датчики), джерела живлення повітрям, електроенергією, мастилом і т.ін., з'єднувальні та прохідні коробки.

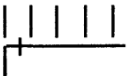

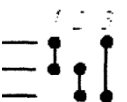
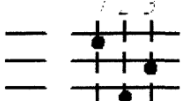
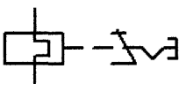

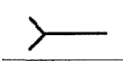
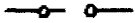
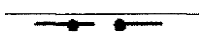


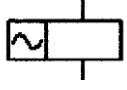
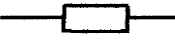
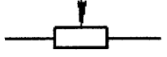
Таблиця 5.1 - Умовні графічні позначення в схемах

Позначення	Назва
	Контакт замикаючий з уповільнювачем, що діє при спрацьовуванні
	при поверненні
	при спрацьовуванні і поверненні
	Контакт розмикаючий з уповільнювачем, що діє
	при спрацьовуванні
	при поверненні
	при спрацьовуванні і поверненні
	Контакт з механічним зв'язком (загальне позначення)
	замикаючий
	розмикаючий

Продовження таблиці 5.1

Позначення	Назва
	Вимикач
	однополюсний
	триполюсний
	Вимикач триполюсний з автоматичним поверненням з указанням величини, при зміні якої відбувається повернення
$I >$	максимального струму
$I <$	мінімального струму
$U >$	максимальної напруги
$U <$	мінімальної напруги
$T^0 >$	максимальної температури
	Вимикач шляховий
	однополюсний
	триполюсний
	Вимикач кнопковий натискний з самоповерненням
	з замикаючим контактом
	з розмикаючим контактом
	Перемикач однополюсний


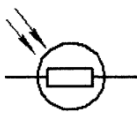
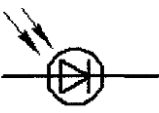




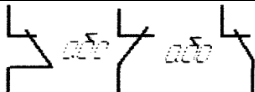
Продовження таблиці 5.1

Позначення	Назва
	Перемикач однополюсний багатопозиційний
	Перемикач з складною комутацією
	перший спосіб (перемикач у вигляді умовного позначення, а на полі схеми розміщують таблицю замикання контактів)
	другий спосіб
	третій спосіб (крапка показує позицію замикання відповідного контакту)
	Реле електротеплове без само повернення, з поверненням при натискуванні на кнопку
	Контакту контактного з'єднання:
	штир
	гніздо
	розбірне з'єднання
	нерозбірне з'єднання
Сприймаюча частина електромеханічних пристроїв (ГОСТ 2.756-76 )	
	Котушка електромагнітного пристрою (загальне позначення)
	Котушка електромагнітного пристрою трифазного струму
	Електромагніт змінного струму
	Сприймаюча частина електротеплового реле
Резистори, конденсатори (ГОСТ 2.728-74)	
	Резистор постійний
	Резистор змінний


Продовження таблиці 5.1

Позначення	Назва
	Терморезистор (термістор)
	прямого підігрівання
	непрямого підігрівання
	Конденсатор постійної ємності
	Конденсатор змінної ємності
	Конденсатор електролітичний
	полярний
	неполярний
Електричні зв'язки, проводи, кабелі і шини (ГОСТ 2.751-73)	
	Лінія електричного зв'язку (провід, кабель, шина)
	Лінія електричного зв'язку з відгалуженням
	Заземлення
	Корпус (машини, апарату, приладу)
Прилади напівпровідникові (ГОСТ 2.730-73)	
	Діод
	Стабілітрон
	односторонній
	двосторонній
	Транзистор типу р-п-р

Продовження таблиці 5.1

Позначення	Назва
	Транзистор типу п-р-п
	Фоторезистор
	Фотодіод
Джерела світла (ГОСТ 2.732-68)	
	Випромінювання
×	видиме
× UV	ультрафіолетове
× IR	інфрачервоне
	Тиск
•	низький
••	високий
•••	надвисокий
	Лампи розжарювання
	Лампа газорозрядна освітлювальна
	Лампа газорозрядна низького тиску з простими електродами
Пристрої комутаційні і контактні з'єднання (ГОСТ 2.755-74)	
	Контакт комутаційного пристрою
	замикаючий
	розмикаючий

Продовження таблиці 5.1

Позначення	Назва
	перемикаючий
Електронагрівники, пристрої та електротермічні установки (ГОСТ 2.745-68)	
	Електропід трифазна
	Електронагрівник однофазний
Машина електричні (ГОСТ 2.722-68)	
	Машина електрична (загальне позначення)
	Машина постійного струму змішаного збудження
	Двигун трифазний із з'єднанням обмоток на зірку
Котушки індуктивності, дроселі, трансформатори (ГОСТ 2.723-68)	
	Дросель з феромагнітним осердям
	Трансформатор трифазний з феромагнітним осердям з'єднання обмоток зірка-зірка з виведеною нейтральною (середньою) точкою
	Трансформатор струму
	Лінія проводки (загальне позначення)
	Лінія заземлення, занулення
	Лінія кіл керування

