

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ

ВПУ № 17

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ
з дисципліни
«ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА
КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
ВИРОБІВ І СИСТЕМ»**

для студентів за спеціальністю «141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

ДНІПРО

ЗМІСТ

ТЕМА 1 СХЕМИ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ ТА СИСТЕМ

- 1.1 Види схем та їх призначення. Класифікація схем. Умовні позначення на схемах
- 1.2 Правила виконання електричних схем
- 1.3 Умовні графічні позначення в схемах
 - 1.3.1 Електричні машини
 - 1.3.2 Електричні мережі

ТЕМА 2 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

- 2.1 Загальні відомості про кабельні лінії. Основні елементи кабеля
- 2.2 Монтаж кабельних ліній
- 2.3 Кабельні муфти. Випробування кабельних ліній
- 2.4 Загальні відомості про будову повітряних ліній. Основні елементи повітряних ліній
- 2.5 Монтаж опор та проводів повітряних ліній
- 2.6 Шини. Елементи шинних конструкцій

ТЕМА 3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

- 3.1 Електродвигуни постійного струму
- 3.2 Двигуни паралельного та послідовного збудження
- 3.3 Принцип дії, будова та робота асинхронного двигуна
- 3.4 Синхронні електродвигуни
- 3.5 Застосування асинхронних електродвигунів
- 3.6 Маркування електродвигунів
- 3.7 Найрозповсюджені серії асинхронних електродвигунів
- 3.8 Розрахунок струму двигуна
- 3.9 Нагрівостійкість двигунів
- 3.10 Електропривід

ТЕМА 4 ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ МЕХАНІЗМІВ ГАЛУЗІ

- 4.1 ВЕНТИЛЯТОРИ*
- 4.2 НАСОСИ*
- 4.3 КОМПРЕСОРИ*

ТЕМА 5 СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧИМИ МЕХАНІЗМАМИ ГАЛУЗІ

- 5.1 Схеми керування асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором
- 5.2 Схеми керування асинхронним двигуном з фазовим ротором

ТЕМА 6 ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

- 6.1 Освітлення. Види освітлення. Виконання освітлення. Схеми освітлення
- 6.2 Конструкція освітлювальних електроустановок
- 6.3 Вибір системи освітлення, джерел світла та їх розміщення
- 6.4 Розрахунок освітлення з перевіркою точковим методом
- 6.5 Вибір схеми і розрахунок освітлювальної мережі

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Проектування електротехнічних виробів та систем» є базовою для підготовки фахівців зі спеціальності 5.05070104 - «Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд».

Метою вивчення дисципліни є забезпечення необхідних знань та вмінь в галузі електроустаткування, на яких базується сучасна електроенергетика.

Програма вивчення дисципліни складена так, щоб студент поступово набував необхідних знань, аналізував їх і систематизував. В кінці вивчення дисципліни студент на базі вивченого матеріалу розробляє курсовий проект. Дисципліна є основою для написання дипломного проекту.

ТЕМА 1 СХЕМИ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ ТА СИСТЕМ

1.1 Види схем та їх призначення. Класифікація схем. Умовні позначення на схемах

Схема – це конструкторський документ, в якому у вигляді умовних зображень або позначень показанні складові частини виробу, а також зв'язки між ними. Дійсне просторове розташування складових частин виробу не враховується.

Схеми залежно від видів елементів і їх зв'язків підрозділяються на наступні види: електричні; гідравлічні; пневматичні; газові (окрім пневматичних); кінематичні; оптичні; вакуумні; енергетичні; ділення; комбіновані.

Схеми залежно від основного призначення підрозділяють на наступні типи:

- структурні, такі, що визначають основні функціональні частини виробу (установки), їх призначення і взаємозв'язки;
- функціональні, роз'яснюючі певні процеси, що протікають в окремих ланцюгах виробу (установки);
- принципів (повні), такі, що визначають повний склад елементів і зв'язків між ними і, як правило, дають детальне уявлення про принципи роботи виробу (установки);
- з'єднань (монтажні), що показують з'єднання складових частин виробу (установки);
- підключення, що показують зовнішні підключення виробу (установки);
- загальні, такі, що визначають складові частини комплексу і з'єднання їх між собою на місці експлуатації. Загальними схемами користуються при ознайомленні з комплексами;
- розташування, що визначають відносне розташування складових частин виробу (установки);
- об'єднані.

Найменування і код схеми визначають їх виглядом і типом (наприклад, схема гідравлічна загальна). У найменуваннях гідравлічних і пневматичних схем допускається використовувати назви конкретних різновидів таких схем (наприклад, схема гідравлічна загальна головній перекачуючій станції і так далі).

Шифри схем повинні складатися з букви, що визначає вигляд схеми, і цифри, що позначає типа схеми.

Види схем позначаються буквами: електричні – Е; гідравлічні – Г; пневматичні – П; газові (окрім пневматичних) – Х; кінематичні – К; комбіновані – З; оптичні – Л; вакуумні – В; енергетичні – Р; ділення – Е.

Типи схем позначають цифрами: структурні – 1; функціональні – 2; принципові – 3; з'єднань (монтажні) – 4; підключення – 5; загальні – 6; розташування – 7; об'єднані – 0.

Схеми виконують на аркушах стандартного формату. Лінії умовних позначень елементів розміщують тільки горизонтально і вертикально. Відстань між паралельними лініями зв'язку приймається не менш 3мм, між графічними позначеннями – не менш ніж 1 – 2мм. Товщина ліній залежить від формату і приймається 0,2 – 1,0мм.

Інформацію про елементи схеми записують у перелік елементів – таблицю, яка виконується згідно зі стандартом. Як правило, перелік елементів розміщують на першому аркуші схеми над основним написом на відстані 12мм або окремим документом з основним написом за формою 2.

Кожний елемент, який входить до складу виробу, повинен мати літерно – цифрове позиційне позначення. Воно складається з двох частин, які записуються без розділових знаків і пропусків. Літерний код вказує на види елемента або пристрій. Наприклад, R – резистор, VT – транзистор, та ін. Порядковий номер присвоюють елементам одного і того ж виду, яким присвоєний однаковий літерний код, наприклад R1, R2.

Порядковий номер присвоюється елементам, починаючи з одиниці і далі, згідно з послідовністю розташування елементів на схемі – зліва праворуч і зверху до низу. Елементи записують в перелік групами в алфавітному порядку літерно – цифрових позначень. В межах кожної групи елементи вказують за зростанням їх порядкових номерів.

Елементами електричних схем можуть бути резистори, конденсатори, трансформатори, напівпровідникові вироби (діоди, транзистори, мікросхеми), лампи, а також елементи з'єднань (вимикачі, реле) та ін.

Елементи електричних схем зображуються на схемі у вигляді умовних графічних позначень, встановлених відповідними стандартами. Дозволяється також зображати їх оберненими на кут 90°, 180°, 270°. Розміри умовних позначень теж задаються відповідними стандартами.

Електричні з'єднання між елементами зображуються лініями електричного зв'язку, розташованими у вигляді горизонтальних та вертикальних відрізків з найменшою кількістю зламів і взаємних перетинів. Умовні графічні позначення елементів і ліній їх електричного зв'язку виконуються на схемах однією і тією ж товщиною лінії – 0,2...1мм.

1.2 Правила виконання електричних схем

1.2.1 Правила виконання структурних схем

На структурній схемі змальовують всі основні функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи) і основні взаємозв'язки між ними. Функціональні частини на схемі змальовують у вигляді прямокутника або умовних графічних позначень. Графічна побудова схеми повинна давати найбільш наочне уявлення про послідовність взаємодії функціональних частин у виробі. На лініях взаємозв'язків рекомендується стрілками позначати напрям ходу процесів, що відбуваються у виробі. На схемі мають бути вказані найменування кожної функціональної частини виробу, якщо для її позначення застосований прямокутник.

На схемі допускається вказувати тип елемента (пристрою) і (або) позначення документа (основний конструкторський документ, державний стандарт, технічні умови), на підставі якого цей елемент (пристрій) застосований. При зображенні функціональних частин у вигляді прямокутників найменування, типів і позначення рекомендується вписувати всередину прямокутників. При великій кількості функціональних частин допускається замість найменувань, типів і позначень проставляти порядкові номери праворуч від зображення або над ним, як правило, зверху вниз в напрямі зліва направо. В цьому випадку найменування, типи і позначення вказують в таблиці, що поміщається на полі схеми. Допускається поміщати на схемі пояснюючі написи, діаграми або таблиці, що визначають послідовність процесів в часі, а також вказувати параметри в характерних точках (величини струмів, форми і величини імпульсів, математичні залежності і т. п.).

1.2.2 Правила виконання функціональних схем

На функціональній схемі змальовують функціональні частини виробу (елементи, пристрої і функціональні групи), що беруть участь в процесі, ілюстрованою схемою, і зв'язки між цими частинами. Функціональні частини і зв'язки між ними на схемі змальовують у вигляді умовних графічних позначень, встановлених в стандартах Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД). Окремі функціональні частини допускається змальовувати у вигляді прямокутників. Графічна побудова схеми повинна давати найбільш наочне уявлення про послідовність процесів, що ілюструються схемою.

На схемі мають бути вказані:

- для кожної функціональної групи — позначення, привласнене їй на принциповій схемі, і (або) її найменування; якщо функціональна група змальована у вигляді умовного графічного позначення, то її найменування не вказують;
- для кожного пристрою, змальованого у вигляді прямокутника, — позиційне по-

значення, привласнене йому на принциповій схемі, його найменування і тип і (або) позначення документа (основний конструкторський документ, державний стандарт, технічні умови), на підставі якого цей пристрій застосований;

- для кожного пристрою, змалюваного у вигляді умовного графічного позначення, — позиційне позначення, привласнене йому на принциповій схемі, його тип і (або) позначення документа;

- для кожного елемента — позиційне позначення, привласнене йому на принциповій схемі, і (або) його тип.

Позначення документа, на підставі якого застосований пристрій, і тип елемента допускається не вказувати. Найменування, типи і позначення рекомендується вписувати в прямокутники.

На схемі рекомендується вказувати технічні характеристики функціональних частин (поряд з графічними позначеннями або на вільному полі схеми). На схемі поміщують пояснюючі написи, діаграми або таблиці, що визначають послідовність процесів в часі, а також вказують параметри в характерних крапках (величини струмів, форми і величини імпульсів, математичні залежності і так далі).

1.2.3 Правила виконання принципових схем

На принциповій схемі змальовують всі електричні елементи або пристрої, необхідні для здійснення і контролю у виробі заданих електричних процесів, всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (з'єднувачі, затиски і т. п.), якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги.

Принципові схеми використовують для вивчення принципу роботи виробів, а також при їх налагодженні, контролі та ремонті. Вони є основою для розробки інших конструкторських документів, наприклад, схем з'єднань (монтажних) і креслень.

На схемі допускається змальовувати сполучні і монтажні елементи, що встановлюються у виробі по конструктивних міркуваннях. Схеми виконують для виробів, що знаходяться у відключеному положенні.

У технічно обґрунтованих випадках допускається окремі елементи схеми змальовувати у вибраному робочому положенні з вказівкою на полі схеми режиму, для якого змальовані ці елементи. Елементи і пристрої, умовні графічні позначення яких встановлені в стандартах ЄСКД, змальовують на схемі у вигляді цих умовних графічних позначень. Елементи або пристрої, використовувані у виробі частково, допускається змальовувати на схемі неповністю, обмежуючись зображенням лише використовуваних частин або елементів.

Елементи і пристрої змальовують на схемах поєднаним або рознесеним способом.

При поєднаному способі складові частини елементів або пристроїв змальовують на схемі в безпосередній близькості один до одного.

При рознесеному способі складові частини елементів і пристроїв або окремі елементи пристроїв змальовують на схемі в різних місцях так, щоб окремі ланцюги виробу були змальовані найнаочніше. Рознесеним способом допускається змальовувати все і окремі елементи або пристрої.

При виконанні схем рекомендується користуватися рядковим способом. При цьому умовні графічні позначення елементів або їх складових частин, що входять в один ланцюг, змальовують послідовно один за одним по прямій, а окремі ланцюги — поруч, утворюючи паралельні (горизонтальні або вертикальні) рядки. При виконанні схеми рядковим способом допускається нумерувати рядки арабськими цифрами (рис.1.1).

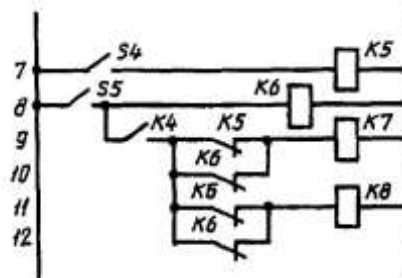


Рис. 1.1 - Виконання схеми рядковим способом (рознесений спосіб)

При зображенні елементів або пристроїв рознесеним способом допускається на вільному полі схеми поміщати умовні графічні позначення елементів або пристроїв, виконані поєднаним способом. При цьому елементи або пристрої, використовувані у виробі частково, змальовують повністю з вказівкою використаних і невикористаних частин або елементів (наприклад, всі контакти багатоконтактного реле). Виводи (контакти) невикористаних елементів (частин) змальовують коротше, ніж виводи (контакти) використаних елементів (частин) (рис. 1.2).

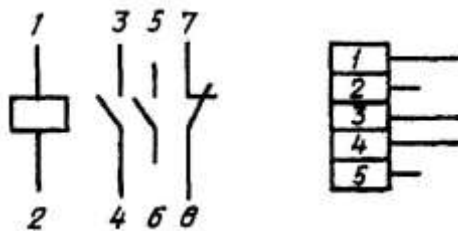


Рис. 1.2 - Зображення елементів або пристроїв рознесеним способом

Схеми виконують в багатолінійному або однолінійному зображенні.

При багатолінійному зображенні кожен ланцюг змальовують окремою лінією, а елементи, що містяться в цих ланцюгах, — окремими умовними графічними позначеннями (рис. 1.3,а).

При однолінійному зображенні ланцюги, що виконують ідентичні функції, змальовують однією лінією, а однакові елементи цих ланцюгів — одним умовним графічним позначенням (рис. 1.3,б).

При необхідності на схемі позначають електричні ланцюги. Ці позначення повинні відповідати вимогам ГОСТ 2.709 або іншим нормативно-технічним документам, що діють в галузях.



а — багатолінійне зображення



б — однолінійне зображення

Рис. 1.3 – Виконання схеми в багатолінійному або однолінійному зображенні

При зображенні на одній схемі різних функціональних ланцюгів допускається розрізняти їх товщиною лінії. На одній схемі рекомендується застосовувати не більше трьох розмірів ліній по товщині. При необхідності на полі схеми поміщають відповідні пояснення.

Для спрощення схеми допускається декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку зливати в лінію групового зв'язку, але при підході до контактів (елементам) кожену лінію зв'язку змальовують окремою лінією. При злитті ліній зв'язку кожену лінію позначає в місці злиття, а при необхідності, і на обох кінцях умовними позначеннями (цифрами, буквами або поєднанням букв і цифр) або позначеннями, прийнятими для електричних ланцюгів.

Лінії електричного зв'язку, що зливаються в лінію групового зв'язку, не повинні мати розгалужень, тобто всякий умовний номер повинен зустрічатися на лінії групового зв'язку двічі. При необхідності розгалужень їх кількість вказують після порядкового номера лінії через дробову рису (рис. 1.3а).



Рис. 1.3а – Розгалуження ліній електричного зв'язку, що зливаються в лінію групового зв'язку

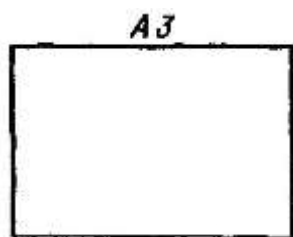
Кожен елемент і (або) пристрій, що має самостійну принципову схему і що розглядається як елемент, що входять у виріб і змальовані на схемі, повинні мати позначення (позиційне позначення). Пристроям, що не мають самостійних принципових схем, і функціональним групам рекомендується привласнювати позначення. Позиційні позначення елементам (пристроям) слід привласнювати в межах виробу (установки).

Порядкові номери елементам (пристроям) слід привласнювати, починаючи з одиниці, в межах групи елементів (пристроїв), яким на схемі привласнено однакове літерне позиційне позначення, наприклад, $R1$, $R2$, $R3$ і т. д., $C1$, $C2$, $C3$ і так далі. Порядкові номери мають бути привласнені відповідно до послідовності розташування елементів або пристроїв на схемі зверху вниз в напрямі зліва направо. При необхідності допускається змінювати послідовність привласнення порядкових номерів залежно від розміщення елементів у виробі, напрями проходження сигналів або функціональної послідовності процесу. При внесенні змін до схеми послідовність привласнення порядкових номерів може бути порушена.

Позиційні позначення проставляють на схемі поряд з умовними графічними позначеннями елементів і (або) пристроїв з правого боку або над ними. На схемі виробу, до складу якого входять пристрої, що не мають самостійних принципових схем, допускається позиційні позначення елементам привласнювати в межах кожного пристрою. Якщо до складу виробу входить декілька однакових пристроїв, то позиційні позначення елементам слід привласнювати в межах цих пристроїв.

На схемі виробу, до складу якого входять функціональні групи, позиційні позначення елементам привласнюють по правилах, при цьому спочатку привласнюють позиційні позначення елементам, що не входять у функціональні групи, і потім елементам, що входять у функціональні групи. За наявності у виробі декількох однакових функціональних груп позиційні позначення елементів, привласнені в одній з цих груп, слід повторювати у всіх подальших групах. Позначення функціональної групи вказують біля зображення функціональної групи (зверху або справа). При зображенні на схемі елемента або пристрою рознесеним способом позиційне позначення елемента або пристрою проставляють біля кожної складової частини (рис. 1.4).

Поєднаний спосіб зображення
пристрою



Рознесений спосіб зображення
пристрою



Рис. 1.4 - Позиційне позначення елемента або пристрою при зображенні рознесеним способом

Якщо поле схеми розбите на зони або схема виконана рядковим способом, то праворуч від позиційного позначення або під позиційним позначенням кожної складової частини елемента або пристрою допускається вказувати в дужках позначення зон або номера рядків, в яких змальовані всі останні складові частини цього елемента або пристрою (рис.1.5). Дopusкається, якщо це не ускладнює схему, окремо змальовані частини елементів сполучати лінією механічного зв'язку, вказуючого на приналежність їх до одного елемента. В цьому випадку позиційні позначення елементів проставляють в одного або в обох кінців лінії механічного зв'язку.



Рис. 1.5 - Позначення зон або номера рядків, в яких змальовані всі останні складові частини елемента (пристрою)

При зображенні окремих елементів пристроїв в різних місцях до складу позиційних позначень цих елементів має бути включене позиційне позначення пристрою, в який вони входять, наприклад = АЗ—С5 — конденсатор С5, що входить в пристрій АЗ.

При рознесеному способі зображення функціональної групи (при необхідності і при поєднаному способі) до складу позиційних позначень елементів, що входять до цієї групи, має бути включене позначення функціональної групи, наприклад: Т1—С5 — конденсатор С5, що входить до функціональної групи Т1.

При однолінійному зображенні біля одного умовного графічного позначення, замінюючого декілька умовних графічних позначень однакових елементів або пристроїв, вказують позиційні позначення всіх цих елементів або пристроїв. Якщо однакові елементи

або пристрої знаходяться не у всіх ланцюгах, змальованих однолінійно, то праворуч від позиційного позначення або під ним в квадратних дужках вказують позначення ланцюгів, в яких знаходяться ці елементи або пристрої (див. рис. 1.3).

На принциповій схемі мають бути однозначно визначені всі елементи і пристрої, що входять до складу виробу і змальовані на схемі. Дані про елементи мають бути записані в перелік елементів. При цьому зв'язок переліку з умовними графічними позначеннями елементів повинен здійснюватися через позиційні позначення. Допускається в окремих випадках, встановлених в державних або галузевих стандартах, всі відомості про елементи поміщати біля умовних графічних позначень.

При складному входженні, наприклад, коли в пристрій, що не має самостійної принципової схеми, входить одне або декілька пристроїв, що мають самостійні принципові схеми, і (або) функціональних груп, або якщо до функціональної групи входить одне або декілька пристроїв і т. д., то в переліку елементів в графі «Найменування» перед найменуванням пристроїв, що не мають самостійних принципових схем, і функціональних груп допускається проставляти порядкові номери (тобто подібно до позначення розділів, підрозділів і т. д.) в межах всієї схеми виробу (рис. 1.6). Якщо на схемі в позиційне позначення елементу включено позиційне позначення пристрою, або позначення функціональної групи, то в переліку елементів в графі «Поз. позначення» вказують позиційне позначення елементу без позиційного позначення пристрою або позначення функціональної групи.

На схемі слід вказувати позначення виводів (контактів) елементів (пристроїв), нанесені на виріб або встановлені в їх документації. Якщо в конструкції елементу (пристрої) і в його документації позначення виводів (контактів) не вказані, то допускається умовно привласнювати їм позначення на схемі, повторюючи їх надалі у відповідних конструкторських документах. При умовному привласненні позначень виводам (контактам) на полі схеми поміщають відповідне пояснення. При зображенні на схемі декількох однакових елементів (пристроїв) позначення виводів (контактів) допускається вказувати на одному з них. При рознесеному способі зображення однакових елементів (пристроїв) позначення виводів (контактів) вказують на кожній складовій частині елементу (пристрої). Для відмінності на схемі позначень виводів (контактів) від інших позначень (позначень ланцюгів і т. п.) допускається записувати позначення виводів (контактів) з кваліфікуючим символом. При зображенні елементу або пристрою рознесеним способом пояснюючий напис поміщають біля однієї складової частини виробу або на полі схеми біля зображення елементу або пристрою, виконаного поєднаним способом.

1.2.4 Правила виконання схем з'єднань

На схемі з'єднань мають бути змальовані всі пристрої і елементи, що входять до складу виробу, їх вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, плати, затиски і т. п.), а також з'єднання між цими пристроями і елементами.

Пристрої і елементи на схемі змальовують:

- пристрої — у вигляді прямокутників або спрощених зовнішніх контурів;
- елементи — у вигляді умовних графічних позначень, прямокутників або спрощених зовнішніх контурів.

При зображенні елементів у вигляді прямокутників або спрощених зовнішніх контурів допускається усередині них поміщати умовні графічні позначення елементів. Вхідні і вихідні елементи змальовують у вигляді умовних графічних позначень. Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі повинне приблизно відповідати дійсному розміщенню елементів і пристроїв у виробі. Розташування зображень вхідних і вихідних елементів або виводів усередині графічних позначень і пристроїв або елементів повинне приблизно відповідати їх дійсному розміщенню в пристрої або елементі. Дopusкається на схемі не відображати розташування пристроїв і елементів у виробі, якщо схему виконують на декількох листах або розміщення пристроїв і елементів на місці експлуатації невідоме. Елементи, використовувані у виробі частково, допускається змальовувати на схемі неповністю, обмежуючись зображенням лише використовуваних частин.

На схемі біля графічних позначень пристроїв і елементів вказують позиційні позначення, привласнені їм на принциповій схемі. Біля або усередині графічного позначення пристрою допускається вказувати його найменування і типа і (або) позначення документа, на підставі якого пристрій застосований. На схемі слід вказувати позначення виводів (контактів) елементів (пристроїв), нанесені на виріб або встановлені в їх документації. Якщо в конструкції пристрою або елемента і в його документації позначення вхідних і вихідних елементів (виводів) не вказані, то допускається умовно привласнювати їм позначення на схемі, повторюючи їх надалі у відповідних конструкторських документах.

При умовному привласненні позначень вхідним і вихідним елементам (виводам) на полі схеми поміщають відповідне пояснення. При зображенні на схемі декількох однакових пристроїв позначення виводів допускається вказувати на одному з них. Пристрої і елементи з однаковими зовнішніми підключеннями допускається змальовувати на схемі з вказівкою підключення лише для одного пристрою або елемента. Пристрої, що мають самостійні схеми підключення, допускається змальовувати на схемі виробу без показу приєднання дротів і жил кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) до вхідних і вихідних елементів.

1.2.5 Правила виконання схем підключення

На схемі підключення мають бути змальовані виріб, його вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, затиски і т. п.) і кінці дротів і кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів) зовнішнього монтажу, біля яких поміщають дані про підключення вироби, що підводяться до них [характеристики зовнішніх ланцюгів і (або) адреси]. Виріб на схемі змальовують у вигляді прямокутника, а його вхідні і вихідні елементи — у вигляді умовних графічних позначень. Допускається змальовувати виріб у вигляді спрощених зовнішніх контурів. Вхідні і вихідні елементи змальовують в цьому випадку у вигляді спрощених зовнішніх контурів. Розміщення зображень вхідних і вихідних елементів усередині графічного позначення виробу повинне приблизно відповідати їх дійсному розміщенню у виробі. На схемі мають бути вказані позиційні позначення вхідних і вихідних елементів, привласнені їм на принциповій схемі виробу.

На схемі слід вказувати позначення вхідних, вихідних або вивідних елементів, нанесені на виріб. Якщо позначення вхідних, вихідних і вивідних елементів в конструкції виробу не вказані, то допускається умовно привласнювати їм позначення на схемі, повторюючи їх у відповідній конструкторській документації. При цьому на полі схеми поміщають необхідні пояснення.

На схемі біля умовних графічних позначень з'єднувачів, до яких приєднані дроти і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури), допускається вказувати найменування цих з'єднувачів і (або) позначення документів, на підставі яких вони застосовані.

Дроти і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури) мають бути показані на схемі окремими лініями. При необхідності на схемі вказують марки, перетини, забарвлення дротів, а також марки кабелів (багатожильних проводів, електричних шнурів), кількість, перетин і зайнятість жив. При вказівці марок, перетинів і забарвлення дротів у вигляді умовних позначень на полі схеми розшифровують ці позначення.

1.2.6 Правила виконання загальних схем

На загальній схемі змальовують пристрої і елементи, що входять в комплекс, а також дроти, джгути і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури), що сполучають ці пристрої і елементи. Пристрої і елементи на схемі змальовують у вигляді прямокутників. Допускається елементи змальовувати у вигляді умовних графічних позначень або спрощених зовнішніх контурів, а пристрої — у вигляді спрощених зовнішніх контурів. Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі повинне приблизно відповідати дійсному розміщенню елементів і пристроїв у виробі.

Допускається на схемі не відображати розташування пристроїв і елементів у вир-

бі, якщо розміщення їх на місці експлуатації невідомо. У цих випадках графічні позначення пристроїв і елементів мають бути розташовані так, щоб забезпечувалася простота і наочність показу електричних з'єднань між ними.

Розташування умовних графічних позначень вхідних, вихідних і ввідних елементів усередині зображень пристроїв і елементів повинне приблизно відповідати їх дійсному розміщенню у виробі. Якщо для забезпечення наочності показу з'єднань розташування графічних позначень цих елементів не відповідає їх дійсному розміщенню у виробі, то на полі схеми має бути поміщене відповідне пояснення.

На схемі мають бути вказані:

- для кожного пристрою або елементу, змальованих у вигляді прямокутника або спрощеного зовнішнього контура, — їх найменування і тип і (або) позначення документа, на підставі якого вони застосовані;

- для кожного елементу, змального у вигляді умовного графічного позначення, — його тип і (або) позначення документа.

При великій кількості пристроїв і елементів рекомендується ці відомості записувати в перелік елементів. В цьому випадку біля графічних позначень пристроїв і елементів проставляють позиційні позначення. Пристрої і елементи, згруповані в пости і (або) приміщення, рекомендується записувати в перелік по постах і (або) приміщеннях.

На схемі слід вказувати позначення вхідних, вихідних і ввідних елементів, нанесені на виріб. Якщо позначення вхідних, вихідних і ввідних елементів в конструкції виробу не вказані, то допускається цим елементам умовно привласнювати позначення на схемі, повторюючи їх у відповідній конструкторській документації. При цьому на полі схеми поміщають необхідні пояснення.

На схемі допускається вказувати позначення документів з'єднувачів на полицях ліній-винесень, а також число контактів з'єднувачів, використовуючи при цьому їх наступне умовне графічне позначення (рис. 1.19).



Рис. 1.19 - Позначення документів з'єднувачів на полицях ліній-винесень, а також число контактів з'єднувачів

Дроти, джгути і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури) мають бути показані на схемі окремими лініями і позначені окремо порядковими номерами в межах виробу.

1.2.7 Правила виконання схем розташування

На схемі розташування змальовують складові частини виробу, а при необхідності зв'язку між ними, конструкцію, приміщення або місцевість, на яких ці складові частини будуть розташовані. Складові частини виробу змальовують у вигляді спрощених зовнішніх контурів або умовних графічних позначень. Дроти, групи дротів, джгути і кабелі (багатожильні проводи, електричні шнури) змальовують у вигляді окремих ліній або спрощених зовнішніх контурів.

Розташування графічних позначень складових частин виробу на схемі повинне забезпечувати правильне уявлення про їх дійсне розміщення в конструкції, приміщенні, на місцевості.

При виконанні схеми розташування допускається застосовувати різні способи побудови (аксонометрія, план, розгортка, розріз конструкції і т. п.).

На схемі мають бути вказані:

- для кожного пристрою або елемента, змальованих у вигляді спрощеного зовнішнього контура, — їх найменування і тип і (або) позначення документа, на підставі якого вони застосовані;
- для кожного елемента, змальованого у вигляді умовного графічного позначення, — його тип і (або) позначення документа.

При великій кількості пристроїв і елементів рекомендується ці відомості записувати в перелік елементів. В цьому випадку біля графічних позначень пристроїв і елементів проставляють позиційні позначення.

1.3 Умовні графічні позначення в схемах

1.3.1 Електричні машини

Встановлюються три способи побудови умовних графічних позначень електричних машин:

- спрощений однолінійний;
- спрощений багатолінійний (форма I);
- розгорнутий (форма II).

У спрощених однолінійних позначеннях електричних машин обмотки статора і ротора змальовують у вигляді кіл. Виводи обмоток статора і ротора показують однією лінією з вказівкою на ній кількості виводів відповідно до вимог ГОСТ 2.721-74. У спрощених багатолінійних позначеннях обмотки статора і ротора змальовують аналогічно

спрощеним однолінійним позначенням, показуючи виводи обмоток статора і ротора (рис.1.21).

