

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

Методичні рекомендації

до виконання розрахунково-графічної роботи

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти спеціальностей

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та

145 «Відновлювальні джерела енергії та гідроенергетика»

Київ 2024

УДК 621.3 (075.8)

E50

Укладачі : В. І. Ярас; канд. техн. наук, доцент;
Б. О. Трощинський; канд. техн. наук, доцент

Рецензент С.В. Іносов, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск Л.І. Мазуренко, д-р. техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри електротехніки та електроприводу, протокол № 9 від 10 квітня 2024 року.

В авторській редакції.

Електричні апарати : методичні рекомендації до виконання
E50 розрахунково-графічної роботи /уклад. : В. І. Ярас, Б. О. Трощинський. –
Київ : КНУБА, 2024. – 36 с.

Містять методичні рекомендації, що полегшують виконання розрахунково-графічної роботи, список рекомендованої літератури. Наведено правила виконання електричних схем електроустановок.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 145 «Відновлювальні джерела енергії та гідроенергетика».

© КНУБА, 2024

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1. УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМАХ	5
2. ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ ТА ПРАВИЛА ЇХ ВИКОНАННЯ	16
2.1. Схема електрична структурна.....	16
2.2. Схема електрична функціональна	17
2.3. Схема електрична принципова	19
2.4. Схема електрична з'єднань.....	26
2.5. Схема електрична підключень.....	29
2.6. Схема електрична розташування.....	31
<i>Додаток 1</i>	34
<i>Додаток 2</i>	35

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Робочою програмою дисципліни "Електричні апарати" для студентів спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 145 «Відновлювальні джерела енергії та гідроенергетика» передбачено виконання розрахунково-графічної роботи – "Розробка системи керування електродвигуна". У ході виконання даного завдання студентам необхідно за ескізом принципової схеми системи детально пояснити її роботу, а також згідно з Єдиною системою конструкторської документації (ЄСКД) накреслити схеми: електричну принципову, електричну з'єднань панелі шафи керування, електричну підключень системи.

Метою даних методичних рекомендацій є допомога студентам у виконанні розрахунково-графічної роботи і засвоєнні правил графічного оформлення електричних схем.

Склад розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічна робота включає в себе:

1. Титульну сторінку, форма якої наведено у дод. 1.
2. Сторінку з індивідуальним завданням – ескізом принципової схеми установки.
3. Креслення принципової схеми установки.
4. Текст детального пояснення роботи системи.
5. Креслення схеми з'єднань панелі керування.
6. Креслення схеми підключень системи.

Всі креслення повинні бути виконані на аркуші формату А3 або А4 вручну або за допомогою будь-якого комп'ютерного редактору згідно вимогам ЄСКД. Креслення і сторінки з текстовою інформацією повинні мати основні надписи. На схемах (перший лист) рамка основного напису має відповідати рис. Д1 у дод.2. На наступних аркушах креслень використовують форму 2а, рис Д3, дод. 2. Рамка основного напису на першому аркуші текстових конструкторських документів (перший та заголовний лист) відповідає формі 2, рис. Д2, дод. 2. Наступні аркуші тексту мають основний напис за формою 2а, дод. 2. Іншими словами, робота виконується як звичайна технічна документація на пристрій, що розробляє студент.

1. УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМАХ

Електротехнічні пристрої і їхні елементи в електричних схемах зображуються у вигляді умовних графічних позначень, регламентованих державними стандартами. ДСТУ встановлює графічні позначення загального застосування для електричних, гідравлічних, пневматичних і кінематичних схем і спеціальні позначення для кожного виду схем, у тому числі електричних.

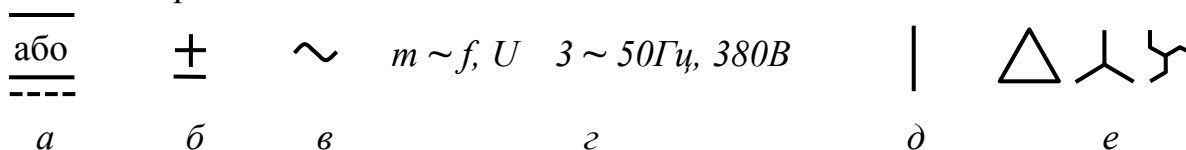


Рис. 1.1

Позначення загального застосування наведені на рис. 1.1–1.10. До них належать рід струму й напруги, зображувані за ГОСТ 2.721–74 (рис.1.1). Тут: рис.1.1, *a* – струм постійний; *б* – полярність постійного струму; *в* – загальне позначення змінного струму із вказівкою (рис.1.1, *г*) числа фаз *m*, частоти *f* і напруги *U*, наприклад трифазний змінний струм частотою 50 Гц і напругою 380 В (на зображенні можна вказувати тільки *m*, або *f*, або *U*).

З'єднання обмоток вказуються за ГОСТ 2.721–74: рис.1.1, *д* – однофазна обмотка і рис.1.1, *е* – трифазна із з'єднанням у трикутник, зірку та зигзаг.

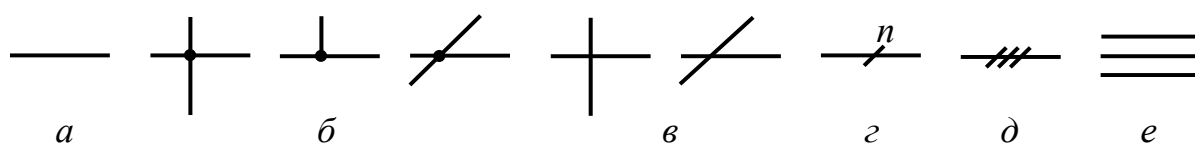


Рис. 1.2

Лінія електричного зв'язку (провід, кабель) за ГОСТ 2.721–74 позначається тонкою лінією (рис.1.2, *a*); її з'єднання – із крапкою (рис.1.2, *б*), перетинання – без крапки (рис.1.2, *в*). Товщини ліній *b* у разі виконання схем вручну й за допомогою графічних пристроїв вибираються від 0,18 до 1,4 мм залежно від обраного формату креслення й розмірів умовних графічних позначень елементів. Усього на кресленні рекомендується застосовувати не більше трьох типорозмірів ліній по товщині – тонку *b*, товщину *2b* і товсту *3b – 4b*.

Група ліній електричного зв'язку, що мають одне функціональне призначення, може позначатися в однолінійному із вказівкою числа ліній n (рис.1.2, z) і багатолінійному зображеннях із вказівкою всіх ліній, наприклад трьох (рис. 1.2, e). Допускається у випадку однолінійного зображення замість вказівки числа n зображувати n рисок, наприклад три (рис. 1.2, d).

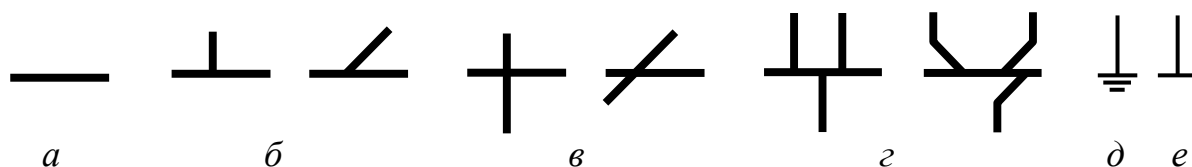


Рис. 1.3

Група ліній, що мають різне функціональне призначення, може поєднуватися в лінію групового зв'язку, зображувану товстою суцільною лінією (рис.1.3, a) з її відгалуженнями (рис.1.3, b) і перетинаннями (рис.1.3, $в$). Злиття ліній електричного зв'язку в групову можна здійснювати під кутом 90 або 45^0 (рис.1.3, z). Лінія електричного зв'язку може з'єднуватися із заземленням (рис.1.3, d) і корпусом електротехнічного пристрою (рис.1.3, e).

Лінія механічного зв'язку на електричних схемах за ГОСТ 2.721–74 зображується штриховою лінією (рис.1.4, a), із зазначенням напрямку передачі руху (рис.1.4, b), з еластичним елементом (рис.1.4, $в$), з'єднання лінії механічного зв'язку – із крапкою (рис.1.4, z), перетинання – без крапки (рис.1.4, d). У випадку невеликої відстані між пристроями, що мають механічний зв'язок, де лінію механічного зв'язку зобразити штриховою лінією неможливо, її допускається зображувати двома суцільними лініями (рис.1.4, e).

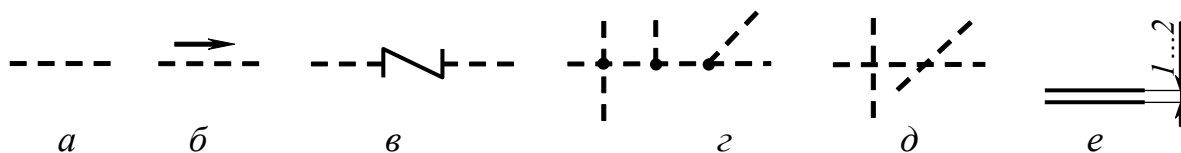


Рис. 1.4

Під час зображення електричних машин використовують спрощений і розгорнутий способи побудови умовних графічних позначень за ГОСТ 2.722-68. У разі спрощеного способу обмотки статора й ротора асинхронних машин зображують у вигляді окружностей (рис.1.5, $a...z$). Рис.1.5, z – генератор. У середині окружностей можна вказувати схему з'єднання обмотки, наприклад обмотки статора – у зірку, а ротора – у трикутник

(рис.1.5, з). Виводи обмоток показуються в однолінійному й багатолінійному зображеннях. У разі однолінійного зображенні виводи показують однією лінією, із вказівкою на ній кількості виводів відповідно до ГОСТ 2.751-73 (див. рис. 1.1), наприклад трифазні машини з короткозамкненим ротором (рис.1.5, а), і з фазним ротором (рис.1.5, б). За багатолінійного зображенні показують всі лінії відповідно до числа фаз, наприклад трифазні (рис.1.5, в,г). Виводи можна розташовувати із будь-якої сторони зображення. У разі розгорнутого способу обмотки статора й фазного ротора зображують у вигляді ланцюжків півкіл і розташовують з урахуванням геометричного зрушення осей фазних обмоток (рис.1.5, д) і без нього (рис.1.5, ж). Допускається використовувати змішане зображення, наприклад обмотки статора – розгорнутим способом, обмотки ротора спрощеним (рис.1.10, д або е) і навпаки (рис.5, ж).

