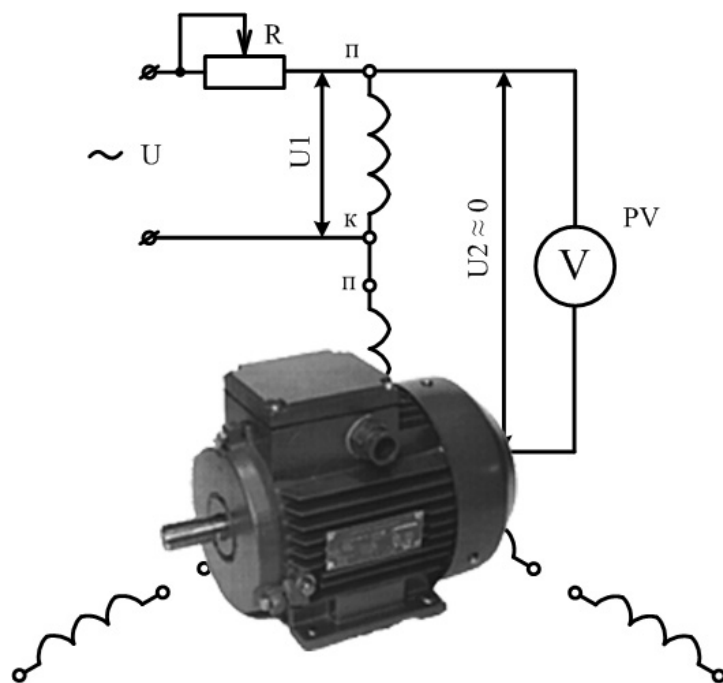


А. А. Видмиш, Є. Я. Блінкін, С. М. Бабій

Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв

Лабораторний практикум



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. А Видмиш, Є. Я. Блінкін, С. М. Бабій

Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як лабораторний практикум для студентів спеціальності «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод». Протокол № 4 від 28 листопада 2008 р.

Вінниця ВНТУ 2009

УДК 621.313 (075.8)

В 42

Рецензенти:

О. П. Алексієв, доктор технічних наук, професор, Харківський НАДУ

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор, ВНТУ

Б. С. Розальський, доктор технічних наук, професор, ВНТУ

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Видмиш А. А., Блінкін Є. Я., Бабій С. М.

В 42 Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2009. - 95 с.

Лабораторний практикум призначений для організації виконання лабораторних робіт з дисципліни «Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв» і буде корисним студентам електротехнічних спеціальностей.

УДК 621.313 (075.8)

ЗМІСТ

Передмова	4
Розділ 1 Організація проведення лабораторних занять	5
1.1 Організація і порядок виконання лабораторних робіт.....	5
1.2 Техніка безпеки при роботі з електричними установками....	7
1.3 Деякі питання дослідження та налагоджування електричних апаратів.....	9
Розділ 2 Лабораторні роботи	21
2.1 Лабораторна робота №1 – Випробування і налагоджування електромагнітних апаратів для керування електроприводами постійного і змінного струму.....	21
2.2 Лабораторна робота №2 – Дослідження і налагоджування апаратів керування електроприводами в функції часу.....	31
2.3 Лабораторна робота №3 – Налагоджування і випробування елементів захисту електричних приводів від перенавантаження.....	39
2.4 Лабораторна робота №4 – Дослідження і налагоджування типових схем керування противмиканням і електродинамічним гальмуванням асинхронних двигунів...	48
2.5 Лабораторна робота №5 – Монтаж і налагоджування типових вузлів схем керування асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором.....	60
2.6 Лабораторна робота №6 – Монтаж і налагоджування схем керування багатошвидкісним асинхронним двигуном.....	71
Література	80
Глосарій	82
Додатки	84

ПЕРЕДМОВА

Запропонований навчальний посібник складений згідно з програмою дисципліни «*Монтаж (installation) та налагоджування (debugging)* електромеханічних пристроїв», при опануванні якої в лабораторіях навчальних закладів виконуються навчальні монтаж та налагоджування відповідного обладнання. Це допомагає студентам опановувати теоретичні розділи курсу.

В процесі *лабораторних досліджень (laboratory experiment)* студенти ознайомлюються з конструкцією *електричних машин (electrical machine)* та апаратів, які широко використовуються в силових *електричних колах (electric circuit)*, колах керування, автоматики та сигналізації, набувають навичок складання *електричних схем (electroscheme)*, опановують техніку вимірювань електричних і неелектричних величин, освоюють методики проведення монтажу і налагоджування електромеханічних пристроїв.

Навчальні монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв через обмеженість часу проводяться за скороченою програмою, яка повинна включати в себе перевірку найбільш важливих параметрів та характеристик досліджуваного обладнання.

З метою полегшення підготовки студентів до проведення випробувань в посібнику перед кожною лабораторною роботою наведено загальні теоретичні відомості про електромеханічні пристрої, які підлягають випробуванню на лабораторній установці. В кожній лабораторній роботі, поряд із самостійними випробуваннями, передбачається, на основі порівняння отриманих результатів та паспортних даних, аналіз стану досліджуваного обладнання.

Відгуки, зауваження і побажання просимо надсилати за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ.

РОЗДІЛ 1

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторні роботи виконуються на спеціально обладнаних стендах, кожен з яких є діючою *електроустановкою (electrical installation)* з підвищеним рівнем небезпеки.

Напруга (voltage) на затискачі А, В, С та N (розміщені на лицьовій панелі стенда) подається при вмиканні ввідного *автомата (automatic switch)* і повністю знімається з нього лише при відключенні ввідного автомата.

Всі елементи схеми, які не підлягають дослідженню, розташовані на зворотній стороні стенда, а їх виводи приєднані до *клем (connector)*, розташованих на лицьовій панелі стенда (додаток А) і позначених відповідно до стандарту (додатки Б, В).

1.1 Організація і порядок виконання лабораторних робіт

Всі заняття в лабораторії монтажу та налагоджування електромеханічних пристроїв проходять під керівництвом викладача. При виконанні лабораторних робіт необхідно дотримуватися таких правил.

1. Перед початком роботи проводиться інструктаж з техніки безпеки, про що робиться запис у відповідному журналі.

2. Викладач ознайомлює студентів з планом проведення лабораторних робіт на поточний семестр.

3. Роботи виконуються бригадами в складі трьох-чотирьох чоловік. Призначений бригадир відповідає за дисципліну членів бригади і за виконання ними даних правил.

4. Роботи виконуються в шаховому порядку, у послідовності, зазначеній викладачем. Така організація лабораторних робіт дає змогу при обмеженій кількості устаткування виконати всі лабораторні роботи передбачені програмою.

5. Студенти, відповідно до індивідуальних планів, зобов'язані завчасно готуватися до майбутніх робіт. Ця підготовка полягає у вивченні методичних вказівок до проведення лабораторної роботи, лекційного матеріалу, навчальної літератури та у розробці електричних схем, необхідних для проведення досліджень.

6. На початку кожного заняття проводиться перевірка підготовки студентів до виконання роботи. Непідготовлені студенти до виконання робіт не допускаються. Відпрацьовування пропущених занять проводиться в позаурочний час, визначений викладачем.

7. Експериментальну частину роботи студенти виконують відповідно до програми роботи з додержанням правил техніки безпеки.

8. При складанні схеми студентам рекомендується спочатку складати послідовне електричне коло з *провідників (electric conductor)* відносно більшого перерізу, а за допомогою тонших провідників складають кола керування та приєднують *вимірювальні прилади (measuring apparatus)*. Для трифазних електричних мереж рекомендується пофазне складання електричних кіл з наступним з'єднанням їх зіркою або трикутником, що гарантує усунення зайвих помилок і сприяє розвитку навичок читання електричних схем. Слід уникати підключення до одного затискача великої кількості з'єднувальних провідників.

9. Студенти мають право починати дослідження лише після того, як викладач дасть на це дозвіл.

10. Самовільне (без перевірки викладачем) вмикання в електричну мережу складеної схеми (в тому числі при здійсненні комутацій або внесенні змін в складену схему) категорично забороняється.

11. Відповідальність за можливі наслідки вмикання неперевіреної схеми несуть усі члени бригади.

12. До початку роботи стрілки електровимірювальних приладів повинні бути встановлені в нульові положення, прилади з кількома межами вимірювання – включені на найбільшу з них, ручки пускової і регулювальної апаратури перед вмиканням *рубильника (closer)*, *пакетного вимикача (packet-type switch)* або *магнітного пускача (solenoid starter)* встановлені в положення «нуль».

13. У випадку зникнення живлення або при інших аварійних ситуаціях випробовуване електричне коло потрібно негайно відключити від *джерела живлення (electric power supply)* і повідомити викладача.

14. В лабораторії забороняється палити, смітити, голосно розмовляти, знаходитися у верхньому одязі, без необхідності переходити з місця на місце і захаращувати робочі місця сторонніми предметами. Забороняється присутність сторонніх осіб.

15. Результати вимірювань студенти заносять в заздалегідь підготовлений робочий протокол, який подають викладачеві на підпис до розбирання електричної схеми. Якщо результати досліджень виявляться незадовільними, то дослід необхідно повторити.

В робочому протоколі вказують: номер і назву роботи; склад бригади і дату виконання роботи; назву і результати дослідів.

16. За результатами роботи студенти складають звіт (один на бригаду), який здають викладачеві на наступному лабораторному занятті, без чого вони не допускаються до виконання наступної роботи.

Зміст звіту:

- титульний аркуш;
- протокол виконання роботи;
- мета роботи;
- програма роботи;
- виконання роботи: охарактеризувати пункти програми роботи, які не передбачають вимірювань; навести принципові схеми для проведення досліджень та оформити їх відповідно до діючих стандартів; навести необхідні розрахунки та побудувати вказані графічні залежності;
- висновок: здійснити аналіз отриманих даних, даючи рекомендації щодо можливості подальшої *експлуатації (exploitation)* обладнання.

Без робочого протоколу, підписаного викладачем, звіти не приймаються і робота вважається невиконаною.

17. Кожен студент повинен захистити всі лабораторні роботи. Під час опитування студент повинен вміти пояснити будь-який виконаний ним дослід, могли відповісти на контрольні запитання з переліку після кожної роботи та додаткові запитання викладача з даної теми, після чого роботу зараховують.

18. Звіти з робіт, які студенти захистили, і протоколи досліджень залишаються в лабораторії.

1.2 Техніка безпеки при роботі з електричними установками

Лабораторні стенди – це діючі електроустановки, які за певних умов можуть стати джерелом небезпеки ураження *електричним струмом (electric current)*.

Проходження електричного струму через тіло людини може спричинити опіки шкіри (електричну травму) або завдати важких уражень нервовій, серцевій і дихальній системам організму (електричний удар).

Небезпека ураження електричним струмом зростає із збільшенням напруги.

Таблиця 1.1 – Порогові значення струму, мА

Дія струму	<i>Змінний струм (alternating current)</i>	<i>Постійний струм (direct current)</i>
Відчутний	0,6 – 1,5	5 – 7
Невідпускаючий	10 – 15	50 – 80
Фібриляційний	> 100	> 300

Рівень небезпечної для життя напруги визначається значенням *опору* (*electrical resistance*) тіла людини. Проте це надзвичайно мінлива величина, яка залежить від властивостей шкіри людини, душевного стану і ряду інших причин. Як показують вимірювання, опір тіла людини може змінюватися в широких межах: від семисот до декількох десятків тисяч ом. Тому напруга навіть в декілька десятків вольт (40 – 60 В) при несприятливому збігу обставин може створити умови, коли можливий електричний удар.

Отже, при виконанні робіт слід завжди пам'ятати про можливість ураження електричним струмом і дотримуватися правил техніки безпеки:

1. Перед початком роботи впевнитись у відсутності напруги живлення на лабораторному стенді, тобто рубильники, автомати, пакетні вимикачі, що живлять схему вимкнені, а показчики положення *елементів регулювання* (*regulating element*) *лабораторних автотрансформаторів* (*laboratory autotransformer*) і джерел живлення знаходяться в позиції «Нуль».

2. Складати та розбирати схеми дозволяється лише з дозволу викладача.

3. Перед складанням схеми переконайтеся в справності *ізоляції* (*isolation*) з'єднувальних провідників, не використовуйте провідники без наконечників або штирів.

4. При складанні електричних кіл уникайте перехрещення провідників і забезпечте надійний *контакт* (*contact*) всіх роз'ємних з'єднань. Невикористані провідники приберіть з монтажних панелей у відведене для них місце.

5. При складанні кіл силового *понижувального трансформатора* (*reducing transformer*) пам'ятайте про небезпеку помилкового з'єднання виводів *обмотки* (*winding*) низької напруги з провідниками мережі.

6. Подавати живлення на зібрану схему дозволяється лише з дозволу викладача і тільки в його присутності.

7. Перед подачею напруги живлення попередити про це всіх учасників роботи і впевнитись, що нікому з них не загрожує небезпека ураження електричним струмом.

8. Всі операції виконувати тільки однією рукою.

9. Забороняється торкатися струмопровідних частин схеми та металевих частин незаземлених *електричних апаратів* (*electric apparatus*), якщо на панелі є напруга.

10. Якщо в складеній схемі потрібно зробити переключення, то переконайтеся, що контакти автоматів мережі розімкнені, джерела живлення відключені, а *ротори* (*rotor*) електричних машин знаходяться в

нерухомому стані.

11. Після здійснення переключень, напругу на схему можна подавати лише з дозволу викладача і тільки в його присутності.

12. Не дозволяється розмикати кола котушок з великим числом витків, які знаходяться в робочому стані, наприклад, кола паралельного збудження електричних машин постійного струму, оскільки при цьому виникають значні е.р.с. самоіндукції, які є небезпечними як для людини, так і для ізоляції самих обмоток.

13. Під час випробування електричних машин потрібно дотримуватися заданого напрямку обертання, якщо він зазначений на їх корпусах, і не перевищувати номінального значення *швидкості обертання (rotary speed)* без дозволу викладача.

14. Доторкатися до рухомих і обертових частин електричних машин, наприклад, для гальмування рукою або ногою, навіть при вимкненому джерелі електричної енергії – недопустимо.

15. Знайшовши будь-яку несправність в електромеханічному пристрої, що знаходиться під напругою, негайно відключіть автомат мережі і повідомите керівника лабораторних робіт.

16. В випадку ураження електричним струмом слід негайно вимкнути відповідний рубильник, пакетний вимикач або магнітний пускач, щоб звільнити потерпілого від дії електричного струму і відразу ж довести до відома викладача, який зобов'язаний надати першу допомогу до прибуття на місце події викликаного лікаря.

17. Відповідальність за додержання правил техніки безпеки покладена на студентів, що працюють в лабораторіях, а контроль за їх виконанням проводять співробітники кафедри. На кафедрі повинен бути журнал перевірки знань правил техніки безпеки, в якому всі студенти, що працюють в даній лабораторії, зобов'язані розписатися про засвоєння цих правил.

18. При порушенні правил техніки безпеки студентів усувають від роботи і допускають до неї тільки з дозволу завідувача кафедри після повторного інструктажу. При повторному порушенні правил студенти не допускаються до подальшої роботи в лабораторії.

1.3 Деякі питання дослідження та налагоджування електричних апаратів

Невід'ємною частиною системи *електричного привода (electric drive)* є апарати керування різного ступеня складності, які задають програму роботи привода.

Надійна робота електропривода залежить не стільки від електродвигуна, скільки від апаратів керування, вибір яких залежить від призначення електропривода, рівня його *автоматизації (automation)*, вимог до захисту установки і двигуна від ненормальних та аварійних режимів роботи. Тому, під час наладки електропривода, більше уваги необхідно приділяти саме апаратам керування.