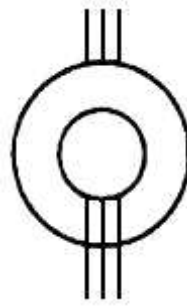


Рис.1.21 - Спрощені багатолінійні позначення обмотки статора і ротора

У розгорнутих позначеннях обмотки статора змальовують у вигляді ланцюжків напівкіл, а обмотки ротора - у вигляді кола (і навпаки).

Взаємне розташування обмоток змальовують:

а) у машинах змінного струму і універсальних - з обліком (рис.1.22) або без врахування (рис.1.23) зрушення фаз.

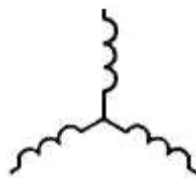


Рис.1.22 - Взаємне розташування обмоток у машинах змінного струму і універсальних з обліком зрушення фаз

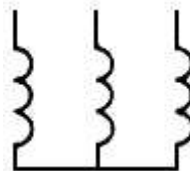


Рис.1.23 - Взаємне розташування обмоток у машинах змінного струму і універсальних без врахування зрушення фаз

б) у машинах постійного струму - з обліком (рис.1.24) або без врахування (рис.1.25) напрямку магнітного поля, що створюється обмоткою.

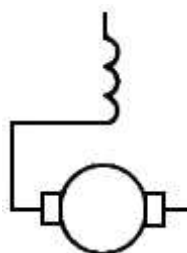


Рис.1.24 - Взаємне розташування обмоток у машинах постійного струму з обліком напрямку магнітного поля, що створюється обмоткою

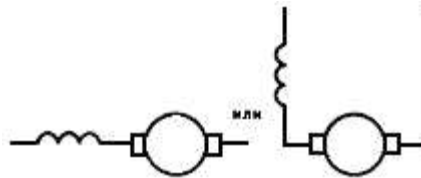


Рис.1.25 - Взаємне розташування обмоток у машинах постійного струму без врахування напрямку магнітного поля, що створюється обмоткою

У прикладах умовних графічних позначень машин змінного струму і універсальних машин приведені позначення, що відображають зрушення фаз в обмотці; у прикладах машин постійного струму - без врахування напрямку магнітного поля.

Виводи обмоток статора і ротора в позначеннях машин всіх типів допускається змальовувати з будь-якого боку. У прикладах побудови умовних графічних позначень машин виводи обмоток показані:

а) у машинах змінного струму: виводи обмоток статора - вгору, обмоток ротора - вниз;

б) у машинах постійного струму виводи всіх обмоток показані вгору.

Допускається вказувати додаткові відомості (позначення з'єднань обмоток, числові дані і так далі). Позначення елементів електричних машин приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Позначення елементів електричних машин

Найменування	Позначення
1. Обмотка компенсаційна	
1а. Обмотка допоміжного полюса	
2. Обмотка статора (кожної фази) машини змінного струму, обмотка послідовного збудження машини постійного струму	
3. Обмотка паралельного збудження машини постійного струму, обмотка незалежного збудження	
4. Статор, обмотка статора. Загальне позначення	
Примітка. Якщо необхідно вказати, що на статорі є дві самостійні трифазні обмотки, використовують наступне позначення	
5. Статор з трифазною обмоткою:	
а) сполученою в трикутник	<div> <div>Форма I</div> </div> <div> <div>Форма II</div> </div>

б) сполученою в зірку

6. Ротор. Загальне позначення

7. Ротор без обмотки:

а) порожнистий немагнітний або феромагнітний

б) з явно вираженими полюсами (явнополюсний) з прорізами по колу

8. Ротор з розподіленою обмоткою:

а) трифазною, сполученою в зірку

б) трифазною, сполученою в трикутник

в) однофазної або постійного струму

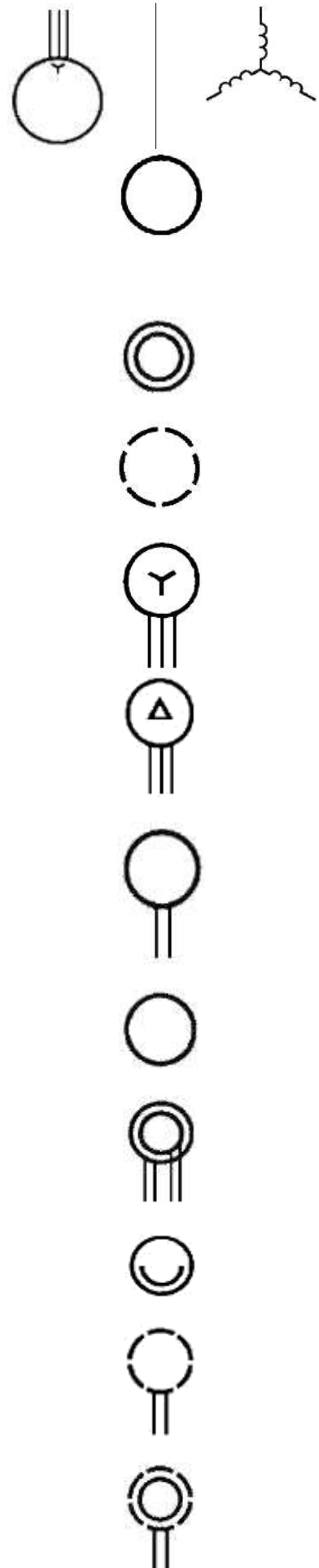
г) короткозамкнутою

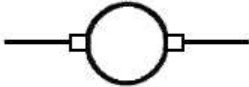





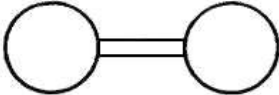
д) з двома розподіленими самостійними обмотками

9. Ротор зовнішній з короткозамкнутою розподіленою обмоткою (наприклад, двигуна-гіроскопа)

10. Ротор явнополюсний із зосередженою обмоткою збудження


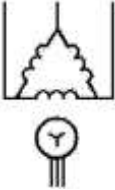
11. Ротор явнополюсний із зосередженою обмоткою збудження і з розподіленою короткозамкнутою заспокійливою або пусковою обмоткою



12. Ротор з обмоткою, колектором і щітками	
12а. Ротор з щітками на контактних кільцях	
13. Машина електрична. Загальне позначення	
Примітка. У середині кола допускається вказувати наступні дані:	
а) рід машин (генератор - <i>G</i> , двигун - <i>M</i> , генератор синхронний - <i>GS</i> , двигун синхронний - <i>MS</i> , сельсин - <i>ZZ</i> , перетворювач - <i>З</i>);	
б) рід струму, число фаз або вигляд з'єднання обмоток	
Наприклад:	
генератор трифазний	
двигун трифазний із з'єднанням обмоток статора в зірку	
машина, яка може працювати як генератор і як двигун	
14. Машини, які зв'язані механічно	

Приклади побудови позначень електричних машин наведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 - Приклади побудови позначень електричних машин

Найменування	Позначення	
	Форма І	Форма ІІ
1. Машина асинхронна трифазна з фазним ротором, обмотка якого сполучена в зірку; обмотка статора сполучена:		
а) у трикутник		

б) у зірку з виведеною нейтральною (середньою) точкою

2. Машина асинхронна трифазна з шістьма виведеними кінцями фаз обмотки статора і з короткозамкнутим ротором

7. Машина синхронна трифазна явнополюсна з обмоткою збудження на роторі; обмотка статора-ра сполучена в зірку з виведеною нейтральною (середньою) крапкою

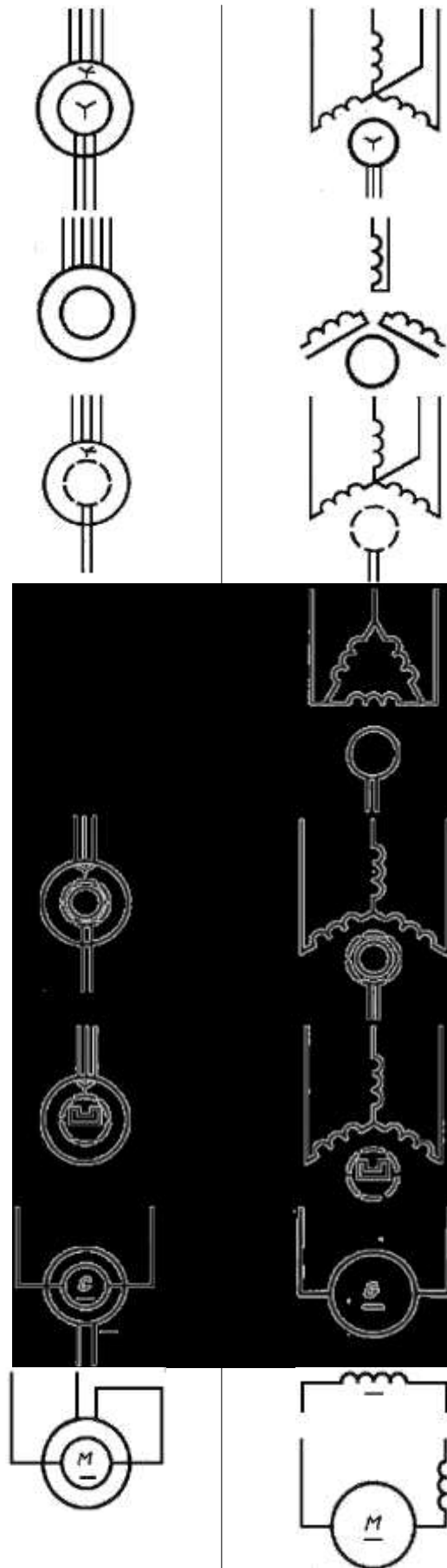
8. Машина синхронна трифазна неявнополюсна з обмоткою збудження на роторі; обмотка статора сполучена в трикутник

9. Машина синхронна трифазна явнополюсна з обмоткою збудження і з пусковою короткозамкнутою обмоткою на роторі; обмотка статора сполучена в зірку

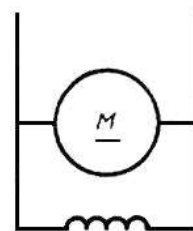
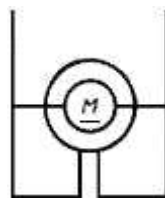
10. Машина синхронна трифазна із збудженням від постійних магнітів; обмотка статора сполучена в зірку

14. Машина постійного струму з незалежним збудженням

15. Машина постійного струму з послідовним збудженням



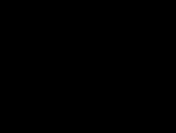
16. Машина постійного струму з паралельним збудженням



17. Машина постійного струму із змішаним збудженням



18. Машина постійного струму із збудженням від постійних магнітів



19. Двигун асинхронний з фазним ротором. Загальне позначення



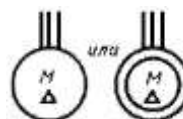
-

20. Двигун асинхронний з короткозамкнутим ротором. Загальне позначення



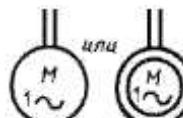
-

21. Двигун асинхронний трифазний, сполучений в трикутник, з короткозамкнутим ротором



-

22. Двигун асинхронний однофазний з короткозамкнутим ротором



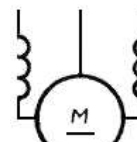
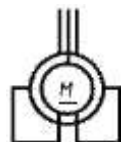
-

24. Двигун асинхронний трифазний лінійний з однобічним напрямом обертання

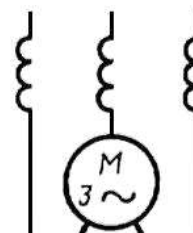


-

26. Двигун постійного струму реверсивний з двома послідовними обмотками збудження



29. Двигун колекторний трифазний послідовного збудження



Розміри основних елементів умовних графічних позначень приведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Розміри основних елементів умовних графічних позначень

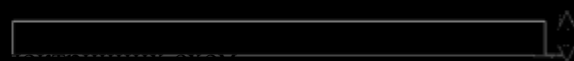
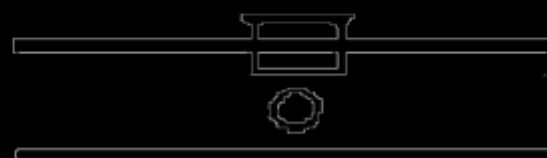
Найменування	Позначення
1. Обмотка	
2. Статор	
3. Ротор	
4. Щітка: на контактному кільці	
на колекторі	






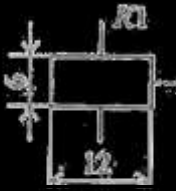
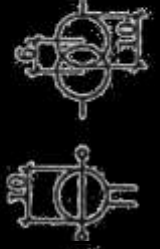

1.3.2 Електричні мережі

Електричні мережі сполучають між собою елементи схеми. Вони передають електроенергію встановлених параметрів до інших елементів схеми. Мережі виконуються кабелями, голими або ізольованими проводами, шинами. Основні позначення елементів електричних мереж наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Позначення елементів електричних мереж

Найменування	Позначення	Розмір
1. Лінія проводки – загальне позначення		1,0
2. Лінія, яка складається з 3-х провідників		1,0
3. Лінія кіл управління		1,0
4. Лінія мережі аварійного освіт- 1		1,0
5. Лінія напругою 36 В і нижче		1,0
6. Лінія заземлення і занулення		1,0
7. Заземлювачі		1,0



5. Конденсатор				C
6. Котушка, обмотка				L
7. Автоматичний вимикач (автомат)				QF
8. Рубильник				S
9. Запобіжник				FU
10. Реле, контактори, пускачі				К – загальне позначення КА – реле струму КТ – реле часу КК – реле теплове КМ – пускач магнітний
11. Трансформатори: - силовий; напруги; - струму				Т – трансформатор силовий; TV - трансформатор напруги; ТА - трансформатор струму
12. Вимикач високовольтний				Q – звичайного призначення; QB – секційний

Таблиця 1.6 - Деякі елементи електричних

Найменування	Позначення
1. Лампа розжарювання	EL
2. Лампа люмінесцентна	EL
3. Лампа високого тиску	EL

ТЕМА 2 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

2.1 Загальні відомості про кабельні лінії. Основні елементи кабеля

Кабельною лінією називається лінія для передавання електроенергії одним або кількома паралельно прокладеними кабелями зі з'єднувальними, стопорними і кінцевими муфтами та кріпильними деталями.

Кабельні лінії порівняно з повітряними мають низку переваг, до яких частково належать триваліший термін роботи, відсутність опор, велика надійність в експлуатації. Вони не загромождають вулиць, виробничих територій, але вартість їх значно більша від вартості повітряних ліній. Кабельні лінії використовують для каналізації електроенергії напругою до 35 кВ.

Будь-який кабель, а зараз їх багато різновидів залежно від призначення та робочої напруги, складається зі струмопровідної жили, ізоляції й захисних оболонок. Струмопровідні жили виготовлені з міді або алюмінію і можуть бути одно- і багатожильними. За числом жил кабелі можуть бути одно-, дво-, три- і чотирижильними. Ізоляцію кабелів до 1000 В виконують гумовою, а понад 1000 В — із багат шарового просоченого паперу і різних пластиків (поліетилену, полівінілхлориду й ін.). Конструкція кабеля наведена на рис.2.1.

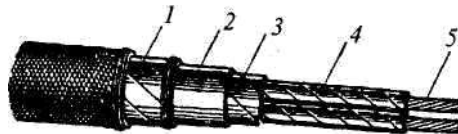


Рис.2.1-Оброблений кінець кабелю: 1 — оголена броня для приєднання заземлюючого дроту; 2 — свинцева оболонка для припаювання муфти; 3 — поясна ізоляція; 4 — заводська ізоляція; 5 — оголені жили

Захисні оболонки перешкоджають проникненню вологи, газів і кислот, їх виготовляють алюмінієвими та хлорвініловими. Для механічної міцності цих оболонок зверху накладається стальна або дротяна броня. Трижильні кабелі виготовляють на напругу 1, 3, 6, 10, 35 кВ, а чотирижильні — на 1 кВ. В чотирижильному кабелі четверта жила має площу поперечного перерізу вдвічі меншу від перерізу кожної з основних жил. Силові кабелі випускають перерізом від 2,5 до 400 мм², жили кабелів можуть бути круглими або сектороподібними. Для сигналізації, керування і зв'язку використовують багатожильні кабелі, в яких кількість жил сягає від десятка до сотень. Кабелі укладають на кабельних спорудах.

Кабелі, вживані в електричних провідках, складаються з токоведучих жил, ізоляції, оболонки і захисного покриття. Токоведучі жили кабелів виготовляють з алюмінію

або міді. Ізоляція жил кабелю може бути полівінілхлоридною (В), поліетиленовою (77), гумовою (Р), паперовою, з самозатухаючого поліетилену (77с).

Перша буква марки означає матеріал жили (А - алюмінієва, буква відсутня — мідна). Друга буква означає тип кабелю (К — контрольний, буква відсутня — силовий). Третя буква показує матеріал захисної оболонки (Р — гумова, Н - негорюча шлангова гума і т. д.). Четверта буква - матеріал ізоляції жил. Якщо буква відсутня, значить, ізоляція жил паперова. П'ята буква показує наявність і вид броні (Б — бронювання стрічкове, П — бронювання плоским сталевим дротом). Наявність в марці кабелю букви Г означає, що цей кабель не має захисного зовнішнього покриття поверх броні.

2.2 Монтаж кабельних ліній

2.2.1 Монтаж кабельних ліній у траншеях

Кабельна траншея — це відкрита штучна споруда певної глибини і ширини, вири-та в землі. Процес прокладання силових кабелів у траншеях складається з таких опе-рацій:

- 1) підготовчі роботи;
- 2) копання траншей і котлованів для монтажу муфт;
- 3) доставка барабанів з кабелем до місця монтажу;
- 4) розмотування кабелів та укладання їх у траншеї;
- 5) захист кабелів від механічного пошкодження;
- 6) засипання траншеї;
- 7) ущільнення ґрунту;
- 8) вивезення зайвого ґрунту.

До початку риття траншеї керівник монтажно́ї організації разом з представниками експлуатаційної та будівельної організацій обстежують запроєктовану для прокладання кабельної лінії трасу. В разі потреби до проекту та кошторису прокладання кабельної лінії проектна організація вносить необхідні зміни, узгодивши їх з представниками замовника.

Кабелі у траншеї укладають на певній відстані один від одного: кабелі з робочою напругою до 1000 В на відстані 6 см, до 10 кВ — 10 см, до 35 кВ — 25 см. Порушення цих вимог призведе до перегрівання магнітними полями сусідніх струмопровідних жил. Після того як кабель укладений в траншею, зверху також насипають шар піску товщи-ною 10—15 см. На нього укладають захисний шар цегли або залізобетонні плити, після чого остаточно засипають траншею землею (рис. 2.2). Для цієї операції використовують плуги або скрепери. Землю надійно утрамбовують спеціальними котками. Згідно з

чинними нормативними документами глибина закладання силових кабелів у траншею від планувальної позначки повинна бути не меншою ніж: 0,7 м при напрузі лінії до 20 кВ; 1 м при напрузі лінії 35 кВ; 1 м при схрещуванні вулиць і майданів незалежно від напруги; 1 м при прокладанні лінії по орних землях. На закритих територіях глибина закладання кабелів не нормується.

Під час прокладання кабельних ліній у зоні зелених насаджень відстань від кабелів до стовбурів дерев, як правило, повинна бути не меншою ніж 2 м.

В утруднених умовах допускається зменшення зазначених відстаней згідно з чинними нормативними документами без спеціального захисту кабелів і при прокладанні їх у трубах.

На переходах через шосейні дороги або залізничні колії кабель вміщують у трубу, яку закопують у землю на глибину не менше ніж 1 м від верхнього шару покриття дороги.

Якщо кабелі перетинаються, то високовольтний кабель прокладають під низьковольтним. Відстань між ними по вертикалі повинна бути не меншою ніж 35 см для кабелів напругою до 10 кВ та 50 см для кабелів напругою до 35 кВ.

Кабелі, розміщені на глибині 1—1,2 м, можна не захищати від механічних пошкоджень, а для кабелів напругою до 1000 В захист виконують тільки у місцях імовірних механічних пошкоджень.

Для вводу кабелю, що виходить з траншеї в будинок, у стіні попередньо закладають відрізки сталевих або чавунних труб. Труби розміщують на відстані одні від одних при горизонтальному розміщенні не менше 100 мм і при вертикальному не менше 250 мм. Труби беруть з внутрішнім діаметром, який дорівнює 1,5—2 зовнішнім діаметрам кабелю. При такому діаметрі труб кабель легко протягується, а у разі потреби його легко можна замінити. Кабель вводять в будинок із запасом по довжині 1,5—2 м на випадок, якщо буде необхідно замінити кінцеві муфти. Щоб в будинок по трубах не проникала вода, у місцях вводу кабелю накладають гідроізоляцію між стіною будинку і трубою.

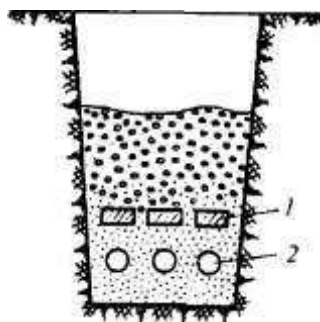


Рис. 2.2 - Кабельна траншея

Перевага прокладання силових кабелів у траншеях виявляється у малому обсязі

будівельних робіт, створенні добрих умов для охолодження кабелів. Недоліком є можливість механічного пошкодження кабелю під час земляних робіт.

За великої кількості силових кабелів їх рекомендують прокладати в окремих траншеях з відстанню між групами кабелів не менше 0,5 м. Спосіб прокладання силових кабелів у траншеях не застосовують на ділянках, схильних до інтенсивної ґрунтової корозії або дії блукаючих струмів, а також там, де може бути розлитий гарячий метал. При великій кількості силових кабелів (понад 20), які йдуть в одному напрямку, їх рекомендують прокладати в тунелях, каналах, по естакадах і галереях.

2.2.2 Монтаж кабельної лінії в трубах

Сховане прокладання силових кабелів у сталевих і неметалевих трубах застосовують у фундаментах технологічного устаткування й у вибухонебезпечних установках. Недоліком цього способу є велика витрата дефіцитного матеріалу. Прокладання кабелів в трубах використовують тоді, коли необхідно захищати кабелі від впливу агресивних ґрунтів і блукаючих струмів. З цією метою використовують сталеві, чавунні, азбестоцементні, керамічні та пластмасові труби. Матеріал труб визначається в проекті.

Внутрішній діаметр труб для прокладання кабелів має бути не менше 1,5—2 рази кратний зовнішньому діаметру кабелю. Труби повинні відповідати таким вимогам:

- 1) внутрішня поверхня їх повинна бути гладкою;
- 2) торці труб з внутрішнього боку мають бути заокруглені, радіусом не менше 5 м, без виступів, відламків, задирок;
- 3) з'єднання труб повинні бути чітко співосні;
- 4) кінці труб в місцях входів (виходів) у тунелі, канали повинні бути оштукатурені нагладко за внутрішніми поверхнями стін.

Труби слід укладати з нахилом не менше 0,2 %. З'єднання труб потрібно виконувати за допомогою металевих, пластмасових або гумових манжетів чи азбестоцементних муфт. Відрізки або цілі труби повністю оброблені, з різьбою на обох кінцях, або укомплектовані з'єднувальними муфтами, гільзами чи манжетами і зігнуті під потрібним кутом називаються елементами. Трубні пакети — це декілька повністю підготовлених для монтажу труб або відрізків, з'єднаних в один ряд паралельно між собою і укомплектованих з'єднувальними деталями.

Кути повороту та радіуси згину труб нормують. Вони повинні бути 90, 105, 120, 135 і 150° та 400, 800 і 1000 мм (рис. 2.3). При цьому радіуси 400 мм використовують під час прокладання труб у перекриттях, при їх вертикальних виходах і в затиснутих місцях, а 800 і 1000 мм у разі прокладання труб у монолітних фундаментах. Трубні заготовки

виконують у вигляді наборів, що складаються з блоків, прямих ділянок труб в комплекті з фасонними відводами і кутами та необхідними деталями для з'єднання й кріплення.

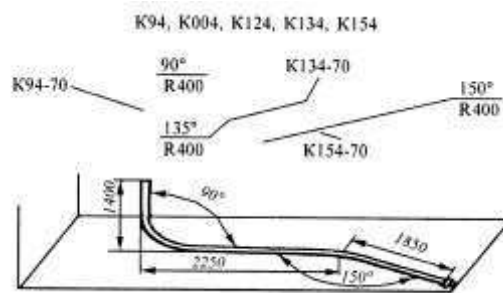


Рис. 2.3- Елементи трубних заготовок, зігнутих під різними кутами

На кінцях труб установлюють втулки, які оберігають ізоляцію кабелів від пошкоджень. Потім вводять у трубу протяжний дріт, прикріплюють до нього кабель і зтягують його в трубу вручну або спеціальним пристроєм. У вертикально прокладені труби кабель зтягують знизу вгору.

Під час прокладання труб блоками відстань між ними в просвіті по горизонталі та вертикалі повинна бути не меншою 100 мм. У зв'язку з цим нижні труби блока слід укладати на більшу глибину з таким розрахунком, щоб верхні труби блока перебували від планованої позначки на глибині 0,7 м. Кінці труб після прокладання в них кабелів ущільнюють намотуванням на кабель кількох шарів смоляної стрічки або кабельної пряжі (джгута). Кабельні вводи у будинки та споруди герметизують згідно з вказівками проекту.

2.2.3 Монтаж кабельної лінії в каналах

Кабельні канали слід використовувати для внутрішньоцехового та позацехового прокладання кабелів. Канали виготовляються з уніфікованих залізобетонних лоткових каналів з перекриттями, з уніфікованих стінних плит з основами та перекриттями з монолітного залізобетону, а також із цегли.

Основні прямі лоткові канали, перекриття до них, а також основні елементи збірних каналів мають довжину 3 м. Збірні елементи до лоткових і збірних каналів у місцях поворотів та розгалужень мають довжину й ширину з розрахунку на можливість прокладання в них кабелів напругою до 10 кВ і перерізом $3 \times 240 \text{ мм}^2$ з радіусом згину кабелю:

$$R = 25d, \quad (2.1)$$

де R — радіус згину кабелю, мм;

d — діаметр жили кабелю, мм.

Канали виготовляють лоткового типу або зі збірних залізобетонних плит. Горизонтальна відстань у просвіті між конструкціями при двосторонньому їх розміщенні

(ширина проходу) повинна бути не меншою 300 мм для каналів глибиною до 600 мм і не меншою 400 мм для каналів глибиною 900 і 1200 мм. Для прокладання в каналах використовують кабелі з негорючою оболонкою.

При невеликій протяжності канала (50—100 м) кабель розкочують вручну, а при великій кабель прокладають механізованим способом, переважно за допомогою лебідок і розкочувальних роликів.

У каналах повинні бути виконані заходи щодо запобігання попаданню в них технологічних вод і мастил, також вони мають забезпечувати відвід ґрунтових і дощових вод. Підлоги в каналах повинні мати нахил не менше 1% в бік водозбірників. Канали, прокладені у вологих ґрунтах або нижче рівня ґрунтових вод, слід обладнати гідроізоляцією дна та стінок. На ділянках, де може бути розлито розплавлений метал, рідини з високою температурою або речовини, що руйнівні діють на оболонку кабелів, споруджувати кабельні канали заборонено.

Кабельні канали поза будинками потрібно засипати шаром ґрунту товщиною 300 мм і більше. На огорожених територіях, доступних тільки обслуговуючому персоналу, наприклад на підстанціях, засипати кабельні канали поверх знімних плит заборонено. В електромашинних приміщеннях канали можуть перекриватися рифленим залізом, а в приміщеннях щитів керування з паркетними підлогами — дерев'яними щитами з паркетом. Засипати силові кабелі в каналах заборонено.

2.2.4 Монтаж кабельних ліній у блоках

Прокладати кабелі у блоках рекомендується в місцях перетину із залізничними коліями та автомобільними шляхами, при великому скупченні інших комунікацій, імовірності розливу металу або агресивних рідин у місцях проходження кабельних трас, прокладанні кабельної лінії в агресивних відносно кабельної оболонки ґрунтах, необхідності захисту кабелів від блукаючих струмів.

Для спорудження блоків використовують дво- і триканальні залізобетонні панелі, призначені для прокладання в сухих, вологих і насичених водою ґрунтах, азбестоцементні труби для захисту кабелів від блукаючих струмів, керамічні труби для захисту кабелів в агресивних і насичених водою ґрунтах.

У місцях зміни напрямку траси або глибини закладання блоків, а також на прямолінійних ділянках великої довжини роблять кабельні колодязі. Габарити кабельних колодязів повинні забезпечувати нормальні умови для протягування кабелів, заміни їх у разі потреби, встановлення з'єднувальних муфт із захисними металічними кожухами довжиною 1250 мм. Кабельні колодязі виконують з цегли або залізобетону і бувають

таких типів: прохідні прямого типу, кутові для зміни напрямку блочної каналізації, трійникові прямі, кутові та хрестоподібні. Колодязі повинні мати сталеві скоби або металеві драбини для спускання. Оскільки кабельні колодязі є найбільш дорогою частиною блочної каналізації, рекомендується при переходах з блочної каналізації на траншейну виконувати кабельні камери.

Кабельні блоки необхідно прокладати на глибині 1 м при перетині вулиць і площ та 0,7 м у решті випадків. У виробничих приміщеннях та на закритих територіях глибина прокладання не нормується.