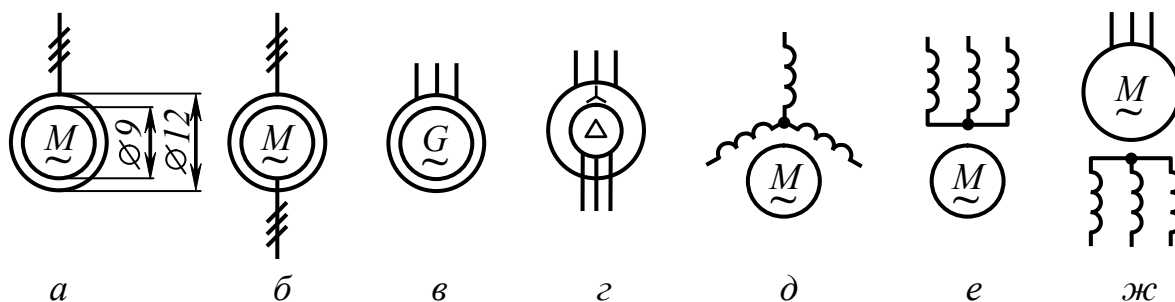


Рис. 1.5

У синхронних машинах обмотки зображують також спрощеним (однолінійним, багатолінійним) або розгорнутим способом, але із зазначенням конструкції ротора. Наприклад, синхронна трифазна машина з обмоткою збудження на явнополюсному (рис.1.6, а,б) або на неявнополюсному (рис.1.6, в,г) роторі з обмоткою статора, з'єднаною в зірку (рис.1.6, а,б) або в трикутник (рис.1.6, в,г). За умови наявності на роторі короткозамкненої пускової обмотки (демпферної клітці) вона зображується, як в асинхронних машин (рис.1.6, д,е).

У машинах постійного струму (рис. 1.7) обмотка якоря зображується у вигляді окружності, а обмотка збудження – у вигляді ланцюжків півкіл, кількість яких визначає вид обмотки. Двома півколами зображують обмотку додаткових полюсів (рис.1.7, а), трьома – обмотку послідовного збудження (рис.1.7, б,в) і чотирма – обмотку паралельного (рис.1.7, г) і незалежного (рис. 1.7, д,е) збудження. Розташовують обмотки якоря й збудження з

урахуванням (рис.1.7, в,е) і без урахування (рис.1.7, б,з,д) напрямку магнітного поля, створюваного обмоткою.

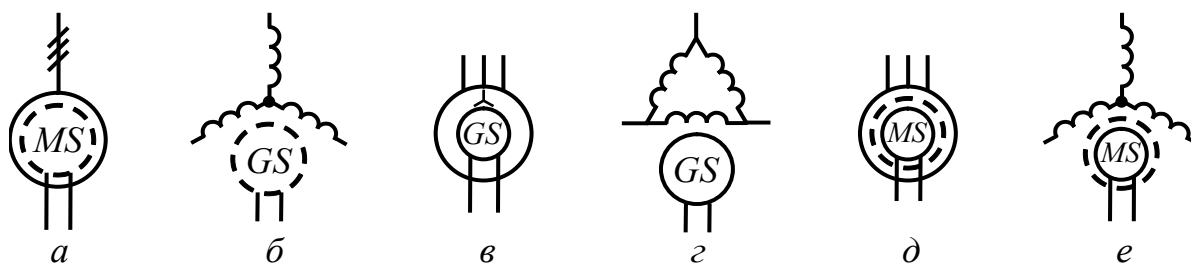


Рис. 1.6

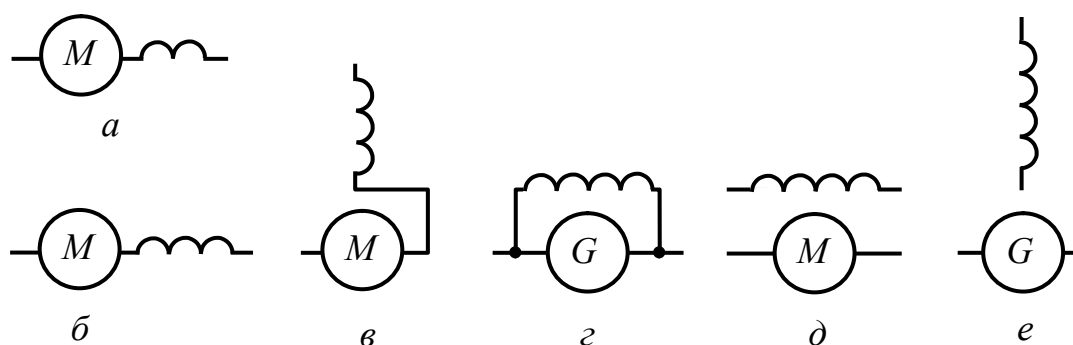


Рис. 1.7

Зображуючи трансформатори і автотрансформатор за ГОСТ 2.723-68, також використовуються спрощені однолінійний, багатолінійний і розгорнутий способи.

У випадку спрощених способах обмотки трансформаторів напруги (рис.1.8, а,б) і автотрансформаторів (рис.1.8, е) зображують у вигляді окружностей, а виводи у разі однолінійного способу – однією лінією із вказівкою кількості виводів, наприклад трьох (рис.1.8, а), за багатолінійного – всіма лініями, що обумовлюють число фаз, наприклад трифазні (рис.1.8, б,е). У середині окружностей може вказуватися схема з'єднання обмоток, наприклад зірка – трикутник (рис.1.8, б). У разі розгорнутого способу обмотки зображують у вигляді ланцюжків півкіл, кількість яких для автотрансформаторів ГОСТ не встановлюється, для трансформаторів – три півкола на одну обмотку, наприклад: однофазний трансформатор (рис.1.8, в) і автотрансформатор (рис.1.8, ж) з феромагнітним магнітопроводом, трифазні трансформатори (рис.1.8, з,д) і автотрансформатор (рис.1.8, з) з магнітопроводом. У трансформаторах струму первинна обмотка зображується у вигляді стовщеної лінії, виділеної

точками, а вторинна – спрощеним способом у вигляді окружності (рис.1.8, *i*) або розгорнутим способом двома півколами (рис.1.8, *к*).

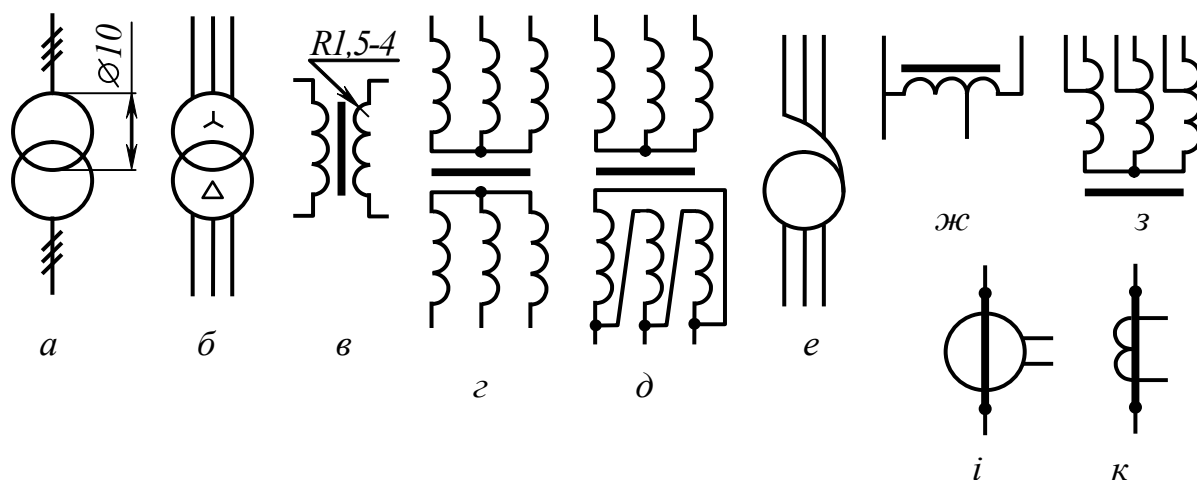


Рис. 1.8

Котушки індуктивності, реактори за ГОСТ 2.723-68 зображуються також спрощеним і розгорнутим способами, але найбільше розповсюдження набув розгорнутий спосіб, коли обмотки зображуються у вигляді ланцюжків півкіл, наприклад: котушка індуктивності, реактор без магнітопроводу (рис.1.9, *а*), з магнітопроводом без зазору (рис.1.9, *б*) і з повітряним зазором (рис.1.9, *в*), магнітоелектричним осердям (рис.1.9, *г*) і з виводами (рис.1.9, *д*). У схемах живлення електроприводів використовується реактор (рис.1.9, *е*).

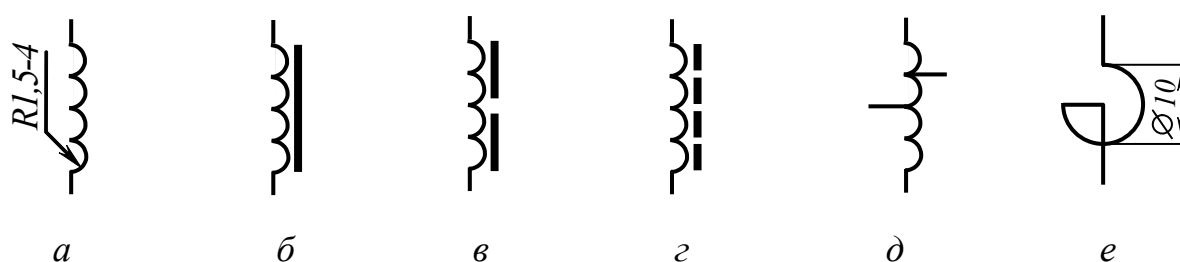


Рис. 1.9

Комутаційні пристрої і контактні з'єднання, куди входять контакти вимикачів, контакторів і реле, за ГОСТ 2.754-74, мають загальне (базове) позначення контактів: замикаючий (рис.1.10, *а*), розмикаючий (рис.1.10, *в*), і перемикаючий (рис.1.10, *д*).