Налагодження електроприводів здійснюють як при введенні в експлуатацію, так і в процесі експлуатації. При введенні в експлуатацію знову змонтованих установок, об'єм пусконаладжувальних робіт найбільший, оскільки обладнання на місце монтажу надходить законсервоване, апарати керування (особливо *реле (relay)*) мають широкі границі регулювання уставок, які необхідно привести в відповідність з конкретними вимогами даної установки. Необхідно також враховувати можливість помилок в проектах, помилкової доставки обладнання, яке не відповідає характеристикам електропривода, поломки обладнання при транспортуванні, зберіганні та монтажі. Все це повинен виявити наладчик електрообладнання і здати в експлуатацію електроустановку в повній відповідності з проектом, діючими правилами та нормами.

Отже, налагоджування електроприводів являється найбільш складною і відповідальною інженерною роботою, від якості виконання якої залежить надійність роботи електропривода в цілому.

Програма налагоджувальних робіт

Програма налагоджувальних робіт для електричних машин передбачає: перевірку опору ізоляції обмоток; випробовування ізоляції підвищеною напругою промислової частоти; вимірювання опору обмоток постійному струму; вимірювання зазорів між ротором і *статором (stator)*; перевірку підшипників, з'єднання обмоток двигуна та їх маркування. Тільки після цього перевіряють роботу електричної машини на холостому ході (х.х.) і під навантаженням.

Методика випробувань електричних машин і *трансформаторів (transformer)* описана в теоретичних і практичних курсах електричних машин і тому в даних вказівках ці питання не розглядаються.

Програма налагоджувальних робіт для апаратів керування передбачає: *зовнішній огляд (external examination)* станцій і пультів керування в цілому і кожного апарата окремо; перевірка ізоляції всіх окремих електричних кіл (катушок, контактів); вимірювання опору катушок постійному струму або перевірка цілості обмоток; регулювання механічних вузлів і деталей апаратів (пружин, контактів, механізмів блокування і т.д.); регулювання апаратів під струмом або напругою; перевірка і регулювання витримки

часу та інших параметрів реле автоматики та захисту; перевірка і остаточне регулювання елементів схеми електропривода при різних режимах роботи під навантаженням.

Окремі операції із налагоджування і випробовування апаратів керування більш детально розглядатимуться далі.

Зовнішній огляд апаратів керування. При зовнішньому огляді апаратів керування перевіряють: відповідність проекту типу апарата та даних *втягуючих котушок (pull-in coil)*; стан головних та допоміжних контактів, їх пружин, опорних призм і підшипників; стан і комплектність *магнітної системи (magnetic system)*; стан дугогасильних систем, гнучких та нерухомих з'єднань; наявність та стан закріплювальних деталей (болтів, гайок, плоских та пружинних шайб).

Дуже ретельно потрібно оглядати апарати, які були в експлуатації.

Перевірка ізоляції апаратів керування. При налагоджуванні і випробовуванні апаратів керування необхідно перевірити ізоляцію всіх елементів апарата окремо і відносно один до одного. В першу чергу перевіряють ізоляцію головних кіл, а потім кіл керування.

Можливість перевірки ізоляції кіл керування визначають завдяки аналізу схеми, при цьому виявляють чи немає в схемі нормальних з'єднань з корпусом або з землею. При наявності таких з'єднань перевіряють ізоляцію котушок і контактів апаратів окремо, від'єднавши їх від схеми.

Опір ізоляції (insulation resistance) апаратів керування напругою до 500 В перевіряють *мегаомметрами (megaohmmeter)* на напрузі 500 і 1000 В. Опір ізоляції відносно землі, корпусу та інших кіл контакторів, електромагнітних пускачів і автоматичних вимикачів повинен бути не менший 0,5 МОм. Причому, перевірка електричних кіл здійснюється зі всіма приєднаннями. При низькому рівні ізоляції необхідно виявити апарат із зниженою ізоляцією і вжити міри із підвищення опору ізоляції або заземлити цей апарат.

Крім вимірювання опору ізоляції апаратів, згідно з ПУЕ, необхідно також випробувати ізоляцію підвищеною напругою промислової частоти, значення якої береться рівним 1000 В, а тривалість випробовування складає 1 хв.

Вимірювання опору котушок апаратів постійному струму. Обмоточні дані котушок апаратів, цілісність обмоток і відповідність котушок розрахунковим даним перевіряють шляхом вимірювання опору котушок постійному струму. При звичайних налагоджувальних роботах ці вимірювання достатньо проводити з точністю до 2-4%. Для цих цілей використовують універсальні прилади з омметрами, омметри і вимірювальні мости. З мостів, які використовують при налагоджуванні

електрообладнання, найбільш поширеними є малогабаритні мости (зручні для транспортування) типу ММВ. Якщо немає омметрів і мостів, опір постійному струму можна виміряти методом *вольтметра (voltmeter)* і *амперметра (amperemeter)*. При цьому схему вимірювання потрібно вибрати так, щоб похибка була мінімальною.

При вимірюванні опору котушок необхідно враховувати їх температуру під час випробування. Значення опору котушок (особливо апаратів постійного струму) впливає на значення напруги спрацювання. При збільшенні опору котушок збільшується напруга спрацювання. Для перерахунку опору котушок із мідної проволочки на іншу температуру користуються формулою

$$R_{t_2} = R_{t_1} \cdot \frac{235 + t_2}{235 + t_1}, \quad (1.1)$$

де R_{t_1} – опір при вимірюванні, Ом;

R_{t_2} – приведений опір, Ом;

t_1 – температура при вимірюванні, °С;

t_2 – температура, до якої приводиться опір, °С.

При проведенні найпростіших налагоджувальних робіт, коли опір котушок постійному струму не має значення (для *контакторів (contactor)* і реле змінного струму), достатньо перевірити цілість котушки і опір ізоляції.

Регулювання механічних вузлів і деталей апаратів керування. В усіх електромагнітних релейно-контакторних апаратах є механічні деталі, які кінематично пов'язують магнітні і *контактні системи (contact combination)*, а також пружини – відкидні, нажимні, регульовальні і т.д. В електромагнітних пусках і контакторах для реверсивного керування електродвигунами застосовуються блокувальні механізми, які запобігають одночасному ввімкненню обох контакторів. Від якості регулювання механічної частини залежить надійність роботи апарата.

При регулюванні апаратів в першу чергу перевіряють чи є вільним хід рухомої системи. Перекося та інші незначні несправності ліквідують простими слюсарно-монтажними операціями.

Особливу увагу звертають на пружини апаратів. Так, якщо не спрацює пружина, яка призначена для відкидання рухомої системи комутаційного апарата в вихідне положення, то відключення не відбудеться. В більшості реле за рахунок регулювання *натиску (pressure)* чи натягу пружини можна змінювати уставки або значення величини спрацювання реле. Крім того, в усіх апаратах є *контактні пружини (contact spring)*, які призначені для

здійснення необхідного натиску в контактному з'єднанні. В усіх випадках пружини повинні бути цілими і невідпущеними (відпущення пружини може бути викликане її перегрівом). Поламані або відпущені пружини замінюють новими, але з відповідними характеристиками.

Контакти повинні мати правильну форму і допустимий знос. В іншому випадку експлуатація апарата є недопустимою. Контакти, котрі були в експлуатації, зачищають мілким надфілем і надають їм правильну форму. Зношені, підгорівші контакти замінюють новими.

При механічній перевірці перевіряють *розхили (opening)* і *провали (downfall)* контактів, а при необхідності і їх натиск. Недостатній натиск призводить до перегрівання контактів та швидкого виходу їх з ладу. Надмірний натиск може спричинити ненормальну роботу магнітної системи.

Блокувальні механізми в електромагнітних пусках регулюються так, щоб з однієї сторони кожний контактор вільно включався при поданні напруги на котушку, а з іншої сторони, коли *якір (anchor)* одного пускача притягнутий, другий (при включенні його котушки) не міг би замкнути свої головні контакти. Ці механізми регулюються за допомогою слюсарно-монтажних операцій або шляхом заміни несправних деталей.

Визначення розхилів, провалів і натисків контактів апаратів керування та контакторів. У контакторів регулювання механічної частини починають з визначення розхилів і провалів контактів, початкових і кінцевих натисків. Ці величини нормуються і є різними для кожного типу і габариту контакторів.

Розхилом контактів називається мінімальна відстань між контактними поверхнями однієї пари контактів в розімкнутому положенні (відключеному стані апарата).

Провалом контакта називається додатковий хід упора контактів після їх замикання. Провал контактів показує на скільки стискається контактна пружина і дозволяє опосередковано судити про силу натиску контактів.

Початковий натиск контакта – це натиск пружини на контактний ричаг при розімкнутих контактах.

Кінцевий натиск контакта – натиск в момент закінчення процесу замикання рухомого контакта з нерухомим.

Розхил контактів (рис. 1.1) вимірюють при розімкнутих контактах за допомогою щупів, шаблонів, лінійки, *штангенциркуля (trammel)* або нутроміра.

Визначення величини провалу контактів (рис. 1.1) проводять залежно від конструктивного виконання контактів або безпосередньо, для чого видаляють нерухомий контакт і заміряють величину переміщення

рухомого контакту, або шляхом вимірювання зазору (у включеному положенні апарата) між рухомих контактом і його упором. В останньому випадку дійсну величину провалу перераховують за розмірами на кресленні.

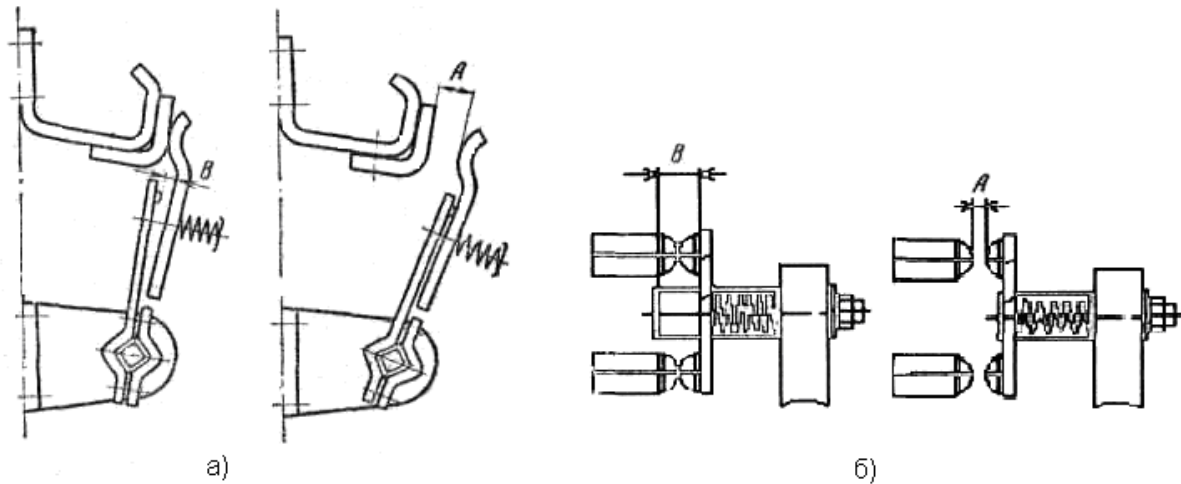


Рисунок 1.1 – Перевірка розхилу і провалу головних (а) та блок-контактів (б)
А – розхил; В – зазор, який характеризує провал

Початковий натиск контакту (рис. 1.2, а) визначається в такій послідовності. Між рухомо закріпленим контактом і його упором закладається стрічка цигаркового або копіювального паперу (на рисунку місце закладання паперу позначено 1). На контакті відмічається місце початкового дотикання контактів і на нього надівається петля з кіперної стрічки. Петлю зачіплюють пружинним динамометром (*dynamometer*) і відтягують в напрямку, перпендикулярному до поверхні контакту в місці початкового дотикання до тих пір, поки можна буде пересунути (звільнити) папір, затиснений між контактом і упором. Показ динамометра в цей момент відповідатиме початковому натиску контакту.

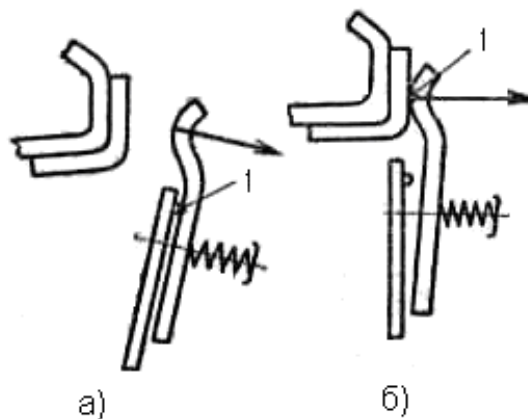


Рисунок 1.2 –Перевірка початкового (а) і кінцевого (б) натисків головних контактів

Для вимірювання кінцевого натиску (рис. 1.2, б) контактор встановлюють у включене положення, для чого якір магнітної системи притискають до *сердечника (hub)* і заклинюють його, далі все відбувається в послідовності, вказаній вище, тільки в цьому випадку папір закладається між контактами, і рухомий контакт відтягується в напрямку, перпендикулярному до поверхні контактів в місці їх дотику.

Тільки після детального механічного регулювання контактора переходять до його електричного регулювання.

Регулювання апаратів під струмом або напругою. Під час електричного регулювання в першу чергу визначають величину спрацьовування і відпускання апарата. Для струмових апаратів це буде струм спрацьовування і відпускання, для апаратів, які реагують на напругу (реле і контактори), – напруга спрацьовування і відпускання. При контрольних дослідженнях апаратів постійного та змінного струму проводять не менше трьох вимірювань.

Значення величини спрацьовування апарата визначають в його робочому положенні. Якщо апарат призначений для роботи в різних положеннях, то значення величини спрацьовування визначають в найбільш важких (з точки зору спрацювання) положеннях.

При визначенні значення величини спрацьовування необхідно враховувати температуру котушок апаратів. Це особливо важливо для котушок напруги, оскільки напруга спрацьовування, а саме, апаратів постійного струму залежить від температури котушок (опір котушок залежить від температури).

Щоб охолодити апарат його потрібно видержати в приміщенні не менше 15 годин. Для нагрівання апарата потрібно видержати його під номінальним струмом або напругою до стійкої температури.

Регулювання струмових апаратів. Визначення параметрів спрацьовування електромагнітних апаратів повинно проводитись після їх остаточного регулювання, вимірювання натисків, розхилів і провалів контактів, а також вимірювання опору котушок постійному струму в холодному стані.

Струмові апарати (реле максимального струму, максимальні розчіплювачі і т.п.) включають в мережу послідовно з електроприймачами. Через них проходить або повний струм, або його частина, або струм, пропорційний струму навантаження. При перевірці таких апаратів визначають значення струму спрацьовування та відпускання і проводять необхідне регулювання. Такі струми часто бувають досить великими, тому для їх забезпечення в установках постійного струму використовують джерела низької напруги (12-24 В) – низьковольтні генератори або

аккумулятори. При малому значенні напруги зменшуються розміри регульовальних реостатів і споживана потужність.

В установках змінного струму, для регулювання струму через апарати прямо з мережі, необхідні реостати великих розмірів, при цьому з мережі споживається значна потужність, що є неекономічним. Найбільш вигідно проводити випробування за схемою, зображеною на рис. 1.3, а). Апарат, який необхідно випробувати, підключають через амперметр і трансформатор струму до вторинної обмотки понижувального трансформатора з напругою 6-12-24 В. Таким чином, цей трансформатор буде працювати в режимі *короткого замикання (short circuit)*. Змінюючи напругу на первинній обмотці регулюють значення струму в колі вторинної обмотки. При такому способі отримання струму навантаження споживана потужність і розміри апаратів мінімальні.