Траса кабельних блоків повинна бути прямолінійною. Перетинаючи інженерні споруди траса має бути перпендикулярною до їх осей. В окремих випадках допускається відхилення від прямого кута, але не більше ніж на 45° . Внутрішній діаметр каналів залізобетонних блоків повинен бути не менший 90 мм, а внутрішні діаметри труб блочної каналізації — не менші 100 мм. Кабельні блоки повинні мати нахил не менший 0,2% у бік колодязів. Відстань між трубами у блокові має бути така ж, як і між кабелями, прокладеними без труб. Перед затягуванням кабелю у канал блока потрібно очистити його від бетонного розчину та будівельного сміття. Цього досягають за допомогою протягування через канал прикріпленого до лебідки за трос пристрою у вигляді сталеного контрольного циліндра (рис. 2.4) та сталених йоржів. Зовнішній діаметр контрольної поверхні циліндра повинен бути на 15 мм менший від діаметра каналу, а діаметр йоржа — на 6 мм більший від діаметра каналу.

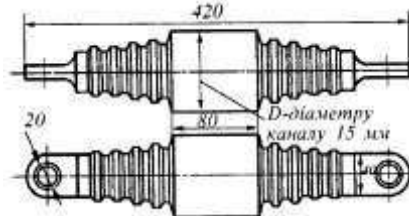


Рис. 2.4-Контрольний циліндр

Протягувати кабель (рис.2.5) рекомендується зі швидкістю 0,6—1 км/год і по можливості без зупинок, щоб при рушанні кабелю з місця уникнути великих тягових зусиль. Після протягування кабель слід укласти в колодязь на опорні конструкції, його кінці герметизувати, а в усіх місцях виходу кабелю з каналів у блоки прокласти еластичні прокладки для захисту оболонки від протирання. З'єднувальні муфти в колодязі після їх монтажу повинні бути поміщені в захисний кожух. На вводах блоків у будинки, тунелі отвори в блоки після прокладання кабелів мають бути оброблені негорючим і легкопробивним матеріалом. Для контролю тяги зусилля на лебідці встановлюють динамометр або інший контролюючий пристрій.

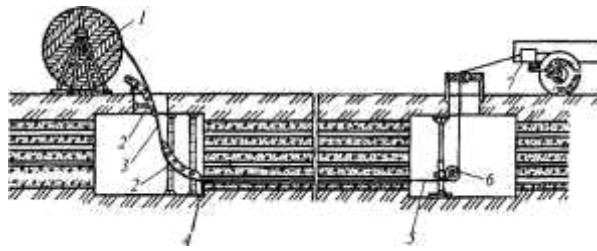


Рис.2.5- Схема протягування кабелю на одній ділянці: 1 — барабан з кабелем; 2 — кутовий ролик; 3 — кабель; 4 — роз'ємна воронка; 5 — канат; 6 — ролик для каната; 7 — пристрій для встановлення натягу

Протягування кабелю на ділянці між двома сусідніми колодязями відбувається за певною схемою. Для цього необхідно встановити у колодязях кутові ролики з гвинтовим обтискаючим і розпірним кріпленням їх до будівельних конструкцій колодязів, прикріпити сталевий канат, з'ятутий в канал блока, до кабелю, установити рознімну воронку на вхідний отвір блока, припасувати канат через ролики, приєднати його до каната лебідки і розпочати з'ятування кабелю. Наскрізне протягування кабелю на двох і більше ділянках, без розрізування його в проміжних колодязях, можливе за умови, що після протягування в колодязях буде створений необхідний запас кабелю по довжині для укладання його на опорні конструкції. Для протягування кабелю слід (відповідно до проекту виробництва робіт) попередньо встановити всі необхідні кутові та напрямні ролики у крайніх і проміжних колодязях.

2.2.5 Монтаж кабелів у тунелях та колекторах

Кабельні тунелі та колектори споруджують у містах і на підприємствах з ущільненою забудовою території або з великим насиченням території підземними інженерними комунікаціями, а також на територіях великих металургічних, машинобудівних та інших підприємств. У старих районах великих міст здебільшого споруджують колектори, у нових районах кабелі прокладають у тунелях.

Для прокладання великої кількості кабелів в одному напрямку споруджують залізобетонні тунелі з такими розмірами: висота 1,8— 2,1 м, ширина 1,5—1,9 м. В тунелях кабелі прокладають на кабельних конструкціях. Ширина проходу в тунелі при двосторонньому розташуванні конструкцій повинна бути не менше 1 м, а при односторонньому не менше 0,9 м. На випадок пожежі кабельні тунелі відділяють від сусідніх приміщень негорючими перегородками. Крім цього в самих тунелях через кожні 200 м встановлюють роздільні вогнестійкі перегородки. Для відведення тепла, що виділяється кабелями, тунелі обладнують вентиляційними пристроями. В тунелях прокладають як броньовані, так і неброньовані кабелі зі свинцевою або алюмінієвою оболонкою. Джуто-

вий покрив з броньованих кабелів усувають. Барабани з кабелями для прокладання вкочують безпосередньо в тунель чи сусіднє з ним приміщення або встановлюють над люками. Оскільки в тунелях прокладають велику кількість кабелів, то для механізації прокладання тимчасово на підлозі, стелі, стіні або кабельних конструкціях закріплюють ролики, якими переміщуються прокладувані кабелі.

Для входу і виходу з тунелю передбачається не менше двох дверей; тільки в прохідних тунелях довжиною до 25 м допускаються одні двері.

Колектори — це підземні пристрої, які споруджуються переважно під площами, вулицями і тротуарами великих міст для прокладання трубопроводів та кабелів. Колектори будують круглими з діаметром 2,8—3 м і прямокутними з такими розмірами: висота 2,4—3 м, ширина 2,15—2,5 м. При дворядному розміщенні з одного боку проходу колектора прокладають кабелі зв'язку, під ними — теплопроводи, з іншого боку проходу — силові кабелі, розміщуючи їх зверху над водопроводами. При однорядному розміщенні силові кабелі прокладають зверху, під ними кабелі зв'язку, а під кабелями зв'язку водо- і теплопроводи. Сумісно з газо- і трубопроводами, що містять горючі і легкозаймисті рідини, а також з трубопроводами протипожежного водопостачання електричні кабелі не прокладають. Для вводу в колектори кабельних ліній і трубопроводів використовують спеціальні камери. На рис. 2.6 показано розміщення кабелів у тунелях та колекторах прямокутного перерізу.

Проходи в кабельних тунелях та колекторах повинні бути не менше 1 м, але допускається звуження проходу до 800 мм на ділянці довжиною, що не перевищує 500 мм. У тунелях та колекторах повинні передбачатися заходи щодо запобігання попаданню в них ґрунтових і технологічних вод, а також стаціонарні засоби для дистанційного й автоматичного гасіння пожежі. Тут також встановлюються датчики, які реєструють появу диму і підвищення температури навколишнього середовища понад $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також електричне освітлення та мережу живлення для переносних світильників й інструментів.

Силові кабелі напругою до 1 кВ слід прокладати під кабелями напругою більше 1 кВ і розділяти їх горизонтальною перегородкою. Різні групи кабелів, а саме робочі та резервні напругою більше 1 кВ, рекомендується прокладати на різних полицях з розділенням горизонтальними перегородками, що не горять. В якості перегородок рекомендовано брати азбестоцементні плити, пресовані та нефарбовані товщиною не менше 8 мм.

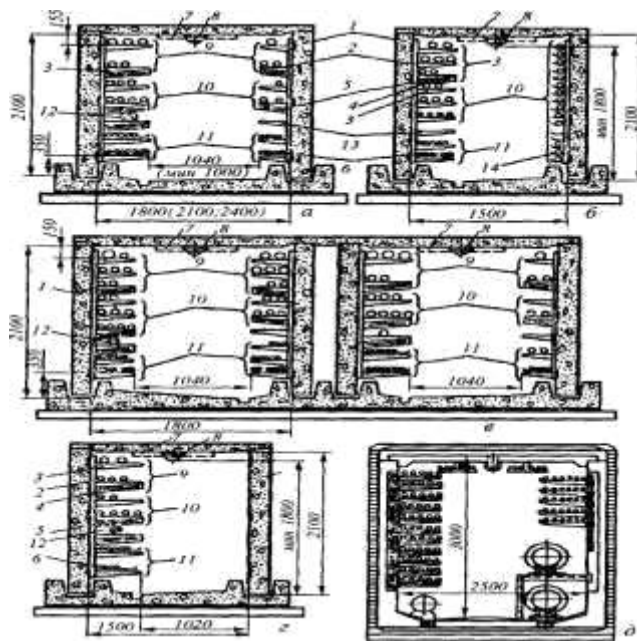


Рис. 2.6 - Розміщення кабелів у тунелях та колекторах прямокутного перерізу: а, б — прохідний з двостороннім розміщенням кабелів; в — прохідний з чотиристороннім розміщенням кабелів; г — прохідний з одностороннім розміщенням кабелів; д — прохідний двосторонній колектор; 1 — блок тунелю; 2 — стояк; 3 — полиця; 4 — підвіска; 5 — вогнетривка перегородка; 6 — лоток; 7 — зона механізованого прибирання пилю та вогнегасіння; 8 — світильник; 9 — силові кабелі понад 1 кВ; 10 — силові кабелі до 1 кВ; 11 — контрольні кабелі; 12 — з'єднувальна муфта; 13 — полиця для з'єднувальної муфти; 14 — підвіска

2.2.6 Монтаж кабелів на лотках

Лотки призначені для відкритого прокладання кабелів там, де за чинними правилами прокладання кабелів у сталевих трубах не обов'язкове. Їх встановлюють у сухих, сирих і жарких приміщеннях, а також у приміщеннях з хімічно активним середовищем. На лотках дозволяється прокладати неброньовані силові кабелі напругою до 1 кВ і перерізом не більшим 16 мм^2 .

Лотки встановлюють на опорних конструкціях по стінах і під перекриттями на висоті не менше 2 м від рівня підлоги або на площадках обслуговування у місцях, де нема небезпеки для механічного пошкодження кабелів. В електротехнічних приміщеннях висоту розміщення лотків не нормують. Під час встановлення лотків паралельно з трубопроводами відстань між лотками і трубопроводами повинна бути не меншою 100 мм, а від трубопроводів з горючими рідинами і газами — не менше 250 мм.

При перетині лотками трас горючих трубопроводів, а також при паралельному прокладанні з ними повинні бути прийняті заходи щодо захисту кабелів від впливу

високої температури. Кабелі на лотки укладають протягуванням їх по роликах з допомогою лебідки. Ролики встановлюють на відстані 2 м один від одного, а також на кінцях та в місцях повороту траси, причому ролики, встановлені в місцях повороту траси, повинні забезпечувати згин кабелів з радіусом не менше допустимого. Піднімання та укладання кабелів на лотки на коротких ділянках траси виконують з пересувних веж, платформ, стрем'янок.

Кабелі на лотках слід укладати однорядно з проміжками між ними у просвіті 5 мм, пучками в один ряд на відстані один від одного 20 мм, однорядно без проміжків між кабелями та багаторядно. Кріплення кабелів, прокладених на лотках на прямій ділянці траси при горизонтальному розміщенні лотків, не потрібне. При вертикальному розміщенні лотків кріплення кабелів виконують з інтервалом, що не перевищує 1 м.

Прокладаючи кабелів на лотках пучками і у кожному пучку їх закріплюють між собою і з лотками за допомогою бандажів. Відстань між бандажами на горизонтальних прямолінійних ділянках траси не повинна перевищувати 4,5 м, а на вертикальних — 1 м. У місцях повороту траси для всіх випадків розміщення лотків (як при прокладанні окремих кабелів, так і при прокладанні їх пучками) кріплення кабелів повинне здійснюватися до і після повороту на відстані не більше 0,5 м.

2.2.7 Монтаж кабелів на естакадах і в галереях

Прокладання кабелів у галереях і на відкритих естакадах виконують тоді, коли потрібно прокласти велику кількість кабелів по території підприємства. Прокладка кабелів на естакадах і в галереях використовується для міжцехових електричних мереж по території промислових підприємств. Використання спеціальних кабельних естакад рекомендується в якості основного виду прокладання кабелів по території хімічних і нафтохімічних підприємств, де можливе розливання речовин, які можуть спричинити руйнування кабелів. Допустиме також використання технологічних естакад для сумісного прокладання трубопроводів і кабелів. Основні типи кабельних естакад виконують непрохідними залізобетонними і металевими, прохідними залізобетонними, металевими та комбінованими. Непрохідні естакади виконуються таким чином, щоб була можливість обслуговувати їх зі спеціально обладнаних машин. На прохідних і непрохідних естакадах прокладають до 24 силових кабелів. Галереї виконують одно-, дво- і тристоронніми. Вони можуть бути залізобетонними, металевими та комбінованими. На односторонніх галереях прокладають до 27 силових кабелів, на двосторонніх — 54, а на тристоронніх — до 108 кабелів.

Вздовж кабельних естакад прийнято основні відстані між опорами 6 і 12 м. На

The figure contains four technical drawings of industrial furnaces, labeled 'a' and 'b'.

- Top-left drawing (a):** A side view of a gas furnace with a peaked roof. Dimensions include a roof slope of 45°, a total width of 800 mm, a base width of 1000 mm, and a height of 600 mm. Internal components are numbered 1 through 7.
- Top-right drawing (b):** A side view of a gas furnace with a flat top. Dimensions include a total width of 800 mm, a base width of 1000 mm, and a height of 800 mm. Internal components are numbered 1 through 13.
- Bottom-left drawing (a):** A front view of the furnace in (a). Dimensions include a total width of 1000 mm, a base width of 400 mm, and a height of 1000 mm. Internal components are numbered 1 through 15.
- Bottom-right drawing (b):** A front view of the furnace in (b). Dimensions include a total width of 1000 mm, a base width of 1000 mm, and a height of 1000 mm. Internal components are numbered 1 through 15.

Кабелі прокладають з одного або двох боків естакади чи галереї. При прокладанні кабелів у алюмінієвій оболонці перерізом жил 50 мм^2 і більше відстань між кабельними конструкціями має сягати 6 м.

Стріла провисання кабелів між конструкціями повинна бути 0,4 м. Для прокладання по естакадах використовуються кабелі без зовнішнього горючого покриття, що мають антикорозійний захист або зовнішнє захисне покриття з негорючих матеріалів. Розкочування кабелю по естакадах виконують за допомогою спеціально обладнаних автомашин за наявності умов для руху вздовж траси. У кузові автомобіля повинні бути встановлені на домкратах барабан з кабелем і напрямний роликів пристрій.

2.2.8 Монтаж кабелів на тросах

Монтаж кабелів на тросах виконують у тих випадках, коли інші види прокладання кабелів не можуть бути використані з технологічних, конструктивних або економічних міркувань. Прокладання силових кабелів на тросах використовують у мережах напругою до 1 кВ як всередині приміщень, так і поза ними. Кабельні проводки на тросах всередині приміщень виконують по колонах вздовж і впоперек будинку чи споруди, а також між стінами, а поза приміщеннями — між стінами будинків.

Для силових ліній, що прокладають на тросі, використовують такі ж троси, як і при прокладанні всередині будинків та споруд. Трос вибирають залежно від несучого навантаження. В якості несучого троса використовуються сплетені зі сталевих оцинкованих дротів канати або дроти з круглої горячекатаної сталі.

Відстань між анкерними кріпленнями несучого троса не повинна перевищувати 100 м, а відстань між проміжними кріпленнями — 30 м при прокладанні одного-двох кабелів перерізом до 70 мм^2 , і 12 м при прокладанні більше двох кабелів перерізом 70 мм^2 та в усіх випадках кабелів перерізом 95 мм^2 і вище. Відстань між кабельними підвісками повинна бути 0,8—1 м. Анкерні, кінцеві конструкції повинні прикріплюватися до стін або колон будинків; кріплення їх до балок і ферм не допускається.

Анкерні пристрої повинні прикріплюватися до стін будинків за допомогою шпильок та болтів або поворотної відкидної планки, яка закладається через заготовлений отвір у стіну. Кінцеві та проміжні обхвати прикріплюються до колон будинків стяжними шпильками. Піднімання та закріплення несучого троса, розкاتаного вздовж траси, здійснюється з автобашен, вантажопідійомників тощо. Встановлення на анкері натягувальної муфти, закріпленої на кінці несучого троса, коли інший кінець троса закріплений на іншому анкері, слід проводити натягуванням троса монтажними блоками (поліспастом). Кінцеве натягування несучого троса та регулювання стріли провисання здійснюється натяжними муфтами.

2.4 Загальні відомості про будову повітряних ліній. Основні елементи повітряних ліній

Повітряною лінією (ПЛ) називається пристрій для передачі та розподілу електроенергії по проводах, розміщених на відкритому повітрі й прикріплених за допомогою ізоляторів і арматури до опор. Повітряні лінії електропередачі поділяються на ПЛ напругою до 1000 В і понад 1000 В (3, 6, 10, 35 кВ і т.д.).

Лінії напругою до 1000 В призначені для передачі й розподілу електроенергії на

невеликі відстані всередині міст, селищ і сіл до введів у будинки або на підприємства. У містах ці лінії часто виконують кабельними.

Лінії напругою 6—110 кВ використовують для передачі електроенергії від районних підстанцій до населених пунктів і підприємств, що розміщені на відстані 10—20 км.

Лінії напругою 110—330 кВ призначені для передачі великих потужностей між електричними станціями і великими районними підстанціями для електропостачання великих міст або економічних районів на відстані від 30 до 600 км.

Лінії напругою 550 кВ використовують для передачі потужності і служить для зв'язку різних енергетичних систем, які розміщені на відстані до 1200 км.

Лінії напругою 750 кВ і вище служать для передачі потужності на відстань до 2000 км.

Основною особливістю ліній, що визначає їх конструктивне виконання, є їх підданість впливу вітру, температури, атмосферних опадів, ожеледі, грози і т. д. При цьому можливі поєднання різних факторів. Велику небезпеку для ліній ПЛ становить обледеніння, оскільки на проводах створюються додаткові, а часто досить значні навантаження, які можуть стати причиною обривання проводів і навіть руйнування опор лінії. Район обледеніння визначають за товщиною стінок льоду, який утворюється на проводах ПЛ лінії. За цими ознаками розрізняють чотири райони обледеніння. За номінальною напругою і категорією приєднаних до неї споживачів ПЛ поділяються на I, II, III класи. Повітряні лінії напругою до 1000 В незалежно від категорії приєднаних до них споживачів належать до III класу.

Розрізняють нормальний та аварійний режими роботи ПЛ. Нормальний режим — це робота при необірваних проводах і тросах. Аварійний режим — це робота при повністю або частково обірваних проводах або тросах.

Основні елементи лінії

ПЛ складається з таких основних конструктивних елементів:

1. Опор різних типів — для підвішування проводів і грозозахисних тросів.
2. Фундаментів опор.
3. Проводів різних конструкцій і перерізів, які передають електричний струм.
4. Грозозахисних тросів, які захищають лінії від грозових розрядів.
5. Ізоляторів або гірлянд ізоляторів для ізоляції проводів від заземлених частин опори.
6. Лінійної арматури, яка служить для кріплення проводів і тросів до ізоляторів та опор, а також для з'єднання проводів і тросів.

7. Заземлювальних пристроїв і розрядників, які забезпечують відведення струмів перенапруги в землю.

Проводи

Для ПЛ використовують одножильні та багатожильні проводи з алюмінію і сталі. Багатожильні проводи виготовляють обмотуючим на центральний стальний дріт алюмінієвих жил, що надає необхідну механічну міцність. Такі проводи називають сталеоалюмінієвими. Позначення таких проводів: А — алюмінієвий провід; АС — сталеоалюмінієвий провід; ПС — стальний провід; ПСО — стальний одножильний провід.

Проводи випускають стандартних перерізів, який у квадратних міліметрах вказується в маркуванні проводів. Наприклад, провід А-25 має переріз 25 мм^2 . Винятком є одножильні сталі проводи, для яких цифри у марці показують діаметр жили. Наприклад, для проводу ПСО-5 діаметр жили 5 мм. Згідно з умовами механічної міцності для ПЛ можна використовувати проводи перерізом не менше, ніж: 16 мм^2 — алюмінієві; 10 мм^2 — сталеоалюмінієві; 25 мм^2 — сталі багатожильні; 5 мм^2 — сталі одножильні.

Ізолятори

Ізолятори призначені для кріплення проводів до опор і створення необхідного електричного опору між проводом, що перебуває під напругою та опорою.

Залежно від призначення та способу кріплення ізоляторів до опор розрізняють підвісні ізолятори, які використовують на лініях напругою 35 кВ та більше, і штирові, які застосовують на лініях до 35 кВ. Підвісні ізолятори мають вищі механічні характеристики, ніж штирові. Конструкція підвісних ізоляторів дає змогу складати з окремих ізоляторів гірлянди необхідної довжини залежно від напруги лінії. Основними ізоляційними матеріалами, з яких виготовляють ізолятори, є фарфор і скло. Фарфор має високі ізоляційні властивості та механічну міцність, що забезпечує тривалу роботу ізоляторів. Використовують ізолятори із загартованого скла, які дешеві та зручні в експлуатації. Дефектний ізолятор із загартованого скла можна виявити безпосереднім оглядом, оскільки у нього руйнується скляна тарілка.

Конструкція фарфорових і скляних підвісних ізоляторів аналогічна (рис.2.14), вони складаються з шапки 1, тарілки 4, стержня 3, замка 2, шплінта. Тарілка є ізолюючою частиною і виготовляється з фарфору або скла. Шапка і стержень служать для кріплення до арматури і з'єднання ізоляторів у гірлянді. Стальний замок запобігає розщепленню ізоляторів. Шапка і стержень з'єднані з тарілкою ізолятора шаром цементу.

Для ізоляції проводів ПЛ застосовують підвісні ізолятори. Поверхню фарфорових

ізоляторів покривають шаром глазури, яка запобігає проникненню води у фарфорові та скляні ізолятори на напругу 6, 10, 20 і 35 кВ. Проводи прикріплюють до штирьових ізоляторів за допомогою прив'язування м'яким дротом або спеціальним затискачем. Для кріплення ізоляторів на гаках або штирях внутрішня порожнина ізолятора має гвинтову нарізку.

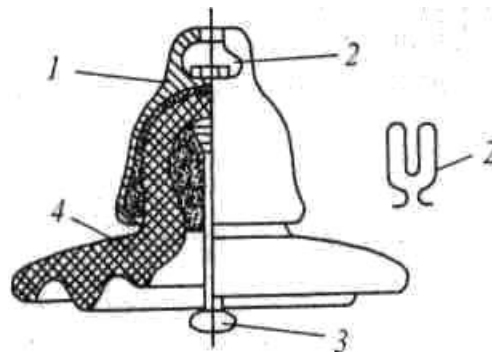


Рис.2.14 - Підвісний ізолятор: 1 — шапка; 2 — замок; 3 — стержень; 4 — тарілка

Арматура

До лінійної арматури (рис. 2.15) відносять металеві деталі, які використовують для кріплення проводів і тросів до гірлянд ізоляторів і кріплення гірлянд до опор, з'єднання проводів і тросів, підтримування проводів на певній відстані один від одного. За призначенням арматура поділяється на натяжні та підтримуючі затискачі, з'єднувачі, зчеплювальні деталі, дистанційні розпорки, захисні кільця і роги та віброгасники.

Натяжні затискачі призначені для кріплення проводів і тросів на анкерних опорах, а підтримуючі затискачі — для кріплення проводів на проміжних опорах. До зчеплювальної арматури належать скоби, серезки, вушка, дволанцюгові й триланцюгові коромисла. Для з'єднання проводів перерізом до 240 мм^2 використовують овальні й обтискні з'єднувачі, які монтують обтискуванням або скручуванням. Захисні кільця та роги призначені для відведення електричної дуги, яка виникає при перекриттях гірлянд ізоляторів, від поверхні ізоляторів і поліпшення розподілу електричної напруги по гірлянді.

Віброгасники встановлюють за появи значних пошкоджень проводів або тросів від вібрації або на основі записів вібрографів, а також при встановленні пошкоджень на лінії.

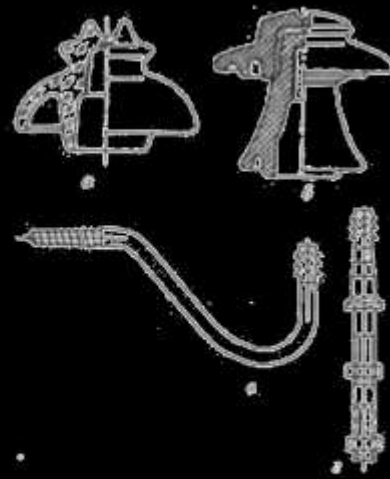


Рис.2.16 - Конструкції проміжних кутових опор: а – одноланцюгова портална з відтяжками; б – дерев'яна кутова опора для кутів повороту до 20 градусів

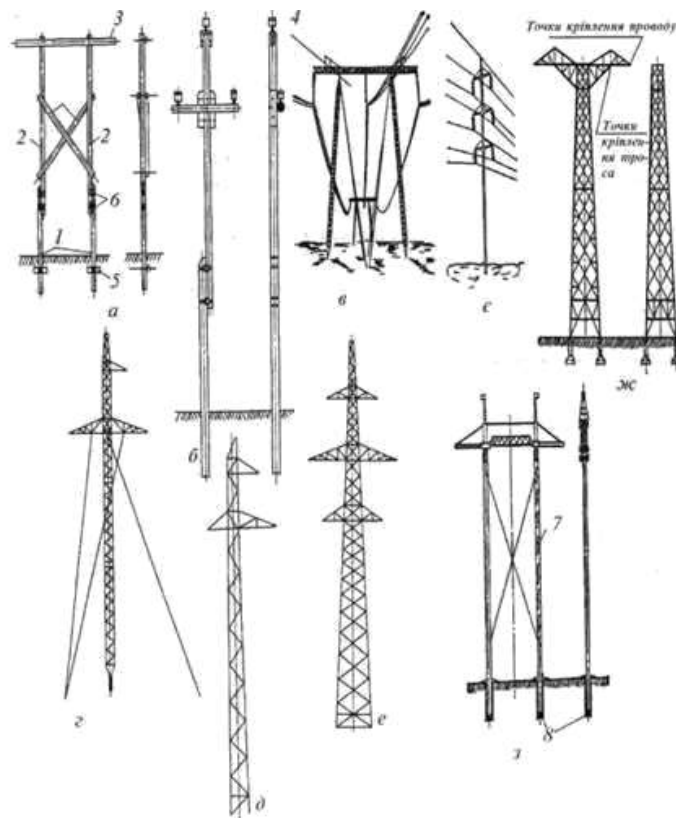
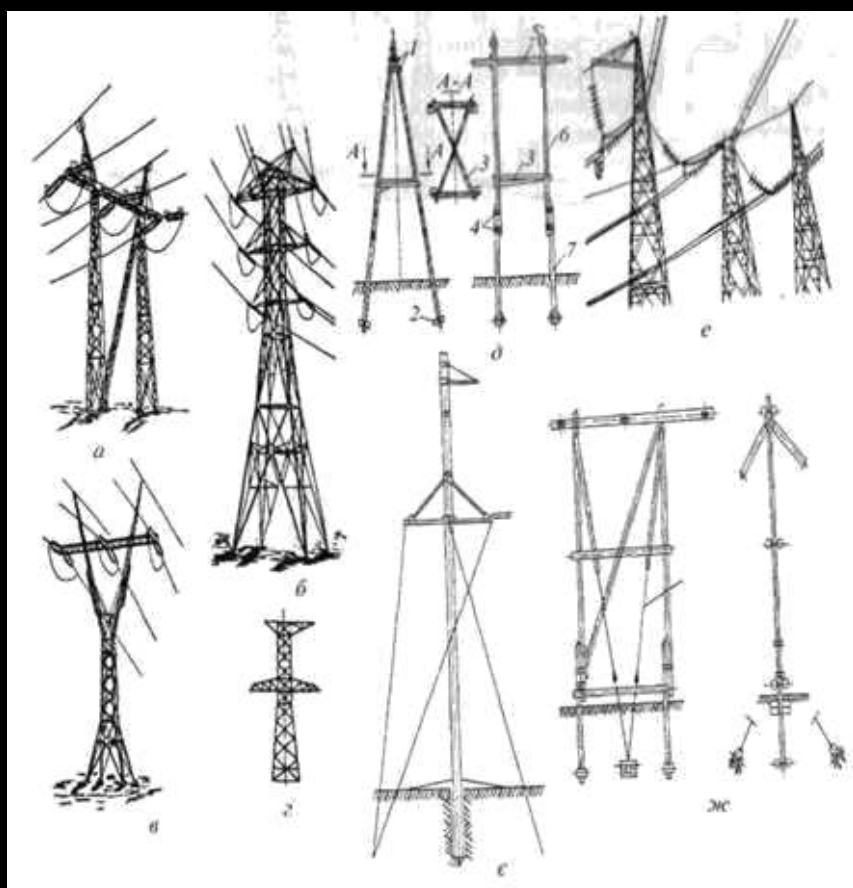


Рис.2.17 - Конструкція проміжних опор: а — дерев'яна П-подібна опора; б — дерев'яна опора типу свічка; в — металева портална опора з відтяжками; г — металева одностоякова опора з відтяжками; д — металева опора з розміщенням проводів трикутником; е — уніфікована дволанцюгова металева опора; є — залізобетонна одностоякова опора; ж — опора лінії ПВС; з — опора постійного струму; 1 — пасинки; 2 — стояки; 3 — траверса; 4 — розкоси; 5 — ригелі; 6 — бандажі; 7 — драбина; 8 — піддон



2.6 Шини. Елементи шинних конструкцій

Відомо, що змінний струм має поверхневий ефект, тому шинні конструкції виготовляються здебільшого полі. Залежно від виду розподільного пристрою і напруги ошиновка виконується жорсткою і гнучкою. Жорстку ошиновку (рис. 2.22), що є шинами із смугового металу, закріпленими на опорних ізоляторах, застосовують до 35 кВ.