Позначення контактів дозволяється зображувати у дзеркально-перевернутому положенні: замикаючий (рис.1.10, б), розмикаючий (рис.1.10, г) і перемикаючий (рис.1.10, е).

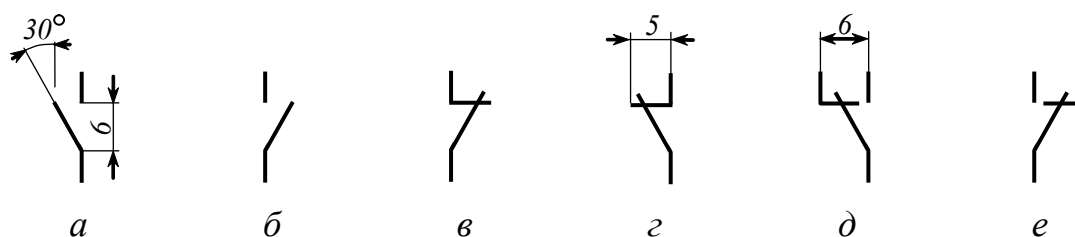


Рис. 1.10

Для пояснення принципу роботи комутаційних пристроїв за необхідності на їхніх контакт-деталях зображують кваліфікуючі символи, наведені в табл. 1. Позначення, наведені в пп. 1-4, 7-9 даної таблиці, поміщають на нерухомих контакт-деталях, а позначення в пп. 5 і 6 – на рухомих контакт-деталях.

Таблиця 1

Найменування	Позначення
1. Функція контактора	Ⓢ
2. Функція вимикача	✕
3. Функція роз'єднувача	—
4. Функція вимикача-роз'єднувача	Ⓢ
5. Автоматичне спрацьовування	□
6. Функція шляхового або кінцевого вимикача	▷
7. Самоповернення	▷
8. Відсутність самоповернення	○
9. Дугогасіння	⚡

Вимикачі зображують: однополюсний – за рис.1.11, а, багатопольсний в однолінійному зображенні – за рис.1.11, б та в багатолінійному – за рис. 1.11, в.

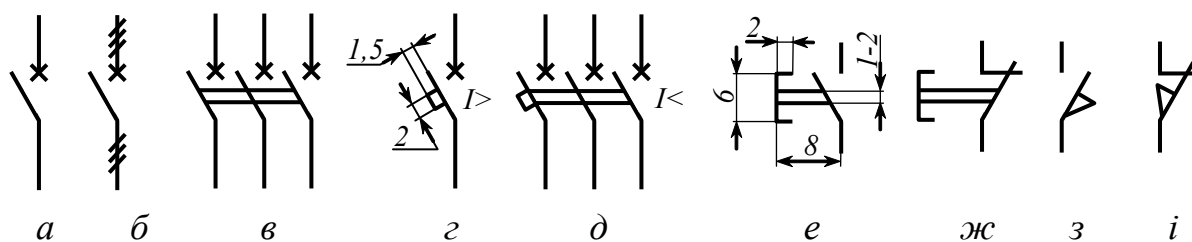


Рис. 1.11

Автоматичний вимикач (автомат) зображується із зазначенням типу розчеплювача. Наприклад, однополюсний максимального струму (рис.1.11, *з*) або триполюсний мінімального (рис.1.11, *д*). Залежно від виду вимикача на його контакті вказується вид впливу, наприклад вимикач кнопковий (рис.1.11, *е, ж*) і вимикач шляховий (рис.1.11, *з, і*) із замикаючими і розмикаючими контактами відповідно.

Силкові контакти контакторів зображуються без дугогасіння (рис.1.12, *а*) і з дугогасінням (рис.1.12, *б*). Допоміжні контакти контакторів і контакти реле зображують відповідно до загального позначення (див. рис. 1.10). Контакти реле часу зображують із зазначенням витримки часу у випадку спрацьовування реле (рис.1.12, *в*), під час відпускання (рис.1.12, *г*), за умови спрацьовування чи відпускання (рис.1.12, *д*). Розмикаючий контакт електротеплового реле зображується у вигляді рис. 1.12, *е*. Багатопозиційні перемикачі (командоконтролери, універсальні перемикачі) зображуються із зазначенням кожного положення, замикання контакту в якому вказується крапкою, наприклад перемикач на два положення без самоповернення (рис.1.12, *ж*), один контакт якого замкнений у першому положенні, а інший – у другому.

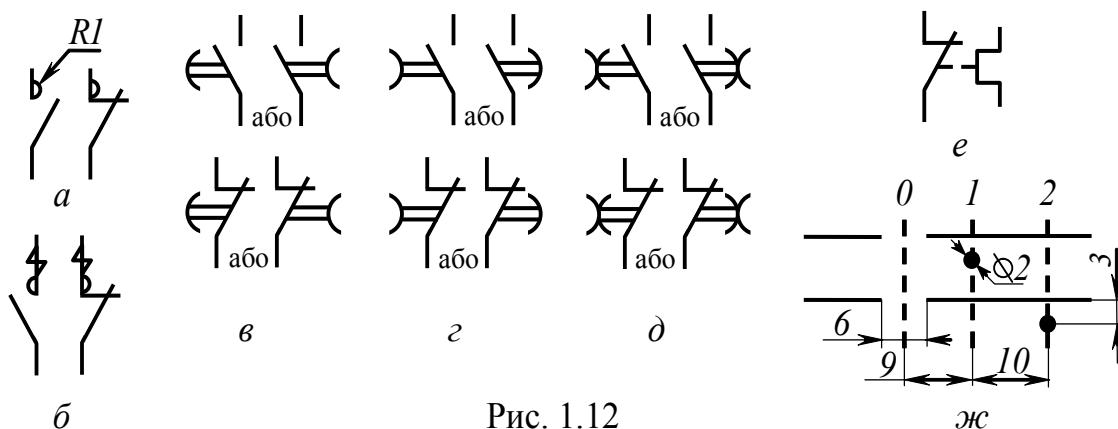


Рис. 1.12

Контактні з'єднання бувають: нерозбірні (рис.1.13, *a*), розбірні (рис. 1.13, *б*), роз'ємні (рис.1.13, *в*), у яких розрізняють штир (рис.1.13, *г*) і гніздо (рис.1.13, *д*). Колодка затискачів зображується за рис.1.13, *е*.

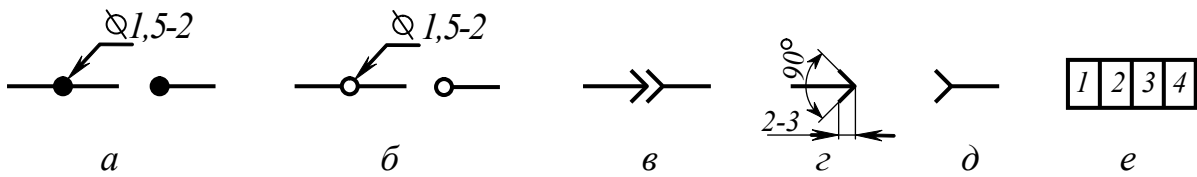


Рис. 1.13

Загальне зображення сприймаючої частини електромеханічних пристроїв (тобто котушок електромагнітів, сприймаючої частини електротеплових реле) відповідно до ГОСТ 2.756-76 має вигляд прямокутника (рис.1.14). Позначення однофазних обмоток виконують за рис.1.14, *a*, а трифазних – за рис.1.14, *б*. За необхідності можна вказувати вид обмотки, наприклад обмотку струму – за рис.1.14, *в*, обмотку напруги – за рис.1.14, *г*, а також вид пристрою, наприклад реле часу, що працює з уповільненням під час спрацьовування – за рис.1.14, *д* і під час відпусканні – за рис.1.14, *е*. Сприймаючий пристрій електротеплового реле зображується за рис.1.14, *ж*.

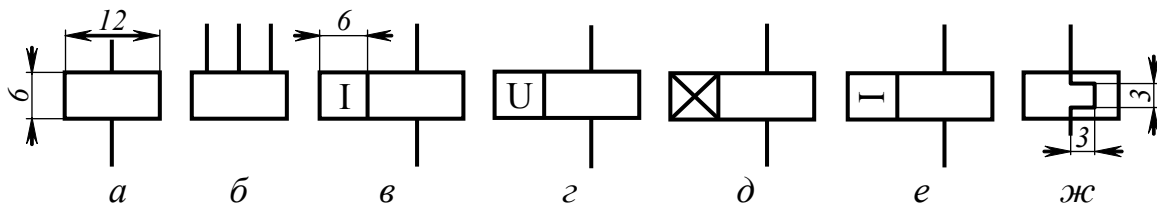


Рис. 1.14

Плавкий запобіжник зображується за ГОСТ 2.727-68 (рис.1.15, *a*), резистори й конденсатори – за ГОСТ 2.728-74. Постійний резистор, загальне позначення, рис.1.15, *б*. Резистор постійний з додатковими відводами – рис.1.15, *в*. Шунти вимірювальні зображують у вигляді рис.1.15, *г*. У змінному резисторі рухомий контакт позначають стрілкою (рис.1.15, *д*). За умови реостатного включення – рис.1.15, *е*. Підстроювальний резистор – рис.1.15, *ж*. Конденсатори з постійною (рис.1.15, *з*) і змінною (рис.1.15, *и*) ємністю. Полярні електролітичні конденсатори зображуються у вигляді рис.1.15, *к*, неполярні електролітичні – у вигляді рис.1.15, *л*.

Напівпровідникові прилади зображують за ГОСТ 2.730-73.