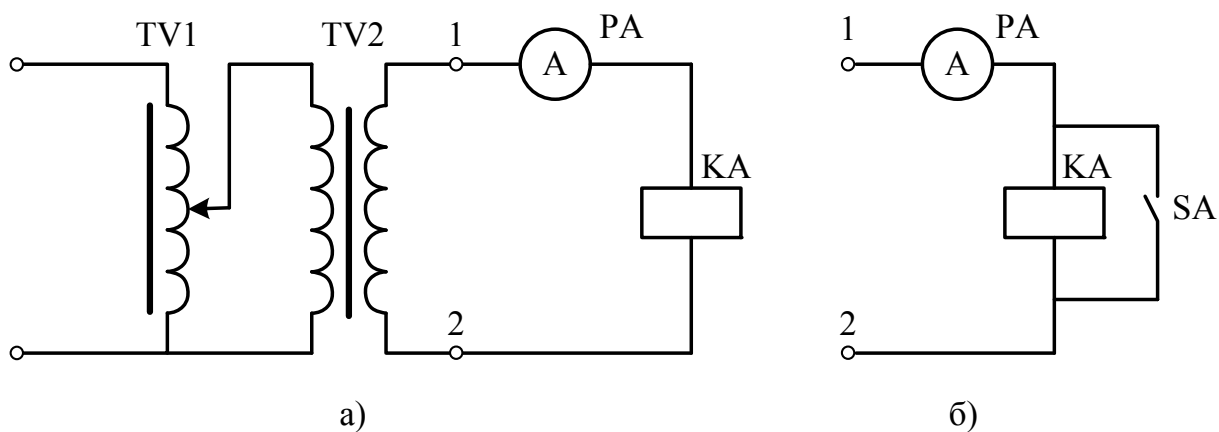


Рисунок 1.3 – Схеми для дослідження і налагоджування струмових апаратів

Якщо для апаратів необхідно встановити фактичний граничний (максимальний та мінімальний) струм спрацьовування, його плавно змінюють з швидкістю, котра дозволяє точно фіксувати покази вимірювального приладу (амперметра).

Якщо необхідно перевірити спрацьовування апарата при конкретному заданому струмі, спочатку котушку апарата шунтують вимикачем (рис. 1.3, б), встановлюють в колі необхідний струм, а потім виключають вимикач і перевіряють спрацювання апарата. Регулюють апарат (затягуючи чи відпускаючи пружину) при зашунтованій котушці і знову перевіряють значення величини спрацьовування до тих пір, поки не буде отримано потрібне значення величини спрацьовування.

Регулювання апаратів з котушками напруги. До апаратів з котушками напруги відносяться реле напруги, *реле часу (time relay)*,

контактори і електромагнітні пускачі.

При визначенні напруги спрацьовування і відпускання апаратів потрібно звертати увагу на те, що значення напруги спрацьовування нормуються для нагрітих апаратів, а вимірювання проводяться, як правило, в холодному стані, оскільки попередній прогрів котушок апаратів вимагає значних затрат часу; крім того, дійсну температуру нагрітої котушки важко контролювати в процесі вимірювань. При випробуванні апаратів змінного струму зміна омичного опору котушок практично не впливає на напругу спрацьовування. В таких апаратах напруга спрацьовування залежить від індуктивного опору котушок. В апаратах постійного струму напруга спрацьовування значно залежить від температури котушки (підвищується з підвищенням температури). Тому в отримане значення напруги спрацьовування повинна бути внесена відповідна поправка.

Поправка Δ визначається за формулою:

$$\Delta = U_{\Gamma} - U_x = U_x \cdot \left(\frac{235 + t_{\Gamma}}{225 + t_x} - 1 \right), \quad (1.2)$$

де U_{Γ} – напруга спрацьовування нагрітого апарата, В;

U_x – напруга спрацьовування холодного апарата, В;

t_{Γ}, t_x – температура нагрітого і холодного апарата, відповідно, °С.

Величина t_x береться рівною температурі навколишнього середовища, яке визначається як середнє арифметичне показів декількох термометрів, розташованих в радіусі 1–2 м від апарата; t_{Γ} зазвичай береться 70° С.

Для апаратів постійного струму напругу (струм) спрацьовування визначають двічі при різних *полярностях* (*polarity*) напруги на котушці (струму в ній), якщо не передбачена робота апарата тільки при одній полярності.

При випробуванні апаратів напруги, спосіб регулювання підведеної напруги визначається необхідними границями регулювання і споживаною потужністю.

При випробуванні котушок напруги реостат включають за схемою (рис. 1.4, а). При цьому напруга на випробовуваному апараті регулюється від нуля до напруги живильної мережі.

При виборі реостата для подільника напруги необхідно враховувати, що добуток його напруги на допустимий струм повинен бути не менший потужності споживання котушки, крім того, струм, що відводиться, повинен бути в 2–3 рази менший допустимого для реостата, інакше останній буде нерівномірно нагріватися.

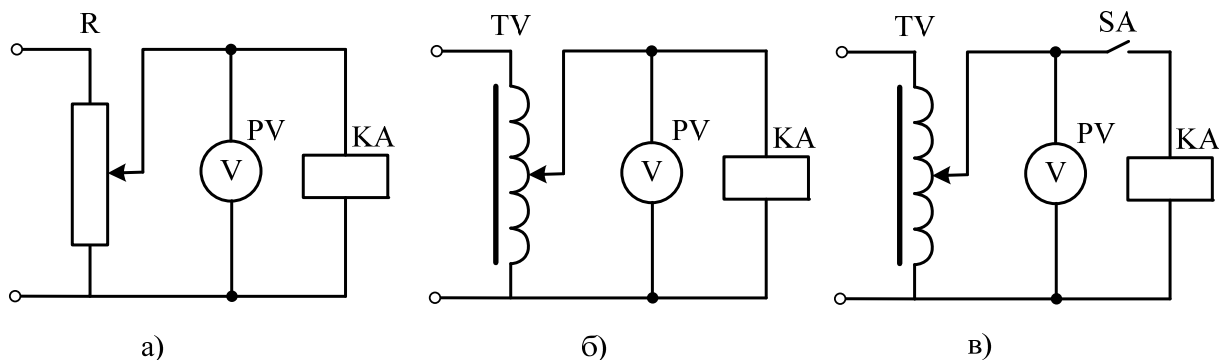


Рисунок 1.4 – Схеми для дослідження і налагоджування апаратів з котушками напруги

Такий спосіб живлення котушок застосовується на постійному струмі та при живленні малопотужних котушок змінного струму. При живленні цим способом котушок змінного струму потужних контакторів регулювання напруги є нерівномірним, і напруга спрацьовування відрізняється від дійсної. Це пояснюється тим, що реактивний опір котушки контактора змінного струму при невтягнутому якорі і розімкнутій магнітній системі невеликий, і повний опір електричного кола керування в момент включення контактора визначається лише активним опором. В цьому випадку струм втягування в 6 – 10 разів перевищує струм в котушці при втягнутому якорі.

Щоб знизити струм в котушках, необхідно зменшити зазори. При великому числі включень значні струми втягування і сильні удари по набраному з листів магнітопроводу суттєво знижують довговічність контакторів з магнітною системою змінного струму. Для усунення цих недоліків застосовують магнітні системи постійного струму навіть тоді, коли силові контакти включені в коло трифазного струму.

Якщо якір відпущений, цей опір в 10-15 раз менший опору при притягнутому якорі. Коли такий апарат включають через подільник, початковий пусковий струм обмежується частиною реостата, що й приводить до зміни напруги спрацьовування апарата. В таких випадках краще користуватися регульовальним автотрансформатором, включаючи котушку напруги безпосередньо на вихідну напругу (рис. 1.4, б). Тільки при цьому необхідно порівняти струм котушки випробовуваного апарата з допустимим струмом для регулювання автотрансформатора.

Якщо необхідно встановити для апарата граничну (мінімальну або максимальну) напругу спрацьовування, її плавно змінюють з швидкістю, котра дає можливість здійснювати правильний підрахунок показників вимірювального приладу. Якщо потрібно перевірити спрацьовування апарата при деякій заданій напрузі, то попередньо регулятором

встановлюють необхідне значення напруги (контролюючи її значення за допомогою вольтметра) і лише після цього за допомогою вимикача або кнопки (рис. 1.4, в) включають в коло котушку апарата, який випробовується (подача напруги поштовхом).

Визначення часу спрацьовування і витримки часу апаратів керування. При налагоджуванні і випробовуванні апаратів керування часто виникає необхідність визначити як власний час спрацьовування (відпускання) апаратів, так і витримки часу.

Для вимірювання відносно малих проміжків часу, наприклад, часу спрацьовування реле чи вимикача, проміжків часу між замиканням та розмиканням контактів реле, інтервалу часу між спрацьовуваннями різноманітних апаратів і т.д., використовують, залежно від потрібної точності вимірювання, електричні *секундоміри (stop watch)*, електронні секундоміри або осцилографи.

При витримці часу від 0,1 до 10 с і з необхідною точністю відліку в 0,01 с користуються електросекундомірами, а при визначенні часу спрацьовування апаратів менше 0,1 с – осцилографом.

В практиці налагоджування апаратів найбільше використовують електросекундоміри ПВ-52, ПВ-53. Електросекундомір являє собою прилад вібраційної системи (працює тільки на змінному струмі), фактично відраховуючи по шкалі число періодів струму, який споживається. Шкала приладу в секундах відноситься до частоти струму 50 Гц.

На рис. 1.5 зображено можливі варіанти схемних рішень для підключення електросекундоміра. Прилад має котушку, розраховану на напругу 36 В, яку в мережу з напругою 110 і 220 В підключають через вмонтовані додаткові резистори. Керувати електросекундоміром можна двома способами: в одному випадку він вмикається і вимикається контактом, включеним послідовно з котушкою, в іншому випадку він керується контактом, включеним паралельно котушці.

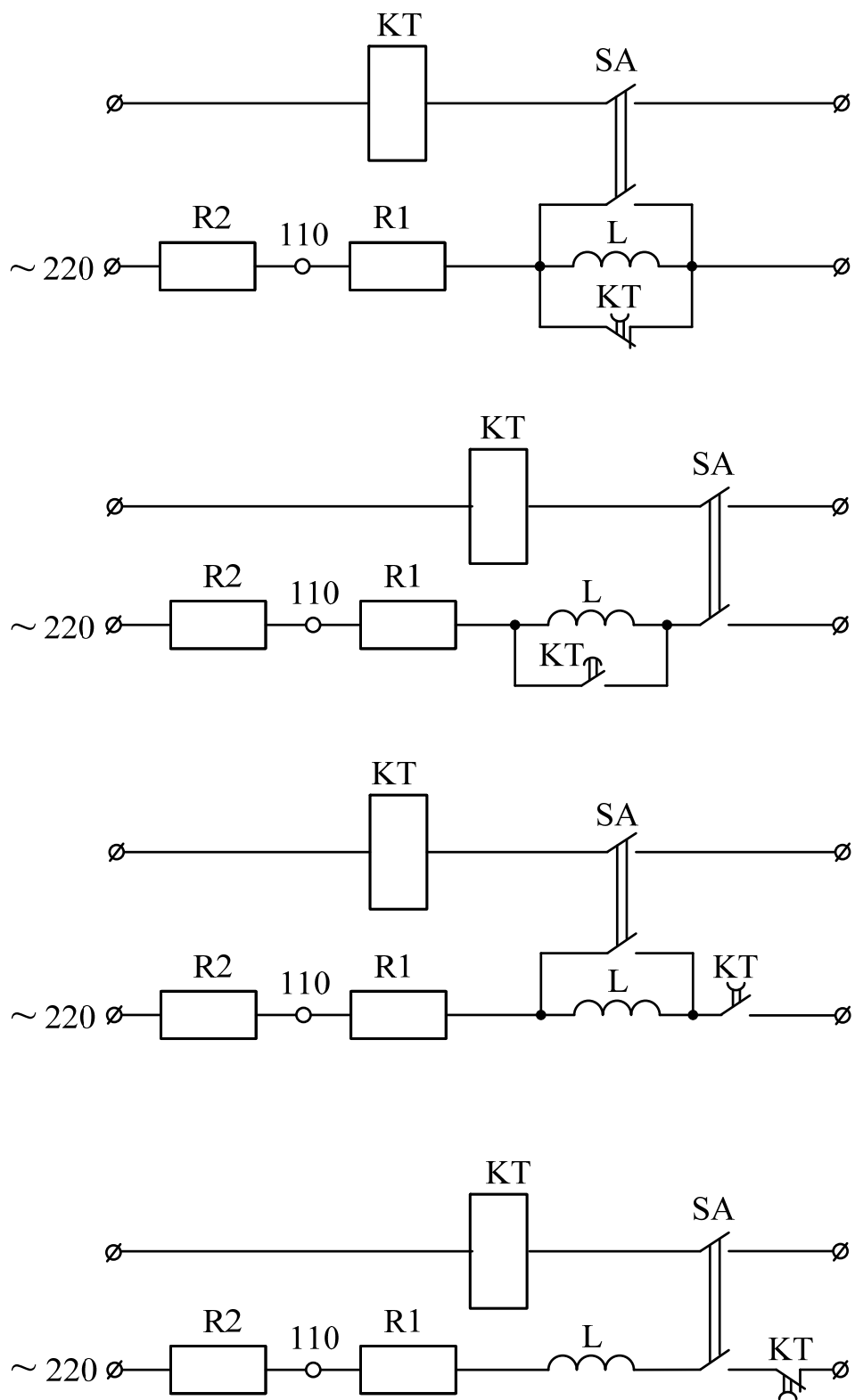


Рисунок 1.5 – Схема включення електросекундоміра ПВ-52, ПВ-53

РОЗДІЛ 2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

2.1 Лабораторна робота №1 – Випробування і налагоджування електромагнітних апаратів для керування електроприводами постійного і змінного струму

Мета роботи:

1. Вивчити будову, конструктивні особливості і принцип дії електромагнітних апаратів керування електроприводами постійного та змінного струму;
2. Засвоїти методику проведення налагоджувальних робіт та випробовувань апаратів керування електроприводами постійного і змінного струму.

Теоретичні відомості

Контактором називається електромагнітний апарат дистанційної дії, призначений для частих включень і відключень силових електричних кіл при нормальних режимах роботи, а також нечастих відключень *струмів перевантаження (overload current)* (до $10 \cdot I_n$). Залежно від типу привода контактної системи розрізняють електромагнітні, пневматичні і гідравлічні контактори.

В силових колах автоматизованого електропривода найбільше поширення отримали електромагнітні контактори постійного та змінного струмів.

Загальні вимоги до контакторів: висока комутаційна здатність (до $10 \cdot I_n$, а в окремих випадках до $20 \cdot I_n$); висока частота спрацювань (циклів за годину); значна кількість комутацій (до 3 млн. циклів); висока механічна зносостійкість (10–20 млн. спрацювань); висока надійність в експлуатації.

Промисловістю випускаються контактори розраховані, головним чином, на струми до 630 А та напругу 220; 440; 650; 750 В постійного струму, 380; 500; 660 В змінного струму промислової частоти і до 1500 В підвищеної частоти. Характерною особливістю є 600 і 1200 – 1500 циклів (включень, відключень) на годину.

Контактори складаються із системи головних та допоміжних контактів, а також електромагнітної і дугогасильної систем.

Система головних контактів розрахована на тривале проходження номінального струму і здійснення великої кількості комутацій. Залежно від

положення головних контактів розрізняють контактори з *нормально розімкнутими (normally open contact)* і *нормально замкнутими (normally closed contact)* контактами.

Головні контакти можуть бути ричажного або місткового типу. Ричажні контакти передбачають поворотну рухоми систему, місткові – прямоходову.

Електромагнітна система забезпечує дистанційне керування контактором, тобто включення і відключення. Конструкція електромагнітної системи визначається родом струму в колі керування і кінематичною схемою.

Електромагнітна система може бути розрахована на втягування якоря і його утримання або тільки на втягування, в цьому випадку утримання якоря забезпечує защіпка (контактори з защіпкою). Залежно від схеми включення і значення утримуючої сили електромагнітна система може здійснювати мінімальний (нульовий) захист, який полягає в автоматичному відключенні контактора від мережі при зниженні напруги втягуючої котушки на 15-20% від номінального значення.