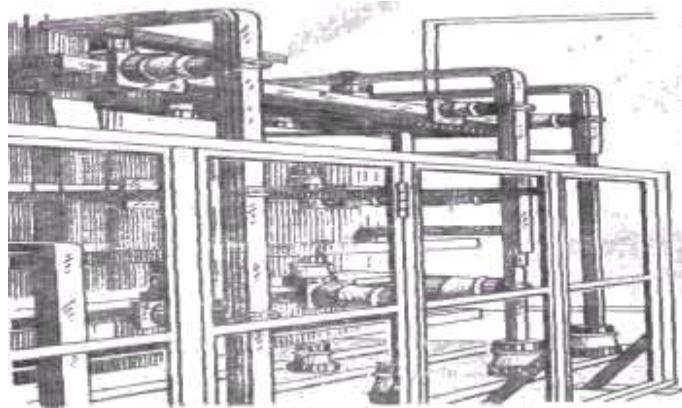


Рис. 2.22 - Жорстка ошиновка в РП 10 кВ

Гнучку ошиновку (рис. 8) виконують за допомогою підвішуваних на лінійних ізоляторах гнучких голих дротів. В окремих випадках влаштовують жорстку ошиновку із сталевих труб, закріплених на спеціальних опорних ізоляторах.

Найбільше застосування в РП знайшли такі конструкції шин: коробчасті; трубчасті; прямокутні.

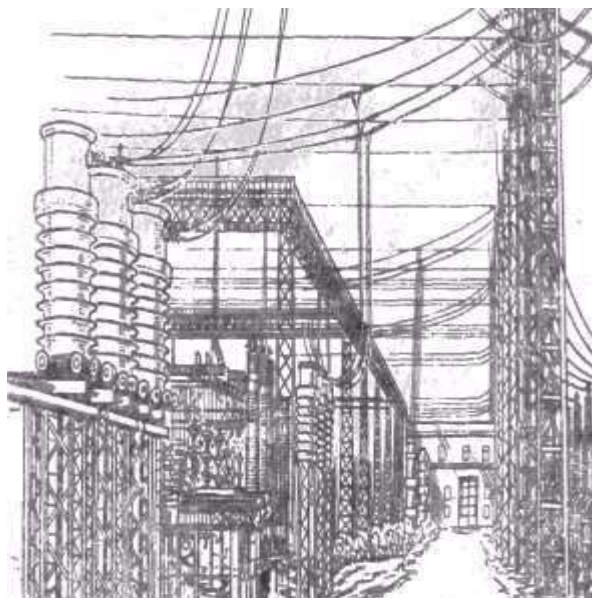


Рис. 2.23 - Гнучка ошиновка в РП 220 кВ

Шини розраховані на значно більші струми, ніж кабелі і проводи, але вони значно дорожче та небезпечніші в порівнянні з КЛ і ПЛ.

У закритих РП 6-10 кВ ошиновка і збірні шини виконуються жорсткими алюмінієвими шинами. Мідні шини із-за високої їх вартості на застосовуються навіть

при великих струмових навантаженнях. При струмах до 3000 А застосовуються одно- і двосмугові шини. При великих струмах рекомендуються шини коробчастого перетину, оскільки вони забезпечують менші втрати від ефекту близькості і поверхневого ефекту, а також кращі умови охолодження.

Найбільш поширені форми поперечного перетину шин приведені на рис. 2.23.

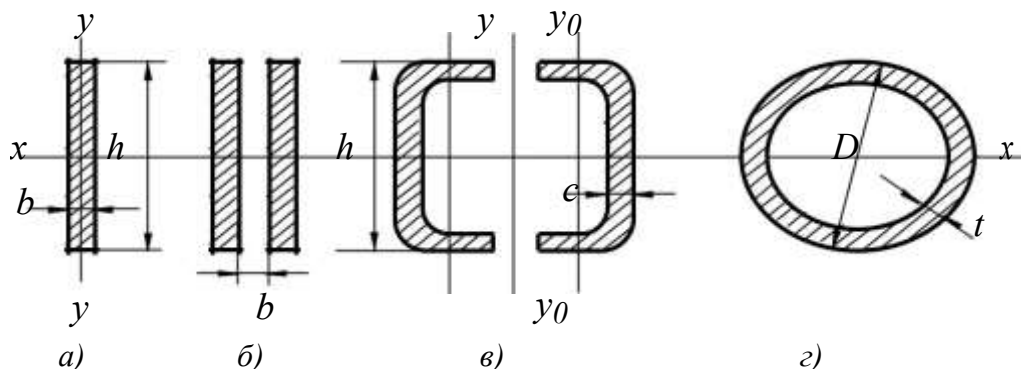


Рис. 2.23 - Типовые формы поперечного сечения шин

Проста форма поперечного перетину шини – прямокутна з відношенням сторін b/h від 1/8 до 1/12 (рис. 2.23, а). Це так звані плоскі шини. Вони забезпечують хороше відведення тепла в довкілля, оскільки відношення поверхні охолодження до об'єму тут більше, ніж в шинах будь-якої іншої форми. Момент опору вигину відносно осі x у багато разів більше, ніж відносно осі y . Отже, при розташуванні провідників трьох фаз в площині $y-z$ плоскі шини здатні протистояти значним електричним силам при КЗ.

Плоскі шини виготовляють з поперечним перетином до 1200 мм^2 . Допустимий тривалий струм таких шин з алюмінію при нормованій температурі повітря 25°C дорівнює 2070 А. При більшому робочому струмі можна застосувати складені провідники з двох смуг із зазорами між ними (рис. 2.23, б). Допустимий струм при цьому збільшиться відповідно до 3200 А, тобто далеко не пропорційно числу смуг. Це пояснюється поверхневим ефектом – витісненням змінного струму на поверхню складеного провідника.

Недолік складених провідників полягає також в складності монтажу і недостатньої механічної міцності. Останнє пояснюється взаємодією смуг при КЗ. Оскільки струми в смугах направлені однаково, вони прагнуть зближуватися. Аби виключити зімкнення смуг при КЗ, необхідні дистанційні прокладки між ними з відповідним кріпленням. Провідники з трьох і чотирьох смуг безумовно недоцільні при змінному струмі. Обмежене вживання мають провідники з двох смуг.

При великих робочих струмах застосовуються складені шини з двох провідників (рис. 2.23, в). Тут також необхідні дистанційні прокладки між елементами.

Найбільш досконалою формою поперечного перетину шини при робочому струмі понад 2000 А є кругле кільце (рис. 2.23, з). При правильно вибраному відношенні товщини стінки до діаметру труби забезпечується хороше відведення тепла, а також механічна міцність. Момент опору вигину однаковий в будь-якому напрямі. Вживання отримали труби із зовнішнім діаметром до 250 мм і товщиною стінки до 12 мм.

Збірні шини і відгалуження від них до електричних апаратів (ошиновка) 6-10 кВ з провідників прямокутного або коробчастого профілю кріпляться на опорних фарфорових ізоляторах. Шинотримачі, за допомогою яких шини закріплені на ізоляторах, допускають повздовжній зсув шин при їх подовженні унаслідок нагріву. При великій довжині шин встановлюються компенсатори з тонких смужок того ж матеріалу, що і шини. Кінці шин на ізоляторі мають ковзаюче кріплення і шпильку з пружинячою шайбою. У місцях приєднання до апаратів згинають шини або встановлюють компенсатори, щоб зусилля, що виникає при температурних подовженнях шин, не передавалося на апарат. Ескізи різних способів розташування шин на ізоляторах показані на рис. 2.24. З'єднання шин по довжині зазвичай здійснюється зваркою. Приєднання алюмінієвих шин до мідних (латунним) затисків апаратів проводиться за допомогою перехідних затисків, що запобігають утворенню електричної пари мідь – алюміній.

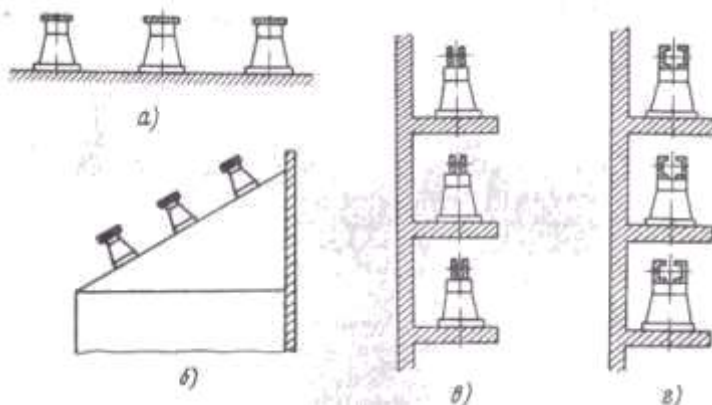


Рис. 2.24 - Розташування шин: а- горизонтальне; б-нахильне; в - вертикальне розташування прямокутних шин; г-вертикальне розташування коробчастих шин.

Для кращої тепловіддачі і зручності експлуатації шини фарбують при змінному струмі: фаза А-в жовтий, фаза В -в зелений і фаза С-в червоний олір; при постійному струмі: позитивна шина- в червоний, негативна-в синій колір.

ТЕМА 3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

3.1 Електродвигуни постійного струму

Електричні машини, що перетворюють електричну енергію в механічну, називаються *електродвигунами*. Першу електричну машину в нашій країні сконструював в 1834 р. академік Борис Семенович Якобі. У 1838 р. Якобі вперше в світі практично застосував свою електричну машину для приведення в обертання гребного гвинта човна.

3.1.1 Принцип дії електродвигуна постійного струму

Підведемо до розглянутого раніше простого генератора живлення від стороннього джерела електричної енергії (рис.3.1). Ми вже говорили, що на провідник із струмом, поміщений в магнітне поле, діє деяка сила, напрям якій визначається за правилом лівої руки. Застосувавши правило лівої руки для даного випадку, можна визначити, що на сторону рамки аб діє сила F_1 , направлена вгору, а на сторону рамки вг діє сила F_2 , направлена вниз. Сили F_1 і F_2 , що діють на рамку, називаються парою сил. Під дією цієї пари сил рамка повертається проти годинникової стрілки.

Дійшовши до вертикального положення, рамка за інерцією обернеться далі. Тепер щітка Щ_1 стосується вже колекторної пластини K_2 , а щітка Щ_2 - колекторної пластини K_1 . Завдяки цьому напрям струму в рамці змінюється і утворюється пара сил, під дією якої рамка продовжує повертатися проти годинникової стрілки, тобто генератор в даному випадку працює як електродвигун.

Таким чином, ми переконалися, що машина постійного струму може працювати як як генератор, так і як електродвигун. Тому генератори і електродвигуни мають однакову конструкцію.

Властивість машин постійного струму працювати як як генератори, так і електродвигунів називається *обертністю*. Явище обертності машин постійного струму вперше було відкрито російським академіком Э. Х. Ленцем. Відмітимо, що в розглянутому нами вище випадку роботи електричної машини як електродвигун напрям струму в рамці таке ж, як і у разі роботи її як генератор, проте напрям обертання якоря генератора і електродвигуна протилежно.

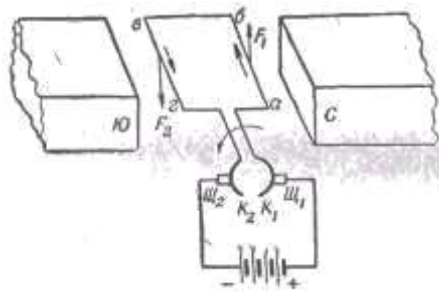


Рис.3.1-Схема електродвигуна

Напрямок обертання якоря електродвигуна визначається за відомим правилом лівої руки. Якщо потрібно змінити напрям обертання якоря, необхідне переєднати його обмотки так, щоб струм змінив свій напрям або в якорі або в обмотці збудження. При одночасній зміні напрямку струму в якорі і в обмотці збудження напрям обертання не зміниться. Звичайно зміну напрямку обертання якоря (реверсування) здійснюють зміною напрямку струму в якорі. Як і генератори, електродвигуни постійного струму бувають трьох типів: з послідовним, паралельним і змішаним збудженням.

3.2 Двигуни паралельного та послідовного збудження

3.2.1 Електродвигун з паралельним збудженням

Як видно з рис.29, послідовно з якорем електродвигуна включається пусковий реостат, а послідовно з обмоткою збудження - регульовальний реостат. Пусковий реостат служить для зменшення пускового струму, поки якорь не досяг нормального числа обертів, тобто поки в ньому не з'явилася достатня Зворотня ЕРС, як це розбиралося вище. Регульовальний реостат служить для зміни струму в обмотці збудження, а отже, для зміни магнітного потоку, що необхідне для регулювання швидкості обертання якоря електродвигуна.

Пусковий реостат при пуску електродвигуна повністю вводиться, а регульовальний реостат повністю виводиться. Таким чином, при пуску електродвигуна значний обертаючий момент буде досягнутий за рахунок меншого пускового струму в якорі і за рахунок найбільшого магнітного потоку. За таких умов двигун краще пускається з місця.

При збільшенні навантаження струм якоря зростає, а швидкість обертання зменшується. Це зменшення швидкості обертання якоря при постійній напрузі мережі U і постійному магнітному потоці Φ незначне (2-5%), оскільки падіння напруги в якорі дуже мало в порівнянні з напругою мережі U . Зміна напрямку обертання якоря електродвигуна здійснюється шляхом зміни напрямку струму в якорі.

Електродвигун з паралельним збудженням володіє наступними властивостями:

- швидкість обертання якоря електродвигуна при зміні навантаження в межах від холостого ходу і до номінальної змінюється в незначних межах (залишається практично постійною);
- електродвигун може працювати вхолосту (без зовнішнього навантаження), при цьому обмотка збудження повинна бути підключена до повної напруги мережі;
- обертаючий момент електродвигуна пропорційний струму якоря, оскільки магнітний потік залишається постійним;
- струм, споживаний електродвигуном з мережі, прямо пропорційний навантаженню двигуна.

Якщо електродвигун з паралельним збудженням обертається без навантаження (вхолосту), то при обриві ланцюга збудження він розвиває неприпустиме число обертів, тобто йде „вразнос”.

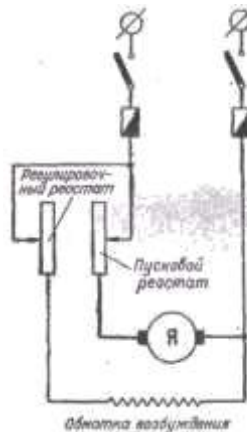


Рис.3.5-Схема включення в електродвигуна з паралельним збудженням

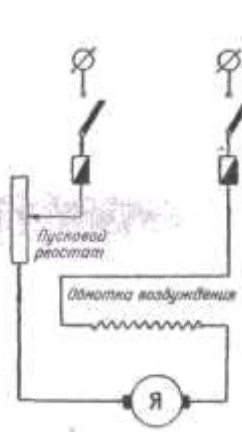


Рис. 3.6-Схема включення в мережу електродвигуна з послідовним збудженням

3.2 2 Електродвигун з послідовним збудженням

На рис. 3.6 показана схема включення в мережу електродвигуна з послідовним збудженням. Як видно з схеми, весь струм, споживаний електродвигуном, проходить крізь якір і крізь обмотку збудження. Зважаючи на це магнітний потік не залишається весь час постійним, як в електродвигуні з паралельним збудженням, а змінюється із зміною струму якоря i , отже, залежить від навантаження.

Як відомо, момент обертання електродвигуна пропорційний струму якоря і магнітному потоку Φ . Але оскільки в електродвигуні з послідовним збудженням магнітний потік залежить від струму якоря, то, отже, обертаючий момент двигуна може бути визначений по наступній формулі:

$$M = c \cdot I_{\text{я}}^2.$$

(3.16)

Тому порівняно з двигуном з паралельним збудженням при одному і тому ж мо-менті опору (навантаженню) двигун з послідовним збудженням споживає з мережі значно менший струм. При пуску електродвигуна під навантаженням, коли струм в якорі більше номінального, електродвигун з послідовним збудженням розвиває великий пусковий момент.

Швидкість обертання якоря електродвигуна

$$n = (U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}) / c\Phi. \quad (3.17)$$

Розглядаючи цю формулу, неважко відмітити, що оскільки магнітний потік залежить від струму якоря, а отже, і від навантаження, то швидкість обертання якоря електродвигуна з послідовним збудженням також залежить від навантаження. При збільшенні навантаження, з одного боку, збільшується падіння напруги в якорі і, з іншого боку, зростає магнітний потік, тому швидкість обертання якоря електродвигуна різко падає. При зменшенні навантаження швидкість обертання якоря збільшується. Тому при роботі двигуна вхолосту, тобто за відсутності навантаження, магнітний потік стає дуже невеликим, унаслідок чого швидкість обертання якоря різко зростає, тобто двигун йде „вразнос”. Регулювання швидкості обертання якоря електродвигуна проводиться регулювальним реостатом, включеним в ланцюг якоря.

Електродвигун з послідовним збудженням володіє наступними властивостями:

- із зміною навантаження швидкість обертання якоря різко змінюється;
- електродвигун можна пускати в хід лише за наявності навантаження, інакше двигун піде „вразнос”;
- при пуску в хід, а також при перевантаженнях двигун розвиває великий обертаючий момент;
- струм, споживаний з мережі, із збільшенням навантаження збільшується у меншій мірі, чим в електродвигуні з паралельним збудженням.

Електродвигуни з послідовним збудженням застосовуються як тягові двигуни в трамваях, електровозах, а також в підйомних кранах.

3.2.3 Електродвигун із змішаним збудженням

Ці електродвигуни по своїй характеристиці займають проміжне положення між електродвигунами з послідовним і паралельним збудженнями. Проте їх характеристика більш схожа на характеристику двигуна з паралельним збудженням. За відсутності навантаження (при холостому ході) електродвигун працює як двигун з паралельним збудженням. Обмотка, включена послідовно в ланцюг якоря, введена для того, щоб

електродвигун краще пускався з місця, тобто щоб він володів великим пусковим моментом.

3.2.5 Властивості і застосування машин постійного струму

Генератори постійного струму застосовують як джерело постійного струму в автономних установках (транспортні засоби), у системах Г-Д, як джерела технологічного струму (зварювальні генератори). Для з'ясування особливостей застосування двигунів постійного струму необхідно відзначити їхньої властивості в порівнянні з іншими двигунами – асинхронними.

Переваги двигунів постійного струму:

1. Можливість плавного й економного регулювання частоти обертання в широких межах.

2. Легкість одержання спеціальних механічних характеристик.

Недоліки двигунів постійного струму:

1. Складність, висока вартість виготовлення.

2. Складність експлуатації, необхідність постійного догляду.

3. Невисока надійність.

З розгляду цих властивостей випливає загальне правило застосування двигунів постійного струму: це регульований привод, або привод, що вимагає спеціальних механічних характеристик.

3.3 Принцип дії, будова та робота асинхронного двигуна

Електричні машини, що перетворюють електричну енергію змінного струму в механічну енергію, називаються *електродвигунами змінного струму*.

Широкого поширення в техніці набули так звані асинхронні двигуни трифазного струму. У 80-х роках минулого сторіччя російський інженер-електрик Михайло Осиповіч Доліво-Добровольський вперше в світі запропонував асинхронний електродвигун. Принцип дії асинхронного двигуна заснований на використанні магнітного поля, що обертається. Для з'ясування принципу дії такого двигуна виконаємо наступний досвід (рис. 3.7). Укріпимо підковоподібний магніт на осі так, щоб його можна було обертати за ручку. Між полюсами магніта розташуємо на осі мідний циліндр А, що може вільно обертатися. Почнемо обертати магніт за ручку за годинниковою стрілкою. Потік магніта також почне обертатися і при своєму обертанні перетинатиме мідний циліндр А. У циліндрі виникнуть вихрові струми, які створять своє власне магнітне поле

- поле циліндра. Це поле взаємодіятиме з магнітним полем постійного магніта, внаслідок чого циліндр обертатиметься в ту ж сторону, що і магніт. Інакше кажучи, циліндр захоплюватиметься полем постійного магніта, що обертається. З'ясуємо тепер, з якою швидкістю обертатиметься циліндр.

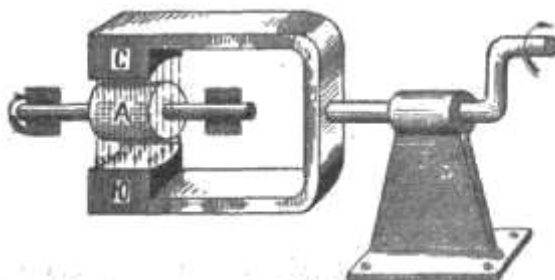


Рис. 3.7 - Макет для отримання магнітного поля, що обертається

Встановлено, що швидкість обертання циліндра дещо менша за швидкість обертання поля магніта. Дійсно, якщо циліндр обертатиметься з тією ж швидкістю, що і магнітне поле, ніякого перетину його магнітним потоком відбуватися не буде, а отже, в ньому не виникатимуть вихрові, струми, обертання циліндра, що є причиною. Оскільки швидкість обертання магнітного поля не упорається із швидкістю обертання циліндра, або, як то кажуть, циліндр обертається асинхронно (несинхронний) з магнітним полем, то описаний вище електродвигун одержав назву *асинхронного*.

Відношення різниці швидкостей обертання магнітного поля і ротора електродвигуна до швидкості обертання магнітного поля в теорії електричних машин називається *ковзанням*. Позначивши швидкість обертання ротора крізь n_1 і швидкість обертання поля крізь n , ми можемо підрахувати величину ковзання S у відсотках

$$S = ((n - n_1) / n) 100, \% \quad (3.18)$$

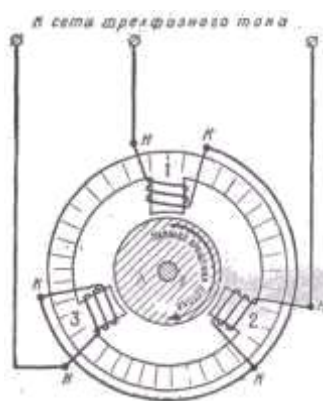


Рис. 3.8 - Схема асинхронного електродвигуна Доліво-Добровольського

У приведеному вище досвіді магнітне поле, що обертається, і викликане їм обертання циліндра ми одержували шляхом обертання постійного магніта, тому такий пристрій ще не є електродвигуном. Треба примусити електричний струм створювати магнітне поле, що обертається, і використовувати його для обертання ротора. Завдання

це блискуче вирішив М.О. Доліво-Добровольській, що запропонував використовувати для цієї мети трифазний струм. На рис. 3.8 схематично показане устрій асинхронного електродвигуна, запропонованого М. О. Доліво-Добровольським. На полюсах сталевого сердечника кільцевої форми (статора) поміщені три обмотки, розташовані одна щодо іншої під кутом 120° . У середині сердечника укріплений на осі металевий циліндр - ротор електродвигуна.

Якщо обмотки з'єднати між собою так, як показано на рис. 3.8, і підключити їх до мережі трифазного струму, то загальне магнітне поле, що створюється трьома полюсами, виявиться таким, що обертається. На рис. 3.9 показаний графік зміни струмів в обмотках двигуна і процес виникнення магнітного поля, що обертається.

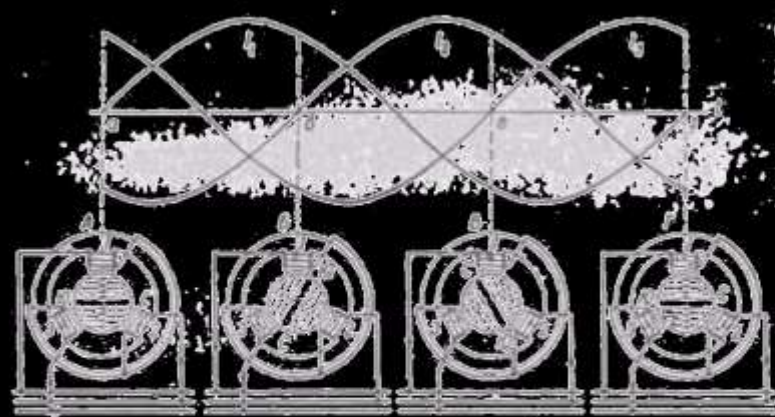
Розглянемо докладніше цей процес. У положенні А на графіку струм в першій фазі рівний нулю, в другій фазі він негативний, а в третій позитивний. Струм по котушках полюсів проходить в напрямі, вказаному на рис. 3.9 стрілками. Визначивши за правилом правої руки напрям створеного струмом магнітного потоку, ми переконуємося, що на внутрішньому кінці полюса (зверненому до ротора) третьої котушки створюється південний полюс (Ю), а на полюсі другої котушки - північний полюс (С). Сумарний магнітний потік направлений від полюса другої котушки крізь ротор до полюса третьої котушки.

У положенні Б на графіку струм в другій фазі рівний нулю, в першій фазі він позитивний, а в третій негативний. Струм, проходячи по котушках полюсів, створює на кінці першої котушки південний полюс (Ю), на кінці третьої котушки - північний полюс (С). Сумарний магнітний потік тепер направлений від третього полюса крізь ротор до першого полюса, тобто полюси при цьому перемістяться на 120° .

У положенні В на графіку струм в третій фазі рівний нулю, в другій фазі він позитивний, а в першій негативний. Тепер струм, проходячи по першій і другій котушках, створить на кінці полюса першої котушки північний полюс (С), а на кінці полюса другої котушки - південний полюс (Ю), тобто полюси сумарного магнітного потоку перемістяться ще на 120° .

У положенні Г на графіку магнітний потік переміститься ще на 120° .

Таким чином, сумарний магнітний потік змінюватиме свій напрям із зміною напрямку струму в обмотках статора (обмотках полюсів). При цьому за один період зміни струму в обмотках магнітний потік зробить повний оберт. Магнітне поле, що обертається, захоплюватиме за собою циліндр, і ми одержимо, таким чином, асинхронний електродвигун.



1. Складність створення спеціальних механічних характеристик.
2. Відносно низький коефіцієнт потужності, особливо при малому навантаженні.

3.4 Синхронні електродвигуни

Синхронні двигуни застосовують значно менше асинхронних через їхні недоліки: складна будова, дуже складний пуск. Водночас, синхронні двигуни відрізняються абсолютно жорсткою механічною характеристикою (частота обертання визначається частотою мережі і числом пар полюсів), а також можливістю регулювання коефіцієнта потужності. Причому в синхронних двигунах можна встановити випереджаючий $\cos\varphi$, тобто компенсувати з його допомогою коефіцієнт потужності інших споживачів.

Знаходять застосування синхронні двигуни й у системах автоматики (мікродвигуни).

Кожна синхронна машина, подібно до машин постійного струму, володіє властивістю оберtnості, тобто вона може працювати як генератор, так і як електродвигун. Синхронні електродвигуни виготовляються для однофазного і трифазного струмів. Найчастіше застосовуються синхронні електродвигуни трифазного змінного струму.

Устрій синхронного двигуна і синхронного генератора майже однаково. Синхронний двигун складається з ротора з полюсами, на які намотана обмотка збудження, що живиться постійним струмом. Статор має трифазну обмотку, до якої підключається живлення від мережі трифазного змінного струму.

Полюси ротора при пропусканні по їх обмотках постійного струму намагнічуються. Якщо обмотку статора підключити до мережі трифазного струму, то в обмотці статора, подібно до статора асинхронного електродвигуна, створюється магнітне поле, що обертається, полюси якого обертаються з синхронною швидкістю, рівною

$$n = 60f / p, \quad (3.36)$$

де f -частота змінного струму,

p - число пар полюсів.

Число полюсів у статора і ротора повинне бути однаково. На рис. 3.15 показане умовне зображення полюсів статора і ротора синхронного двигуна.

Якщо розігнати ротор двигуна до швидкості обертання статора (до синхронної швидкості), то полюси статора, обертаючись, почнуть захоплювати за собою полюси ротора, причому обертаючий момент ротор розвиватиме тільки у тому випадку, коли проти північного полюса статора розташується південний полюс ротора, і навпаки. Отже, ротор синхронного двигуна повинен обертатися із строго постійною швидкістю, рівної швидкості магнітного поля статора, що обертається, тобто ротор повинен

обертатися синхронно з полем статора, звідки і назва - *синхронний двигун*.

Для пуску в хід ротора, або, як то кажуть, для введення його в синхронізм, застосовується багато способів, серед яких найбільшого поширення набули два:

- введення в синхронізм ротора від стороннього електродвигуна;
- асинхронний пуск, тобто двигун пускається в хід як асинхронний, а коли швидкість обертання ротора стане близькою до синхронної, до нього підключається для живлення постійний струм і двигун входить в синхронізм.

У всіх випадках синхронні електродвигуни пускаються без навантаження. Зміна напрямку обертання ротора синхронного електродвигуна проводиться перемиканням будь-якої пари фаз статора.

Синхронні електродвигуни застосовуються в техніці в тих випадках, коли потрібно одержати сувору постійність швидкості обертання при зміні механічного навантаження, причому допускається пуск двигуна без навантаження.

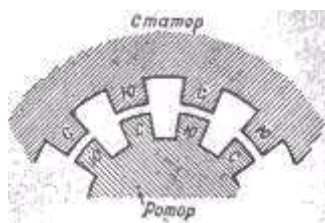


Рис. 3.15-Умовне зображення полюсів статора і ротора синхронного електродвигуна

3.5 Застосування асинхронних електродвигунів

Асинхронні електродвигуни мають виконань для експлуатації в макрокліматичних районах з помірним, тропічним, помірно холодним і холодним кліматом в умовах, визначуваних категоріями розміщення.

Асинхронна машина, що працює в режимі двигуна, застосовується в електроприводах, що не вимагають регулювання частоти обертання валу електродвигуна (напр., в насосах, редукторах, вентиляторах і тд.).

Асинхронні електродвигуни - найбільш поширений вигляд електричних машин, споживаючих в даний час близько 40% всієї електроенергії, що виробляється. Їх встановлена потужність постійно зростає.

Вони широко застосовуються в приводах металообробних, деревообробних і інших видів верстатів, ковальсько-пресових, ткацьких, швацьких, вантажопідйомних, землерийних машин, вентиляторів, насосів, компресорів, центрифуг, в ліфтах, в ручному електроінструменті, в побутових приладах і так далі Практично немає галузі техніки і побуту, де не використовувалися б асинхронні електродвигуни.