Діоди та тиристори – рис. 1.16. Тут *а* – діод, *б* – стабілітрон, *в* – тиристор діодний, що запирається у зворотному напрямку, *г* – тиристор з керуванням по катоду, *д* – тиристор з керуванням по аноду, *е* – тиристор, що вимикається з керуванням по катоду, *ж* – тиристор, що вимикається з керуванням по аноду, *з* – тиристор симетричний.

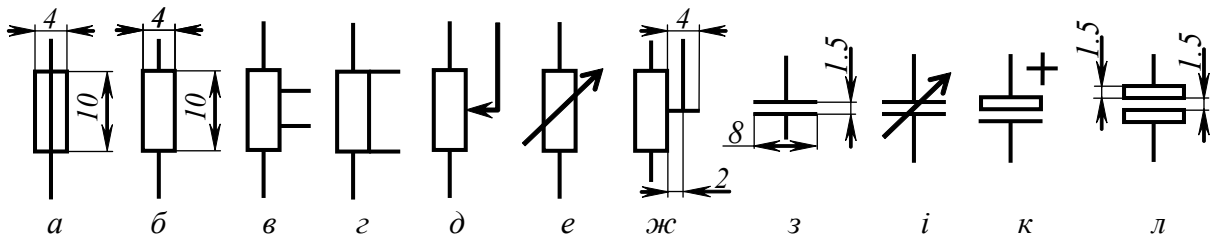


Рис. 1.15

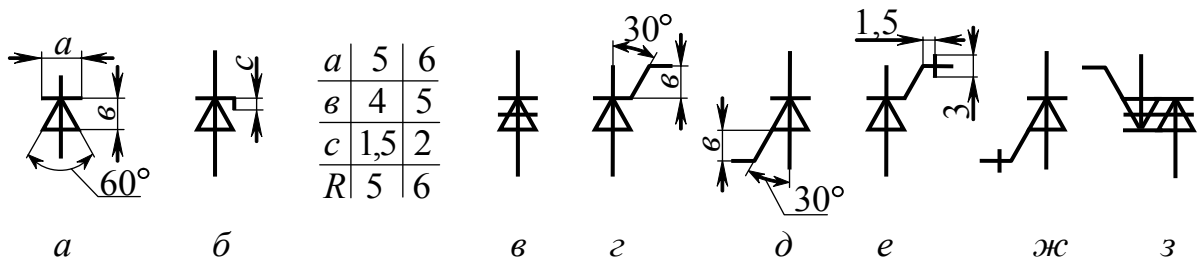


Рис. 1.16

Транзистори – рис.1.17. Тут *а* – транзистор із переходами р-п-р; *б* – те ж з переходом п-р-п. Польові транзистори – *в* і *г* з каналами п та р типу відповідно. Польові транзистори з ізольованим затвором : *д* – збагаченого типу з р-каналом, *е* – збагаченого типу з п-каналом і з внутрішнім з'єднанням підложки та витоку, *ж* – збідненого типу з р-каналом, *з* – збідненого типу з п-каналом.

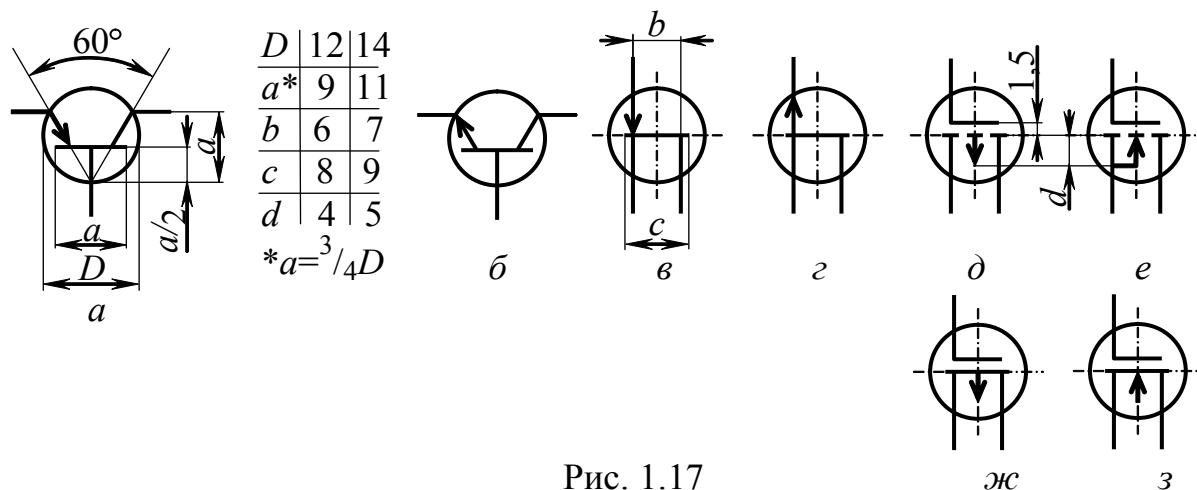


Рис. 1.17

На рис.1.18 наведені зображення фоточутливих та випромінюючих напівпровідникових приладів: *a* – фоторезистор (R як на рис.1.17); *б* – фотодіод; *в* – діодний фототиристор; *г* – фототранзистор типу n-p-n; *д* – фототранзистор без виводу від бази; *е* – світлодіод; *ж* – діодна оптопара; *з* – тиристорна оптопара; *і* – транзисторна оптопара; *к* – транзисторна оптопара без виводу від бази.

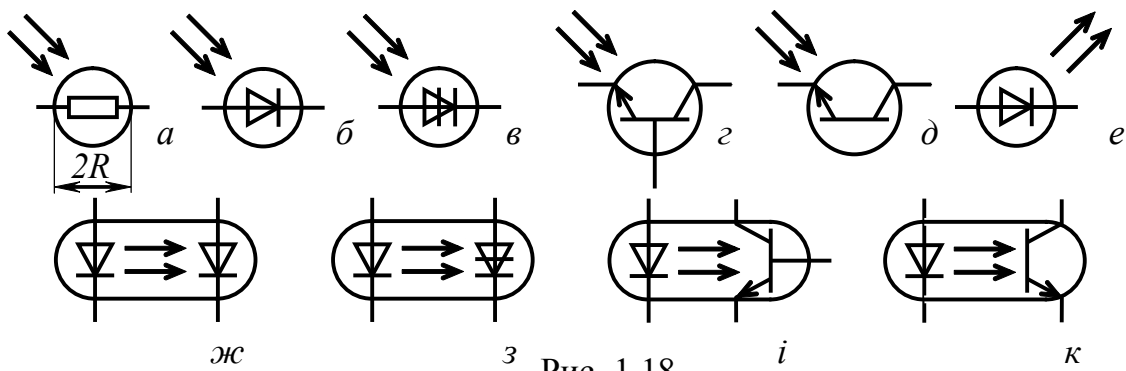


Рис. 1.18

Джерела світла зображуються за ГОСТ 2.732-68. Освітлювальні і сигнальні лампи розжарювання – рис.1.19, *a*. Газорозрядна лампа низького тиску з комбінованими електродами і попереднім підігрівом – *б*. Пускач для газорозрядних ламп – *в*. Символ "Ч" позначає спектр випромінювання, що видно.

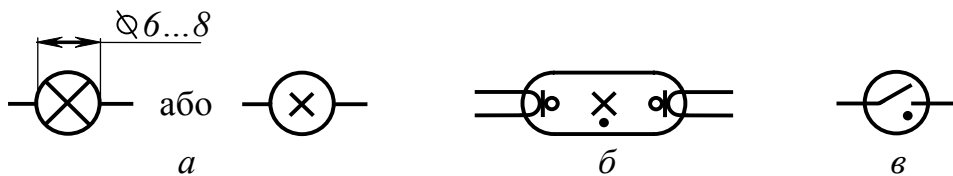


Рис. 1.19

Зображення, наведені на рис.1.1–1.19, відповідно до стандартів можуть бути повернені на кут 90^0 за годинниковою стрілкою й проти, тобто наведені зображення на вертикальних лініях зв'язку можна використати для горизонтальних ліній і навпаки. В цьому випадку символи випромінювання світлового потоку й інші подібні їм не повинні міняти своєї орієнтації щодо місця креслення.

Розміри умовних графічних позначень визначаються ГОСТ 2.747-68. Вони можуть бути збільшені за необхідності виділити (підкреслити) особливе або важливе значення відповідного елемента (пристрою) або з

метою розміщення усередині зображення кваліфікуючих символів, або додаткової інформації; або зменшені для підвищення компактності схеми. Розміри, як і формати креслення, вибираються залежно від обсягу й складності креслення, особливостей і можливостей виконання, копіювання і необхідності виконання його комп'ютерними засобами.

Кожному пристрою, їхнім елементам, функціональним частинам на схемах привласнюється літерно-цифрове позиційне позначення, складене з літерного позначення й порядкового номера, проставленого після літерного позначення однакової з ним висоти.

Літерно-цифрові позначення регламентовані ГОСТ 2.710-81, який вводить однаковість у побудову позначень, орієнтовану на застосування комп'ютерних засобів. Рекомендується застосовувати одно- і дволітерне позначення, наведені в табл. 2, де перша буква означає рід елемента і друга – його функціональне призначення. Якщо в рекомендаціях відсутні необхідні дволітерні позначення, то треба на основі однолітерного коду додатком другої букви латинського алфавіту сформувати нове позначення, смисл якого варто пояснити на полі схеми, або скористатися однолітерним кодом.

2. ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ ТА ПРАВИЛА ЇХ ВИКОНАННЯ

Виконавчі органи робочих машин промислових та будівельних установок приводяться в рух за допомогою електро-, гідро- і пневмодвигунами з передатними пристроями, що містять в основному механічні передачі. Весь цей комплекс різних пристроїв і елементів, з'єднаних електричними, гідравлічними, пневматичними й механічними (кінематичними) зв'язками, зображують на кресленнях у вигляді схем. Види та типи схем встановлює ГОСТ 2.701-76. Залежно від виду пристроїв і зв'язків, що входять до складу виробу, схеми підрозділяються на такі види: *електричні, гідравлічні, пневматичні та кінематичні*. По суті в промислових установках різні пристрої взаємозалежні між собою, тому існують також комбіновані і сполучені схеми, що містять різні пристрої, елементи та зв'язки між ними.