Слід зазначити, що при коливаннях напруги мережі в межах 85 – 105% від її номінального значення всі контактори постійного і змінного струмів повинні чітко і надійно працювати.

В контакторах з защіпкою живлення котушки електромагніта проходить тільки до моменту повного втягування магнітної системи, після чого защіпка механічно утримує магнітну систему. В таких контакторах не передбачається мінімальний або нульовий захист. Відключення контактора від мережі здійснюється шляхом натиснення на кнопку «Стоп» пускової станції, яка включає коло електромагніта, що відпускає защіпку і розмикає магнітну систему контактора і відповідно систему головних та допоміжних контактів.

В контакторах прискорення (таймтакторах) електромагнітна система, крім основної функції – дистанційного керування, створює необхідну витримку часу перед вмиканням контактів.

Дугогасильна система забезпечує гасіння електричної дуги, яка виникає при розмиканні головних контактів. Способи гасіння дуги та конструктивні особливості дугогасильних систем визначаються родом струму головного кола і режимом роботи контактора. Так в контакторах постійного і змінного струму досить поширеними є магнітне дуття та деіонне гасіння.

Магнітне дуття передбачає швидке згасання електричної дуги за рахунок її видовження під дією поперечного магнітного поля, створеного послідовно ввімкненою з головним контактом котушкою (рис. 2.1).

Деіонне гасіння полягає в тому, що над контактами всередині дугогасильної камери (*arc chute*) розміщують сталеві пластини, що розбивають дугу на ряд складових, які швидко охолоджуються і гаснуть (рис. 2.1).

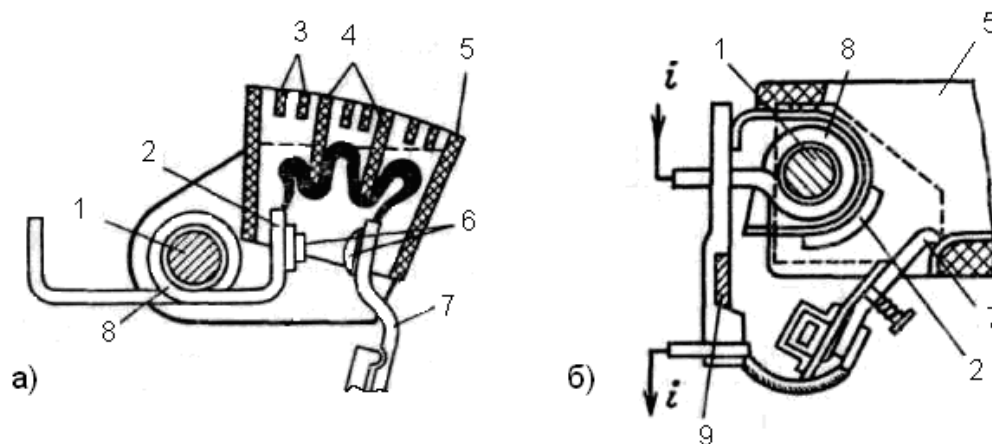


Рисунок 2.1 – Конструкція дугогасильної системи контакторів постійного струму (а), змінного струмів (б)

На рис. 2.1: 1 – сердечник; 2 – нерухомий контакт; 3 – дугогасильні решітки; 4 – ізоляційні перегородки; 5 – дугогасильна камера; 6 – контактні накладки; 7 – рухомий контакт; 8 – котушка магнітного дуття; 9 – рейка.

Допоміжні контакти (блок-контакти) призначені для комутації кіл керування, блокування і сигналізації, тому розраховані на порівняно невеликі номінальні струми (5-10 А). Блок-контакти в основному виконуються місткового типу і можуть бути як нормально замкнутими, так і нормально розімкнутими.

Контактори розрізняються: за родом струму; за числом головних і блок-контактів; за конструкцією електромагнітної системи; за способом гасіння дуги.

На відміну від автоматичних вимикачів контактори не мають розчіплювачів, які б реагували на зміну струму і відключали електричне коло при перевантаженнях чи коротких замиканнях. З цією метою використовуються автоматичні вимикачі та запобіжники, які підключають послідовно в коло з контактором.

Маркування контакторів зазвичай містить їх коротку характеристику: КП – контактор постійного струму; КТ – контактор змінного струму; КТП – контактор для комутації кіл трифазного струму з втягуючою котушкою постійного струму. Якщо після цих літер є ще якісь літери, то вони вказують на конструктивні особливості контактора. Цифри після літерних позначень в різних випадках для різних типів контакторів мають

неоднакове значення.

Приклад:

- КП504 – тип 500, четвертої величини (при позначеннях КП514 або КП524 – відмінність полягає в виконанні і кількості головних та блок-контактів);
- КТВ123 – третьої величини, з двома головними нормально розімкнутими контактами без дугогасіння (КТВ23 з дугогасінням).

Контактори постійного струму як правило виготовляють однополюсними і розраховані на номінальний струм до 2000 – 2500 А. Конструкції контакторів різноманітні. На рис. 2.2 зображено контактор серії КПВ-600. Контактори даної серії розраховані на струми 100, 160, 250, 630 А і напругу до 600 В.

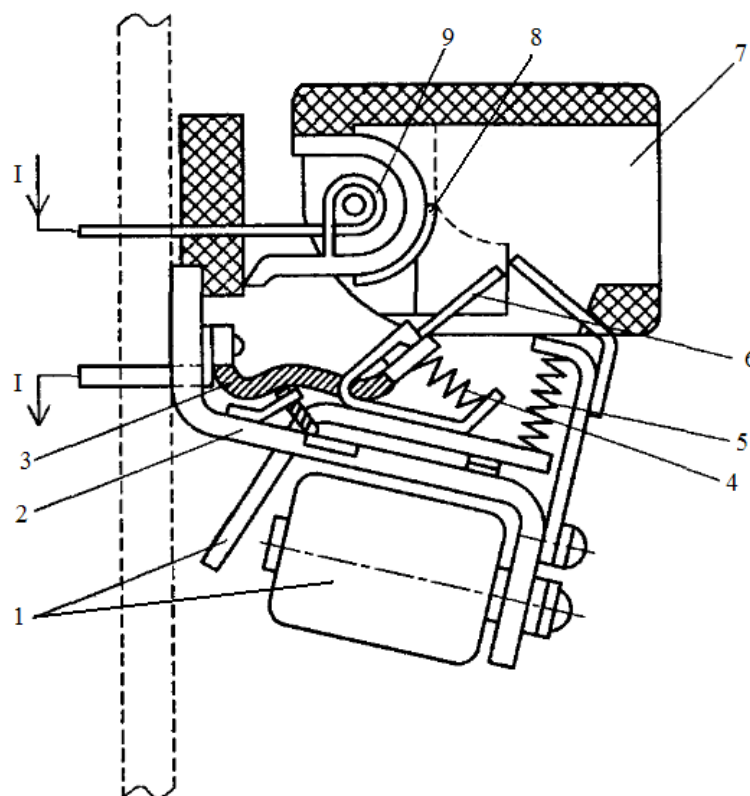


Рисунок 2.2 – Контактор КПВ-600

На рис. 2.2: 1 – електромагнітна система; 2 – сталева скоба; 3 – мідний гнучкий зв'язок; 4 – контактна пружина; 5 – відкидна пружина; 6 – рухомий контакт; 7 – дугогасильна камера; 8 – нерухомий контакт; 9 – котушка магнітного дуття.

Головні контакти в більшості випадків ричажного типу. Поворот контактів здійснюється на призмі, а підведення струму – гнучким зв'язком (переплетені тонкі мідні провідники або мідна шина товщиною 0,1 мм). Зазор між рухомим і нерухомим контактами складає від 8 до 20 мм, а хід

магнітної системи – від 3 до 8 мм.

Електромагнітна система в основному клапанного типу (рис. 2.3, а) з поворотом якоря на призмі, хоча зустрічається і прямоходова система (рис. 2.3, в).

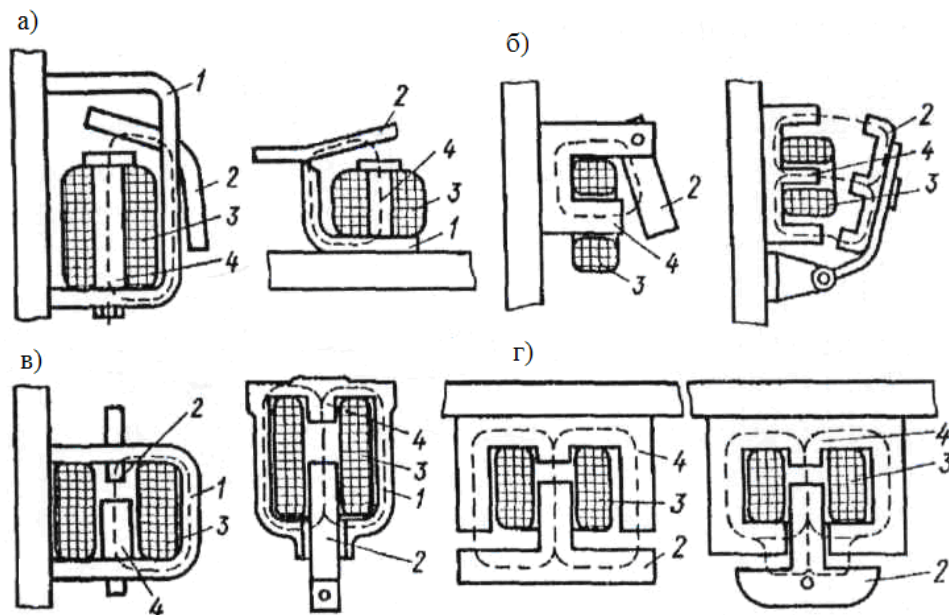


Рисунок 2.3 – Схеми електромагнітів: а, б – з поворотним якорем; в, г – з прямоходовим якорем

На рис. 2.3: 1 – скоба; 2 – якір; 3 – котушка електромагніта; 4 – сердечник з полюсними наконечниками.

Електромагнітна система (рис. 2.3 а, в) застосовується в контакторах постійного струму, а електромагнітна система (рис. 2.3 б, г) застосовується в контакторах змінного струму.

Котушки контакторів постійного і змінного струмів розраховані на довготривале ввімкнення (ТВ – 100%).

Для стандартних конструкцій час спрацювання контакторів наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Час спрацювання контакторів, с

Тип контактора	Власний час спрацювання контактора	
	при ввімкненні	при відключенні
Постійного струму	0,1 – 0,3	0,5 – 0,08
Змінного струму	0,03 – 0,12	0,02 – 0,05

Дугогасильна система працює за принципом гасіння електричної дуги поперечним магнітним полем в дугогасильних камерах. Поперечне магнітне поле збуджується послідовною дугогасильною котушкою

(див. рис. 2.1). Найбільше поширення одержали дугогасильні камери з вузькими щілинами і вузькими зигзагоподібними щілинами. В передній частині таких камер встановлюють дугогасильні решітки.

До спеціальних видів контакторів постійного струму відносяться контактори прискорення і контактори з защіпкою.

Контактори прискорення (таймтактори) використовуються для керування ступенями опорів при пуску двигунів постійного струму. Замикання головних контакторів проходить з витримкою часу (до 3 с). В цьому контакторі поєднані функції контактора і *електромагнітного реле (electromagnetic relay)* часу. Таймтактор має дві магнітні системи: одна система (утримуюча) забезпечує витримку часу, інша (включаюча) – замикання головних контактів. Зважаючи на обмеженість застосування електроприводів постійного струму контактори прискорення на даний момент практично не випускаються.

Контактори з защіпкою використовуються там, де не допускається відключення головного кола при зниженні напруги в колі керування (наприклад, в колах збудження синхронних машин) або там, де необхідно підвищити надійність роботи при тривалому режимі роботи (наприклад, в водокачках з автоматичним керуванням). Відрізняється він від звичайного контактора тим, що контактор з защіпкою має дві котушки: вмикаючу і вимикаючу. У включеному положенні контактор запирається спеціальною защіпкою. Для її відключення включається вимикаюча котушка, яка звільняє защіпковий механізм.

Контактори змінного струму промислової частоти виготовляються, як правило, триполюсними з головними нормально розімкнутими контактами. Конструкції контакторів досить різноманітні (рис. 2.4).

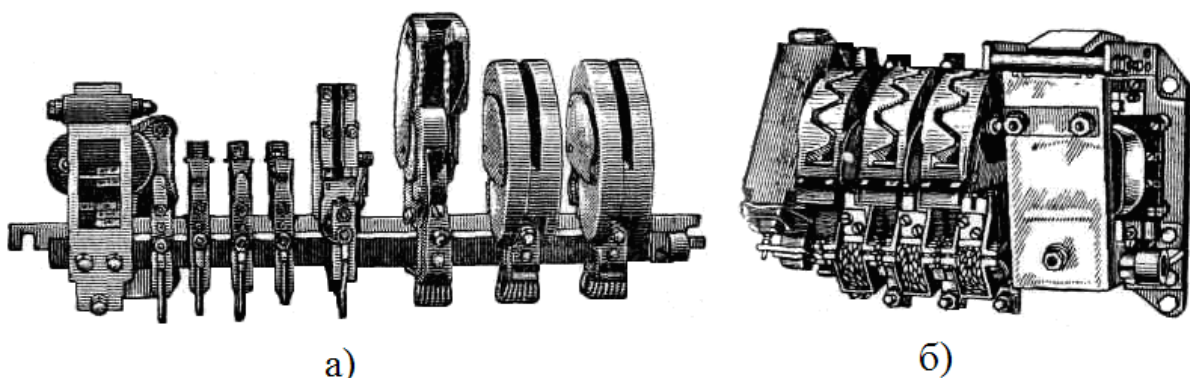


Рисунок 2.4 – Триполюсний контактор змінного струму для кріплення на рейці (а), для кріплення на металеві рамі (б)

На рис. 2.5 зображено контактор змінного струму типу КТ-32Е, розрахований на номінальний струм 75А.

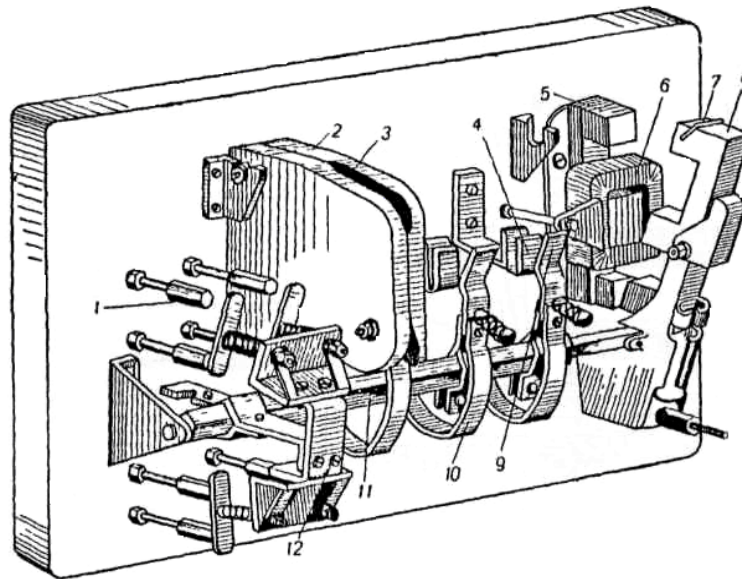


Рисунок 2.5 – Контактор змінного струму КТ-32Е

На рис. 2.5: 1 – блок-контакти 2 – дугогасильна камера; 3 – дугогасильна решітка; 4 – головний нерухомий контакт; 5 – магнітна система; 6 – втягуюча котушка; 7 – короткозамкнутий виток; 8 – ярмір; 9 – головний рухомий контакт; 10 – гнучкий провідник; 11 – валик; 12 – траверса блок-контактів.