3.6 Маркування електродвигунів

Проводиться ознайомлення з маркуваннями вітчизняних електродвигунів і їх розшифровкою. У двигунах серій А, АТ, А2, АО2 і А3 буква А означає брызгозахищене виконання, АТ — закрите виконання, що обдувається, перша цифра після букв — номер серії. Число після першого дефіса характеризує типорозмір; перша цифра в ньому вказує габарит (умовний номер зовнішнього діаметру сердечника статора), друга — умовний номер довжини. Цифра після другого дефіса відповідає числу полюсів. Наприклад, АО2-62-4 — асинхронний трифазний електродвигун закритого виконання, що обдувається, другої єдиної серії, шостого габариту, другої довжини, чотириполісний. Електродвигуни 1—5-го габаритів в другій серії випускають лише в закритого виконання, що обдувається, що підвищує їх надійність: термін служби закритої машини малій потужності збільшується в 1,5—2 рази в порівнянні із захищеною.

Двигуни єдиних серій А, АТ і А2, АО2 основного виконання мають короткозамкнутий ротор з литою алюмінієвою обмоткою. На їх базі були створені ряд модифікацій двигунів. При позначенні модифікацій до буквені частини додається буква для електродвигунів: з підвищеним пусковим моментом — П (наприклад, АОП2-62-4); з підвищеним ковзанням—С, для текстильної промисловості — Т, з фазним ротором — К; Р - з підвищеним пусковим моментом; Е - з вбудованим електромагнітним гальмом..

Асинхронні двигуни з підвищеним пусковим моментом призначені для приводу механізмів з великими навантаженнями в період пуску. Двигуни з підвищеним ковзанням застосовуються для механізмів з нерівномірним ударним характером навантаження і механізмів з великою частотою пусків і реверсів.

Для двигунів загального призначення з алюмінієвою обмоткою статора в кінці позначення додається буква А (наприклад, АО2-42-4А). У двигунах на декілька частот обертання в цифри, що характеризують числа полюсів, вносять всі їх значення, розділені косими лініями: наприклад АТ-94-12/8/6/4 — трифазний асинхронний двигун серії АТ 9 габариту, 4-ої довжини на 12, 8, 6 і 4 полюсів.

Буква Л (наприклад, АОЛ2-21-6) означає, що корпус і щити відлиті з алюмінієвого сплаву.

Позначення типорозміра двигуна серії 4А, наприклад 4АН280М2УЗ, розшифровується таким чином: 4 — порядковий номер серії, А — вид двигуна (асинхронний), Н — захищений (відсутність даного знаку означає закрите виконання, що обдувається), 280 — висота осі обертання (три або дві цифри), мм, S, М або L - настановний розмір по довжині станини, 2 (або 4, 6, 8, 10, 12) — число полюсів, УЗ — кліматичного виконання (У) і категорія розміщення (З).

Після першої букви А може стояти друга А, яка означає, що станина і щити виконані з алюмінієвого сплаву, або Х—станина алюмінієва, щити чавунні; відсутність цих знаків свідчить про те, що станина і щити чавунні або сталеві.

У позначенні двигунів з фазним ротором ставиться буква К, наприклад 4АНК.

При одних і тих же розмірах станини сердечник статора може мати різні довжини. В цьому випадку в позначенні типорозміра після букв S, M, JL і безпосередньо після висоти обертання, якщо ці букви відсутні, ставляться знаки А (менша довжина сердечника) або В (велика довжина), наприклад 4A90LA8, 4A90LB8, 4A71A6, 4A71B6.

Кліматичне виконання двигунів позначаються наступними буквами: У — для помірного клімату, ХЛ — для холодного клімату, ТВ — для вологого тропічного клімату, ТС — для тропічного сухого клімату, Т — для тропічного як сухого, так і вологого клімату, О — для всіх районів на суші (загальнокліматичного виконання), М — для морського помірного холодного клімату, ТМ — для тропічного морського клімату, ОМ — для необмеженого району плавання, В — для всіх районів на суші і море.

Категорії розміщення позначаються цифрами: 1 — для роботи на відкритому повітрі, 2 — для приміщень з порівняно вільним доступом повітря, 3 — для закритих приміщень, де коливання температури, вологості, а також дія піску і пилу істотно менша, ніж на відкритому повітрі, 4 — для приміщень з штучно регульованими кліматичними умовами (наприклад, закриті опалювальні і вентильовані виробничі приміщення), 5 — для роботи в приміщеннях з підвищеною вологістю (наприклад, невентильовані і неопалювальні підземні приміщення, приміщення, в яких можлива тривала наявність води або часта конденсація вологи на стінах і стелі).

ГОСТ 17494—72 на електричні машини встановлюють міри захисту персоналу від зіткнення із струмопровідними або рухомими частинами, що знаходяться усередині машини і, крім того, від попадання твердих сторонніх тіл і води.

Електродвигуни загального вживання в основному виготовляють двох ступеней захисту: 1Р23 (або ІР22 для двигунів постійного струму) і ІР44: перша з них характеризує машини в захищеного виконання, друга — в закритому.

Буквено-цифрове позначення міри захисту складається з латинських букв ІР і двох цифр. Перша з цих цифр характеризує міру захисту персоналу від зіткнення із струмопровідними частинами, що знаходяться усередині машини, а також міра захисту самої машини від попадання в неї твердих сторонніх тіл; друга цифра — від проникнення води всередину машини.

У позначенні 1Р23 перша цифра 2 вказує, що в машині забезпечений захист від можливого зіткнення пальців людини із струмопровідними і рухомими частинами і

попадання всередину твердих сторонніх тіл діаметром не менше 12,5 мм. Цифра 3 вказує на забезпечення захисту від дощу, падаючого на машину під кутом не більш 60° до вертикалі, а в позначенні IP22 друга цифра — від крапель води, падаючих під кутом не більш 15° до вертикалі.

У позначенні IP44 перша цифра 4 вказує на забезпечення захисту від зіткнення інструменту, дроту і інших подібних предметів завтовшки більш за 1 мм із струмопровідними частинами усередині машини, а також від попадання всередину предметів розмірами не менше 1 мм. Друга цифра 4 позначає захист від водяних бризок будь-якого напрямку.

3.7 Найрозповсюджені серії асинхронних електродвигунів

3.7.1 Загальнопромислові асинхронні електродвигуни серії АИР

Електродвигун АИР - це асинхронна електрична машина, що працює в руховому режимі. Електродвигуни АИР відрізняються відносною простотою конструкції і надійністю в експлуатації, проте мають обмежений діапазон частоти обертання і низький коефіцієнт потужності при малих обертах.

Діапазон потужностей асинхронних електродвигунів 0,06-315кВт, обороти на валу 750, 1000, 1500, 3000 об./хв. Взаємозамінні з серіями А, 5А, 5АМ, 5АИ, 4А, 4АМ, 4АМУ, АМУ, АД, АДМ, АИРМ, 6А, 7АИ. Маркування АИР: А - асинхронний; И - Інтерелектро (уніфікована серія); Р - позначення по ГОСТ 2479-79.

Структура серії АИР передбачає наступні групи виконання ел. двигунів:

- основна;
- модифікації за умовами довкілля (тропічне, хімічно стійке, для сільського господарства);
- по точності настановних розмірів (високій точності і підвищеній точності);
- з додатковими пристроями (з фазним ротором, зі вбудованим електромагнітним гальмом), з підвищеним пусковим моментом, з підвищеним ковзанням, багатошвидкісні, вузькоспеціальні (для суднових механізмів, для приводу моноблочних насосів, копального виконання, для приводу безсальникових компресорів і ін.).

Електродвигун АИР основного виконання призначена для роботи від мережі змінного струму частоти 50 Гц і виготовляється на номінальну напругу: 220В, 380В, 660В, 220/380В, 380/660В.

Електродвигуни АИР виготовляються в чавунного виконання (станина і щити з чавуну) і в алюмінієвого виконання (станина з алюмінієвого сплаву, щити з чавуну).

За способом монтажу електродвигуни АИР виготовляються у виконанні (1-а цифра): ІМ1 - на лапах з підшипниковими щитами;

ІМ2 - на лапах з підшипниковими щитами і фланцем з боку приводу;

ІМ3 - без лап з підшипниковими щитами і фланцем з боку приводу.

Виконання за способом монтажу (2 і 3-я цифри). Умовні позначення кінців валу (4-я цифра): 1 - з одним циліндровим кінцем валу; 2- з двома циліндровими кінцями валу. Конструкція електродвигуна забезпечує його функціонування і збереження технічних параметрів із заданою надійністю протягом терміну служби.

3.7.2 Загальнопромислові асинхронні електродвигуни серії 4А

Серія асинхронних двигунів 4А на напругу до 1000 В залежно від робочих властивостей і умов роботи двигунів включає основного виконання і модифікації: з підвищеним пусковим моментом; з підвищеним ковзанням; багатошвидкісні; з фазним ротором; з вбудованим електромагнітним гальмом; малошумні.

Спеціалізованих виконань: за умовами довкілля: тропічне; хімічно стійке; для холодного клімату; для сільського господарства.

Вузькоспеціалізованих виконань: для суднових механізмів, для приводу мотоблоків насосів; для приводу допоміжних механізмів магістральних тепловозів; копальневого нормального виконання; для приводу бессальникових компресорів; високій точності по настановних розмірах для прецизійних верстатів; для приводу замочної арматури атомних електростанцій і ін.

Серія 4А охоплює діапазон номінальних потужностей від 0,06 до 400 кВт (при 1500 об/мин). Ряд номінальних потужностей двигунів, за винятком номінальних потужностей двигунів деяких модифікацій, відповідає ГОСТ 12139-74. Серія має 17 висот осі обертання від 50 до 355 мм. Ряд висот осі обертання відповідає ГОСТ 13267-73. Настановні і приєднувальні розміри двигунів серії 4А залежно від висоти осі обертання регламентуються ГОСТ 18709-73.

Ув'язка номінальних потужностей з настановними розмірами є однієї з основних характеристик серії. Ув'язка потужностей з настановними розмірами залежно від міри захисту і числа полюсів для двигунів основного виконання визначена ГОСТ 19523-81.

Двигуни призначені для роботи від мережі змінного струму частоти 50 Гц. Номинальное напруга: 220; 380 220; 380; 660 220/380; 380/660 В.

3.7.3 Вибухозахищені асинхронні електродвигуни серій АИМ, АИМР, ВА, АВ

Вибухозахищені асинхронні електродвигуни серій виконані закритими у вибухо-

непроникній оболонці із зовнішнім обдуванням і охолоджуються повітрям від вентилятора, що працює незалежно від напрямку обертання ротора електродвигуна. Міра захисту електродвигуна: коробки виводів від зовнішніх дій IP 54, кожух вентилятора - IP 20 з боку входу, IP 10 з боку виходу повітря. Коробка виводів забезпечує введення броньованого, гнучкого кабелю або дротів з мідними або алюмінієвими жилами. Вибухозахищені асинхронні електродвигуни серій призначені для роботи в якості привода стаціонарних машин і механізмів у вибухонебезпечних виробництвах хімічною, газовою, нафтопереробною, вугільною і інших галузей промисловості, де можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші газів і пари з повітрям. Вибухозахищені асинхронні електродвигуни можуть відрізнятися по наступних параметрах:

- По вибухозахисту:

- АИМ-М 63, 71, 80 - IExdellBT4/2ExdellCT4
- АИМ-М 90, 100, 112, 132 - IExdellBT4
- ВА і ВАК 100, 132, 160, 180 - IExdellBT5
- ВАБ 100, 132, 160, 180 - IExdellBT4
- ВА 200, BRA 200, 225 - IExdellBT4
- ВАР 132, 160 - РВ 3В.

- По кліматичному виконанню: У2, У5 ; Т2, Т5. Двигуни серії ВА : У2, УХЛ2 і Т2;

- За способом монтажу:

- ВА 80 - IM1081, IM1082, IM2181, IM2182, IM3681, IM3682
- ВА 132 - IM1081, IM1082, IM2081, IM2082, IM3081, IM3082
- ВА 200 - IM1081, IM1082, IM2081, IM2082, IM3011, IM3031
- АИМ 63, 71, 80 - IM1281, IM4481
- АИМ, АИМР 90, 100, 112, 132 - IM1081, IM2081, IM3081

Електродвигуни АИРМ,5АМ,5АИ,А - уніфікована серія асинхронних електродвигунів. Серія охоплює діапазон потужностей від 0,06 до 315 кВт. Є 17 габаритів двигунів, що характеризуються значеннями висоти осі обертання від 50 до 355 мм і частотами обертання 3000, 1500, 1000, 750 мин.

Структура серії передбачає наступні групи виконання електродвигунів:

-основне;

- модифікації за умовами довкілля (тропічне, хімічно стійке, для сільського господарства);

- по точність настановних розмірів (високій точності і підвищеній точності); - з

додатковими пристроями (з фазним ротором, зі вбудованим електромагнітним галь-

мом), з підвищеним пусковим моментом, з підвищеним ковзанням, багатошвидкісні, вузькоспеціальні (для суднових механізмів, для приводу моноблочних насосів і ін.).

Виготовляються на напругу 220, 380, 660 В. Частота струму - 50 і 60Гц.

Структура умовного позначення електродвигунів АИХХ ХХХ ХХХ-ХХХ:

А - асинхронний електродвигун;

И - уніфікована серія (І - Інтерелектро);

Х - прив'язка потужностей настановним розмірам (Р - по РС 3031 -71, С - по CENELEK док. 28/64);

Х - Р - з підвищеним пусковим моментом, - С - з підвищеним ковзанням;

ХХХ - габарит, мм;

Х - настановний розмір по довжині станини (S,M,L);

Х - довжина сердечника статора (А або В, відсутність букви означає лише одну довжину сердечника - першу);

Х - число полюсів: 2, 4, 6, 8;

Х - додаткові букви для модифікацій електродвигуна (Б - зі вбудованим температурним захистом; П - з підвищеною точністю по настановних розмірах; Х2 - хімічно стійкі; С - сільськогосподарські);

ХХ - кліматичного виконання електродвигуна (В, Т, ХЛ) і категорії розміщення (1, 2, 3, 4, 5).

3.8 Розрахунок струму двигуна

Номінальний струм електродвигуна постійного струму:

$$I_H = 1000 P_H / (\eta_H U_H), \text{ А.} \quad (3.37)$$

Номінальний струм електродвигуна трифазного струму:

$$I_H = \frac{1000 P_H}{\sqrt{3} (U_H \cos \varphi_H \eta_H)}, \text{ А.} \quad (3.38)$$

де P_H — номінальна потужність двигуна,

кВт; U_H — номінальна напруга двигуна, В;

η_H — номінальний коефіцієнт корисної дії двигуна; $\cos \varphi_H$ — номінальний коефіцієнт потужності двигуна.

Примітка. Номінальні дані електричної машини (потужність, напруга і ін.) вказуються на заводському щитку машини, в обмотувальній записці і іншій технічній документації.

Приклади. 1. Визначити номінальний струм електродвигуна постійного струму, якщо номінальна потужність $P_H=50$ кВт, номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_H = 0,91$ і номінальна напруга $U_H=110$ В.

$$I_H=(1000 \times 50)/(0,91 \times 110)=500 \text{ А.}$$

2. Визначити номінальний струм трифазного електродвигуна, якщо номінальна потужність $P_H = 75$ кВт, номінальна напруга $U_H = 380$ В, номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_H=0,9$, номінальний коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0,89$.

$$I_H=(1000 \times 75) / \sqrt{3}(380 \times 0,9 \times 0,89)=142 \text{ А.}$$

3.9 Нагрівостійкість двигунів

Таблиця 3.1 - Класи нагрівостійкості електродвигунів з температурами

Клас нагрівостійкості	Температура, що характеризує нагрівостійкість даного класу °C	Електроізоляційні матеріали, відповідні даному класу нагрівостійкості
A	105	Волокнисті матеріали з целюлози або шовки, просочені або занурені в рідкий електроізоляційний матеріал, а також відповідні даному класу інші матеріали і поєднання матеріалів
E	120	Деякі синтетичні органічні плівки, а також відповідні даному класу інші матеріали і поєднання матеріалів
B	130	Матеріали на основі слюди (у тому числі на органічних підкладках), азбесту і скловолокно, вживане з органічними єднальними і просочуючими складами, а також відповідні даному класу інші матеріали і поєднання матеріалів
F	155	Матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокно, вживане у поєднанні з синтетичними єднальними і просочуючими складами, а також відповідні даному класу інші матеріали і поєднання матеріалів
H	180	Матеріали на основі слюди, азбесту і скловолокно, вживане у поєднанні з кремнійорганічними єднальними і просочуючими складами, кремнійорганічні еластомери, а також відповідні даному класу інші матеріали і поєднання матеріалів
C	Більше 180	Слюда, керамічні матеріали, скло, кварц, вживані без єднальних складів або з неорганічними єднальними складами, а також відповідні даному класу інші матеріали і поєднання матеріалів

Граничні допустимі перевищення температури частин електричних машин при температурі газоподібного середовища, що охолоджує, 40 °C і висоті над рівнем моря не більше 1000 м мають бути не більш за значення, вказані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Граничні тривало допустимі перевищення температури частин електричних машин

Частини електричних машин	При класі нагрівостійкості ізоляції									
	A	E		Y		F		H		
	t	t'	t	t'	t	t'	t	t'	t	t'
1. Обмотки змінного струму машин потужністю менше 5000 КВА або з довжиною сердечника менше 1 м	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
2. Однорядні обмотки збудження з оголеними поверхнями	65	65	80	80	90	90	110	110	135	135
3. Обмотки збудження малого сопро- тивлення і компенсаційні	60	60	75	75	80	80	100	100	125	125
4. Обмотки збудження, окрім вказаних	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
5. Якірні обмотки, сполучені з колектором	50	60	65	75	70	80	85	100	105	125
6. Сердечники і інші сталеві частини, дотичні з ізольованими обмотками	60	—	75	—	80	—	100	—	125	—
7. Колектори і контактні кільця	60	—	70	—	80	—	90	—	100	—

Позначення: t — перевищення температури при вимірі методом термометра °C, t' — перевищення температури при вимірі методом опору °C.

Методом опору вимірюють середню температуру. Він заснований на зміні опору провідника із зміною його температури. Вимірюючи опір провідника в холодному і гарячому стані, розраховують температуру провідника. У окремих точках частин машини температура може бути вище середньої. Так, наприклад, у відкритих машинах повітряноохолоджуваній, в яких добре охолоджуються лобові частини обмоток, пазові частини нагріваються більше, ніж лобові. Перевищення температури в окремих найбільш нагрітих точках мають бути не більш: 65 ° — для ізоляції класу А, 90 °C — для ізоляції класу В, 110 і 135 °C — відповідно для ізоляції класів F і H.

3.10 Електропривід

Електроприводом називається комплектний електромеханічний пристрій, що служить для приведення в дію робочих механізмів і електричне керування цим механізмом. До складу електропривода входять електричні машини (у найпростішому випадку двигуни), передаточні пристрої (редуктори і т.д.), апаратура керування і захисту.

3.10.1. Види електроприводів

1. За родом струму – постійного і змінного струму.
2. За організацією – одиночний і багаторуховий.

Одиночний привод – коли від одного двигуна приводяться в дію всі механізми, багаторуховий – коли кожний механізм має свій двигун.

3. За навантаженням – з постійним і змінним навантаженням.

Прикладом привода із змінним навантаженням може служити привод поршневого насоса.

4. За режимом роботи – тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний. Пояснимо це положення. Як відомо, при роботі двигунів виникають втрати енергії, що призводять до нагрівання активних частин – обмоток і осердя. Втрати, а отже, і нагрів залежать від навантаження. При включенні двигуна температура зростає за експоненціальним законом, а при виключенні – також за цим законом зменшується до температури навколишнього середовища.

Тривалий режим (рис.3.16) – такий, при якому температура обмоток за час роботи досягає сталої. Короткочасний (рис.3.17) – коли за час роботи температура не встигає досягти сталої, а за час паузи двигун встигає охолонути до температури навколишнього середовища.



Рис.3.16 - Тривалий режим



Рис.3.17- Короткочасний режим

Повторно-короткочасний (рис.3.18) – коли за час роботи температура не встигає досягти сталої, а за час паузи двигун не встигає охолонути до температури навколишнього середовища.

5. За способом керування – автоматизований і неавтоматизований. Більшість сучасних електроприводів є автоматизованими.



Рис.3.18- Повторно-короткочасний режим

3.10.2. Поняття про динаміку електропривода

Дуже велике значення має динаміка електропривода, тобто поведінка електропривода при перехідних процесах від одного сталого режиму до іншого. Ці процеси ускладнюють те, що в них беруть участь як електричні й магнітні явища, так і механічні. Важливість питань динаміки випливає з того, що перехідні процеси в ряді приводів визначають продуктивність машин (наприклад, реверсивний прокатний стан, екскаватор та ін.).

3.10.3. Вибір двигуна

Основним завданням при проектуванні привода є вибір електродвигуна, куди входить:

1. Вибір роду струму і номінальної напруги.
2. Вибір номінальної частоти обертання.
3. Вибір конструктивного виконання.
4. Вибір за потужністю.

Іноді рід струму, напруга і частота обертання визначаються виробничими умовами. Загальні висновки про застосовність різних типів двигунів наведені раніше у цих методичних вказівках.

Конструктивне виконання сучасних серій електродвигунів враховує такі чинники: захист від впливу навколишнього середовища, забезпечення охолодження і спосіб монтажу.

За способом захисту від впливу навколишнього середовища електродвигуни виготовляють у захищеному, закритому і вибухозахищеному виконанні. *Захищені* від влучення дрібних предметів і крапель двигуни призначені для роботи в сухих незапиленних приміщеннях. *Закриті* двигуни встановлюють у приміщеннях з підвищеною вологістю, атмосферою, забрудненою пилом з металевими включеннями, парами масла або газу. *Вибухозахищені* двигуни мають корпус, здатний витримати вибух газу всередині маши-

ни та виключає викид полум'я у навколишнє середовище. Вони призначені для роботи у вибухонебезпечних приміщеннях або шахтах. За способом охолодження розрізняють двигуни з природним охолодженням, самовентиляцією внутрішньої або зовнішньої і стороннім продувом (примусове). За способом монтажу є двигуни з горизонтальним розташуванням валу і станиною на лапах, з вертикальним розташуванням валу і фланцем. Двигун, який вибирається, повинен мати той же спосіб установки, кріплення і з'єднання з механізмом, що і замінюваний.

За потужністю двигуни вибирають насамперед за умовою припустимого нагрівання. Як вже зазначалося, при роботі двигуни нагріваються за рахунок електричних втрат. Припустимий нагрів визначається класом нагрівостійкості ізоляції обмоток двигуна. При цьому слід мати на увазі, що розрахунковий термін служби 15-20 років скорочується вдвічі, якщо температура обмоток у тривалому режимі перевищує розрахункову на 10° . Якщо температура підвищується в 1,5 раза щодо припустимої, двигун виходить з ладу через 3 години.

ТЕМА 4 ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ МЕХАНІЗМІВ ГАЛУЗІ

4.1 ВЕНТИЛЯТОРИ

Вентилятором називається машина, призначена для переміщення повітря, пилогазовоповітряних сумішей, повітря з механічними частками і так далі.

Вентилятори можуть використовуватися як для нагнітання повітря, так і для витягування повітря з приміщення або якого-небудь іншого об'єму, їх можна назвати витяжні вентилятори. Хоча будь-який вентилятор можна використовувати як витяжний, змінивши напрям повітряного потоку, розвернувши вентилятор.

Визначають для кожного вентилятора є показники *продуктивності* і створюваний *тиск*. Продуктивність і тиск залежить від типу і номера вентилятора.

Номер вентилятора – це діаметр робочого колеса, вимірюваний в дециметрах. Наприклад вентилятор №2,5 має діаметр робочого колеса 250 мм.

По напрямку потоку газу в робочому колесі вентилятори підрозділяються на:

- *осьові (аксіальні) вентилятори* - даний вигляд вентилятора містить лопаті (в деяких випадках замість поняття "лопатей" застосовується поняття "лопатки"), які перемі-

щають повітря уздовж осі, довкола якої вони обертаються. З причини збігу напрямку руху всмоктуваного повітря, що нагнітається, а також, в більшості випадків, простоти виготовлення, цей вигляд вентилятора є найбільш поширеним;

- *відцентрові (радіальні) вентилятори* - даний вигляд вентилятора має ротор, що обертається, складається з лопаток спіральної форми. Повітря через вхідний отвір засмоктується усередину ротора, де він набуває обертального руху і, за рахунок відцентрової сили і спеціальної форми лопаток, прямує у вихідний отвір спеціального спірального кожуха. Таким чином, вихідний потік повітря знаходиться під прямим кутом до вхідного. Даний вигляд вентилятора широко застосовується в промисловості;

- *діаметральні (тангенціальні) вентилятори* - вентилятор цього типу має ротор типу "біляча клітка" (ротор порожній в центрі і лопатки осевого вентилятора уздовж периферії) - зазвичай виконаний у формі довгастого циліндра. Замість стінок в циліндра крильчатка із заломлених вперед лопатей. Крильчатка тангенціального вентилятора вбудована в корпус у форму дифузора, що нагадує корпус відцентрового вентилятора.

Лише повітря забирається не з торця вентилятора, а по всій його довжині з фронтального боку пристрою. Повітря захоплюється лопатками, що обертаються, а потім завдяки дифузору набуває прискорення в потрібному напрямі. Тобто в тангенціальних (тангенсальних) вентиляторах повітря поступає уздовж периферії ротора, і рухається до виходу подібно до того, як це відбувається у відцентровому вентиляторі. Такі вентилятори виробляють рівномірний повітряний потік уздовж всієї ширини вентилятора і безшумні при роботі. Вони порівняно громіздкі, і повітряний тиск низький. Тангенціальні вентилятори широко застосовуються в кондиціонерах, повітряних завісах, фанкойлах і інших пристроях, де не важливий натиск повітря. Відмітною особливістю тангенціальних вентиляторів можна назвати велику витрату повітря, низький рівень шуму і низький створюваний натиск. Остання особливість визначає неможливість здійснювати глибоку фільтрацію повітря за допомогою побутового кондиціонера.

Кожен вентилятор має всмоктуючу і нагнітаючу сторони. Залежно від того, яким фланцем під'єднати вентилятор до повітревиду, вентилятор працюватиме в режимі витягування або нагнітання.

Залежно від фізико-технічних властивостей переміщуваних середовищ вентилятори підрозділяються на:

- вентилятори звичайного виконання для переміщення повітря і інших газових сумішей, агресивність яких по відношенню до вуглецевих сталей звичайної якості не вища за агресивність повітря;

- вентилятори корозійно стійкі для переміщення газів і пароповітряних сумішей, забруднених хімічно агресивними домішками;
- вентилятори вибухозахищені для переміщення деяких видів вибухонебезпечних газопароповітряних сумішей;
- пилові вентилятори для переміщення повітря і інших газових сумішей, що містять пилоподібні сипкі домішки.

Робочі колеса вентиляторів по нахилу виходу лопаток відносно напрямку обертання діляться на типи:

- з лопатками заломленими вперед;
- з лопатками заломленими назад;
- з лопатками радіальними.

Залежно від розташування приводу ГОСТ 5976-73 передбачає конструктивні виконання:

- 1е - робоче колесо посаджене безпосередньо на вал електродвигуна;
- 3е - вал робочого колеса укріплений в двох підшипниках і сполучений муфтою з електродвигуном;
- 6е - вал робочого колеса укріплений в двох підшипниках і сполучений з електродвигуном клиноременною передачею.

Ефективність вентиляції залежить від вибору вентилятора і правильно підібраної продуктивності витягу або нагнітання повітря. Необхідна продуктивність вентилятора визначається шляхом множення об'єму приміщення підмета вентиляції на годинну кратність повітрообміну.

По напрямку обертання робочого колеса вентилятори виготовляються:

- лівого обертання;
- правого обертання.

Вентилятор лівого обертання – це вентилятор з робочим колесом, що обертається за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку електродвигуна; вентилятор правого обертання – це вентилятор з робочим колесом, що обертається проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку електродвигуна.

По створюваному тиску вентилятори розділяються на:

- вентилятори низького тиску (повний тиск до 1000 Па);
- вентилятори середнього тиску (від 1000 до 3000 Па);
- вентилятори високого тиску (від 3000 до 12000 Па).

За способом з'єднання крильчатки вентилятора і електродвигуна вентилятори:

- з безпосереднім з'єднанням з електродвигуном;

- із з'єднанням на еластичній муфті;
- з клиноремінною передачею;
- з регулюючою безступінчатою передачею.

По місцю установки вентилятори ділять на:

- звичайні, встановлювані на спеціальній опорі (рамі, фундаменті і так далі);
- каналні, встановлювані безпосередньо у повітровіді;
- дахові, що встановлюються безпосередньо на даху.

4.1.2.2 Основні характеристики вентиляторів

Основними характеристиками вентиляторів є наступні параметри:

- витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;
- повний тиск, Па;
- частота обертання, об/хв;
- споживана потужність, що витрачається на привід вентилятора, кВт;
- ККД - коефіцієнт корисної дії вентилятора, що враховує механічні втрати потужності на різні види тертя в робочих органах вентилятора, об'ємні втрати в результаті витоків через ущільнення і аеродинамічні втрати в проточній частині вентилятора;
- рівень звукового тиску, дБ.

Розрізняють рівень звукового тиску у повітровіді з боку всмоктування і нагнітання, а також передавані в довкілля. Вентилятори приєднуються до повітровідам через гнучкі вставки, що зменшує вібраційну дію на вентиляційну систему і покращує шумові характеристики.

Продуктивність Q - це витрата повітря, яке може перемістити вентилятор за певний проміжок часу, $\text{м}^3/\text{год}$.

Динамічний тиск P_d - це кінетична енергія потоку, віднесена до 1 м^3 повітря. Це тиск завжди позитивний і визначається залежно від швидкості повітря в повітропроводі.

Статичний тиск P_s - це потенційна енергія 1 м^3 повітря в даному перетині, це тиск потоку повітря на стінки повітровіда, перпендикулярно ним. Цей тиск позитивний тоді, коли він більше атмосферного.

Повний тиск P_v - це сума статичного P_s і динамічного тиску P_d .