За основним призначенням електричні схеми електроприводів підрозділяються на *структурні, функціональні, принципів, з'єднань, підключень, загальні, розташувань*.

Правила виконання електричних схем встановлює ГОСТ 2.702-75.

2.1. Схема електрична структурна

Структурна схема визначає основні функціональні частини електропривода, їхнє призначення і взаємозв'язки. Вони розробляються під час проектування електропривода на стадіях, що передують розробці схем інших типів, і використовуються за аналізу й синтезу електромеханічної системи електропривода на стадії розробки і для його загального ознайомлення з електроприводом в умовах експлуатації.

На структурній схемі зображують всі основні пристрої електромеханічної системи електропривода або їхні функціональні частини, групи, елементи й основні взаємозв'язки між ними. Пристрої, функціональні частини й елементи зображують у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень, з'єднаних лініями зв'язку, що дають уявлення про взаємозв'язок пристроїв, функціональних частин і елементів електропривода. На лініях зв'язку стрілками позначають напрямки ходу процесів, тобто напрямки сигналів керування і зворотних зв'язків, параметрів і координат

електропривода. Найменування самих функціональних елементів вказують всередині прямокутників, що зображують елемент.

Приклад структурної схеми електропривода наведено на рис. 2.1.

Вона містить: блок комутаторів K , схему ручного керування СРК, блок датчиків струму ДС, електричну машину M , блок керування пуском БКП, передатний пристрій ПП, виконавчий орган ВО.

У випадку великої кількості функціональних елементів допускається замість найменувань, позначень і типів проставляти порядкові номери, як правило зліва праворуч і зверху вниз. Номери можна проставляти в прямокутниках і над ними. У цьому випадку найменування елементів, що відповідають номеру, вказуються в таблиці, що розміщується над основним написом.

Допускається поміщати на структурній схемі пояснюючі надписи, діаграми і таблиці, що обумовлюють послідовність процесів у часі, показувати параметри в характерних точках (струми, напруги, форми і параметри сигналів керування, математичні залежності й т.д.).

У випадку використання структурних схем для синтезу і аналізу електромеханічної системи всередині прямокутників, що зображують елементи як лінійні динамічні ланки, записуються передатні функції елементів. У нелінійних системах автоматизованих електроприводів часто на структурній схемі зображують нелінійні характеристики функціональних елементів або їхні часові характеристики. Вони зображуються всередині прямокутників або на лініях зв'язку.

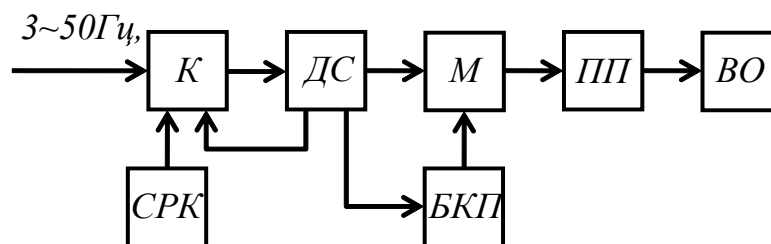


Рис. 2.1

2.2. Схема електрична функціональна

Функціональні схеми пояснюють процеси, що протікають в окремих функціональних частинах або в електроприводі в цілому. Вони використовуються для вивчення принципів роботи елементів і систем, а

також під час їхнього налагодженні, регулюванні, контролі та ремонті. На функціональній схемі зображуються функціональні частини (елементи) електропривода (або окремі пристрої і функціональні групи), що беруть участь у процесі, і зв'язки між цими частинами або конкретні електричні, магнітні і механічні з'єднання (проводи, обмотки, вали). Функціональні елементи на функціональній схемі, як правило, зображують у вигляді умовних графічних позначень. Окремі елементи допускається зображувати прямокутниками. У функціональних схемах автоматизованого електропривода зазвичай двигуни, задатчики та датчики зворотних зв'язків зображують умовними позначками, а складні керовані перетворювачі й елементи системи керування - прямокутниками.

Графічна побудова схеми повинна давати найбільш наочне представлення про послідовності процесів, які ілюструє схема.

Всі функціональні групи, елементи та пристрої, зображені на функціональній схемі прямокутниками або у вигляді графічних позначень, повинні мати найменування, позначення або тип. Все це рекомендується вписувати в прямокутники. Приклад функціональної схеми електроприводу компресора з автоматичним керуванням пуску двигуна наведений на рис. 2.2.

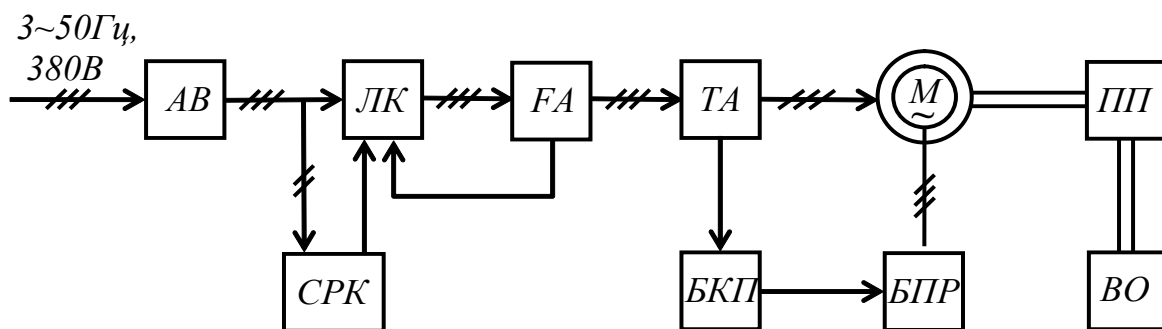


Рис. 2.2

Функціональна схема електроприводу компресора з автоматичним керуванням пуску двигуна містить автоматичний вимикач *AB*, схему ручного керування *CPK*, лінійний контактор *ЛК*, захисне реле струму *FA*, трансформатор струму *ТА*, блок керування пуском *БКП*, асинхронний двигун з фазним ротором *М*, блок пускових резисторів *БПР*, передатний пристрій *ПП*, виконавчий орган *ВО*.

На функціональній схемі, так само як і на структурній, дозволяється наносити пояснювальні написи, діаграми або таблиці, що обумовлюють послідовність процесів у часі, а також указувати параметри в характерних точках (струми, напруги, швидкості, моменти, форми й параметри сигналів, математичні залежності тощо).

2.3. Схема електрична принципова

Принципові схеми обумовлюють повний склад елементів функціональних частин електропривода та зв'язки між ними і, як правило, дають детальне уявлення про принципи роботи пристроя. Вони служать підставою для розробки інших конструкторських документів, наприклад схем з'єднань і підключень. Користуються принциповими схемами для вивчення роботи електроприводів, а також під час їхнього налагодження, регулювання, контролю та ремонту.

На принциповій електричній схемі електроприводу компресора з автоматичним керуванням пуску двигуна (рис. 2.3) зображують:

- всі елементи його пристроїв та їхніх функціональних частин, що необхідні для здійснення та контролю заданих динамічних і статичних процесів установки;
- всі електричні, магнітні та деякі механічні зв'язки між ними;
- електричні елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні кола (виводи, затискачі, з'єднувачі).

Елементи на принциповій схемі зображують у вигляді умовних графічних позначень за ГОСТ, (див. розділ 1). Складні пристрої електропривода, наприклад перетворювачі, підсилювачі, що мають свої принципові схеми, дозволяється в принциповій схемі електропривода розглядати як елемент і накреслити у вигляді прямокутника або іншого позначення з вихідними колами виводами, затискачами, з'єднувачами.

Для одержання найбільш простого накреслення схеми (з мінімальною кількістю зламів і перетинань ліній зв'язків) умовні графічні позначення елементів допускається викреслювати на схемі поверненими на кут, кратний 90° , або в дзеркальному зображенні. В окремих випадках, якщо це спрощує графіку схеми або забезпечує більш виразне представлення окремих кіл, умовні графічні позначення допускається повертати на кут 45° .

Всі елементи в принципових схемах зображують для пристроїв у відключеному стані.