Електромагнітна система складається з сердечника 5, котушки 6, короткозамкнутого витка 7 та ярміра 8. Сердечник може бути виконаним П, Т, Ш-подібним або соленоїдним.

Магнітопровід контакторів змінного струму, для запобігання виникненню підвищених втрат і перегріву, набирається з окремих ізольованих одна від одної пластин високолегованої (електротехнічної) сталі з товщиною пластин 0,35; 0,5; 1 мм.

Для запобігання значної *вібрації* (*vibration*) магнітопровода і виключення можливості відриву ярміра при зникненні магнітного потоку (котушка, яка живиться змінним струмом, перестає притягувати ярмір при переході магнітного потоку через рівень нуля), частину магнітопровода охоплюють спеціальним короткозамкнутим витком. Окрім головного магнітного потоку, створеного струмом котушки контактора, в частині магнітопровода, охопленого короткозамкнутим витком, виникає зміщений за фазою потік, який утримує ярмір в момент зникнення головного потоку. Результуючий потік не має нульового значення.

Чим більший переріз провідника короткозамкнутого витка, тим більшим є протікаючий в ньому струм і тим інтенсивнішим є його нагрів. Тому переріз витка визначається умовами надійного притягання ярміра без вібрації та надмірних ударів ярміра об сердечник, які викликають

«розплескування» та «розпушування» пластин магнітопроводу.

Головні контакти в поворотних системах – ричажного типу, а в прямоходових – місткового. Розрізняють головний нерухомий та головний рухомий контакт, гнучкий зв'язок з останнім забезпечується за рахунок застосування мідних шин.

Дугогасильна система в контакторах змінного струму передбачає як магнітне дуття, так і деіонне гасіння (див. рис. 2.1).

При однокразовому розриві на фазу, напругою до 380 В і частотою включень до 600 раз за годину, застосовується дугогасильна камера з широкими щілинами, оснащена дугогасильними решітками. Для контакторів з важким режимом роботи з частотою включень 1200 і більше раз за годину і напругою до 660 В застосовується магнітне дуття в камерах з вузькими зигзагоподібними щілинами.

Контактори змінного струму підвищеної частоти випускаються для роботи в трифазних колах з напругою 380 В при частотах 400 і 500 Гц і в однофазних колах з напругою 800 і 1600 В при частотах 2500 і 8000 – 10000 Гц.

Для частот 400 і 500 Гц можуть бути використані контактори змінного струму промислової частоти. Однак через більш високі втрати в струмопроводі, при вказаних частотах, доводиться зменшувати номінальний струм на 10 – 15%. Втягуючі котушки виконуються для підключення до мережі змінного струму промислової частоти або до мережі постійного струму. В випадку необхідності живлення котушок від мережі підвищеної частоти їх підключають через *випрямляч (rectifier)*.

Для частот вище 2000 Гц необхідно конструювати спеціальні контактори, оскільки дуга не втягується в дугогасильну камеру. Гасіння з послідовно ввімкненою дугогасильною котушкою також не може бути тут застосоване, оскільки при вказаних частотах котушка являє собою великий індуктивний опір і спад напруги на ній може сягати 50–100 В.

Програма роботи

1. Ознайомитись з конструкцією змонтованих на стенді досліджуваних контакторів та провести їх зовнішній огляд (додаток А).

2. Здійснити перевірку та налагоджування механічної частини контакторів.

3. Перевірити стан ізоляції контакторів.

4. Виміряти опір котушок апаратів постійному струму.

5. Провести випробовування контакторів під напругою.

6. Зробити висновки про відповідність технічного стану контакторів нормам технічної експлуатації.

Таблиця 2.2 – Результати дослідів

Номер дослідів	Параметри		Значення	
1	Номинальна напруга втягуючої котушки $U_{к.н.}$, В			
	Кількість головних контактів			
	Кількість допоміжних контактів	нормально розімкнутих		
		нормально замкнених		
	Тип головних контактів			
	Тип блок-контактів			
	Тип електромагнітної системи			
2	Тип дугогасильної системи			
	Величина розхилу головних контактів, мм			
	Величина провалу головних контактів, мм			
	Величина розхилу допоміжних контактів, мм			
	Величина провалу допоміжних контактів, мм			
3	Величина кінцевого натиску на пружини головних контактів, Н			
	Стан ізоляції втягуючої котушки, Ом			
4	Стан ізоляції головних контактів, Ом			
	Опір котушки постійному струму R_k , Ом			
5	Напруга спрацьовування $U_{спр.}$, В			
	Напруга відпускання $U_{відп.}$, В			
	Коефіцієнт повернення, $K_p = U_{відп.}/U_{спр}$			
	Струм втягуючої котушки при	розімкнутій магнітній с-мі $I_{р.м.с.}$, А		
		замкнутій магнітній с-мі $I_{з.м.с.}$, А		
	Співвідношення: $I_{р.м.с.}/I_{з.м.с.}$			
	Споживана потужність котушки при	розімкнутій магнітній с-мі $P_{к.р.}$, Вт		
		замкнутій магнітній с-мі $P_{к.з.}$, Вт		

Методичні вказівки

- При проведенні зовнішнього огляду необхідно перевірити:
 - наявність паспорта на апараті, а також відсутність явних механічних пошкоджень;
 - стан і комплектність контактної, магнітної та дугогасильної систем;
 - стан гнучких і нерухомих з'єднань;
 - наявність і стан кріпильних деталей.
- При перевірці і налагоджуванні механічної частини контакторів виконують такі операції:
 - затягують гвинти на опорах рухомої системи, усувають затирання рухомої системи;

- перевіряють самоустановлення і щільність прилягання якоря до нерухомого сердечника;
- регулюють розхили і провали головних контактів і одночасовість їх замикання;
- перевіряють натиск контактів і у випадку необхідності замінюють контактні пружини;
- перевіряють відсутність затирання головних контактів і дугогасильної камери;
- перевіряють кріплення магнітної системи і втягуючої котушки;
- перевіряють цілісність і кріплення короткозамкнутого витка;
- зачищають і перевіряють стан головних та допоміжних контактів.

3. Перевірка стану ізоляції контакторів передбачає такі операції:

- вимірювання опору ізоляції котушок мегаомметром на 500-1000 В (мінімальний опір ізоляції повинен бути не меншим 0,5 МОм);
- випробовування ізоляції головних контактів підвищеною напругою промислової частоти; величина випробовуваної напруги 1000 В, час випробовування 1 хв. (дослід не виконується з умов безпеки).

4. Вимірювання опору котушок апаратів постійному струму проводити з використанням вольтметра та амперметра. При цьому схему вимірювання потрібно вибирати так, щоб похибка була мінімальною.

5. При дослідженні роботи контакторів під напругою необхідно:

- розробити всі необхідні схеми для проведення дослідів;
- перевірити чіткість роботи контактора і відсутність гудіння магнітної системи.

6. Результати випробовувань заносять в табл. 2.2.

7. Після порівняння вимірних та паспортних даних (додаток Д) обох контакторів зробити висновок чи придатні вони для подальшого використання.

Контрольні питання

1. Призначення, принцип дії та основні вимоги до контакторів.
2. Конструктивні складові контакторів та їх призначення.
3. Електромагнітна система контакторів постійного і змінного струму.
4. Дугогасильна система контакторів постійного і змінного струму.
5. Контактори змінного струму підвищеної частоти.
6. Визначення початкового та кінцевого натисків контактів.
7. Визначення розхилів і провалів головних та блок-контактів.
8. Основні причини вібрації механічної системи і способи їх усунення.
9. Основні причини «розклепування» і «розпушування» та способи їх усунення.

2.2 Лабораторна робота №2 – Дослідження і налагоджування апаратів керування електроприводами в функції часу

Мета роботи:

1. Ознайомитись з будовою і принципом дії реле часу різних типів;
2. Ознайомитись з особливостями монтажу та налагоджування реле часу.

Теоретичні відомості

Реле являє собою автоматичний пристрій призначений для здійснення комутацій в колах керування, сигналізації і захисту під дією електричних, механічних, теплових і інших імпульсів. В електроприводі реле застосовують для керування процесами пуску, гальмування, реверсу, захисту від перевантажень та коротких замикань, недопустимих змін напруги, здійснення різноманітних блокувань і схем релейного підсилення.

Реле часу відносяться до реле керування електроприводами і призначені для створення необхідних витримок часу.

Витримкою часу називають інтервал часу між моментом подання або знаття управляючого імпульса реле і моментом зміни стану його контактів.

За способом одержання витримок часу реле бувають: електромеханічні, електромагнітні, пневматичні, електронні, програмовані та інші.

Електромагнітне реле часу. Досить поширеними є електромагнітні реле типів РЭ – 100, РЭ – 180, РЭ – 500 (рис. 2.6). Електромагнітні реле цих типів працюють на постійному струмі з напругою 48, 110, 220 В. При використанні такого реле в схемах змінного струму його котушка одержує живлення через випрямляч.

На сердечнику 2 знаходиться намагнічувальна котушка 1 та короткозамкнуті обмотки 3, намотані з мідного провода великого поперечного перерізу або в вигляді гільз з міді чи алюмінію. Сердечник 2 і якір 8 виготовляються із магнітом'якої сталі. Якір 8 відтягується пружиною 5, натяг якої регулюється гайкою 6. Упорний гвинт 7 обмежує хід якоря. На якорі закріплена немагнітна прокладка 9 з латуні або фосфористої бронзи. З якорем зв'язані контакти системи 10–11.

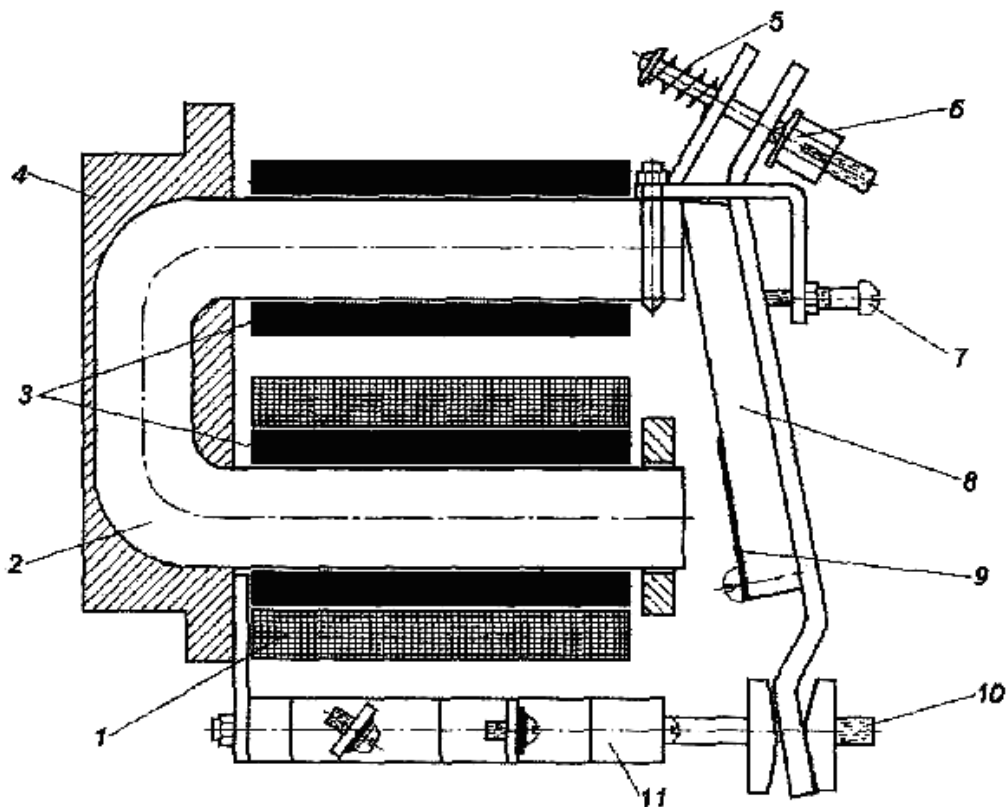


Рисунок 2.6 – Електромагнітне реле часу типу РЭ – 500

Витримку часу в електромагнітному реле одержують при відключенні реле від мережі внаслідок сповільненого спаду магнітного потоку до значення потоку відпускання. Це пояснюється наявністю замкнутих контурів на магнітопроводі реле. Замкнуті контури створюються при замиканні котушки реле накоротко або на опір після відключення її від мережі, або спеціальними короткозамкнутими обмотками.

Схеми включення електромагнітних реле часу показані на рис. 2.7.

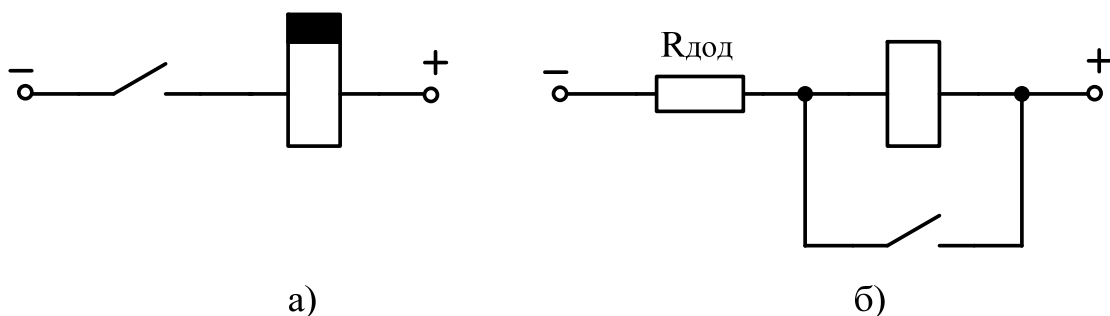


Рисунок 2.7 – Схеми для отримання витримок часу в електромагнітних реле

Реле з гільзою дає витримку часу при простому відключенні котушки від мережі (рис 2.7, а).

В реле без гільзи витримка часу створюється при шунтуванні котушки реле. Для запобігання короткого замикання мережі котушка реле повинна

мати знижену напругу і включатися через додатковий опір $R_{\text{дод}}$ (рис 2.7, б).

Електромагнітні реле дозволяють регулювати витримку часу в межах 0,2–5 с. Регулювання витримки часу електромагнітного реле здійснюється двома шляхами: зміною товщини немагнітної прокладки між якорем і сердечником (грубе регулювання), а також зміною натягу відтягуючої пружини, яка відриває якір від сердечника при спаді магнітного потоку (точне регулювання).

Немагнітна прокладка змінює індуктивність котушки, тим самим і електромагнітну постійну часу, а отже і швидкість спаду магнітного потоку. Чим тоншою є прокладка, тим довше магнітний потік зберігає рівень, достатній для подолання дії пружини, і тим довше якір буде утримуватись в притягнутому стані (витримка часу буде великою). При товстій прокладці якір відривається раніше, ніж в попередньому випадку (витримка часу зменшується). Також можна переконатися, що при більш затягнутій пружині якір відривається раніше, ніж при менш затягнутій пружині при рівних інших умовах (витримка часу зменшується).

На рис. 2.8 показано характер зміни витримки часу при зміні товщини немагнітної прокладки між сердечником та якорем, а також при зміні натягу відтягуючої пружини.