4.1.2.3 Основні конструктивні складові і виконання вентиляторів

Рационально сконструйований вентилятор характеризується масою, металоємністю і габаритами, високою економічністю і надійністю, а також технологічністю конструкції і

найменшими можливими експлуатаційними витратами. Особливі вимоги пред'являються до конструкції корпусу і робочого колеса.

Робоче колесо має ретельно відбалансувати. Міцність і жорсткість колеса залежать від конструкції і матеріалу, з якого воно виконане. Із збільшенням ширини колеса міцність і жорсткість його знижуються. Конструктивних виконань робочих коліс представлені на рис. 1.1.

Лопатки барабаних коліс (рис. 4.1, а) заломлені вперед, ширина коліс досягає $0,5D$. Окружна швидкість коліс допускається до 30 - 40 м/с.

Ширіна кільцевих коліс (рис. 4.1,б) знаходиться в межах (0,2 - 0,4) D . Їх окружна швидкість допускається до 60 м/с.

Великою міцністю і жорсткістю володіють колеса з конічним переднім диском (рис. 4.1, в). Їх окружна швидкість допускається до 85 м/с.

Трьохдискові колеса (рис. 4.1, г) застосовуються у вентиляторах двостороннього всмоктування. Гідністю коліс такої конструкції є відсутність осьового тиску.

Однодискові колеса (рис. 4.1, д) застосовуються, наприклад, в пилових вентиляторах і у вентиляторах високого тиску. Лопатки в цих коліс приєднуються до диска і маточини.

Бездискові колеса (рис. 4.1,е) з лопатками, що приєднуються безпосередньо до маточини, знаходять вживання в пилових вентиляторах.

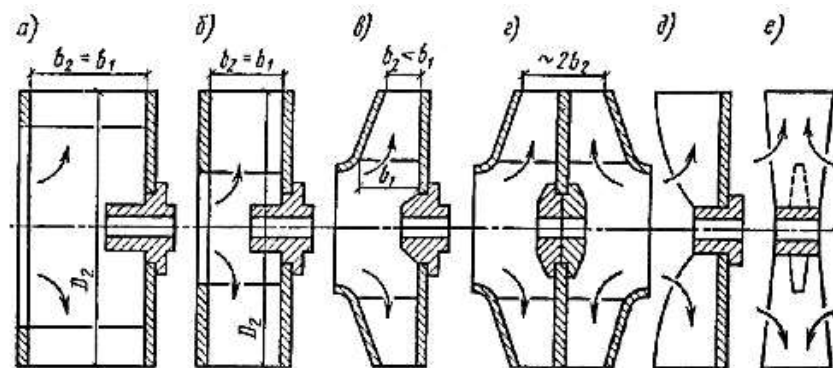


Рис. 4.1 - Конструктивних виконань робочих коліс радіальних вентиляторів

Жорсткість і міцність робочого колеса багато в чому визначаються способом з'єднання лопаток з дисками. Найбільшого поширення набули клепані колеса, які більш трудомісткі при виготовленні, але відрізняються великою міцністю. Найбільш жорстка і міцна конструкція колеса виходить при зварному з'єднанні лопаток з дисками. Проте, не дивлячись на простоту і дешевизну такого з'єднання в порівнянні з клепанням, суцільнозварна конструкція колеса раціональна у випадках однакового терміну служби лопаток і дисків. Якщо ж спостерігається інтенсивний знос лопаток важко навантажених коліс, що працюють при великих окружних швидкостях, доцільніше збільшити довговічність

дорогих дисків. У цих випадках виправдано вживання коліс клепаної конструкції, що допускає багатократну заміну лопаток шляхом переклепування з подальшим балансуванням колеса.

Спіральний корпус, як правило, є конструкцією, звареною з листового металу. Дуже крупні вентилятори мають корпуси, що складаються з двох або трьох частин, скріплених на фланцях болтами. Бічні стінки корпусу, якщо не додати їм додаткової жорсткості, можуть вібрувати. Для усунення вібрації стінки оздоблюють металевими смугами.

У сучасних аеродинамічних вентиляторах передбачаються вхідні патрубки досить складних конфігурацій, внаслідок чого для їх виготовлення потрібні складні штампи і потужні преси. Для серійних вентиляторів, наприклад Ц4-70, ці патрубки можуть бути виготовлені із смуги, згорнутої в конус. Додаткову додаткову жорсткість патрубку додає кільце, одночасно призначене для ліквідації розривів аеродинамічної характеристики $p - L$.

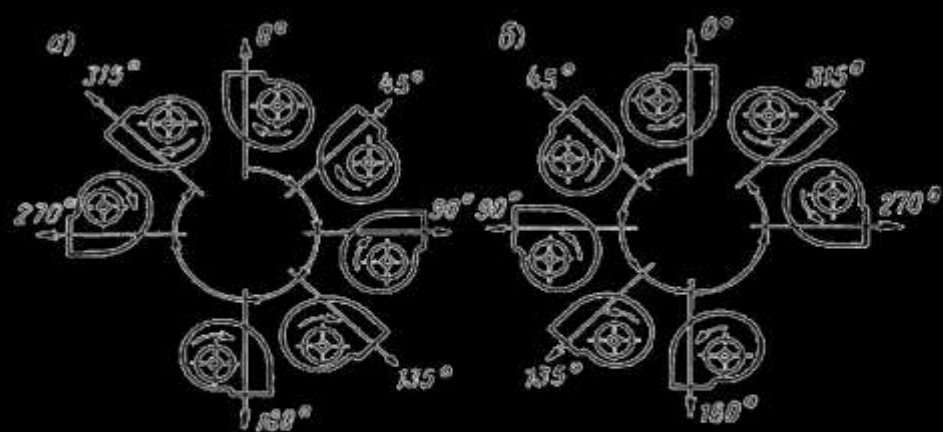
Величина зазору між вхідним патрубком і переднім диском колеса, як вже було відмічено, робить істотний вплив на ККД вентилятора. Із збільшенням зазору кількість повітря, що перетікає через нього з боку нагнітання на сторону всмоктування, зростає і подача вентилятора зменшується.

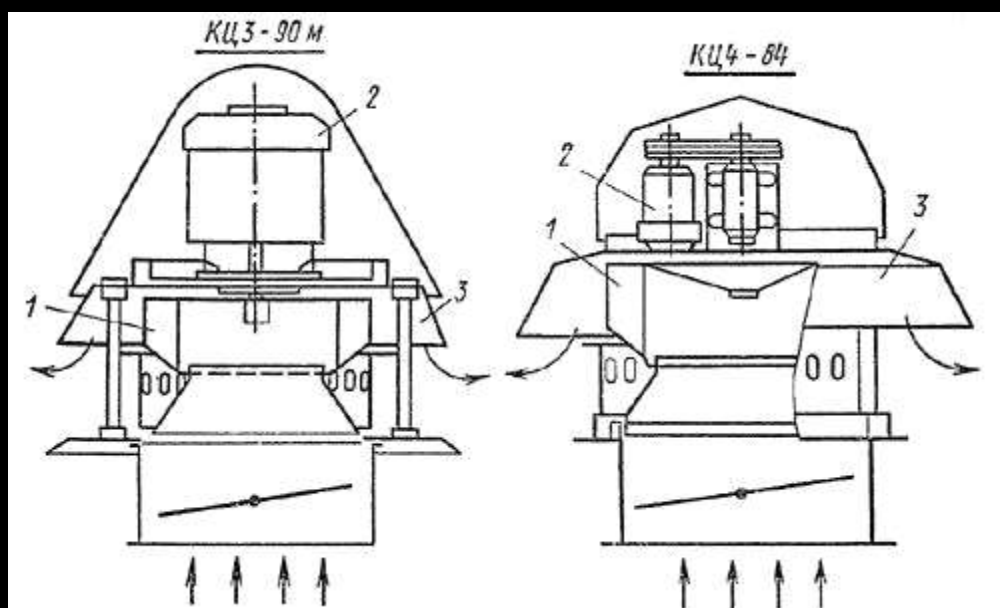
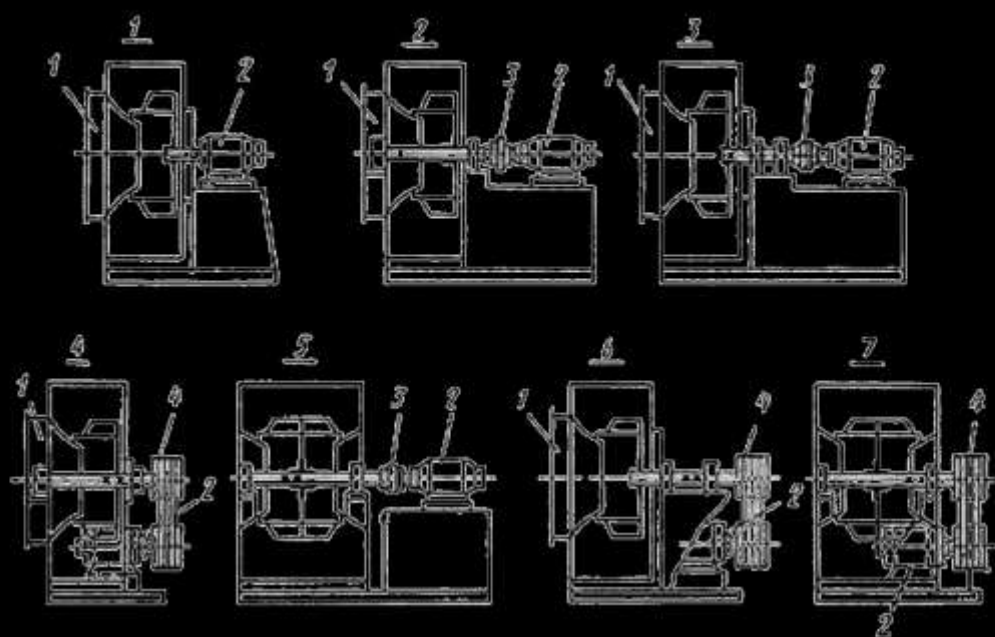
Вентилятори виготовляють одnobічного і двостороннього всмоктування правого і лівого обертання. Якщо дивитися з боку входу повітря, то вентилятор, робоче колесо якого обертається за годинниковою стрілкою, називається вентилятором правого обертання, проти годинникової стрілки - лівого обертання. На вентилятор двостороннього всмоктування слід дивитися з боку всмоктування, вільного від приводу.

Для вентиляторів загального призначення ГОСТ 10616 - 73 встановлює сім положень корпусу, визначуваних кутом повороту відносно вихідного нульового положення. Кути повороту корпусу відлічують по напрямку обертання робочого колеса відповідно до рис. 4.2. Положення корпусу Пр 225° і Л 225° відсутні, що пояснюється труднощами приєднання мережі до такого вентилятора. Корпуси млинарських вентиляторів можуть встановлюватися в 24 положеннях (0 - 345° через 15°). Дуттєві вентилятори і димососи мають 18 положень корпусу (0 - 255° через 15°).

Вентилятори з'єднуються з електродвигунами одним з наступних способів:

- робоче колесо вентилятора закріплене безпосередньо на валу електродвигуна;
- за допомогою еластичної муфти;
- клиноремінною передачею з постійним передавальним відношенням;
- регульованою безступінчатою передачею через гідравлічні або індукторні (електричні) муфти ковзання.





режим відповідає нульовому або невеликому коефіцієнту статичного тиску і коефіцієнту подачі, близькому до максимального.

Дахові вентилятори слід розташовувати на відстанях між будь-якою парою витяжних отворів з діаметрами d_1 і d_2 не менших $2,5(d_1+d_2)$. Область економічно ефективного використання дахових вентиляторів відповідає теплонпруженості приміщень $q=30 \text{ Вт/м}^3$; при $q>30 \text{ Вт/м}^3$ ефективніше вживання витяжних аераційних ліхтарів.

4.1.2.4 Характеристики осьових вентиляторів

Осьовим вентилятором називається вентилятор, в якому повітря (або газ) переміщається уздовж осі робочого колеса, що обертається двигуном (рис. 4.5). Осьові вентилятори – найбільш поширений тип. Як і в радіальних вентиляторів, характеристики осьових вентиляторів показують залежність тиску і потужності на валу і ККД від подачі.

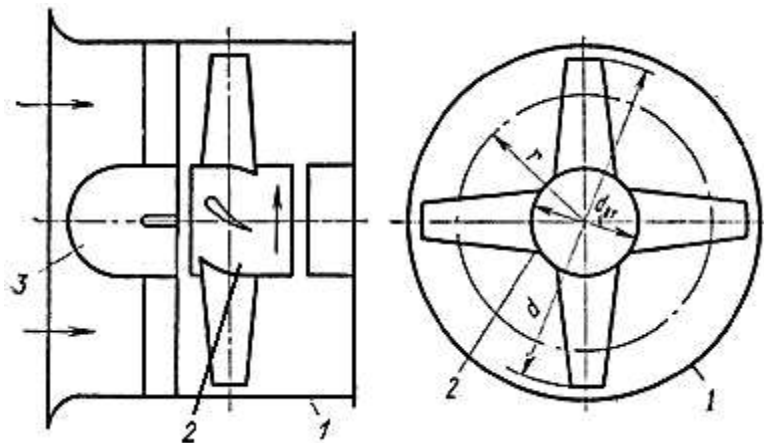


Рис. 4.5 - Схема осьового вентилятора: 1 - корпус; 2 - робоче колесо; 3 - обтічник

Повну характеристику зазвичай отримують експериментальним способом при постійній частоті обертання робочого колеса. Перерахунок параметрів роботи на інші частоти обертання проводиться по відомих залежностях. Форма характеристики визначається конструкцією і аеродинамічними властивостями вентилятора. На відміну від радіальних характеристика тиску осьових нагнітачів часто має сідлоподібну форму.

На основі повних характеристик (рис. 4.6), використовуючи формули перерахунку, отримують універсальні характеристики осьових вентиляторів - індивідуальні, поєднані і безрозмірні.

Безрозмірні параметри (коефіцієнти), що характеризують вентилятор, відносяться до його зовнішнього діаметру або до окружної швидкості на зовнішньому діаметрі. Ці параметри змінюються уздовж радіусу. Наприклад, коефіцієнт тиску змінюється обернено пропорційно до радіусу. На рис. 4.7 показаний розподіл тисків уздовж радіусу

лопатевого колеса при $y=0,05-0,8$. Точки перетину кривих з віссю координат відповідають випадку, коли $Dps=0$.

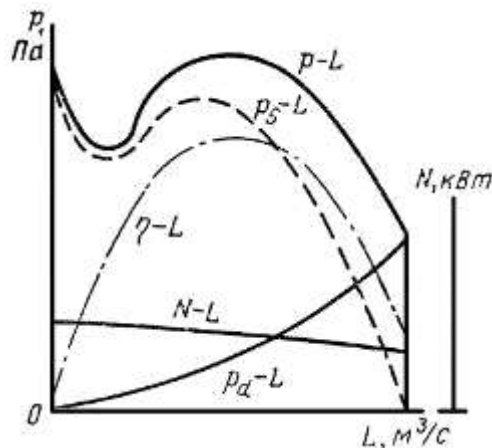


Рис. 4.6 - Повна аеродинамічна характеристика осьового вентилятора

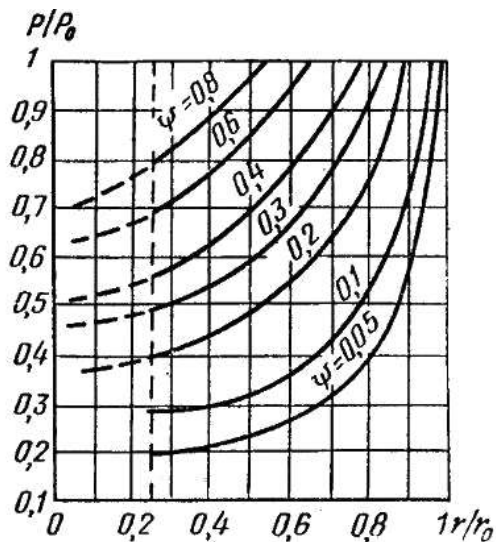


Рис. 4.7 - Розподіл тиску уздовж радіусу за колесом осьового вентилятора

Під аеродинамічною схемою осьового вентилятора мається на увазі сукупність ознак і параметрів, що однозначно характеризують проточну частину машини: число рівнів, рівне числу робочих коліс; тип схеми, залежної від наявності апаратів, і їх розташування по відношенню до робочого колеса; відносний діаметр втулки; число лопаток колеса і апаратів, їх кути установки.

Аеродинамічна схема позначається буквами. Наприклад, для одноступінчатих вентиляторів схема, що складається з одного колеса, позначається буквою К; схема, що включає окрім колеса випрямляючий апарат, - буквами К+СА; установка, обладнана вхідним направляючим апаратом, - буквами ВНА+К+СА. Двоступінчаті схеми мають, наприклад, таке позначення: К+СА+К+СА, ВНА+К+НА+К+СА.

Кожна з схем має свої особливості. За схемою К зазвичай виконують вентилятори з дуже малими значеннями коефіцієнта тиску ($\kappa < 0,15$), в яких відносна швидкість закручу-

вання і пов'язаний з нею динамічний тиск незначні. Повітря при цьому підводиться до робочого колеса в осьовому напрямі (вхідний направляючий апарат відсутній). Конструкція проста, але ККД в області робочих режимів знижується на 5 - 30% через відсутність випрямляючого апарату.

У СА динамічний тиск, зв'язаний із швидкістю закручування потоку за робочим колесом, перетвориться в статичний з деякими втратами, обумовленими течією в його вінці лопатки дифузора. При цьому без зміни характеристики потужності збільшуються як повні тиск і ККД, так і статичні тиск і ККД.

У тих випадках, коли за умовами компоновки вентилятора перед ним утворюється нерівномірний по перетину входу потік, вхідний направляючий апарат зменшуватиме цю нерівномірність і її несприятливий вплив на роботу вентилятора.

До багатоступінчастих вентиляторів відносяться також вентилятори зустрічного обертання, в яких робочі колеса обертаються в протилежних напрямках, а апарат між ними відсутній. Отримавши енергію в першому колесі, закручений потік поступає в друге колесо, яке закручує його в протилежному напрямі, продовжуючи передавати йому енергію. Ці вентилятори можуть мати вхідний і вихідний апарати.

За призначенням осьові вентилятори ділять на вентилятори загального призначення і спеціальні. Вентилятори загального призначення призначені для переміщення чистого або мало запиленого повітря, що не містить вибухонебезпечних речовин, липкою, волокнистого і цементуючого пилу і агресивних речовин при температурі до 40°C. Температурна межа прийнята з тих міркувань, що при вищих температурах значно погіршуються умови тепловіддачі обмоток електродвигуна, що знаходиться зазвичай в потоці переміщуваного газу.

До спеціальних вентиляторів відносять вентилятори, не використовувані в звичайних системах загальнозміної вентиляції цивільних і промислових будівель. Це вентилятори, використовувані для переміщення вибухонебезпечних і агресивних домішок, шахтні вентилятори і вентилятори тунельної вентиляції, стельові вентилятори, вентилятори градирен, вентилятори, вбудовані в технологічне устаткування, і так далі.

Для переміщення вибухонебезпечних домішок застосовують вентилятори, виконані з різномірних металів: проточна частина виконана із сталі (робоче колесо) і латуні (у корпусі є обичайка в зоні розташування робочого колеса). При цьому переміщуване середовище не повинне мати температури вище 40°C, викликати прискорену корозію матеріалів проточної частини вентиляторів, містити пил і інші тверді домішки більше 10 мг/м³, а також вибухонебезпечний пил, липкі і волокнисті матеріали.

4.2 НАСОСИ

Насоси – гідравлічні машини, які перетворюють механічну енергію двигуна в енергію переміщуваної рідини, підвищуючи її тиск. Різниця тисків рідини в насосі й трубопроводі обумовлює її переміщення.

Розрізняють насоси двох основних типів: *динамічні* й *об'ємні*.

У динамічних насосах рідина переміщається під впливом сил на незамкнутий об'єм рідини, що безперервно сполучається із входом у насос і виходом з нього.

В об'ємних насосах рідина переміщається (витісняється) при періодичній зміні об'єму рідини в насосі, що періодично сполучається із входом у насос і виходом з нього.

Динамічні насоси по виду сил, що діють на рідину, поділяються на *лопатеві* й *насоси тертя*. До лопатевих відносяться динамічні насоси, у яких енергія передається рідині при обтіканні лопатей обертового робочого колеса (або декількох коліс) насоса.

Лопатеві насоси, у свою чергу, діляться на *відцентрові* й *осьові*, причому у відцентрових насосах рідина рухається крізь робоче колесо від його центра до периферії, а в осьових - у напрямку осі колеса.

Насоси тертя являють собою динамічні насоси, у яких рідина переміщається переважно під впливом сил тертя. До насосів тертя відносяться, зокрема, *вихрові* й *струминні насоси*.

Група *об'ємних насосів* включає насоси, у яких рідина витісняється із замкнутого простору тілом, що рухається поступально (*поршневі, плунжерні, діафрагмові* насоси) або що має, обертовий рух (*шестеренчасті, пластинчасті, гвинтові* насоси).

Насоси кожної із зазначених вище груп розрізняються за конструктивними ознаками. Основні конструкції насосів, які застосовуються в промисловості, розглядаються далі.

4.2.2. Основні параметри насосів

Основними параметрами насоса будь-якого типу є продуктивність, напір і потужність.

Продуктивність, або *подача*, Q ($\text{м}^3/\text{с}$) визначається об'ємом рідини, що подається насосом у нагнітальний трубопровід в одиницю часу.

Напір $H(\text{м})$ характеризує питому енергію, яку надає насос одиниці ваги перекачуваної рідини. Цей параметр показує, наскільки зростає питома енергія рідини при проходженні її крізь насос, і визначається за допомогою рівняння Бернуллі. Напір можна представити як висоту, на яку може бути піднята одиниця ваги перекачуваної рідини, за рахунок енергії, яку надає їй насос. Тому напір не залежить від питомої ваги (н/м^3) або густини (кг/м^3) перекачуваної рідини.

Корисна потужність N_{Π} , яка витрачається насосом для надання рідині енергії, дорівнює добутку питомої енергії на вагову витрату рідини:

$$N_{\Pi} = gQH \quad (4.1) \text{ Потужність на валу } N_e, \text{ більше}$$

корисної потужності у зв'язку із втратами енергії в насосі, які враховуються коефіцієнтом корисної дії (к.к.д.) насоса η_H :

$$N_e = \frac{N_{\Pi}}{\eta_i} = \frac{\rho g Q H}{\eta_i} \quad (4.2)$$

Коефіцієнт корисної дії η_H характеризує досконалість конструкції й економічність експлуатації насоса. Величина η_H показує відносні втрати потужності в самому насосі й виражається добутком

$$\eta_H = \eta_V \eta_{\Gamma} \eta_{\text{МЕХ}}, \quad (4.3)$$

де $\eta_V = Q/Q_T$ – коефіцієнт подачі, або об'ємний к.к.д., що представляє собою відношення дійсної продуктивності насоса Q до теоретичного Q_T (враховує втрати продуктивності при витоках рідини крізь зазори й сальники насоса, а також внаслідок інших причин – під час усмоктування);

η_{Γ} – гідравлічний к.к.д. – відношення дійсного напору насоса до теоретичного (враховує втрати напору при русі рідини крізь насос);

$\eta_{\text{МЕХ}}$ – механічний к.к.д., що характеризує втрати потужності на механічне тертя в насосі (у підшипниках, сальниках і ін.).

Значення η_H залежить від конструкції й ступеня зношування насоса й у середньому становить: для відцентрових насосів 0,6–0,7; для поршневих насосів 0,8–0,9; для найбільш досконалих відцентрових насосів великої продуктивності 0,93–0,95.

Потужність, споживана двигуном, або номінальна потужність двигуна $N_{\text{ДВ}}$, більше потужності на валу внаслідок механічних втрат у передачі від електродвигуна до насоса й у самому електродвигуні. Ці втрати враховуються введенням у рівняння (4.3) к.к.д. передачі $\eta_{\text{ПЕР}}$ і к.к.д. двигуна $\eta_{\text{ДВ}}$:

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ПЕР}} \eta_{\text{ДВ}}} = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{\text{ПЕР}} \eta_{\text{ДВ}} \eta_H} \quad (4.4)$$

Добуток $\eta_H \eta_{\text{ПЕР}} \eta_{\text{ДВ}}$ являє собою повний к.к.д. насосної установки η , що визначається як відношення корисної потужності N_{Π} до номінальної потужності двигуна $N_{\text{ДВ}}$ і характеризує повні втрати потужності насосною установкою:

$$\eta = \frac{N_{\Pi}}{N_{\text{ДВ}}} = \eta_{\text{ПЕР}} \eta_{\text{ДВ}} \eta_H \quad (4.5)$$

З рівнянь (4.3) і (4.5) видно, що повний к.к.д. насосної установки може бути вира-

жений добутком п'яти величин:

$$\eta = \eta_V \eta_\Gamma \eta_{MEH} \eta_{ПЕР} \eta_{ДВ} \quad (4.6)$$

Установча потужність двигуна $N_{УСТ}$, розраховується з величини $N_{ДВ}$ із урахуванням можливих перевантажень у момент пуску насоса, що виникають у зв'язку з необхідністю подолання інерції нерухомої маси рідини:

$$N_{УСТ} = \beta N_{ДВ} \quad (4.7)$$

де β – коефіцієнт запасу потужності (визначають залежно від номінальної потужності двигуна $N_{ДВ}$):

$N_{ДВ}, \text{квт}$	< 1	$1 - 5$	$5 - 50$	> 50
	$2 - 1,5$	$1,5 - 1,2$	$1,2 - 1,15$	$1,1$

4.2.3. Напір насоса. Висота всмоктування

Напір. Розглянемо схему насосної установки (рис.4.10). Введемо позначення:

p – тиск у ємності **1**, з якої насосом **2** всмоктується рідина (назвемо її умовно прийомною ємністю);

p_2 – тиск у напірній ємності **3**;

$p_{ВС}$ – тиск в усмоктувальному патрубку насоса; p – тиск у напірному патрубку насоса;

$H_{ВС}$ – висота усмоктування;

H_H – висота нагнітання;

H_Γ – геометрична висота подачі рідини;

h – відстань по вертикалі між рівнями установки манометра M і вакуумметра B .

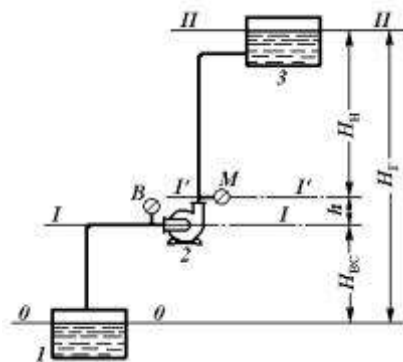


Рис. 4.10 - Схема насосної установки: **1** – прийомна ємність; **2** – насос; **3** – напірна ємність; **M** – манометр; **B** – вакуумметр.

Для визначення напору насоса застосуємо рівняння Бернуллі. Приймемо за площину порівняння рівень рідини в прийомній ємності (перетин $O - O$).

Рівняння Бернуллі для перетинів $O-O$ і $I-I$:

$$\frac{p_O}{\rho g} + \frac{w_O^2}{2g} = H_{BC} + \frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2}{2g} + h_{B,BC} \quad (4.8)$$

Рівняння Бернуллі для перетинів $I'-I'$ і $II-II$:

$$H_{BC} + h + \frac{p_H}{\rho g} + \frac{w_H^2}{2g} = H_{BC} + h + H_H + \frac{p}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_{B,H} \quad (4.9)$$

У цих рівняннях:

w, w_2 – швидкості рідини в приймальній й напірній ємностях (у перетинах $O-O$ і $II-II$ відповідно);

w_{BC}, w – швидкості рідини в усмоктувальних і нагнітальному патрубках насоса;

$h_{B,BC}, h_{B,H}$ – втрати напору в усмоктувальних і нагнітальному трубопроводах.

Швидкість рідини w зневажно мала в порівнянні зі швидкістю в усмоктувальному трубопроводі, тобто порівняно з w_{BC} , і тому може бути виключена з рівняння (4.8). Тоді із цього рівняння питома енергія рідини на вході в насос:

$$E_{BX} = H_{BC} + \frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2}{2g} = \frac{p_O}{\rho g} - h_{B,BC} \quad (4.8a)$$

Аналогічно $w_2 \ll w$; зневажаючи величиною w_2 і з огляду на те, що $H_{BC} + h + H_H = H_\Gamma$ – геометричній висоті підйому рідини, визначено за рівнянням (3.9) питому енергію рідини на виході з насоса:

$$E = H_{BX} + h_{BC} + \frac{p_H}{\rho g} + \frac{w_H^2}{2g} = H_\Gamma + \frac{p_2}{\rho g} + h_{B,H} \quad (4.9a)$$

Віднімаючи з лівої частини рівняння (4.9a) ліву частину рівняння (4.8a), знаходимо напір насоса:

$$H = E_{BX} - E_{BX} = h + \frac{p_H - p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_H^2 - w_{BC}^2}{2g} \quad (4.10)$$

Рівняння (4.10) показує, що *напір насоса дорівнює сумі трьох доданків: висоти підйому рідини в насосі, різниці гідростатичних напорів і різниці динамічних напорів у нагнітальному й усмоктувальному патрубках насоса.*

Звичайно нагнітальний і усмоктувальний патрубки насоса мають однаковий діаметр; відповідно $w = w_{BC}$ і рівняння (4.10) спрощується:

$$H = h + \frac{p_H - p_{BC}}{\rho g} \quad (4.11)$$

Рівняння (4.10) і (4.11) застосовують для розрахунку напору при проектуванні насосів. Для визначення напору діючого насоса користуються показаннями встановлених на ньому манометра (p) і вакуумметра (p). Виразимо абсолютні тиски p_H і p_{BC} крізь показання манометра й вакуумметра:

$$p_H = p + p_M \quad p_{BC} = p - p_V$$

де p – атмосферний тиск.