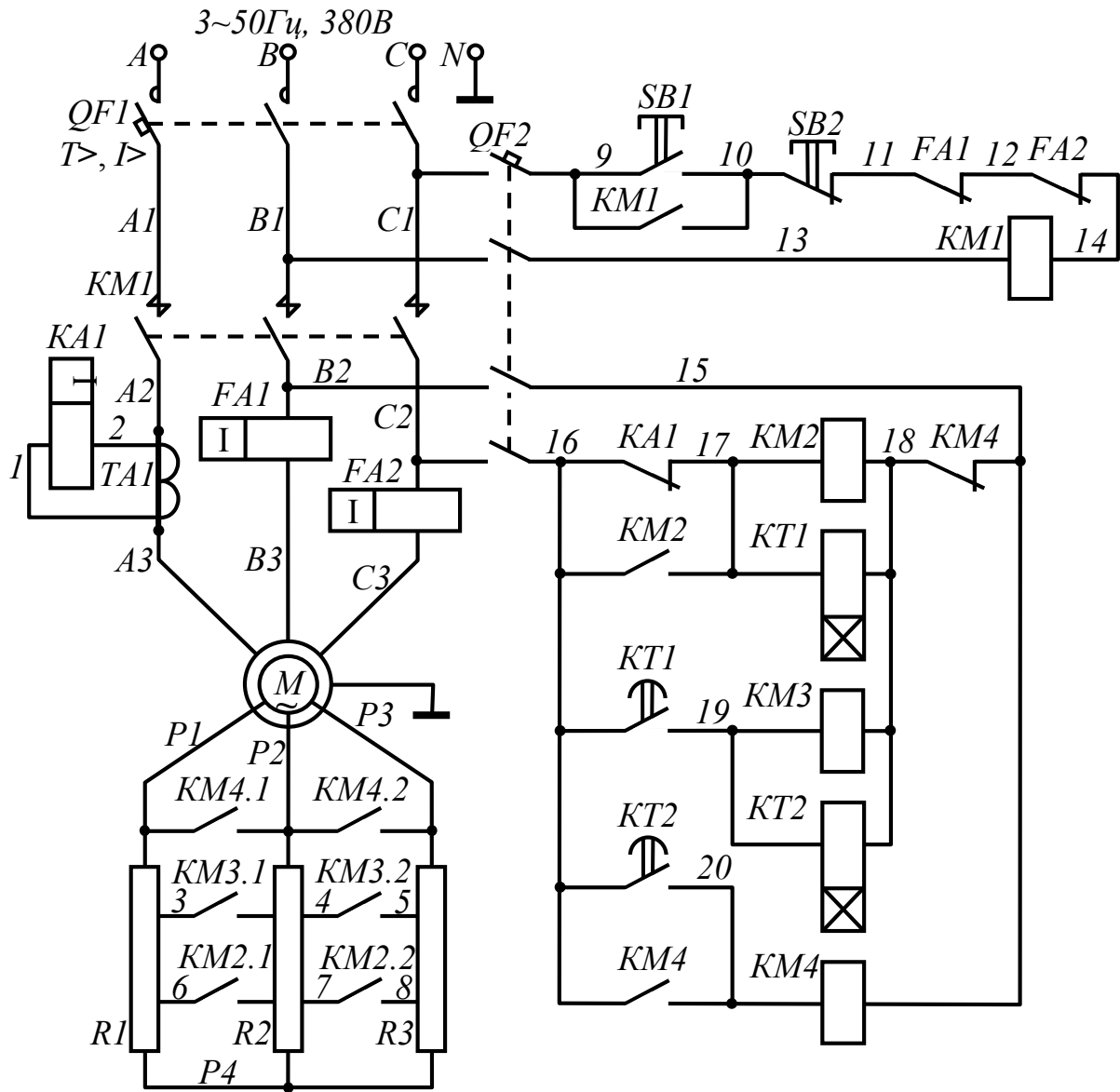


Рис. 2.3

У схемах електроприводів, як правило, використовується рознесений спосіб зображення, коли елементи одного пристрою розташовують у різних колах схеми відповідно до їхніх електричних з'єднань. Це спрощує накреслення схеми і створює більшу наочність. Допускається, якщо це не ускладнює схему, роздільно зображені елементи одного пристрою з'єднувати лінією механічного зв'язку.

В процесі креслення принципів схем, елементи розташовують послідовно один за одним в один ланцюжок, а кола креслять паралельно, утворюючи рядки або зони (рядковий спосіб виконання схеми). Рядки на схемах розташовуються в горизонтальному і вертикальному напрямках.

Кожному елементу в принциповій схемі присвоюється буквено-цифрове позиційне позначення, складене з літерного позначення, табл. 2 та порядкового номера (див. розділ 1). Порядкові номери присвоюються відповідно до послідовності розміщення елементів на схемі, починаючи, як правило, зліва праворуч і зверху вниз. Допускається за потреби замінити послідовність присвоєння порядкових номерів, обумовлену розміщенням елементів у схемі, напрямком проходження сигналів або функціональною послідовністю процесу.

В процесі креслення умовного графічного позначення елемента рознесеним способом, позиційне позначення, що привласнене пристрою, проставляють біля кожного його елемента зверху або ліворуч від зображення. У випадку використання механічного зв'язку, що вказує приналежність елементів одному пристрою, позиційне позначення проставляється біля одного або біля обох кінців лінії цього зв'язку. Послідовність присвоєння порядкових номерів повинна відповідати послідовності розміщення на схемі основних складових частин пристрою, наприклад обмоток контактора або реле.

Таблиця 2

Перша буква коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
1	2	3	4
А	Пристрої (загальне позначення)	Підсилювачі, прилади телекерування, лазери, мазери	
В	Перетворювачі неелектричних величин у електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки, аналогові або цифрові перетворювачі або датчики	Гучномовець Магнітострикційний елемент Детектор іонізуючих випромінювань Сельсин-приймач Телефон (капсуль) Сельсин-датчик Тепловий датчик Фотоелемент Мікрофон Датчик тиску П'єзоелемент Датчик частоти обертання (тахогенератор) Звукознімач Датчик швидкості	ВА ВВ ВD ВE ВF ВC ВK ВL ВM ВP ВQ ВR BS BV

1	2	3	4
С	Конденсатори		
D	Схеми інтегральні, мікрозборки	Схема інтегральна аналогова Схема інтегральна цифрова, логічний елемент Пристрої зберігання інформації Пристрій затримки	DA DD DS DT
E	Елементи різні (освітлювальні пристрої, нагрівальні елементи)	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна Піропатрон	EK EL ET
G	Генератори, джерела живлення, кварцові осцилятори	Батарея елементів або акумуляторів	GB
H	Пристрої індикаційні й сигнальні	Прилад звукової сигналізації Індикатор символний Прилад світлової сигналізації	HA HG HL
K	Реле, контактори, пускарі	Реле струмове Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги	KA KH KK KM KT KV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлення	LL
M	Двигуни постійного і змінного струму		
P	Прилади, вимірювальне обладнання <i>Примітка.</i> Сполучення PE застосовувати не допускається.	Амперметр Лічильник імпульсів Частотомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії Омметр Реєструючий прилад Годинник, вимірювач часу дії Вольтметр Ватметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW
R	Резистори	Терморезистор. Потенціометр. Шунт вимірювальний. Варистор.	RK RP RS RU

1	2	3	4
S	Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації та вимірювання. <i>Примітка.</i> Позначення SF застосовують для апаратів, що не мають контактів силових кіл	Вимикач або перемикач. Вимикач кнопочвий. Вимикач автоматичний. Вимикачі, що спрацьовують від різних впливів: рівня; тиску; положення (шляховий); частоти обертання; температури.	SA SB SF SL SP SQ SR SK
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму. Електромагнітний стабілізатор. Трансформатор напруги.	TA TS TV
U	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин	Модулятор. Демодулятор. Дискримінатор. Перетворювач частотний; інвертор; генератор частоти; випрямляч	UB UR UI UZ
V	Прилади електровакуумні та напівпровідникові	Діод, стабілітрон. Прилад електровакуумний. Транзистор. Тиристор.	VD VL VT VS
Q	Вимикачі й роз'єднувачі в силових колах (енергопостачання, живлення обладнання тощо)	Вимикач автоматичний. Короткозамикач. Роз'єднувач.	QF QK QS
X	З'єднання контактні	Струмознімач, контакт ковзний. Штир. Гніздо. З'єднання розбірне. З'єднувач високочастотний.	XA XB XS XT XW
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагніт. Гальмо з електромагнітним приводом. Муфта з електромагнітним приводом. Електромагнітний патрон або плита.	YA YB YC YD

1	2	3	4
F	Розрядники, запобіжники, пристрої захисні	Дискретний елемент захисту по струму миттєвої дії. Дискретний елемент захисту по струму інерційної дії Запобіжник плавкий. Дискретний елемент захисту по напрузі, розрядник.	FA FP FU FV

На принциповій схемі повинні бути однозначно визначені елементи, що входять до складу виробу й зображені на схемі. Дані про елементи записують у перелік елементів, зв'язуючи їх з умовними графічними позначеннями через позиційні позначення. Допускається в окремих випадках всі відомості про елементи поміщати біля умовних графічних позначень. Перелік елементів оформляють у вигляді таблиці й поміщають на першому листі схеми над основним написом або виконують у вигляді наступних листів.

У принципових схемах електроприводів є головні (силові) кола й кола керування. До головних кіл належать кола силових двигунів і перетворюючих пристроїв, а до кіл керування – кола керуючих, підсилюючих і інформаційних пристроїв.

Електричні зв'язки зображують, як правило, тонкими лініями, товщину b яких вибирають залежно від розмірів схеми (див. розділ 1). Стовщені й товсті лінії використовуються за необхідності для виділення силових кіл електропривода. Елементи, включені в коло, що виділені товстою лінією, рекомендується викреслювати лініями тієї ж товщини, що й коло.

Для спрощення схеми рекомендується декілька електрично не зв'язаних ліній зв'язку зливати в загальну групову лінію, але у випадку під'єднання до виводів елементів, кожна лінія зв'язку повинна бути зображена окремо. За випадку застосування в схемі злиття ліній зв'язку вони, як правило, повинні бути пронумеровані однаковими числами або буквами на обох кінцях кожної лінії.

Лінії, що з'єднують графічні позначення, повинні бути показані, як правило, повністю. Однак окремі лінії, що перетинають значну частину зображень, допускається переривати й закінчувати стрілками. У цьому випадку їх позначають відповідними мітками й за потреби в дужках

вказують місце знаходження продовження лінії (найменування елемента, або пристрою).

Допускається на принципових схемах графічно виділяти пристрої, функціональні групи. Частини схеми й т.п. контурною (штрихпунктирною) лінією у вигляді прямокутної фігури. Допускається використовувати й фігуру неправильної форми.

Для зручності читання принципових схем і створення по них схем з'єднань і підключень ділянки кіл принципової схеми нумеруються (маркіруються) відповідно ГОСТ 2.709-72.

Ділянки кіл, розділені контактами апаратів, обмотками реле, контакторів, машин, резисторами й іншими елементами, повинні мати різне маркування. Ділянки кіл, що проходять через рознімні, розбірні й нерозбірні контактні з'єднання, мають однакове маркування, хоча в цьому випадку дозволяється робити різне маркування.

Маркування здійснюється арабськими цифрами і літерами, що записані одним розміром шрифту.

Силові кола змінного струму маркують буквами А, В, С, N, що позначають фази й нуль, і послідовними числами, поставленими після букв. Силові кола постійного струму маркують відповідно: ділянки кіл позитивної полярності – непарними числами, негативної – парними.

Кола керування, захисту і сигналізації маркують послідовними числами.