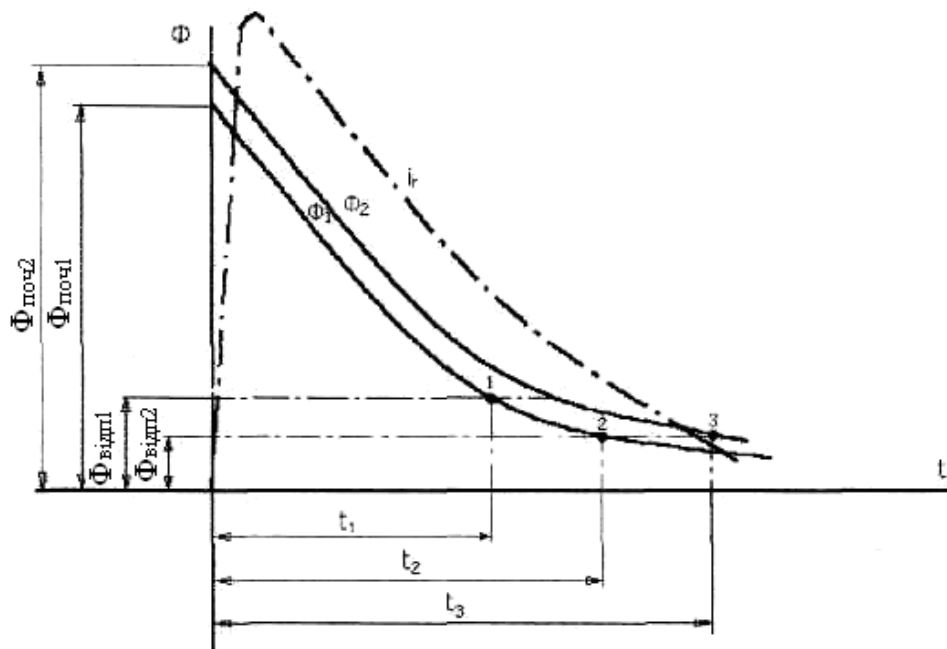


Рисунок 2.8 – Залежність витримки часу електромагнітного реле від магнітного потоку і струму в гільзі

При найбільшій товщині немагнітних прокладок реле має початковий

магнітний потік $\Phi_{\text{поч1}}$. При відключенні реле з гільзою зникаючий магнітний потік індукує в гільзі струм i_{Γ} , який згідно з законом Ленца викликає свій магнітний потік, який збігається за напрямком з основним потоком. Як наслідок, результуючий магнітний потік Φ_1 спадає з запізненням. Коли магнітний потік знизиться до величини, при якій сила відтягуючої пружини буде більшою, ніж сила магнітного притягання, якір реле відійде і переключить контакти. Це буде відповідати потоку відпускання $\Phi_{\text{відп1}}$, витримка часу при цьому буде t_1 . Якщо послабити натяг відтягуючої пружини, то відрив якоря від сердечника буде при потоці відпускання $\Phi_{\text{відп2}}$, а витримка часу збільшиться і буде рівною t_2 .

Якщо зменшити товщину немагнітної прокладки, то початкова величина магнітного потоку $\Phi_{\text{поч2}}$ збільшиться і при цьому ж значенні $\Phi_{\text{відп2}}$ витримка часу також збільшиться і буде рівною t_3 .

Пневматичне реле часу типу РВП–1М складається з приводного механізму, регульованого механізму сповільнення контактів, контактної системи і сталевій панелі, на якій змонтовані основні вузли реле (рис. 2.9).

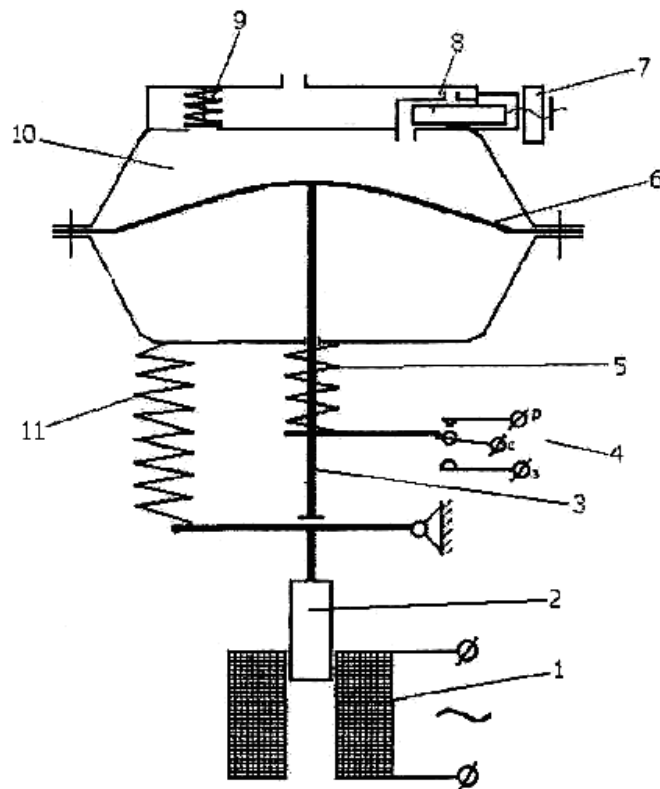


Рисунок 2.9 – Реле часу пневматичне РВП–1М

Приводний механізм складається із котушки електромагніту 1, якоря 2 і зворотної пружини 11.

Регульований механізм сповільнення контактів реле являє собою пневматичний сповільнювач, який має дві камери (верхню і нижню). В

верхній камері 10 змонтовані вихлопний клапан 9 і дроселююча голка 8, а також гайка 7.

Між пластмасовою колодкою 3 і основою нижньої камери встановлена пружина 5, яка намагається опустити колодку в крайнє нижнє положення. Між верхньою і нижньою камерою закріплена діафрагма 6 з тонкої прогумованої тканини, зв'язана жорсткою тягою з пластмасовою колодкою 3.

Контактна система 4 являє собою мікроперемикачі типу МП-1, МП-7, МП-8. При подачі живлення на котушку 1 реле якір 2 втягується і звільнює при цьому пластмасову колодку 3, яка під дією пружини 5 починає опускатись вниз. Колодка миттєво опуститися до свого крайнього положення не може, оскільки вона жорстко зв'язана з діафрагмою *пневматичної камери (air bladder)*. Коли ж колодка дійде до крайнього нижнього положення, то вона натисне рычагом на штифт мікроперемикача і переключить його контакти.

Швидкість переміщення діафрагми залежить від швидкості затягування повітря через дросельний отвір пневматичної камери. Регулювання витримки часу здійснюється шляхом зміни положення дроселюючої голки 8, яка регулює ступінь відкриття або закриття вхідного отвору пневматичної камери.

Після відключення котушки реле від мережі під дією зворотної пружини якір підніме пластмасову колодку в крайнє верхнє положення. В верхній камері при цьому відбудеться стиснення повітря і його вихлоп через вихлопний клапан, а контакти мікроперемикача повернуться в початкове положення.

Програмовані реле часу (рис. 2.10) дозволяють одержувати різні витримки часу в окремих незалежних колах з попередньо визначеними витримками часу.



Рисунок 2.10 – Реле часу ВЛ-56-С

Реле часу ВЛ-56-С складається з чотирьох незалежних реле часу, конструктивно виконаних в одному корпусі. Кожне реле має незалежне джерело живлення. Діапазон витримок часу для кожного реле встановлюється індивідуально.

Програма роботи

1. Ознайомитися з конструкцією та паспортними даними змонтованих на лабораторному стенді реле часу (додатки А, Д).

2. Відповідно до програми налагоджувальних робіт провести дослідження і налагоджування електромагнітного, пневматичного та програмованого реле часу.

3. Зробити висновки.

Таблиця 2.3 – Реле електромагнітне

Параметри реле типу _____		Значення				
Номинальна напруга котушки U_K , В						
Струм в котушці реле I_K , А						
Опір котушки постійному струму R , Ом						
$U_K = U_{ном}$ зміна натягу пружини	час спрацювання, с					
$U_K = U_{ном}$ пружина затягнута	товщина прокладки, мм	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	час спрацювання, с					
$U_K = U_{ном}$ пружина ослаблена	товщина прокладки, мм	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	час спрацювання, с					
$U_K = 0,8 U_{ном}$ пружина затягнута	товщина прокладки, мм	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	час спрацювання, с					
$U_K = 0,8 U_{ном}$ пружина ослаблена	товщина прокладки, мм	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	час спрацювання, с					
Витримка часу, вказана викладачем, с						

Таблиця 2.4 – Реле пневматичне

Параметри реле типу _____		Значення	
Номинальна напруга котушки U_K , В			
Струм в котушці реле I_K , А			
Опір котушки постійному струму R , Ом			
Витримка часу при включенні котушки ($U_K = U_H$)	t_{min} , с		
	t_{max} , с		
Витримка часу, вказана викладачем, с			

Таблиця 2.5 – Реле програмоване

Параметри реле типу _____	Значення		
Номінальна напруга котушки U_K , В			
Кількість програмованих уставок			
Мінімальний час спрацювання $t_{\min}$, с			
Максимальний час спрацювання $t_{\max}$, с			
Програмовані уставки	I	II	III
Час спрацювання по уставці на диску, с			
Час спрацювання по секундоміру, с			

Методичні вказівки

1. Зовнішній огляд. При зовнішньому огляді необхідно перевірити: наявність паспорта на апараті, відсутність явних механічних пошкоджень; стан контактної системи і контактних пружин; стан і комплектність магнітної системи; стан гнучких і нерухомих з'єднань; наявність і стан кріпильних деталей (болтів, гайок, плоских і пружинних шайб).

2. Регулювання механічних вузлів і деталей апаратів. При регулюванні механічної частини апаратів в першу чергу перевіряють вільний хід рухомої частини, перекося і інші несправності, які усуваються простими слюсарно-монтажними операціями. Особливу увагу звернути на пружини апаратів. В більшості реле пружини являються органом порівняння, регулюючи натиск або натяг таких пружин можна змінювати уставку. Пружини повинні бути цілими і невідпущеними (відпущення пружин може бути зумовлено їх перегрівом). Контакти повинні бути правильної форми, не зношені, не підгорівші. При механічному регулюванні контактів перевіряють їх розхили і провали.

3. Перевірка ізоляції. При налагоджуванні і випробовуванні перевіряють ізоляцію окремих елементів реле (котушок, контактів). Опір ізоляції апаратів керування напругою до 500 В перевіряється мегаомметром типу М1101М напругою 500 або 1000 В. Опір ізоляції відносно корпусу, землі або інших тіл повинен бути не менше 0,5 МОм.

4. Перевірка опору котушок постійному струму. При налагоджувальних роботах ці вимірювання достатньо проводити з похибкою до 4%. Для цієї мети придатні універсальні прилади з омметром або можна скористатись амперметром та вольтметром. При цьому схему вимірювання потрібно вибрати так, щоб похибка була мінімальною.

5. Визначення часу спрацювання і витримок часу. Для виконання цього пункту програми необхідно розробити схеми для дослідження електромагнітного, пневматичного та програмованого реле часу.

При дослідженні електромагнітного реле необхідно:

1. Визначити значення струму в котушці реле I_K при номінальній напрузі котушки U_K ;
2. Дослідити залежність витримки часу реле від зміни натягу пружини (номінальна напруга живлення, відсутні немагнітні прокладки);
3. Дослідити залежність витримки часу від товщини немагнітних прокладок між сердечником і якорем при максимальному і мінімальному натягу пружини та при номінальному значенні напруги живлення;
4. Досліди повторити при зниженні напруги на 20%;
5. Налаштувати реле на час спрацювання, значення якого задає викладач;
6. За даними дослідів побудувати графіки залежності витримки часу від товщини немагнітних прокладок при різних натягах пружини і при різних значеннях напруги. Визначити зону витримок часу.

При дослідженні пневматичного реле необхідно:

1. Визначити значення струму в котушці реле I_K при номінальній напрузі котушки U_K ;
2. Визначити мінімальну та максимальну витримку часу при включенні котушки на $U_K = U_H$;
3. Налаштувати реле на час спрацювання, значення якого задає викладач.

При дослідженні програмованого реле часу необхідно:

1. Визначити значення мінімального та максимального часу спрацювання.
2. Налаштувати реле на час спрацювання, значення якого задає викладач, та перевірити за допомогою електросекундоміра відповідність уставці.

Контрольні питання

1. Реле часу. Типи реле за способом отримання витримок часу.
2. Що називають витримкою часу? Основні схеми для перевірки витримки часу за допомогою електромеханічного секундоміра.
3. Які операції при проведенні налагоджувальних робіт передбачає зовнішній огляд реле часу?
4. Електромагнітні реле часу постійного струму. Способи отримання витримок часу в електромагнітному реле часу.
5. Способи регулювання витримок часу в електромагнітному реле часу.
6. Пневматичне реле часу. Основні механізми реле.
7. Витримка часу пневматичного реле часу та її регулювання.
8. Програмовані реле часу.

2.3 Лабораторна робота №3 – Налагоджування і випробування елементів захисту електричних приводів від перенавантаження

Мета роботи:

1. Вивчити будову і принцип дії апаратів захисту від перенавантаження;
2. Ознайомитися з особливостями монтажу та налагоджування апаратів захисту від перенавантаження;
3. Дослідити захисні характеристики досліджуваних апаратів.

Теоретичні відомості

Відхилення роботи механізму від нормального режиму із технологічних або технічних причин часто призводить до перенавантаження електричного привода. Як наслідок, в обмотках протікає струм, значення якого вище номінального, але в той самий час його рівень не достатній для спрацювання струмових апаратів (струм перенавантаження). Як результат довготривалої роботи в такому режимі може виникнути небезпека перегріву обмоток двигуна.

Захист електричних машин від невеликих, але тривалих перенавантажень здійснюється за допомогою *теплових реле (thermal relay)*. Основна вимога, яка висувається до теплових реле, полягає в тому, щоб захистити (відключити) електричну машину при її перевантаженні на 20% і більше протягом часу, що не перевищує 20 хвилин.

Надійно відрегульоване реле може захистити трифазний *асинхронний двигун (asynchronous motor)* від роботи в однофазному режимі.

Робота теплових реле базується на декількох принципах:

- на перетворенні теплової дії в механічне переміщення;
- на безпосередньому перетворенні теплової дії в зміну електричних чи магнітних характеристик.

Робота біметалевих теплових реле базується на принципі перетворення теплової дії в механічне переміщення. Це відбувається за рахунок лінійного розширення двох металевих пластин з різними коефіцієнтами лінійного теплового розширення $\alpha_2 > \alpha_1$. Якщо дві такі металеві пластини жорстко з'єднати і нагріти, то це приведе до того, що пластини зігнуться в сторону матеріалу з меншим коефіцієнтом α . Розвинуте при цьому механічне зусилля використовується для приведення в дію виконавчого елемента реле – контакта. На рис. 2.11, а) схематично показано принцип роботи біметалевого теплового реле.

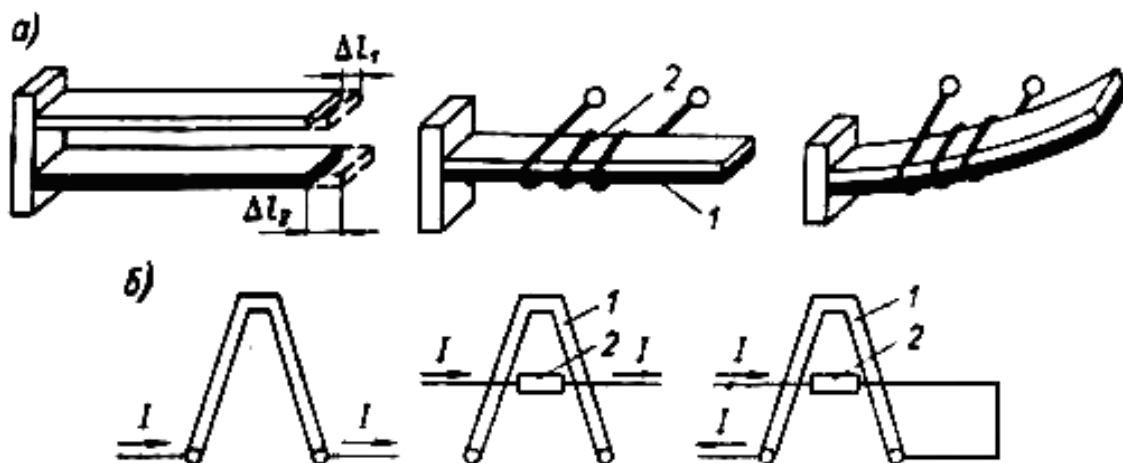


Рисунок 2.11 – Принцип роботи біметалевих реле (а) та способи їх нагрівання (б)

За способом нагрівання біметалевої пластинки (*bimetallic strip*) (рис. 2.11, б) теплові реле бувають:

- прямої дії – нагрівання здійснюється струмом кола, який протікає по біметалевій пластині 1;
- побічної дії – струм протікає по нагрівальному елементу 2, теплота від якого передається біметалевій пластинці;
- комбінованої дії – струму протікає як по біметалевій пластині, так і по нагрівальному елементу.