Продовження таблиці 5.1

Позначення	Назва
	Проводка гнучка
	Щит, пульт, ящик з апаратурою
	Щит, пункт роздільний
	Щит групового робочого освітлення
	Вимикач триполюсний
	Контактор триполюсний
	Пост кнопковий на дві кнопки
	Світильник з лампами розжарювання
	Світильник з люмінесцентними лампами
	Світильник з лампами ДРЛ
	Пристрій електричний (загальне позначення)
	Пристрій з електродвигуном
	Пристрій з багатодвигунним електроприладом

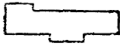



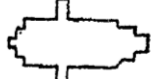
Таблиця 5.2 – Літерні позначення елементів в електричних схемах

Групи видів елементів	Приклади видів елементів	Позначення
Перетворювачі неелектричних величин в електричні, або багаторозрядні перетворювачі чи датчики	Тепловий датчик Фотоелемент Датчик тиску Датчик частоти обертання Датчик швидкості	BK BL BP BR BV
Конденсатор		C
Різні елементи	Нагрівний елемент Освітлювальна лампа	EK EL
Розрядники, запобіжники, захисні пристрої	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Те ж, інерційної дії Плавкий запобіжник Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	FA FP FU FV
Реле, контактори, пускачі	Реле струмове Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги Проміжне реле	KA KH KK KM KT KV KL
Катушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентної лампи	LL
Двигуни		M
Прилади, вимірювальне обладнання	Амперметр Лічильник імпульсів Частомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії Омметр Реєстровий прилад Годинник Вольтметр Ватметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW
Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах (енергопостачання, живлення обладнання)	Автоматичний вимикач Короткозамикач Роз'єднувач	QF QK QS
Резистори	Терморезистор Потенціометр Шунт вимірювальний Варистор	RK RP RS

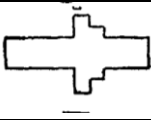


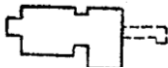





Продовження таблиці 5.2

Групи видів елементів	Приклади видів елементів	Позначення
Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації і вимірювання	Вимикач або перемикач Кнопковий вимикач Автоматичний вимикач Вимикачі, що спрацьовують від: Рівня Тиску Положення Кутової швидкості Температури	SA SB SF  SL SP SQ SR SK
Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму Електромагнітний стабілізатор Трансформатор напруги	TA TS TV
Прилади електровакуумні і напівпровідникові	Діод стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
Контактні з'єднання	Струмознімач, контакт ковзний Штир Гніздо З'єднання розбірне	XA XP XS XT
Пристрій механічний з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальмо з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом	YA YB YC






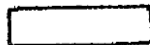
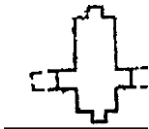
Таблиця 5.3 – Умовні позначення технологічного обладнання

Назва верстату	Умовні позначення
Токарно-гвинторізний верстат	
Револьверний верстат	
Горизонтально-фрезерний верстат	
Універсально-фрезерний верстат	
Поперечно-стругальний верстат	

Продовження таблиці 5.3

Назва верстату	Умовні позначення
Продовжно-стругальний верстат	
Круглошліфувальний верстат	
Плоскошліфувальний верстат	
Горизонтально-розточуючий верстат	
Кординатно-розточуючий верстат	
Універсально-заточуючий верстат	
Токарний одношпindelний автомат	
Токарно-револьверний верстат	
Вертикально-фрезерний верстат	

Продовження таблиці 5.3

Назва верстату	Умовні позначення
Зубофрезерний верстат	
Довбальний верстат	
Радіально-свердлильний верстат	
Внутрішньошліфувальний верстат	
Безцентровошліфувальний верстат	
Центрувальний верстат	
Алмазно-розточувальний верстат	

## Література

- 1 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., Чувашов И.И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок, М.: Энергоиздат, 1981
- 2 Зюзин А.Ф., Поконов Н.З., Антонов Н.В. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок, М.: Высшая школа, 1985
- 3 Липкин Б.Ю. Электрооборудование промышленных предприятий и установок, М.: Высшая школа, 1978
- 4 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок, М.: Высшая школа, 2003
- 5 Солдаткин В.В., Дурницин Ю.В. Наладка электроустановок, М.: Высшая школа, 1990
- 6 Мазепа С.С., Марущак Я.Ю., Куцик А.С. Электрообладнання промислових підприємств. Львів, «Магнолія плюс», 2004
- 7 Кноринг Г.М. Осветительные установки. Л.: Энергоатомиздат, 1981
- 8 Д'яков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М.: Высшая школа, 1991
- 9 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат, 1987
- 10 Олійник В.С. Довідник сільського електрика. Київ. «Урожай», 1989
- 11 Правила експлуатації електроустановок
- 12 Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок, М.: Высшая школа, 1990