Роблячи підстановку цих виражень у рівняння (4.11), одержимо

$$H = h + \frac{p_M + \delta \hat{A}}{\rho g} \quad (4.12)$$

Таким чином, напір діючого насоса може бути визначений як сума показань манометра й вакуумметра (виражених у м стовпа перекачуваної рідини) і відстані по вертикалі між точками розташування цих приладів.

$$H = H_{\Gamma} + \frac{p_2 - p_0}{\rho g} + h_B \quad (4.12a)$$

де $h_B = h_{B.H.} + h_{B.BC}$ – сумарний гідравлічний опір усмоктувального й нагнітаючого трубопроводів. Рівняння 4.12а використовується при підборі насосів для технологічних установок.

Висота всмоктування. Всмоктування рідини насосом відбувається під дією різниці тисків у прийомній ємності p і на вході в насос p_{BC} або під дією різниці напорів

$\frac{p}{\rho g} - \frac{p_{BC}}{\rho g}$. Висота всмоктування може бути визначена з рівняння (4.8):

$$H_{BC} = \frac{p_0}{\rho g} - \left(\frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2 - w_0^2}{2g} + n_{B.BC} \right) \quad (4.13)$$

Беручи до уваги, що практично швидкість $w_0 \approx 0$, одержимо:

$$H_{BC} = \frac{p_0}{\rho g} - \left(\frac{p_{BC}}{\rho g} + \frac{w_{BC}^2}{2g} + n_{B.BC} \right) \quad (4.14)$$

Таким чином, висота усмоктування насоса збільшується зі зростанням тиску p у прийомній ємності й зменшується зі збільшенням тиску p_{BC} , швидкості рідини w_{BC} і втрат напору $h_{B.BC}$ в усмоктувальному трубопроводі.

Якщо рідина перекачується з відкритої ємності, то тиск p дорівнює атмосферному p . Тиск на вході в насос p_{BC} повинен бути більше тиску p_t насиченої пари перекачуваної рідини при температурі усмоктування ($p_{BC} > p_t$), тому що в противному випадку рідина в насосі почне кипіти. При цьому в результаті інтенсивного виділення з рідини пар і розчи-

нених у ній газів можливий розрив потоку й зменшення висоти усмоктування до нуля.

$$H_{BC} \leq \frac{p_A}{\rho g} - \left(\frac{p_t}{\rho g} + \frac{w_2}{2g} + n_{B,BC} \right) \quad (4.15)$$

З рівняння (4.15) видно, що висота усмоктування залежить від атмосферного тиску, швидкості руху й густини перекачуваної рідини, її температури (i , відповідно, тиску її пари) і гідравлічного опору усмоктувального трубопроводу.

При перекачуванні з відкритих резервуарів висота усмоктування не може бути більше висоти стовпа перекачуваної рідини, що відповідає атмосферному тиску, якій залежить від висоти місця установки насоса над рівнем моря. Так, наприклад, при переміщенні води при 20° С висота усмоктування навіть теоретично не може бути більше 10 м на рівні моря й 8,1 м на висоті 2000 м (8,1 м – значення атмосферного тиску в м вод. ст. на цій висоті).

На припустиму висоту усмоктування насосів також впливає *явище кавітації*. *Кавітація* виникає при високих швидкостях обертання робочих коліс відцентрових насосів і при перекачуванні гарячих рідин в умовах, коли відбувається інтенсивне пароутворення в рідині, що перебуває в насосі. Бульбашки пари попадають разом з рідиною в область більш високих тисків, де миттєво конденсуються. Рідина стрімко заповнює порожнини, у яких перебувала пара, що сконденсувалася, що супроводжується гідравлічними ударами, шумом і струсом насоса. Кавітація приводить до швидкого руйнування насоса за рахунок гідравлічних ударів і посилення корозії в період пароутворення. При кавітації продуктивність і напір насоса різко знижуються.

Висота усмоктування насосів при перекачуванні води не перевищує значень:

Температура, °С	10	20	30	40	50	60	65
Висота всмоктування, м	6	5	4	3	2	1	0

4.3 КОМПРЕСОРИ

Компресор – це машина для підвищення тиску і переміщення газу. *Компресорна установка* – це сукупність компресора, приводу, апаратів, трубопроводів і устаткування, необхідного для здійснення підвищення тиску переміщення газу.

Компресори класифікують по ряду характерних ознак. За принципом дії компресори підрозділяються на об'ємні і лопатеві (турбокомпресори).

Об'ємний компресор – це машина, в якій процес відбувається в результаті періодичного зменшення об'єму, займаного газом. До об'ємних компресорів відносять поршневі і роторні компресори різних конструкцій (пластинчасті, гвинтові, рідинні кільця, компресори типа Рутс і ін.)

У поршневому компресорі зменшення об'єму, займаного газом, здійснюється переміщенням стискуючого елементу – поршня, що здійснює прямолінійний зворотно-поступальний рух. До поршневих компресорів також відносяться вільно-поршневі і мембранні.

Компресори розрізняють також по числу *циліндрів*; одно-, двух-, трьохциліндрові і так далі. Циліндри можуть мати однакове і різне по відношенню один до одного призначення.

По *розташуванню циліндрів* компресори підрозділяють на вертикальні, горизонтальні і кутові. До вертикальних відносяться машини з циліндрами, розташованими вертикально відносно фундаменту (рис.4.32,е), до горизонтальних – з циліндрами, розташованими горизонтально (рис.4.32,а, б, ж). При горизонтальному розташуванні циліндри можуть бути розміщені по одну сторону колінчастого валу (рис.4.32,а, б), такі компресори називаються горизонтальними з однобічним розташуванням циліндрів, і по обидві сторони валу (рис.4.32,ж). Останні називають горизонтальними опозитними або просто опозитними.

До кутових компресорів відносяться машини з циліндрами, розташованими в одних рядах вертикально, в інших – горизонтально (рис.4.31,д). Такі компресори називаються кутовими прямокутними. До кутових компресорів відносять машини з похилими циліндрами, встановленими V- (рис.4.32,в) і W-подібно (рис.4.32,г) (і компресори називаються відповідно V- і W-подібними).

По числу *рівнів стискування* компресори розрізняють на одно-, двух- і багатоступінчасті. Багатоступінчасте стискування викликається необхідністю обмежити температуру стискуваного газу. Наприклад, при стискуванні в одному циліндрі до надлишкового тиску 0,3 Па температура стискуваного повітря досягне 180°С. Для зменшення зносу пари компресора (наприклад, поршні, циліндри, сальники), що труться, змащують маслом, яке при високих температурах розкладається, утворюючи нагар, і втрачає змащуючі властивості. У повітряних компресорах виникає небезпека займання і вибуху масляної нагари, що накопичується в трубопроводах, кришках циліндрів, тому температура повітря, що нагнітається, не повинна перевищувати 180°С.

При стискуванні неочищених коксового і сланцевого газів при температурі більш 90°С виникає посилене виділення з них смолистої нагари, що покриває клапани, трубопроводи і холодильники настільки рясно, що нормальна робота компресорів стає неможливою. Аби обмежити температуру газу, що нагнітається, збільшують число рівнів стискування.

При збільшенні числа рівнів стискування зменшуються витрати енергії на стиску-

вання, збільшуються продуктивність і надійність машини.

По продуктивності кожен тип компресорів має свою класифікацію. Поршневі компресори по продуктивності класифікуються так:

- мікрокомпресори (продуктивністю до $10\text{дм}^3/\text{с}$);
- малої продуктивності (від 10 до $100\text{дм}^3/\text{с}$);
- середньої продуктивності (від 100 до $1000\text{дм}^3/\text{с}$);
- великої продуктивності (більш $1000\text{дм}^3/\text{с}$).

Компресори малої продуктивності в більшості випадків виконують безкрейцкопфними з водяним або повітряним охолодженням циліндрів і холодильників. У цих машинах колінчастий вал встановлений на підшипниках кочення. Змащувальна система механізму руху переважно циркуляційна.

Компресори малої продуктивності застосовують як для стаціонарних, так і пересувних компресорних установок.

4.3.2 Поршневі компресори

Поршневі компресори найбільш поширені і багатообразні по конструктивному виконанню, схемам і компоновкам. Їх розрізняють по пристрою кривошипно-шатунного механізму, пристрою циліндрів, числу циліндрів, розташуванню циліндрів, числу рівнів стискування. Характерними особливостями поршневих компресорів є зворотно-поступальний рух поршня, примусове виштовхування газу шляхом переміщення поршня, преривчаста подача газу.

За устроєм кривошипно-шатунного механізму компресори розрізняють на безкрейцкопфні (рис. 4.32,а) і крейцкопфи (рис.4.32,б); за устроєм циліндрів – з циліндрами простої (рис.4.32,а) і подвійної (рис.4.32,б) дії. Компресори крейцкопфів можуть бути як з циліндрами подвійної дії, так і з циліндрами простої дії. Безкрейцкопфні компресори можуть бути виконані лише з циліндрами простої дії.

Розглянемо устрій і принцип дії безкрейцкопфного компресора простої дії (рис.4.32,а). Торцева поверхня поршня (з боку клапанів) і поверхня клапанної коробки разом з клапанами і внутрішня поверхня циліндра утворюють змінну робочу порожнину циліндра. Поршень здійснює зворотно-поступальний рух, тобто рухається від одного крайнього положення до іншого, і назад. Такі рухи поршня обумовлені кривошипно-шатунним механізмом, з яким пов'язаний поршень. Кривошипно-шатунний механізм, до якого відноситься шатун, колінчастий вал, поршковий палець, перетворює обертальний рух колінчастого валу в зворотно-поступальний рух поршня. При русі поршня від крайнього верхнього положення, званого верхньою мертвою точкою (в.м.т.), в циліндрі ство-

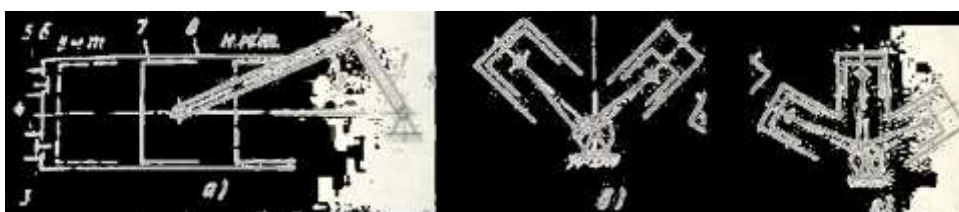
рюється розрідження. Під дією різниці тисків всмоктуючий клапан відкривається і газ починає поступати в циліндр. Вступ газу в циліндр продовжується до тих пір, поки поршень не прийде в крайнє нижнє положення. Таке положення називається нижньою мертвою точкою (н.м.т.). У цей момент клапан закривається. Такий процес називається *всмоктуванням*.

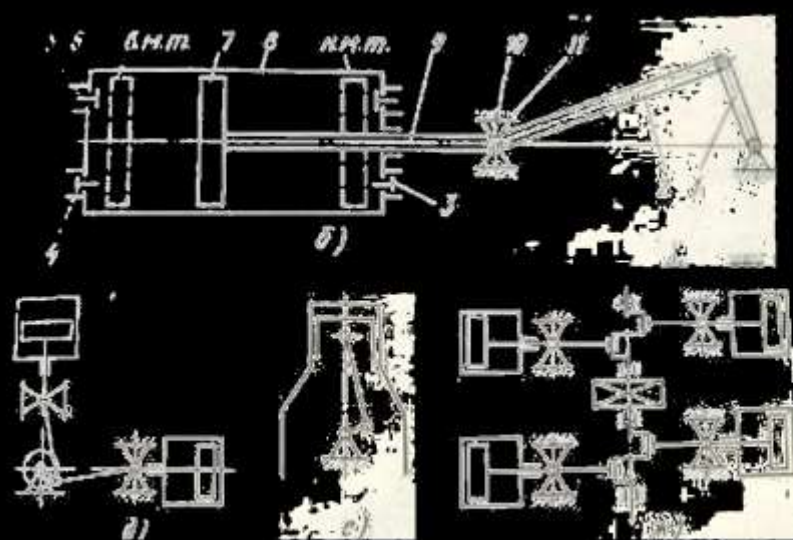
При русі поршня до верхньої мертвої точки починає зменшуватися робоча порожнина циліндра і підвищується тиск в циліндрі. Цей процес називається *стискуванням*.

Коли тиск в циліндрі перевищить тиск за нагнітальним клапаном, останній під дією різниці тисків відкривається і відбувається нагнітання газу в нагнітальний патрубок. Цей процес називається *нагнітанням*, він відбувається до тих пір, поки поршень не прийде в крайнє верхнє положення. Об'єм газу в циліндрі компресора в цьому положенні мінімальний – це мертвий об'єм, інколи його називають шкідливим об'ємом. Газ знаходиться в мертвому об'ємі під тиском, і, коли відбувається рух поршня від в.м.т. до н.м.т., він розширюється, займаючи якусь долю робочого об'єму циліндра і заважаючи увійти свіжій порції газу. Процес розширення газу з мертвого об'єму називається процесом *розширення*.

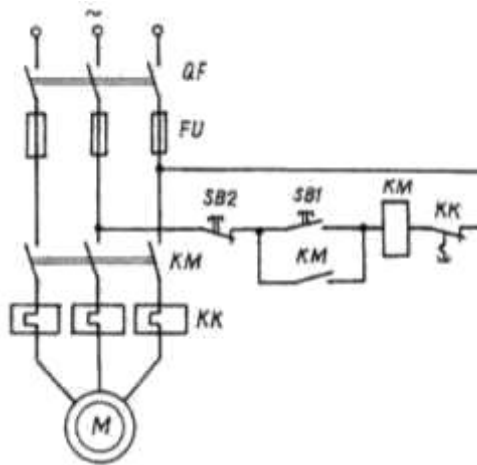
Таким чином, в циліндрі компресора при одному ході поршня (одному такті) відбуваються розширення і всмоктування газу, а при іншому – стискування і нагнітання. Такий компресор називається компресором з циліндрами простої дії. За такою схемою виконують компресори малої продуктивності. Ця схема відрізняється простотою, але порожнина циліндра, звернена до картера, залишається неробочою. Отже, збільшуються діаметри циліндрів, зростають втрати енергії на механічне тертя в циліндрах і механізмі руху, зростають витрати через поршневі кільця.

В принципі, можливо використовувати порожнину циліндра з боку картера. Для цього використовують схему компресора (рис.4.32,б) крейцкопфа зі штоком. Циліндри, в яких робочі процеси відбуваються по обидві сторони поршня, називаються циліндрами подвійної дії, а компресори – компресорами з циліндрами подвійної дії. Робочі процеси в циліндрах подвійної дії відбуваються одночасно в обох площинах, але процеси зміщені за часом на тривалість ходу поршня. Передача руху від кривошипно-шатунного механізму до поршня здійснюється через шток і крейцкопф (повзун), який рухається що спеціальних направляючих. Компресори, що мають крейцкопф, називаються *крейцкопфами*.





Одночасно замикається контакт КМ, який шунтує кнопку SB1 (кнопку тепер можна відпустити). Відбувається розгін двигуна на його природній характеристиці.



Для зупинки двигуна натискають кнопку зупинки SB2. При цьому розмикається коло живлення котушки контактора пускача, контактор КМ втрачає живлення і відмикає двигун від мережі. Починається процес гальмування двигуна вибігом під дією моменту навантаження на його валу.

5.1.2 Схема реверсивного керування трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором

Якщо ввімкнути вимикач QF , то після натискання кнопки SB 1 через блок-контакт контактора КМ2 одержує живлення котушка контактора КМ1. Це призводить до вмикання

контактора КМ1, замикання головних контактів КМ1 і підмикання асинхронного двигуна до джерела живлення. Ротор двигуна починає обертатися.

Для реверсування або зупинки двигуна треба спочатку натиснути на кнопку *SB3*, що призводить до вимкнення контактора КМ1, а потім на кнопку *SB2*, якою розривається коло котушки контактора КМ1 і вмикається коло котушки контактора КМ2. Вмикання контактора КМ2 забезпечує зміну послідовності фаз у колах статора двигуна, внаслідок чого магнітне поле асинхронного двигуна змінює свій напрямок обертання і починається процес реверсування, який складається з двох етапів: гальмування противмиканням і розгін у протилежному напрямку.

У разі необхідності зупинки при досягненні двигуном нульової швидкості треба натиснути на кнопку *SB3*, що призведе до вимкнення двигуна від мережі живлення і повернення схеми до вихідного положення. Якщо кнопку *SB3* не натискати, то це призведе до розгону асинхронного двигуна у зворотному напрямку.

Блокувальні контакти контакторів КМ1 і КМ2 не допускають вмикання контакторів обох напрямків обертання двигуна при випадковому одночасному натисканні пускових кнопок *SB1* і *SB2*.

Крім того, у реверсивних магнітних пусках інколи передбачається механічне блокування. Це — важлива система, яка запобігає вмиканню одного контактора, якщо увімкнено інший. Використання в схемі автоматичного вимикача *QF* виключає можливість роботи привода при обриві однієї фази, при однофазному короткому замиканні, як це має місце при установці запобіжників; він також не потребує заміни елементів, як у запобіжниках при згорянні плавкої вставки.

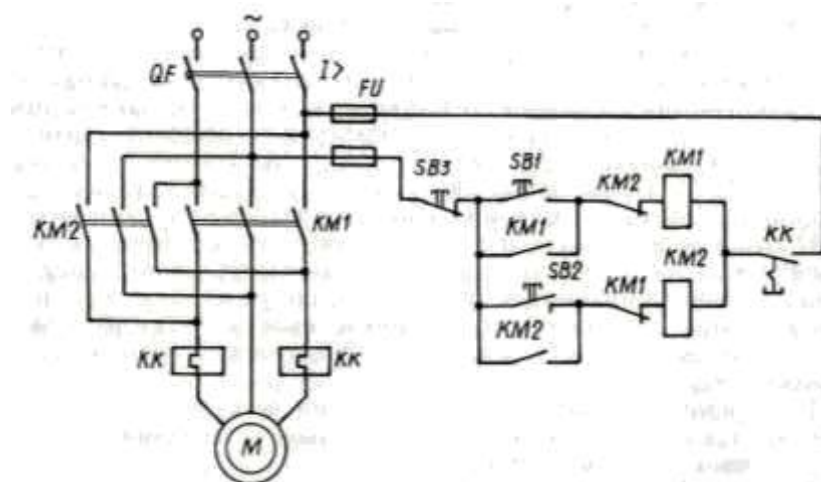


Рис. 5.2 - Схема реверсивного керування трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором

5.1.3 Динамічне гальмування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

При необхідності гальмування двигуна після його вимкнення з мережі застосовують динамічне гальмування. Динамічне гальмування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором реалізується внаслідок підмикання обмоток статора до джерела постійного струму через додатковий резистор R_d (рис.5.3). Гальмування двигуна здійснюється натисканням на кнопку $SB1$, яка вимикає контактор $KM1$ і вмикає контактор $KM2$. Двигун вимикається із мережі змінного струму і вмикається у мережу постійного струму. Відмикання мережі постійного струму здійснюється за допомогою реле часу KT , яке через певний проміжок часу розриває коло контактора $KM2$, а отже, й обмотки статора. Схема повертається у початкове положення.

Інтенсивність динамічного гальмування регулюється резистором R_d , з допомогою якого встановлюється необхідний струм у статорі асинхронного двигуна.

Для запобігання одночасному підключенню статора до джерел змінного і постійного струму в схемі використано вузол типового блокування за допомогою блок-контактів контакторів $KM1$ і $KM2$ у колах котушок цих апаратів.

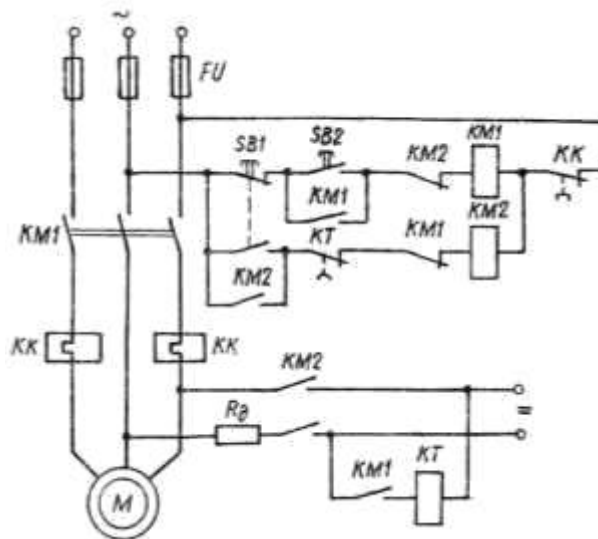


Рис.5.3 - Схема динамічного гальмування асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

5.1.4 Схема керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором з застосуванням автоматичного вмикання резервного двигуна

Двигун $M1$ є робочим, а $M2$ резервним (рис.5.4). Вимикачі замикаються в такій послідовності: $S1$, $S2$. В результаті цього починає працювати двигун $M1$.

Одночасно розмикаються контакти $K1$, які з'єднані послідовно з котушкою $K2$. Таким чином, двигун $M2$ підготовлено до пуску. В разі відсутності струму в котушці $K1$, тобто при зупинці першого двигуна, контакти $K1$ у колі керування другим двигуном зами-

каються. Тепер по котушці K2 проходить струм, у результаті чого двигун M2 починає працювати.

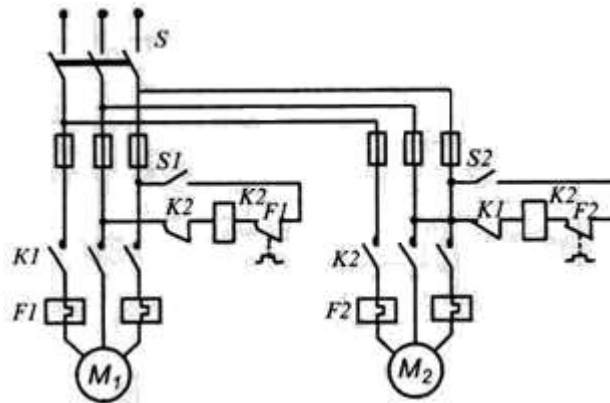


Рис.5.4 - Схема керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором з застосуванням автоматичного вмикання резервного двигуна

5.1.5 Схема керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором, увімкненими в технологічну лінію для транспортування сипких матеріалів

Схема керування асинхронними двигунами, увімкненими в технологічну лінію для транспортування сипких матеріалів, яка вміщує чотири конвейєри. Продукт, що переміщується з бункера 1, надходить на перший конвейєр, потім на другий і т.д., з останнього конвейєра продукт розвантажується в бункер. Відповідно до технологічної схеми першим повинен увімкнутися конвейєр 1, потім 2 і т. д. У цьому випадку неможливе переповнення продуктом непрацюючого конвейєра. На рис. 5.5 показано схему керування конвейєрною лінією.

Вона містить чотири двигуни $M1$, $M2$, $M3$, $M4$ з короткозамкненими роторами; чотири триполюсні контактори $K1$, $K2$, $K3$, $K4$ з головними контактами $K1$, $K2$, $K3$, $K4$ і блок-контактом $K1$ вісім теплових реле $F1$, $F2$, $F3$. . . , $F8$, три маятникові реле часу з контактами FBI , $FB2$, $FB3$; чотири сигнальні лампи $ЛС1$, $ЛС2$, $ЛС3$, $ЛС4$, що запалюються при вмиканні відповідного двигуна і гаснуть при його вимиканні; один датчик рівня продукту BH у бункері 2, пускові кнопки SB і кнопки зупинки $SB1$.

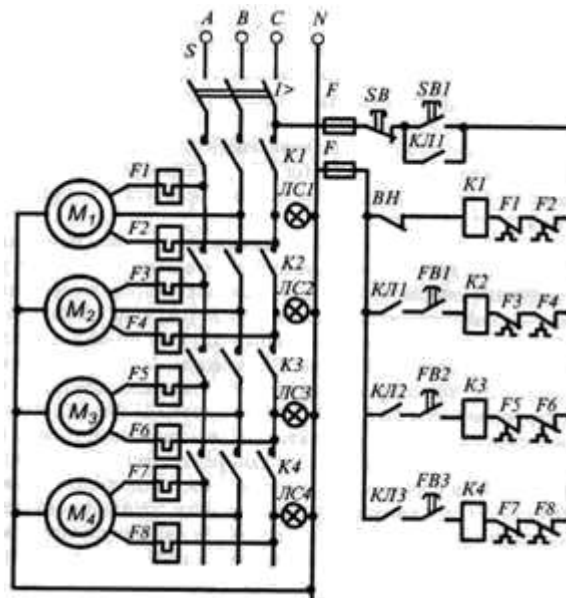


Рис. 5.5 - Схема керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором, увімкненими в технологічну лінію для транспортування сипких матеріалів

При вмиканні кнопки *SB1* струм від фази *C* проходить через запобіжник *F*, кнопки *SB* і *SB1*, контакти теплових реле *F2*, *F1* обмотку контактора *K1*, контакт датчика рівня *BH*, нульовий провід контактора *K1* спрацьовує і через головні контакти *K1* двигун *M1* приєднується до мережі; при цьому запалюється сигнальна лампа *ЛС1*. Одночасно замикається контакт *K2*, готуючи до вмикання коло контактора *K3*. З контактором *K2* зв'язане реле часу, при спрацюванні якого контакт *FB2* вмикає контактор *K3* і двигун *M3* приєднується до мережі, одночасно запалюється лампа *ЛС3*. Аналогічно вмикається двигун *M4*. Якщо, припустимо, вимкнувся двигун *M1*, то контакт *K1* розімкнеться, знеживиться обмотка контактора *K2* і вимкнеться двигун *M2*. При цьому розімкнеться контакт *K2* і вимкнеться двигун *M3*, а контакт *K3* вимкне й останній двигун. Одночасно з вимиканням двигунів гаснуть сигнальні лампи. Якщо бункер заповнений, то спрацьовує датчик рівня *BH*, розмикаючи коло контактора *K1* і всі двигуни зупиняються для запобігання переповнення бункера.

5.2 Схеми керування асинхронним двигуном з фазовим ротором

Керування асинхронними двигунами з фазовим ротором здійснюється через перемикання резисторів у колах ротора. Процеси пуску, реверсування і гальмування двигунів виконуються за заданою програмою, яка найбільш прийнятна для двигуна та механізму. Найпоширенішими є схеми керування, які забезпечують розгін і гальмування асинхронного двигуна в функції часу, швидкості або струму.

5.2.1 Схема автоматичного керування реверсивним двигуном з фазовим ротором з застосуванням пуску в функції струму та автоматизацію гальмування противмиканням при реверсуванні у функції швидкості

Схему керування реверсивним асинхронним двигуном із фазовим ротором наведено на рис. 5.6. Вона забезпечує автоматизацію пуску в функції струму та автоматизацію гальмування противмиканням при реверсуванні у функції швидкості. Для пуску двигуна командоконтролер ВК переводять із нульового у третє положення (наприклад, «вперед»). При цьому вмикається контактор КМВ, який своїми контактами підмикає статор двигуна до мережі, слідом за цим вмикається контактор противмикання КМП. Реле противмикання КРП при цьому не спрацьовує, тому що напруга на кільцях ротора під час пуску для цього недостатня. Контактор КМП замикає опір гальмування R_{YX} , який не використовується під час пуску, і починається розгін.

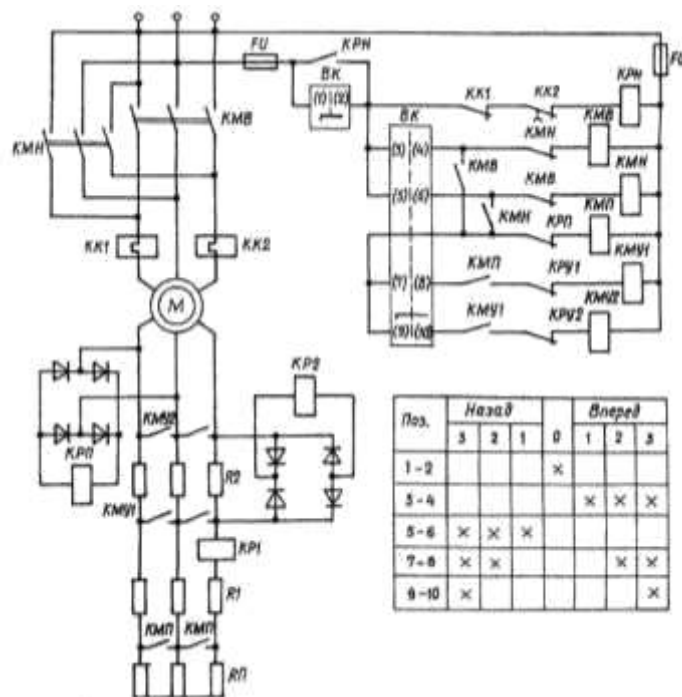


Рис. 5.6 - Схема автоматичного керування реверсивним двигуном з фазовим ротором з застосуванням пуску в функції струму та автоматизацію гальмування противмиканням при реверсуванні у функції швидкості

Після увімкнення контактора КМП у роторі утворюється пік пускового струму, що викликає увімкнення реле КР1 і КР2, які своїми контактами розмикають коло котушок контакторів прискорення КМУ1 і КМУ2. Під час розгону двигуна зменшується струм у роторі, і коли він досягає значення струму перемикавання, на який настроєно реле КР1, якір останнього відпускається і контакти його в колі котушки контактора КМУ1 замикаються. Контактор КМУ1 вмикається і шунтує ступінь пускового опору R_I . Струм у колі ротора

знову зростає, і збільшується спад напруги на опорі R_2 , що призводить до вмикання реле КРУ2. При подальшому розгоні двигуна струм у колах ротора зменшується, при досягненні струму перемикавання КРУ2 вимикається і своїм контактом у колі котушки контактора КМУ2 вмикає цей контактор. Контактор КМУ2 замикає останній ступінь пускового опору R_2 , після чого двигун розганяється до ustalеної швидкості вже при відсутності опорів у колах ротора.