Варіанти конструктивних рішень біметалевих теплових реле наведені на рис. 2.12.

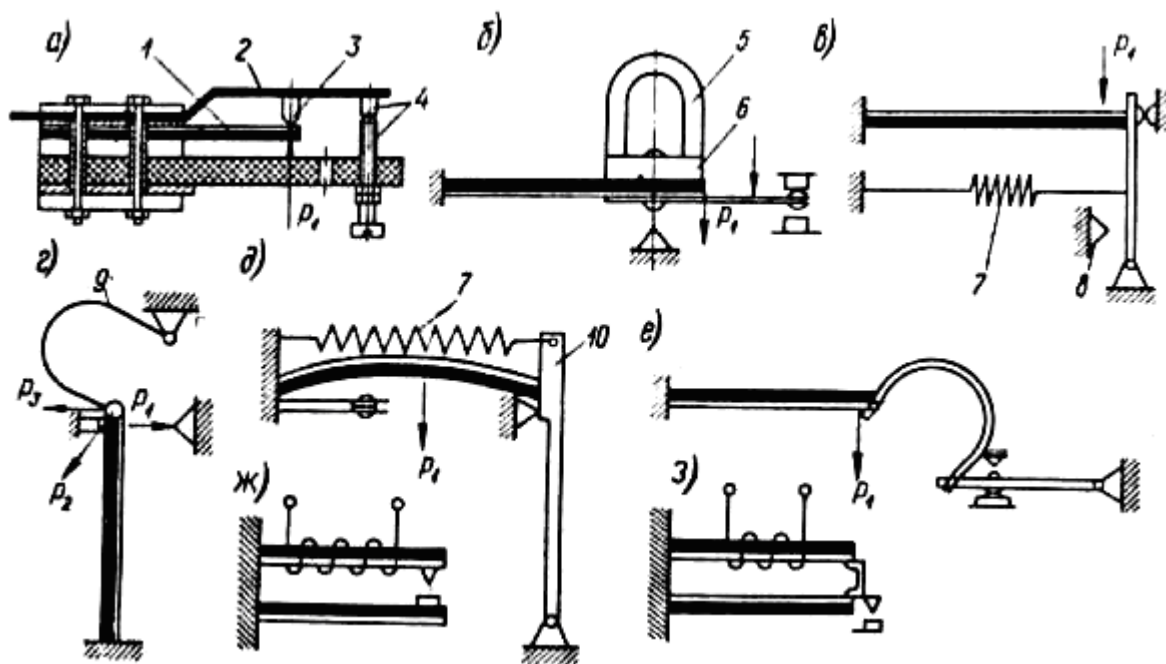


Рисунок 2.12 – Конструктивні особливості біметалевих теплових реле

На рис. 2.12, а): при нагріванні пластина 1 зігнеться і, впливаючи через ізоляційний штифт 3 на пружинний контактний важіль 2, розімкне контакти 4. Уставка (за часом, за струмом) спрацьовування регулюється висотою нерухомого контакту. Повернення реле відбувається автоматично при зниженні температури. Недоліками конструкції є повільне розмикання контактів, незначна швидкість руху і непостійність контактного натиску при замкнутих контактах, що призводить до швидкого зношення контактів.

Система на рис. 2.12, б) позбавлена вказаних недоліків. У замкнутому положенні контактний натиск створюється невеликим магнітом 5, що притягує з'єднаний з біметалевою пластинкою якір 6. При нагріванні біметалева пластинка прагне відірвати якір від магніту. Коли температура пластины сягне деякого значення, яке відповідає уставці спрацьовування, зусилля пластины стає більшим сили притягання магніту і біметалева пластинка стрибком перейде в нижнє положення, розмикаючи при цьому одні контакти і замикаючи інші. Повернення реле відбувається автоматично після охолодження біметалевої пластинки.

У системі на рис. 2.12, в) біметалева пластина служить заціпкою. Вона ж створює контактний натиск за рахунок пружних властивостей контактної важеля. При нагріванні кінець біметалевої пластинки зігнеться і звільнить контактний важіль. Під дією пружини 7 контакти розімкнуться. Рух контакту обмежується упором 8. В цій системі не передбачено автоматичного повернення, повернення тут примусове – зазвичай ручне.

У системі на рис. 2.12, г) пластинчаста пружина 9 перешкоджає розмиканню контактів до тих пір, поки зусилля P_1 , яке розвиває біметалева пластинка, не стане більше зусилля P_3 (P_2 – сила, що розвивається пружиною, P_3 – складова цієї сили, що перешкоджає розмиканню контактів). При температурі, коли P_1 стане більше P_3 , біметалева пластина стрибком вигнеться і розімкне контакти. Повернення системи відбудеться автоматично після охолодження.

У системі на рис. 2.12, д) біметалева пластина, яка завчасно вигнута в сторону, протилежну тій, в яку вона вигинається при нагріванні, утримується в цьому положенні за допомогою пружини 7 і рухомого важеля 10. При нагріванні біметалева пластина стрибком перегнеться в інший бік і здійснить переключення контактів. Ця система не має самоповернення.

У системі на рис. 2.12, е) відбувається одночасний стрибкоподібний перегин біметалевої пластини і переключення контактів. Система має стрибкоподібне самоповернення.

Загальним недоліком теплових реле є зміна уставки спрацьовування

залежно від температури навколишнього середовища. Для зменшення впливу температури навколишнього середовища на струм спрацьовування необхідно робочу температуру біметалевої пластинки вибирати якомога вищою. Для цих же цілей застосовують *температурний компенсатор (temperature compensator)*, який складається з компенсаційної біметалевої пластинки з зворотним прогином відносно термоелемента. За рахунок температурного компенсатора досягається або компенсація прогинання (рис. 2.12, ж), або компенсації зусилля (рис. 2.12, з).

Теплові реле серії ТРН – двополюсні теплові реле з температурною компенсацією та номінальними струмами теплових елементів від 0,32 до 40 А (рис. 2.13). Призначені головним чином для захисту від недопустимих перевантажень трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкнутим ротором, які живляться від мережі з номінальною напругою до 500 В при частоті 50 або 60 Гц. Реле можуть використовуватися в мережах постійного струму з номінальною напругою до 440 В.

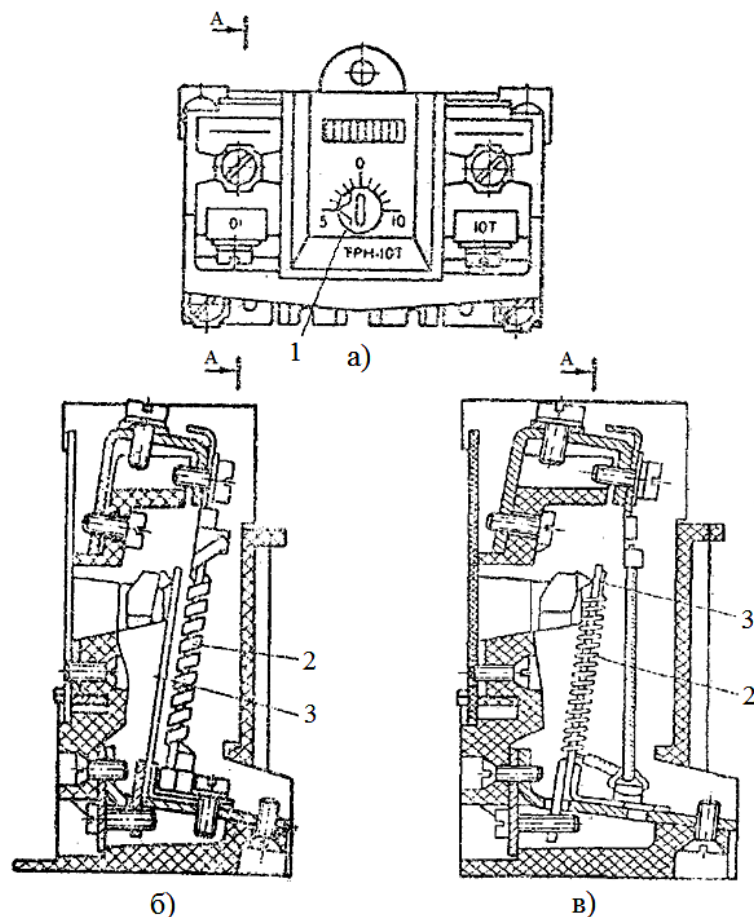


Рисунок 2.13 – Конструкція реле ТРН: а) зовнішній вигляд; б) побічної дії; в) прямої дії

На рис. 2.13: 1 – регулятор струму уставки; 2 – нагрівач; 3 – бімета-

лева пластинка.

Реле використовуються в комплектних пристроях станцій керування електроприводами. Конструкція і розміри реле забезпечують його комплектне використання в пусках серії ПМЕ.

Всі типи реле ТРН мають однакову конструкцію і відрізняються один від одного лише нагрівачами, розмірами силових затискачів і корпусів.

Компоновка реле – між двома полюсами з тепловими елементами розміщуються температурний компенсатор, *ексцентриковий регулятор (eccentric governor)* струму уставки, защіпковий механізм, контактна група з одним нормально замкнутим контактом місткового типу і кнопка ручного повернення.

Струм уставки регулюють поворотом ексцентрика (плавно в заданому діапазоні допустимих значень), а також зміною нагрівачів (ступінчасто), тобто зміною номінального струму теплового елемента.

Якщо ексцентриковий регулятор знаходиться в положенні «0», то струм уставки дорівнює номінальному струму нагрівального елемента. Якщо регулятор знаходиться в положенні «-5» – струм уставки зменшиться на 25%, а в положенні «+5» – збільшиться на 25% (температура навколишнього середовища +35 °C). Кожна поділка регулятора уставки відповідає 5% величини номінального струму нагрівального елемента.

Межі регулювання номінального струму уставки (при крайніх положеннях ексцентрикового регулятора) складають:

- $(0,8 - 1,2) \pm 0,08 \cdot I_n$ – для реле ТРН-8А, ТРН-10А;
- $(0,75 - 1,3) \pm 0,08 \cdot I_n$ – для реле інших типів.

Вибір реле. Тип реле і номінальний струм теплового елемента вибирають так, щоб:

а) максимальний струм тривалого режиму роботи реле з даним тепловим елементом (при температурі повітря в місці установки реле) був не меншим номінального струму захищуваного двигуна;

б) струм уставки реле був рівний номінальному струму захищуваного двигуна або дещо більший цього струму (в межах 5%);

в) був невеликий запас на регулювання струму уставки як в бік його збільшення, так і зменшення.

Із захисної характеристики реле переконуються, що воно допускає пуск даного двигуна, тобто при заданій кратності пускового струму двигуна час спрацьовування реле не менший часу, необхідного для пуску двигуна, а також не перевищує часу допустимого перебування двигуна під пусковим струмом.

Монтаж і експлуатація. Реле монтують тільки на вертикальних панелях (ізоляційних або металевих) затискачами кола керування вгору і

закріплюють з лицьового боку панелі двома гвинтами, допускається нахил реле до 10° в будь-яку сторону.

Не рекомендується:

- монтувати реле в місцях, схильних до різких поштовхів, ударів і сильного трясіння, наприклад на загальних панелях з електромагнітними апаратами на номінальні струми більше 100 А, оскільки такі апарати створюють при роботі великі ударні струси;
- розміщувати поряд з реле (особливо під ним) апарати теплової дії;
- монтувати реле у верхній частині шаф, оскільки температура цих зон є найбільшою;
- застосовувати для монтажу короткі провідники (не менше 1 м), особливо при з'єднанні реле з частинами сусідніх апаратів, які нагріваються;
- встановлювати реле і захищений двигун при значній різниці температур повітря навколишнього середовища (бажано, щоб ця різниця була якнайменшою);
- монтувати і експлуатувати в місцях, де температура повітря навколишнього середовища перевищує $+60^\circ\text{C}$.

В установках змінного струму кожен полюс реле включають послідовно в одну з фаз головного кола, в установках постійного струму обидва полюси включають послідовно в головне коло.

Контакт реле включають в коло керування виконавчого апарата так, щоб після спрацювання реле його силове коло було знеструмлене за час, не більший ніж 0,5 с.

При монтажі ексцентриковий регулятор встановлюють в положення, при якому струм уставки рівний номінальному струму захищеного двигуна. В цьому випадку поворот ексцентрика вправо призводить до загрублення захисту, тобто до збільшення мінімального струму і часу спрацювання (це може спричинити пошкодження двигуна при перевантаженнях); поворот ексцентрика вліво приводить до зменшення мінімального струму і часу спрацювання, тобто до недовикористання двигуна.

В нормальних умовах експлуатації реле спеціального обслуговування не вимагає: необхідно періодично контролювати затяжку гвинтів кріплення нагрівачів і зажимів, видаляти пил і перевіряти, чи не заїдає рухома система.

Після проходження струму короткого замикання реле підлягає огляду:

- при пошкодженні нагрівачів (замикання витків, вигорання металу, прогинання до зближення з біметалевими пластинками) замінюють їх новими;

- при пошкодженні реле (викривлення і вигорання біметалевих пластин, заїдання кнопки ручного повернення) замінюють його новим.

Відомості про автоматичні вимикачі дивись в теоретичних відомостях до лабораторної роботи №5.

Програма роботи

1. Здійснити зовнішній огляд теплового реле, змонтованого на лабораторному стенді (додаток А). Ознайомитися з його конструкцією та принципом дії.

2. Здійснити перевірку та регулювання теплового реле.

3. Дослідити залежність часу спрацьовування реле від кратності струму перевантаження $t=f_1(I/I_y)$.

4. Результати дослідів занести в табл. 2.6.

5. Здійснити зовнішній огляд автоматичного вимикача змонтованого на лабораторному стенді. Ознайомитися з конструктивними особливостями досліджуваного автоматичного вимикача.

6. Дослідити залежність часу спрацьовування теплового розчіплювача від кратності струму перевантаження $t=f_2(I/I_y)$.

7. Результати дослідів занести в табл. 2.7.

8. За даними дослідів побудувати характеристики $t=f_1(I/I_y)$ для теплового реле та $t=f_2(I/I_y)$ для теплового розчіплювача автомата.

9. Зробити висновки про відповідність параметрів реле та автоматичного вимикача паспортним даним.

Таблиця 2.6 – Результати дослідження теплового реле типу _____

Струм уставки I_y , А					
Струм перевантаження I , А					
Кратність перевантаження I/I_y					
Час спрацьовування t , с					
Положення регулятора уставки					

Таблиця 2.7 – Результати дослідження автоматичного вимикача типу _____

Номінальний струм I_n , А					
Кратність струму відсічки					
Струм перевантаження I , А					
Кратність перевантаження I/I_y					
Час спрацьовування t , с					

Методичні вказівки

1. Перевірка і регулювання теплових реле.

При зовнішньому огляді теплових реле перевіряють:

- надійність затягування гвинтів для приєднання теплових елементів;
- стан нагрівальних елементів та біметалевих пластинок;
- чіткість роботи контактної системи: відсутність заїдань, затримок і т.п.;
- стан контактів;
- умови охолодження реле: відсутність поблизу реле реостатів, нагрівальних приладів, можливість обдування від вентилятора і т.п.