Послідовність маркування приймається від вводу живлення до споживача, а ділянки кіл, що розгалужуються, маркують зверху вниз і зліва праворуч.

На схемах розташовується текстова інформація (текстові дані), що містять умовні буквено-цифрові позначення, маркування, найменування сигналів і функціональних груп, що кваліфікують символи, технічні вимоги, різні таблиці, наприклад таблиці комутації багатопозиційних перемикачів. Такі текстові дані розташовують:

- поруч із графічними позначеннями або усередині них;
- поруч із лініями або їхніх розривах;
- поруч із кінцями ліній;
- на вільному полі схеми.

2.4. Схема електрична з'єднань

Схеми з'єднань показують електричні з'єднання складових частин пристроїв електропривода й визначають проводи, джгути, шини й кабелі, якими здійснюються ці з'єднання, а також місця їхнього приєднання та вводу (затискачі, з'єднувачі й т.п.). Ними користуються під час розробки інших конструкційних документів, у першу чергу креслень, що визначають прокладку та кріплення проводів, джгутів і шин у складових частинах електропривода, а також під час виготовленні виробів для здійснення приєднань і під час налагодження, контролю, ремонту й експлуатації електропривода. Розрізняють схеми внутрішніх і зовнішніх з'єднань, хоча ці терміни введені в ГОСТ умовно для зручності викладу правил виконання схем і не вказуються в найменуванні схем з'єднань.

Схеми внутрішніх з'єднань показують з'єднання між елементами (деталлями) усередині окремого пристрою й сполучення його вхідних і вихідних елементів (затискачів, з'єднувачів), коли конструктивно пристрій складається з окремих елементів (деталей), електрично з'єднаних усередині, а назовні виведені тільки вхідні й вихідні елементи (виводи, затискачі, з'єднувачі). Такими пристроями в схемах електроприводів є, наприклад, електронні й напівпровідникові реле часу, безконтактні логічні елементи, різні блоки (живлення, підсилення, пам'яті й т.п.), плати, панелі тощо. На схемі внутрішніх з'єднань зображують всі елементи, що входять до складу пристрою, вхідні й вихідні елементи й електричні з'єднання між ними.

Схеми зовнішніх з'єднань показують з'єднання між окремими пристроями й елементами, що входять до складу виробу, тобто між апаратами, блоками, платами й окремими елементами, розташованими на панелі й у шафі керування, і з'єднання їх із вхідними й вихідними елементами виробу (затискачами, з'єднувачами). На схемі зовнішніх з'єднань зображують всі пристрої й елементи, у тому числі вхідні й вихідні, і електричні з'єднання між ними. Вхідні й вихідні елементи у вигляді затискачів або з'єднувачів дозволяють з'єднувати пристрої й елементи, розташовані на панелях або в шафах керування, з електричними пристроями й елементами, розташованими зазвичай поза панелями й шафами, на самому виробничому механізмі. До таких пристроїв належать електричні машини, кнопки й ключі керування, шляхові й кінцеві вимикачі, сигнальні пристрої тощо.

Допускається виконувати схему з'єднань, що визначає повний об'єм з'єднань у виробі усередині пристроїв і між ними.

Елементи, що входять до складу пристроїв і виробів, на схемах з'єднань зображують у вигляді умовних графічних позначень у сполученому вигляді, а пристрої у виробках (на схемах зовнішніх з'єднань) – у вигляді прямокутника або зовнішніх обрисів. Деякі елементи допускається зображувати у вигляді зовнішніх обрисів. Окремі елементи й пристрої, як правило, зображують повністю із зображенням приєднаних і неприєднаних частин, наприклад всі контактні групи реле або контактора тощо. Розташування графічних позначень пристроїв і елементів на схемі повинне давати уявлення про їхнє дійсне розташування у виробі. Допускається на схемі з'єднань і не відображати дійсного розташування пристроїв й елементів.

Розміщення зображень вхідних і вихідних елементів (выводів) усередині графічних позначень пристроїв і елементів повинне приблизно відповідати їхньому розташуванню у виробі.

На схемі з'єднань біля або усередині умовних графічних зображень пристроїв і елементів указують умовні буквено-цифрові позначення, привласнені їм на принциповій схемі. Біля елементів (деталей) на схемі з'єднань допускається вказувати їхні номінальні параметри (опір, ємність тощо) або тип елемента. Всі виводи пристроїв і елементів маркуються відповідно до маркування, проставленого на принциповій схемі. Якщо виводи пристрою або елемента замарковані в його конструкції, то це маркування повторюють на схемі з'єднань.

На рис. 2.4 наведений приклад схеми з'єднань панелі керування (схема внутрішніх з'єднань), складеної для принципової схеми електропривода, наведеної на рис. 2.3. Умовними графічними зображеннями в сполученому виді показані вимикачі автоматичні QF1, QF2, контактори КМ1–КМ4, реле струму FA1, FA2, КА1, реле часу КТ1, КТ2, трансформатор струму ТА1, вхідні й вивідні елементи – набори затискачів ХТ1, ХТ2.

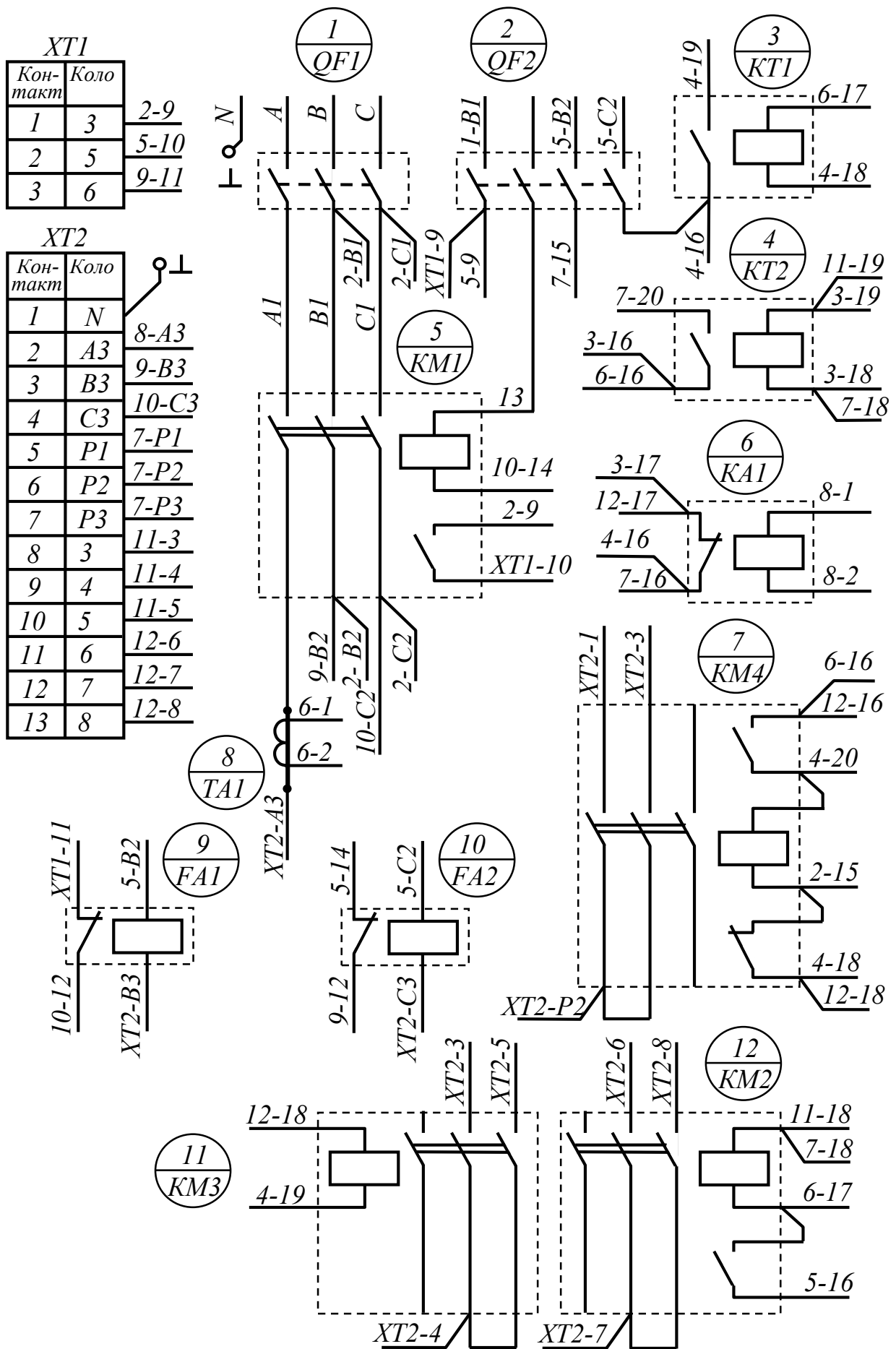


Рис.2.4

Зображення електричних з'єднань проводами за ГОСТ 2.702-75 дозволяється показувати на схемі окремими лініями з їхнім приблизним розташуванням. Для спрощення накреслення схеми допускається зливати окремі проводи, що йдуть на схемі в одному напрямку, у лінію групового зв'язку (у вигляді джгута), зображену товщею за інших ліній. У цьому випадку під час під'єднання до контактів елементів кожен провід зображують окремо, що відходить від лінії групового зв'язку під кутом 90^0 або зі зламом під кутом 45^0 . Дозволяється зовсім не показувати проводи на схемах з'єднань, а застосовувати адресний спосіб зображення з'єднань, в цьому випадку біля лінії, що відходить від виводу елемента, вказується адреса, тобто найменування пристрою або елемента, до якого повинен йти цей провід.

Марки й перерізи проводів, якими виконується монтаж за невеликої кількості з'єднань, указують біля зображень з'єднань, а у разі однакових усіх або більшості проводів – на полях схеми у вигляді специфікації.

У разі великої кількості з'єднань дані про проводи й кабелі, а також адреси їхніх приєднань повинні бути зведені в таблицю, названу таблицею з'єднань [2]. Вибір форми таблиці з'єднань вибирає розробник схеми залежно від відомостей, які необхідно помістити на схемі.