Для зупинки двигуна без гальмування командоконтролер ВК встановлюють у нульове положення. Це призводить до відмикання всіх раніше увімкнутих контакторів (КМУ2, КМУ1, КМП, КМВ) і відмикання двигуна від мережі. Двигун після цього зупиняється під дією моменту навантаження. Для швидкої зупинки або для реверсування командоконтролер ВК із робочого положення для одного напрямку обертання переводять через нульове положення в одне з робочих положень для іншого напрямку обертання. У цьому разі при переведенні через нульове положення командо-контролера, як і раніше, відмикаються всі контактори. При встановленні ручки командоконтролера у робоче положення іншого напрямку обертання увімкнеться контактор КМН, який своїми контактами приєднує обмотку статора двигуна до мережі при чергуванні фаз, протилежному попередньому. Внаслідок того що ротор двигуна ще продовжує обертатися у попередньому напрямку, ковзання його відносно поля статора буде значно більшим (більше одиниці) і е.р.с. ротора, яка пропорційна ковзанню, буде значно більшою за е.р.с. яка була під час пуску двигуна. Це призводить до увімкнення реле противмикання КРП і до розмикання його контактів у колі контактора КМП. Внаслідок цього інтенсивно відбувається гальмування противмиканням при наявності в колі ротора повного опору (R_{II} , R_1 , і R_2). Тому струм ротора під час гальмування противмиканням буде обмежений допустимою величиною, незважаючи на наявність значної е.р.с. ротора.

У міру того, як знижується швидкість двигуна, зменшується е.р.с. і струм ротора. Під час зупинки напруга на кільцях ротора зменшується до напруги відпускання реле КРП, яке відпускає якір і замикає свій контакт у колі котушки контактора КМП. Останній вмикається і шунтує опір R_{II} . Надалі апаратура працюватиме у послідовності, вказаній для розгону двигуна. У цій схемі відсутнє автоматичне вимикання двигуна після закінчення гальмування противмиканням. Тому під час гальмування треба стежити за швидкістю двигуна і в момент його зупинки встановити ручку командоконтролера в нульове положення, щоб запобігти розгону двигуна в протилежному напрямку.

5.2.2 Схема автоматичного керування двигуном з фазовим ротором з застосуванням пуску в функції часу в одну ступінь і гальмування противмиканням в функції ЕРС

На рис. 5.7 зображена схема автоматичного керування двигуном з застосуванням пуску в функції часу в одну ступінь і гальмування противмиканням в функції ЕРС. Перемикач П виконує функцію апарата керування. Захист від струмів КЗ здійснюють запобіжники FA, а захист від обриву у колі обмотки збудження-реле КР. В схемі передбачено 2 тиристорні блоки V1 та V2, які застосовуються для керування електродвигуном. Захист від струмів к. з. та струмів перевантаження здійснює автоматичний вимикач QF.

Після увімкнення контактора КМ1 у роторі утворюється пік пускового струму, що викликає увімкнення реле KV, які своїми контактами розмикає коло котушок контакторів прискорення КМ3 і КМ4. Під час розгону двигуна зменшується струм у роторі, і коли він досягає значення струму перемикання, на який настроєно реле KV, якір останнього відпускається і контакти його в колі котушки контактора КМ3 замикаються. Контактор КМ3 вмикається і шунтує ступінь пускового опору R_{d1} . Струм у колі ротора знову зростає, і збільшується спад напруги на опорі R_{d1} , що призводить до вмикання реле КТ. При подальшому розгоні двигуна струм у колах ротора зменшується, при досягненні струму перемикання КМ4 вимикається і своїм контактом у колі котушки контактора КМ4 вмикає цей контактор, який замикає останній ступінь пускового опору R_{d2} , після чого двигун розганяється до ustalеної швидкості вже при відсутності опорів у колах ротора.

Для зупинки двигуна без гальмування командоконтролер П встановлюють у нульове положення. Це призводить до відмикання, всіх раніше увімкнутих контакторів і відмикання двигуна від мережі. Двигун після цього зупиняється під дією моменту навантаження. Для швидкої зупинки або для реверсування командоконтролер П із робочого положення для одного напрямку обертання переводять через нульове положення в одне з робочих положень для іншого напрямку обертання. У цьому разі при переведенні через нульове положення командо-контролера, як і раніше, відмикаються всі контактори. При встановленні ручки командоконтролера у робоче положення іншого напрямку обертання увімкнеться контактор КМ2, який своїми контактами приєднує обмотку статора двигуна до мережі при чергуванні фаз, протилежному попередньому. Внаслідок того, що ротор двигуна ще продовжує обертатися у попередньому напрямку, ковзання його відносно поля статора буде значно більшим (більше одиниці) і е.р.с. ротора, яка пропорційна ковзанню, буде значно більшою за е.р.с, яка була під час пуску двигуна. Це призводить до увімкнення реле KV і до розмикання його контактів у колі контактора КМ4. Внаслідок цього інтенсивно відбувається гальмування противмиканням при наявності в колі ротора повного опору. Тому струм ротора під час гальмування противмиканням буде обмежений

допустимою величиною, незважаючи на наявність значної е.р.с. ротора.

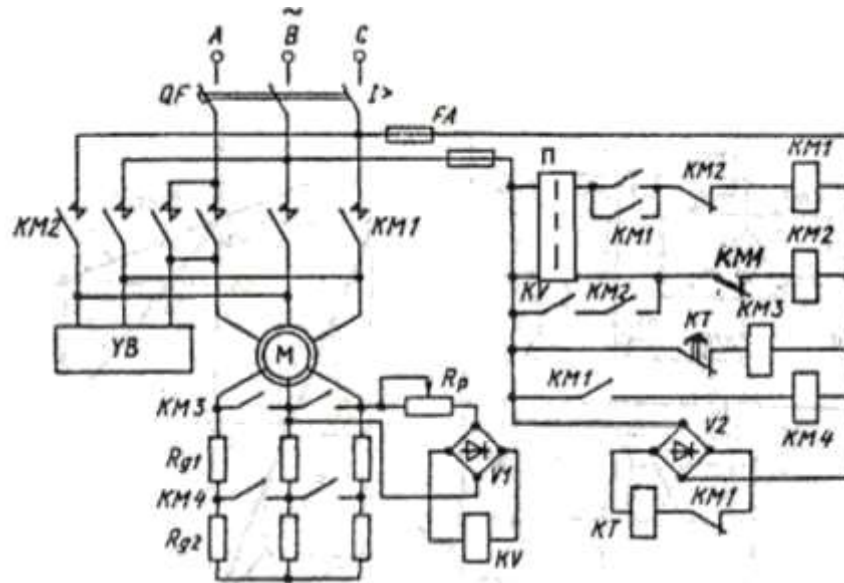


Рис.5.7 - Схема автоматичного керування двигуном з застосуванням пуску в функції часу в одну ступінь і гальмування протидіям в функції ЕРС

ТЕМА 6 ПРОЕКТУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

6.1 Освітлення. Види освітлення. Виконання освітлення. Схеми освітлення

Площа та окремі об'єкти вимагають освітлення, для чого застосовуються освітлювальні електроустановки.

Освітлювальні електроустановки-це електротехнічні пристрої, призначені для освітлення об'єктів. Вони складаються з таких частин:

- РП (щиток) освітлення;
- джерело світла;
- електричні мережі освітлення;
- освітлювальна арматура;
- підтримуючі конструкції та деталі.

Залежно від призначення, електричне освітлення може бути наступних видів:

-загальне-передбачається для освітлення всього приміщення; -місцеве-використовується для освітлення визначених місць; -комбіноване-поєднання загального та місцевого освітлення.

Також освітлення класифікується на робоче, аварійне та евакуаційне:

- робоче освітлення-призначене для забезпечення нормальних умов виробництва;
- аварійне освітлення- призначене для забезпечення умов виробництва при відключенні робочого освітлення;
- евакуаційне освітлення- призначене для евакуації людей.

Аварійне та евакуаційне освітлення може суміщуватись. Освітлювальні електроустановки живляться від шин НН(0,38 кВ)ТП. Від шин ТП відходять лінії,які приєднуються через автомат (рубильник) до головного щита. Розглядаються найбільш типові схеми живлення освітлення (рис.6.1 – 6.4).

На рис.6.1 представлені варіанти схем живлення освітлювальної електроустановки. Як видно з нього, при живленні від однотрансформаторної підстанції (рис.6.1,а), живлення різних навантажень (робочого і аварійного освітлення, а також силового навантаження) рекомендується проводити окремими лініями від шин НН; якщо ТП-двотрансформаторна, робоче і аварійне освітлення живиться від різних трансформаторів (рис.6.1,б).

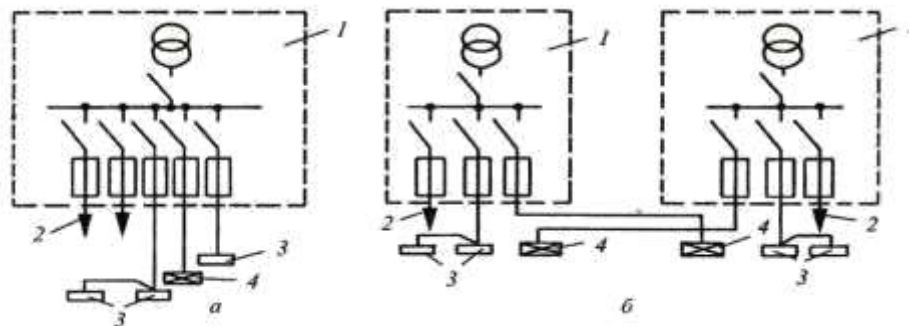


Рис.6.1- Варіанти схем живлення освітлювальної електроустановки: а- від однотрансформаторної ТП; б- від двотрансформаторної ТП;1-ТП; 2-силове навантаження; 3,4- відповідно щиток робочого та аварійного освітлення

Блок-схема розподілу електроенергії наведена на рис.6.2, де встановлені допоміжні проміжні магістральні щитки (за необхідністю). За наявності розподільчого щита живлення освітлювальних електроустановок здійснюється самостійними лініями через комутаційні та захисні апарати даного розподільчого щита живлення.

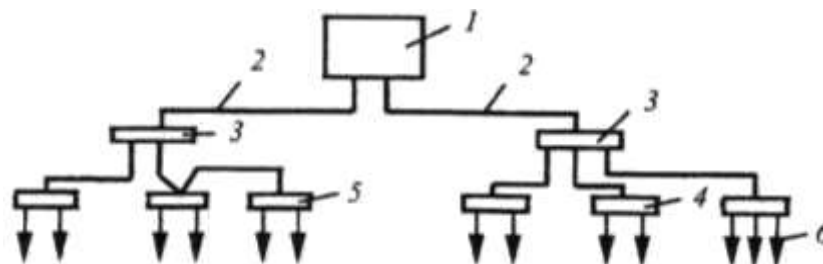


Рис.6.2 - Блок-схема розподілу електроенергії: 1-ТП; 2-живильна лінія; 3-магістральний щит; 4,5 - відповідно щит робочого та аварійного освітлення; 6-лінія групової мережі освітлення.

Кожна лінія, яка відходить від ТП або РП, живить один або декілька щитків освітлення. Коли щитки розміщені на великій відстані від ТП або РП, то вони живляться від розподільчого щита живлення через допоміжні проміжні магістральні щитки (рис.6.3).

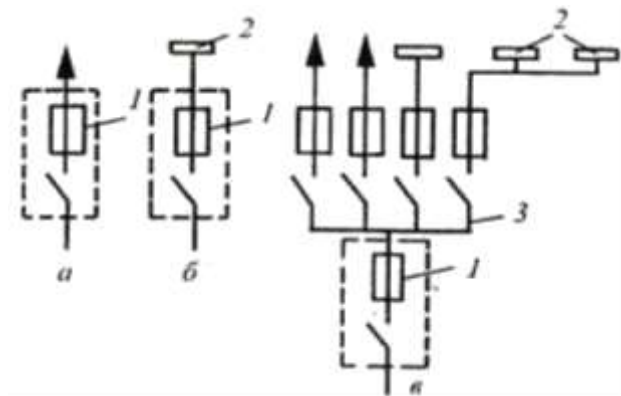


Рис.6.3 - Схеми розподільчого щита живлення: а) живлення освітлення від ввідного щита; б) живлення освітлення від групового щита 2 ; в) живлення освітлення від магістрального щита 3

У великих цехах підприємств живлення електроприймачів здійснюється, як правило, від двотрансформаторної підстанції. Наявність двох трансформаторів дає змогу встановити між двома магістралями освітлення секційний вимикач (рис.6.4), який забезпечує безперебійне живлення освітлення і силового навантаження на випадок вимикання одного з трансформаторів.

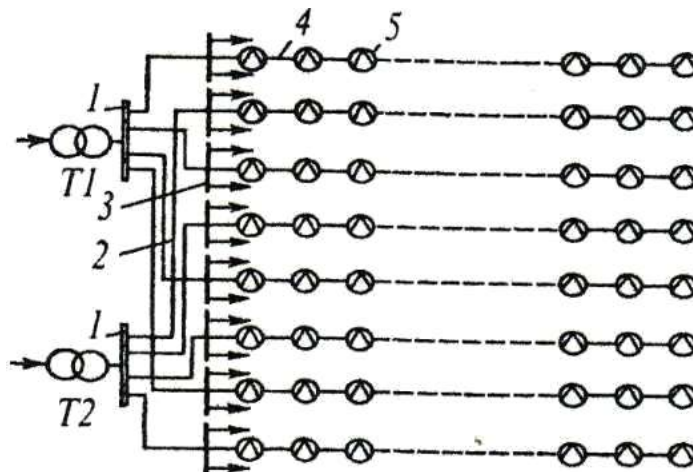


Рис.6.4 - Схема живлення мережі освітлення від двотрансформаторної підстанції

6.2 Конструкція освітлювальних електроустановок

Склад освітлювальних електроустановок розглянений в п. 6.1. Нижче детально розглядається конструкція кожної складової.

6.2.1 РП(щитки) освітлення

РП (щит) освітлення слугує для приймання та розподілення електроенергії в освіт-

лювальних електроустановках. Сучасна промисловість випускає безліч РП (щитків) освітлення, які розрізняються між собою конструкцією, розмірами, апаратурою і т.д. В РП (щитках) освітлення встановлюється комутаційна та захисна апаратура, розподільчі коробки зажимів, електролічильник (за необхідністю). Конструкція типового щитка освітлення наведена на рис.6.5.

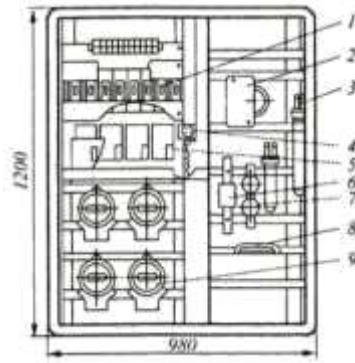


Рис.6.5 - Конструкція типового щитка освітлення: 1,5-автомат; 2,6,7,8- розподільчі коробки зажимів; 3-кабельна муфта; 4-штепсельний роз'єм; 9-електролічильник

6.2.2 Джерела світла

У сучасних освітлювальних електроустановках найбільш розповсюджені такі джерела освітлення(лампи):

- розжарювання;
- галогенні;
- газорозрядні.

Нижче розглядається конструкція кожної з ламп більш детально.

6.2.2.1 Лампи розжарювання

Конструкція лампи розжарювання зображена на рис.6.6. Основним елементом лампи є тіло розжарювання 2 (вольфрам з різними присадками), яке кріпиться за допомогою молибденових гачків 3, які впаяні в лінзочку 4 штабика 5. Для подавання напруги на тіло розжарювання призначені електроди 6, середня частина яких вплавлена в скло лопатки 7. Один з електродів з'єднаний з цоколем 9, що має вигляд металевого стакану з різьбою. Другий електрод з'єднаний з нижнім контактом 11(латунь), який кріпиться до цоколя за допомогою ізолятора 10 (скломаса). До цоколя кріпиться скляна колба, діаметр якої залежить від потужності лампи.

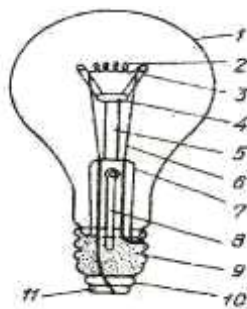


Рис.6.6 - Конструкція лампи розжарювання:1-колба;2- тіло розжарювання; 3- молібдєнові гачки; 4-лінзочка; 5-штабик; 6-електроди; 7-лопатка; 8-відкачувальна трубка; 9-цоколь;10-ізолятор;11-нижній контакт

6.2.2.2 Галогенні лампи

Конструкція галогенної лампи зображена на рис.6.7. Колба 1 лампи виконана у вигляді трубки із кварцового скла, по вісі якої розташовується тіло розжарювання у вигляді спіралі 2. Вводи в кварц виготовлені із смужок молібденової фольги 4, яка запресована в сплюснуті кінці кварцової трубки. Внутрішня частина електродів складається з вольфраму 3, зовнішні виводи - з молібдену 5. У лампах великої потужності, які мають довгу спіраль, для запобігання її провисання застосовують вольфрамові підтримки 7. Колба лампи наповнюють інертним газом.

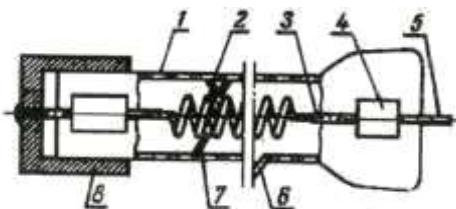


Рис.6.7 - Конструкція галогенної лампи:1-колба; 2- тіло розжарювання; 3,5 - електроди; 4-молібденова фольга; 7- вольфрамові підтримки; 6-відкачувальна трубка; 8-цоколь

6.2.2.3 Газорозрядні лампи

У сучасних газорозрядних лампах використовується електричний розряд в інертному газі і парах ртуті. Залежно від тиску парів ртуті лампи діляться на лампи низького (люмінесцентної лампи) ,високого та надвисокого тиску.

6.2.2.3.1 Газорозрядні лампи низького тиску(люмінесцентні)

Конструкція люмінесцентної лампи зображена на рис.6.8. Лампа-це довга скляна трубка 1, внутрішня поверхня якої вкрита шаром люмінофору. На обох кінцях трубки є цоколі 4, на яких закріплені електроди 3 з вивідними контактними шпильками. Електроди-

це вольфрамова спіраль з нанесенням на неї шаром активної речовини. З колби відкачено повітря і введено аргон.

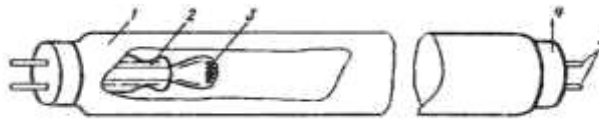


Рис.6.8 - Конструкція люмінесцентної лампи : 1- скляна трубка; 2- скляні ніжки; 3- електрод; 4-цоколь; 5-вивідний контакт

6.2.2.3.2 Газорозрядні лампи високого тиску

Газорозрядні лампи високого тиску - найбільш високоєфективні джерела світла. Вони випускаються таких типів:

- дугова ртутна люмінесцентна лампа(ДРЛ);
- дугова ртутна лампа з йодистими добавками(ДРЙ);
- дугова натрієва трубчаста лампа (ДНаТ);
- ксенонова трубчаста лампа (ДКсТ).

6.2.2.3.2.1 Дугова ртутна люмінесцентна лампа(ДРЛ)

Основним елементом лампи ДРЛ (рис.6.9) є кварцовий паяльник 5 у вигляді трубки з термостійкого скла, яка заповнена аргоном з додаванням дозованої краплі ртуті при високому тиску. У трубку впаяно два основних 3 та два допоміжних 1 електроди. Допоміжні електроди розміщено на відстані 2 мм від основних і приєднано до протилежних основних електродів через резистор 4.

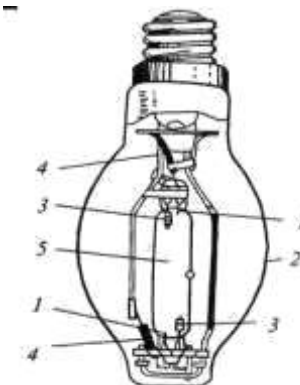


Рис.6.9 - Конструкція лампи ДРЛ: 1,3-відповідно основний та допоміжний електроди; 2-колба; 4- резистор; 5-кварцовий паяльник

Кварцовий паяльник розміщено у колбі з тугоплавкого скла, внутрішні стінки якого вкриті тонким шаром люмінофору. Після відкачування повітря з колби її заповнюють люмінофором.

6.2.2.3.2 Дугова ртутна лампа з йодистими добавками(ДРЙ)

Дугова ртутна лампа з йодистими добавками (ДРЙ) конструктивно схожа з лам-пою ДРЛ, але в неї колба не вкрита люмінофором, кварцовий паяльник значно коротший, а всередину колби вводяться разом із ртуттю та аргоном йодидні добавки. Конструкція лампи ДРЙ наведена на рис.6.10.

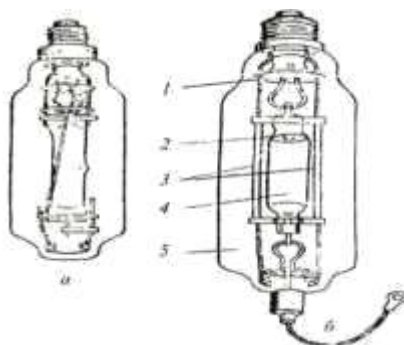


Рис.6.10 - Конструкція лампи ДРЙ повільного(а) та швидкого(б) засвічування:1-екран; 2- електроди; 3-траверси; 4-розрядна трубка; 5-колба

6.2.2.3.3 Дугова натрієва трубчаста лампа (ДНаТ)

Дугова натрієва трубчаста лампа (ДНаТ) складається зі скляної циліндричної колби 7, на тримачах 4,5 розміщується трубка 6 із світлопроникної кераміки. Вакуум у колбі запобігає окисненню ввідів і забезпечує необхідний тепловий режим розрядної трубки. Для поглинання газів, які виділяються з деталей при роботі лампи, на колбу біля ніжки 2 поблизу цоколя 1 напильють бар'євні гетерні кільця 3. Конструкція лампи ДНаТ наведена на рис. 6.11.

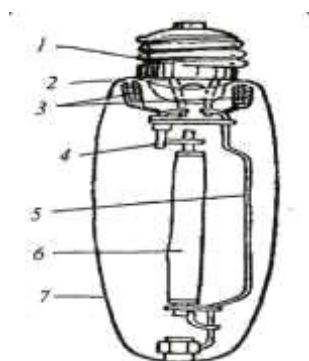


Рис.6.11 - Конструкція лампи ДНаТ:1-цоколь; 2-ніжка;3 - гетерні кільця;4,5 - тримач; 6- трубка; 7-колба

6.2.3 Електричні мережі освітлення

Електричні мережі освітлення можуть виконуватись проводами, кабелями, шиноп-

роводами та повітряними лініями різних перерізів. Більш детально конструкція електричних мереж освітлення вивчається у матеріалі 4 курсу.

6.2.4 Освітлювальна арматура

В освітлювальну арматуру монтуються джерела освітлення, причому для кожного виду джерела застосовується власний вид освітлювальної арматури. Лампи розжарювання та газорозрядні лампи високого тиску найчастіше монтуються в патрони (рис. 21), а потім - в світильники (рис. 6.12). Люмінісцентні лампи, як правило, вставляються в штепсельні з'єднання світильників без використання патрона або з застосуванням спеціального патрона.



Рис. 6.12- Патрон: 1-бічна кришка; 2-осердя; 3-центральный контакт; 4-цоколь

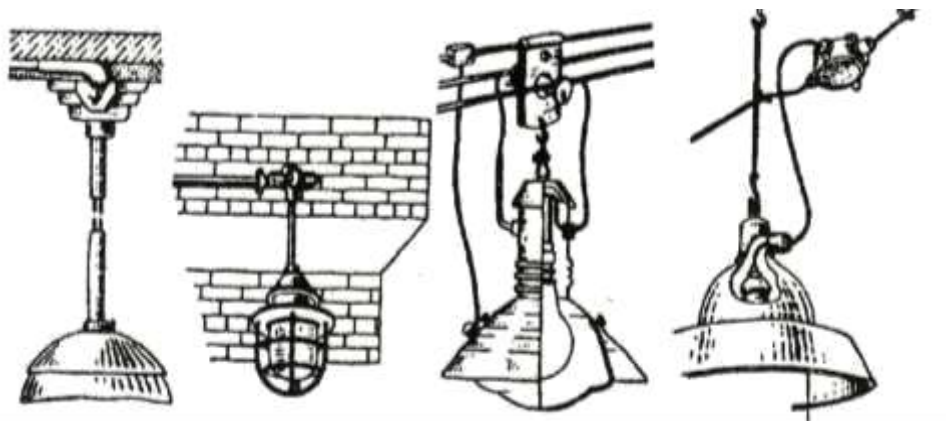


Рис. 6.13 – Світильники

6.3 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 засліп-

лює 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" (СНІП-2-4— 79), ПУЕ (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 додатко-

вій 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 λ (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.

6.4 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. Розрахунковий світловий потік Φ , лм

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta}, \quad (6.1)$$

де E — нормована освітленість, лк;

k — коефіцієнт запасу;

S — площа приміщення, м²;

z — коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N — кількість світильників, шт;

η — коефіцієнт використання світлового потоку.

Порядок розрахунку. Спочатку обґрунтовано вибирається тип джерела світла (ламп 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 λ

$$\lambda = \frac{L}{H_p}, \quad (6.2)$$

де L — відстань між світильниками, м;

H_p — розрахункова висота, м.

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

Кількість світильників n_a, n_b , шт

$$\begin{aligned} n_a &= \frac{A}{\dots} \\ n_b &= \frac{B}{\dots} \end{aligned} \quad (6.3)$$

де A — довжина приміщення, м;

B — ширина приміщення, м.

Кількість всіх світильників N , шт

$$N = n_a n_b, \quad (6.4)$$

Вибирається коефіцієнт відбиття стелі, стін та підлоги.

Визначається індекс приміщення Індекс приміщення i

$$i = \frac{AB}{H_p (A + B)}, \quad (6.5)$$

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 та-

кож 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.

Горизонтальна і вертикальна освітленість E_H , E_V , лк

$$E_H = \frac{I_\alpha}{H_p^2} \cos^3 \alpha, \quad (6.6)$$

$$E_V = \frac{I_\alpha}{H_p^2} \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha, \quad (6.7)$$

де H_p — розрахункова висота, м;

I_α — сила світла в напрямку розрахункової точки, що освітлюється, кд;

α — 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

$$\tan \alpha = \frac{d}{H_p} \quad (6.8)$$

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 α та $\cos^3 \alpha$ або $\cos^2 \alpha$ та $\sin \alpha$.

Сила світла I_α , лм

$$I_\alpha = (I_\alpha)_{1000} \frac{\Phi_L}{1000}, \quad (6.9)$$

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

Φ_L — 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 Φ , лм

$$\Phi = \frac{1000Ek}{\mu\Sigma e}, \quad (6.10)$$

де E — нормована освітленість, лк;

k — коефіцієнт запасу;

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

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

Умовна освітленість e , лк

$$e = \frac{(I_{\alpha}) \cos^3 \alpha}{H_p^2}, \quad (6.11)$$

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

Потужність лампи P , Вт

$$P = \frac{\omega S}{Nn}, \quad (6.12)$$

де S — площа приміщення, м^2 ;

ω — питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

N — кількість світильників, шт.;

n — кількість ламп світильника.

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 λ , 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 ізолокс.

Щільність світлового потоку Φ' , лм/м

$$\Phi' = \frac{1000EkH_p}{\mu\Sigma\varepsilon}, \quad (6.13)$$

де E — нормована освітленість, лк;

k — коефіцієнт запасу;

H_p — розрахункова висота;

μ — коефіцієнт, який враховує дію віддалених світильників і відбитий світловий потік ($\mu = 1,1—1,3$);

ε - відносна освітленість (при $\Phi' = 1000$ лм/м і $H_p = 1$ м).

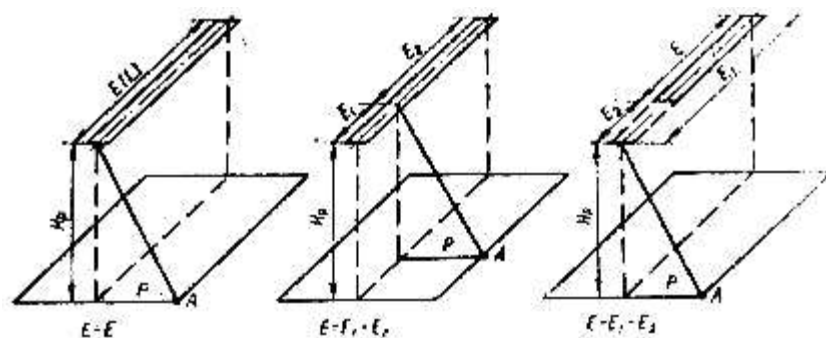


Рисунок 6.1 - Відносна освітленість точок залежно від їх положення відносно світлової лінії

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

Світловий потік Φ_c , лм

$$\Phi_c = \Phi'(l + \lambda), \quad (6.14)$$

де Φ , - 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'

$$p' = \frac{P}{H_p}, \quad (6.15)$$

Відносна відстань по довжині приміщення L'

$$L' = \frac{L}{H_p}, \quad (6.16)$$

Визначається відносна освітленість ε для точки на графіку з координатами p' і L' . При освітленні точки А декількома рядами або їх частинами відносна освітленість визначають від кожного ряду окремо і складають (одержують $\Sigma\varepsilon$). Підраховують щільність потоку Φ' за формулою (6.13). Знаходять повний потік ламп в ряду $\Phi = \Phi' L$ та кількість світильників n_a , шт

$$n_a = \Phi / \Phi_c$$

де Φ_c — світловий потік ламп в світильнику, і рівномірно розміщують їх в ряду.

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

$$E = \frac{\Phi \mu \Sigma \varepsilon}{1000 k H_p L}, \quad (6.17)$$

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

$$\dot{A} = \frac{\dot{O}}{1000 k H_p (l + \lambda)}, \quad (6.18)$$

де l — довжина лампи.

6.5 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 ізолюванні

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.