У складних виробках, коли схема з'єднань виходить громіздкою й незручною для користування, допускається її не розробляти, а обмежитися складанням таблиці з'єднань, якій у цьому випадку привласнюється найменування й шифр схеми з'єднань.

2.5. Схема електрична підключень

На схемі підключень показують зовнішні з'єднання складових частин електропривода між собою або із пристроями та елементами, розташованими на промисловій установці, і визначають проводи, джгути й кабелі, якими здійснюється підключення. Схеми підключень використовуються для здійснення підключень під час виготовлення установки електропривода і її експлуатації. На рис. 2.5 наведена схема підключень, що відповідає схемам рис. 2.3, 2.4.

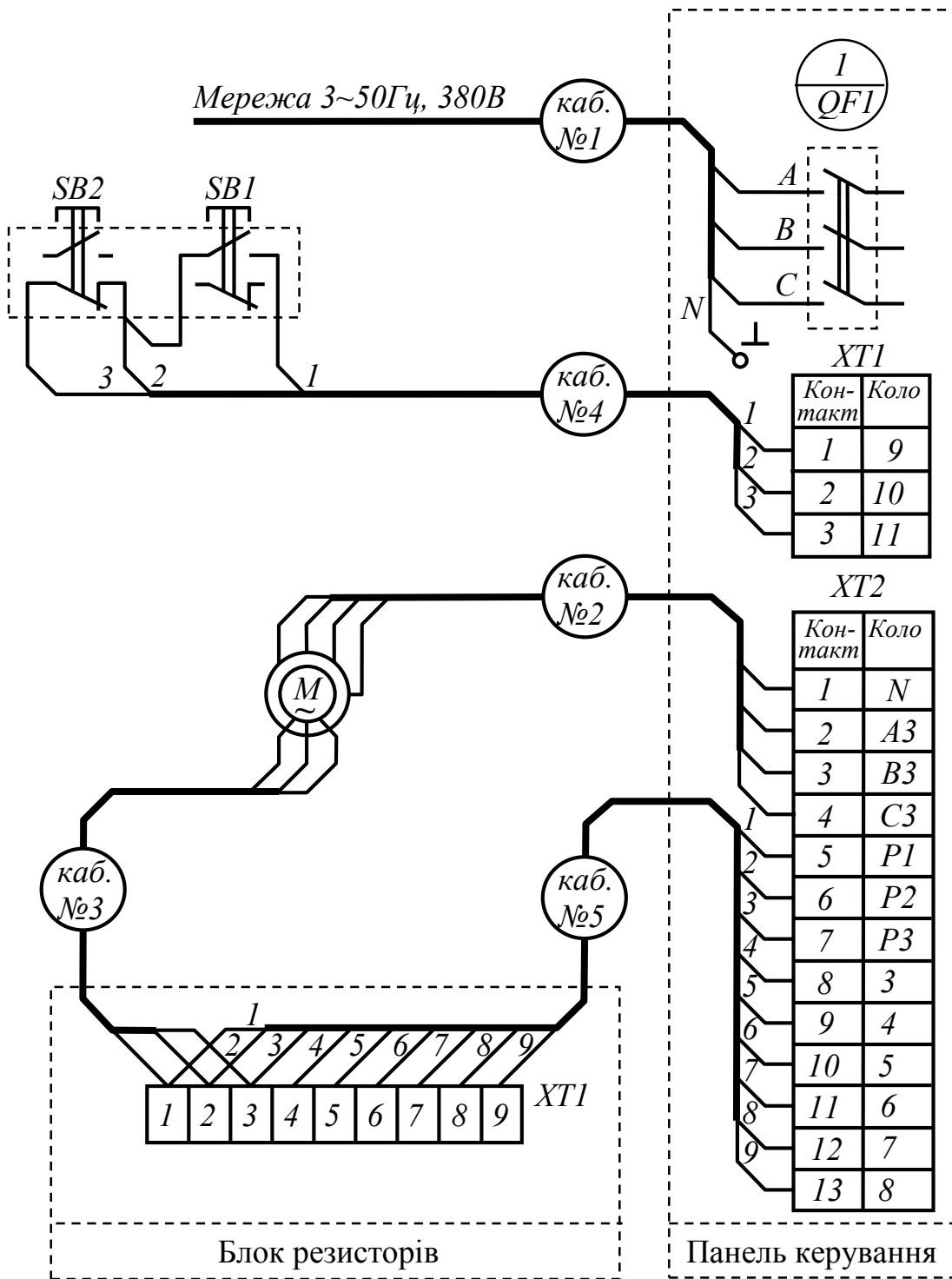


Рис.2.5

На схемі підключення зображують виріб (панель або шафа керування), його вхідні й вихідні елементи (затискачі, з'єднувачі тощо) і всі зовнішні пристрої, що мають електричні з'єднання з виробом. Виріб, як правило, зображують на схемі у вигляді прямокутника, а його вхідні й вихідні елементи – у вигляді умовних графічних позначень. Виріб і його

вхідні й вихідні елементи допускається зображувати у вигляді зовнішніх обрисів. Розміщення зображень вхідних і вихідних елементів усередині графічного позначення виробу повинне приблизно відповідати їхньому розташуванню у виробі. Всі зовнішні пристрої зображують у вигляді умовних графічних позначень. Складні пристрої, такі як перетворювачі, пульти керування, деякі датчики, сигнальні й інші панелі й пристрої, що мають свої схеми з'єднань, як правило, зображують прямокутниками зі своїми вхідними й вихідними елементами, зображеними у вигляді умовних графічних зображень. У цих пристроях розташування зображень вхідних і вихідних елементів повинне приблизно відповідати їхньому розташуванню в пристрої. Допускається такі пристрої зображати у вигляді їхніх зовнішніх обрисів. Допускається електричні машини зображати у вигляді зовнішніх обрисів із зазначенням панелі електричних з'єднань обмоток згідно з реальним розташуванням виводів.

На схемі, як правило, указують всі позиційні позначення і маркування вхідних і вихідних елементів виробу і всіх зовнішніх пристроїв, що привласнено їм на принциповій схемі. Якщо вхідні й вихідні елементи замарковані в конструкції виробу або пристрою, то маркування їх повторюють на схемі.

Якщо маркування в конструкції виробу (пристрою) не передбачено, то допускається умовно привласнювати позначення на схемі підключення, зберігаючи їх в іншій конструкторській документації, а на полі схеми поміщати відповідні вказівки. На схемі біля умовних графічних позначень роз'ємів, до яких приєднані проводи й кабелі, допускається вказувати їхні найменування, позначення або типи.

2.6. Схема електрична розташування

Схеми розташування електроприводів виконуються в контурі зовнішнього обрису технологічної установки без дотримання масштабу. Дійсне просторове розташування складових частин електропривода враховується приблизно або не враховується зовсім. На схемі розташування зображують електричні машини, перетворювачі, трансформатори, окремо розташовані резистори, реактори, вимикачі, панелі, шафи й пульти керування, задатчики й датчики швидкості, положення й інших параметрів, командо контролери, різні пристрої сигналізації, індикації й інші електричні

елементи і пристрої, що розташовані на технологічній установці або поза нею. На схемі розташування зображують також розташування проводів, джгутів і кабелів, якими з'єднані складові частини електропривода. За необхідності на схемі розташування вказують конструкцію, місце й приміщення, де будуть розташовані складові частини електропривода.

Зображують складові частини у вигляді зовнішніх обрисів або умовних графічних позначень. Провідники, джгути й кабелі зображують у вигляді окремих ліній або зовнішніх обрисів. Розташування графічних позначень складових частин електропривода на схемі повинне забезпечувати правильне уявлення про їхнє розташування і по можливості про дійсне розміщення в конструкції технологічної установки або в приміщенні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Белевітін А. І.* Електроустаткування, виконавчі механізми та регулюючі органи: навч. посібник / А.І. Белевітін, В.І. Ярас. – К.: КНУБА, 2006. – 64 с.

2. *Чорнобай В.О. Мариненко В. І.* Оформлення графічних документів конструкторської документації: методичні вказівки / Чорнобай В.О. Мариненко В. І. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 59 с.

3. *Клименко Б.В.* Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі: навч. посібник / Б.В. Клименко. – Харків: Талант, 2008. – 208 с.

4. *Клименко Б.В.* Електричні та магнітні пристрої, електричні аксесуари, електричні установки. Терміни, тлумачення, коментарі: навч. посібник / Б.В. Клименко. – Харків: Точка, 2009. – 272 с.

5. *Клименко Б. В.* Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посіб. Харків : Точка, 2012. 340 с.

6. *Лесько В. О., Комар В. О., Кравчук С. В., Сікорська О. В.* Електричні апарати.: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 103 с.

Зразок титульної сторінки розрахунково-графічної роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА
з курсу «Електроустаткування, виконавчі механізми
і регулюючі органи»

Розробка системи керування електродвигуна.
Схема № _____

Студент групи АУТП– _____

Викладач _____

Київ 2024

**Основні написи для креслень, схем
та текстових конструкторських документів**

								Стадія	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Виконав										
Перев.										
Т.контр.								Аркуш	Аркушів	
Н.контр.										
Затв.										

Рис. Д1. Основний напис для креслень та схем. Форма 1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав										
Перев.										
Н.контр.										
Затв.										

Рис. Д2. Основний напис для текстових конструкторських документів
(перший та заглавний лист). Форма 2

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Рис. Д3. Основний напис для креслень, схем та конструкторських
документів (наступні листи). Форма 2а

Навчально-методичне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічної роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти спеціальностей
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та
145 «Відновлювальні джерела енергії та гідроенергетика»

Укладачі: **ЯРАС** Володимир Ігорович,
ТРОЩИНСЬКИЙ Богдан Олександрович

Комп'ютерне верстання *Л. М. Морозюк*

Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк. 2,25.

Електронний документ. Вид № 2/V-24.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680
Віддруковано в редакційно-видавничому відділі

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р