Регулювання теплових реле. При необхідності знімаються такі характеристики реле:

- струм спрацьовування в функції витримки часу без попереднього прогріву;
- струм спрацьовування у функції витримки часу після попереднього прогріву номінальним струмом.

Якщо випробування не дають задовільних результатів, реле піддається регулюванню.

У зв'язку з тим, що теплові елементи на заводі-виробнику калібрують при температурі $+35^{\circ}\text{C}$, то при випробуванні зразка реле необхідно скорегувати номінальний струм, який подається на реле, з врахуванням дії температури навколишнього середовища. Корегування на температуру навколишнього середовища повинно бути виконано відповідно до заводської інструкції. Наприклад, для реле типу ТРТ струм уставки змінюється в середньому на 3% на кожні 10°C зміни температури повітря навколишнього середовища, починаючи від 20°C .

Перед подачею напруги на теплові елементи регулятор уставки реле встановлюють в нульове положення. Потім через реле пропускають струм навантаження, значення якого відповідає номінальному.

Теплові елементи залишаються під струмом протягом 2-х год. Вважається, що за цей час всередині реле встановиться постійна температура і протягом цього часу реле не повинно спрацювати.

Після закінчення 2-х год. струм навантаження підвищується до 120% номінального. При цьому навантаженні реле повинно спрацювати за час, що не перевищує 20 хв. Якщо протягом цього часу реле не спрацює, то необхідно повільно переміщати регулятор уставки в сторону початку шкали до моменту спрацьовування реле. Після закінчення налагодження реле уставка фіксується міткою на корпусі.

Налагодження реле можна вважати задовільним, якщо час спрацьовування випробовуваного реле відрізнятиметься від зразкового не

більше, ніж на $\pm 10\%$.

2. Електрична схема.

Для дослідження захисних характеристик реле необхідно визначити час спрацьовування реле при заданому струмі навантаження після попереднього прогріву реле номінальним струмом або із холодного стану.

Для забезпечення досягнення необхідного значення струму навантаження в колі теплового реле використовують послідовно з'єднані ЛАТР TV1 та понижувальний трансформатор TV2. Нагрівальний елемент досліджуваного теплового реле КК включають в коло вторинної обмотки понижувального трансформатора TV2. Для контролю значення струму навантаження використовують вимірювальний амперметр РА, а для визначення часу спрацьовування теплового реле – електромеханічний секундомір РТ. Щоб однозначно зафіксувати момент спрацьовування реле використовують сигнальну лампу НЛ.

Після кожного дослідження вмикають вентилятор і охолоджують нагрівальний елемент реле КК.

Аналогічні дослідження проводять із тепловим розчіплювачем автоматичного вимикача QF. Замість охолодження теплового розчіплювача при допомозі вентилятора використовують іншу пару контактів досліджуваного автоматичного вимикача.

Контрольні питання

1. Струм перенавантаження. Апарати захисту від перенавантаження.
2. Зовнішній огляд теплових реле.
3. Особливості монтажу теплових реле.
4. Особливості налагодження теплових реле.
5. Призначення теплових реле.
6. Основна вимога, яка висувається до апаратів захисту від перенавантаження.
7. Біметалева пластинка: конструктивні особливості, принцип дії.
8. Типи теплових реле за способом нагрівання біметалевої пластинки.
9. Температурний компенсатор.
10. Регулювання уставки спрацьовування теплового реле.

2.4 Лабораторна робота №4 – Дослідження і налагоджування типових схем керування противмиканням і електродинамічним гальмуванням асинхронних двигунів

Мета роботи:

1. Вивчити типові *схеми керування (control circuit)* противмиканням і електродинамічним гальмуванням асинхронних двигунів з короткозамкнутим ротором;
2. Провести монтаж і налагоджування схем електричного гальмування, здійснити аналіз ефективності електричного гальмування в досліджуваних режимах.

Теоретичні відомості

Існує декілька способів гальмування асинхронних двигунів: механічне гальмування з електричним керуванням (електромеханічне), гальмування противмиканням, електродинамічне гальмування, рекуперативне гальмування (генераторне).

Механічне гальмування з електричним керуванням. Даний спосіб гальмування призначений для фіксації положення механізму при відключеному електричному двигуні, наприклад, для утримання вантажу в підвішеному стані, а також для скорочення вибігу при зупинці механізма. Загальмовування вала двигуна здійснюється за рахунок колодкових або дискових гальм, керованих пружинами та тяговим електромагнітом (однофазним, трифазним), або електрогідравлічним штовхачем чи спеціальним двигуном, обмотки яких підключають паралельно обмотці статора двигуна.

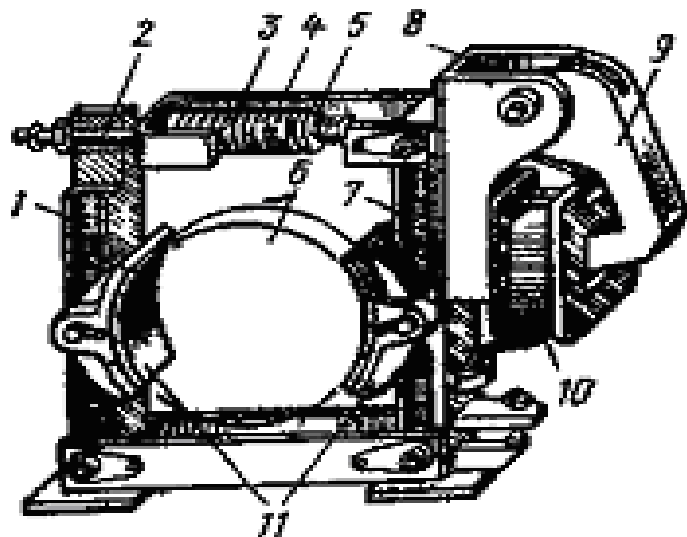


Рисунок 2.14 – Колодкові електромагнітні гальма

На рис. 2.14 зображено один з різновидів колодкових гальм з приводом від однофазного електромагніту змінного струму.

При подачі напруги на електричний двигун живлення отримує також і електромагніт, що притягує свій якір і цим самим розгальмовує вал двигуна. При відключенні електродвигуна від мережі (або при зникненні напруги живлення) якір електромагніту відпадає і вал двигуна загальмовується механічним гальмом.

Гальмівний шків 6, закріплений на валі двигуна, охоплюється гальмівними колодками 11, розміщеними на важелях 1 та 7. На важелі 7 жорстко закріплено магнітопровід 8 електромагніту. При відключеній котушці 10 електромагніту розтискається пружина 3, яка розташована на стержні 2, одним кінцем давить на упорну шайбу 5 стержня, а іншим – на шарнірно з'єднану з важелем 7 скобу 4. Тому верхні кінці важелів 1 та 7 стягуються, а гальмівні колодки затискають шків 6. При ввімкненні котушки електромагніту його якір 9 обертається та зсуває (вліво) стержень 2. Пружина 3 стискається, внаслідок чого важелі 1 та 7 розводяться, і колодки 11 звільняють шків 6.

Даний спосіб гальмування достатньо ефективний і застосовується практично у всіх підйомних і транспортних системах. Вибіг ротора утворюється мінімальним.

Гальмування противмиканням може бути отримано:

1. За допомогою зміни напрямку обертання обертового поля статора АД. Для цього необхідно змінити послідовність чергування фаз на статорі двигуна, як наслідок зміниться напрямок моменту двигуна і він почне загальмовуватися. При частоті обертання ротора, близькій до нуля, необхідно відключити статор двигуна від мережі, інакше двигун почне обертатись в протилежну сторону. Відключати двигун від мережі краще автоматично, використовуючи для цієї мети реле *контролю швидкості (speed relay)* (РКШ).

2. Якщо двигун, ввімкнений на підйом, через недостатньо розвинутий момент не може подолати силу тяжіння вантажу, то замість підйому починається його спуск.

На рис. 2.15 зображено *механічні характеристики (mechanical characteristic)*, що відповідають режиму противмикання АД при зміні послідовності чергування фаз.

Крива 1 відповідає гальмуванню, коли ротор замкнутий накоротко, криві 2 і 3 – в коло ротора включені резистори з опорами $R_{p2} < R_{p3}$. В режимі холостого ходу, тобто при $M_c=0$ і враховуючи те, що гальмування відбувається в межах ковзання від $S_{поч}=2$ до $S_{кін}=1$, отримаємо час гальмування:

$$t_{r0} = T_m \cdot \left(0,345 \cdot S_k + \frac{0,75}{S_k} \right), \quad (2.1)$$

де T_m – електромеханічна постійна часу, тобто, в даному випадку це час, протягом якого привод з моментом інерції J розганяється до синхронної кутової швидкості ω_0 під дією моменту, рівного максимальному M_k .

$$T_m = \frac{J \cdot \omega_0}{M_k}. \quad (2.2)$$

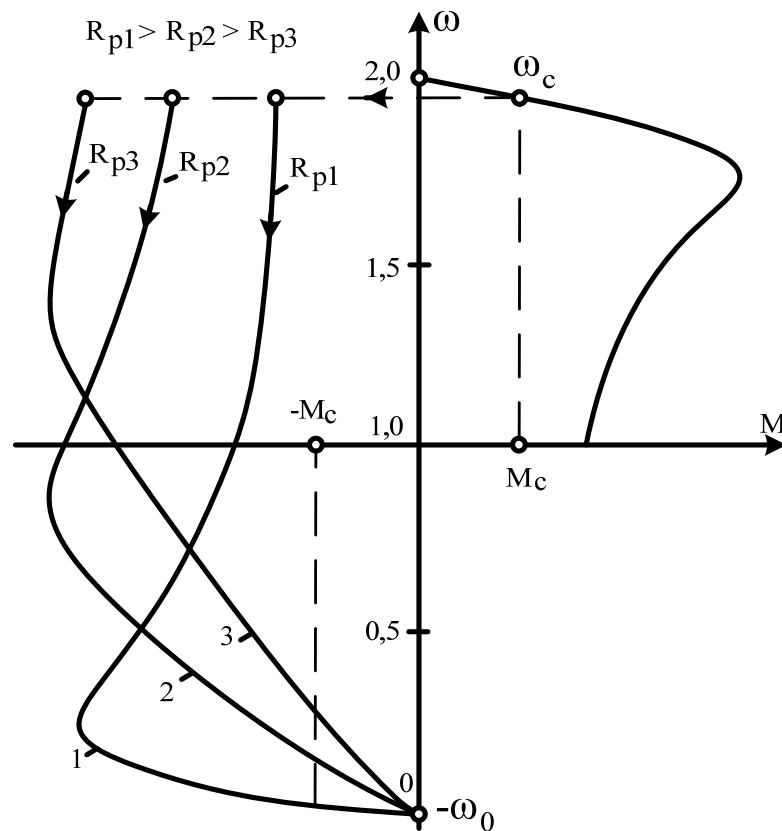


Рисунок 2.15 – Механічні характеристики АД для режиму противмикання

Час гальмування при противмиканні має мінімальне значення $\left(\frac{t_{r0}}{T_m} \right) = \min$ при $S_k = 1,47$.

Ефективне значення моменту при гальмуванні противмиканням:

$$M_{\text{эф.г}} = \left(\frac{M_k \cdot S_k}{0,75 + 0,345 \cdot S_k^2} \right). \quad (2.3)$$

При $S_k=1,47$ значення ефективного моменту буде найбільшим і рівним:

$$M_{\text{эф.г}} = 0.98 \cdot M_k. \quad (2.4)$$

Знаючи значення ефективного моменту при противмиканні, можна, якщо момент опору M_c постійний, визначити час гальмування під навантаженням:

$$t_r = \left(\frac{J \cdot \omega_0}{M_{\text{эф.г}} + M_c} \right). \quad (2.5)$$

Віддачі енергії при противмиканні немає. Навпаки, окрім вивільнення кінетичної енергії рухомих частин привода і вантажу (за винятком втрат в механізмах), на нагрів двигуна і опорів витрачається ще енергія, яка забирається з мережі.

Гальмування противмиканням знайшло широке застосування в електроприводах з асинхронними двигунами і використовується для повної зупинки механізму. В режимі противмикання струм АД значно перевищує пусковий, що може спричинити перевищення допустимої для даного класу ізоляції температури обмоток АД. Тому необхідно або обмежувати струм в режимі противмикання, або обмежити число противмикань АД за годину.

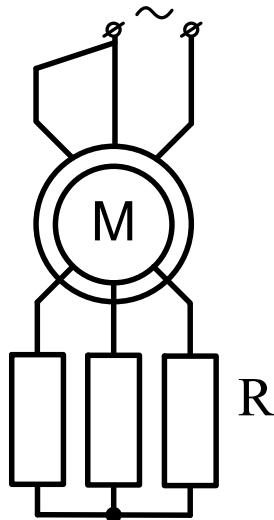


Рисунок 2.16 – Режим однофазного гальмування

Для опускання легких та середніх вантажів застосовується однофазне гальмування асинхронних двигунів (рис. 2.16), при якому дві фази двигуна підключаються до однієї фази мережі, третя фаза до іншої, а в коло ротора включаються опори. Застосування однофазного гальмування на механізмах

підйомних кранів забезпечує опускання легких та середніх вантажів на зниженій швидкості, але при цьому значно зростає потік у найбільш завантаженої фазі.

Електродинамічне гальмування асинхронних двигунів можливе при подачі на двигун, замість живлення від трифазної мережі, струму збудження від джерела постійного струму.

Гальмівний момент залежить від намагнічувальної сили статора, а отже, від підведеної напруги постійного струму, від опору кола статора і від швидкості двигуна. Гальмівні характеристики при динамічному гальмуванні асинхронного двигуна з контактними кільцями показані на рис. 2.18. Максимальна величина гальмівного моменту пропорційна приблизно квадрату напруги постійного струму і не залежить від включеного в роторне коло опору. Збільшення опору роторного кола змінює форму гальмівної характеристики (робить її менш гострою) і збільшує ковзання, при якому гальмівний момент має максимум. Менш гострі характеристики створюють велику інтенсивність гальмування при тому ж максимальному гальмівному моменті. Динамічне гальмування може здійснити в ряді випадків точну зупинку привода в заданому місці.

Рівень постійної напруги, яка подається на обмотки статора, визначається часом гальмування, струмом обмотки статора та відповідно і опором обмоток (він залежить від *схеми з'єднання (connection chart)* обмоток в режимі динамічного гальмування). Існує декілька варіантів з'єднання обмоток статора (рис. 2.17).

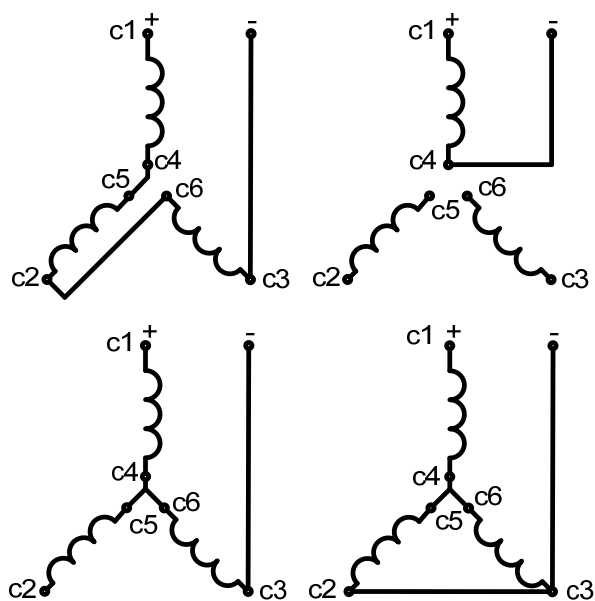


Рисунок 2.17 – Схеми з'єднання обмоток АД при електродинамічному гальмуванні

Відповідні характеристики динамічного гальмування можна отримати при введенні відповідних резисторів R_r в коло ротора. Характеристика при R_{r1} відповідає випадку, коли опір резисторів $R_r=0$.

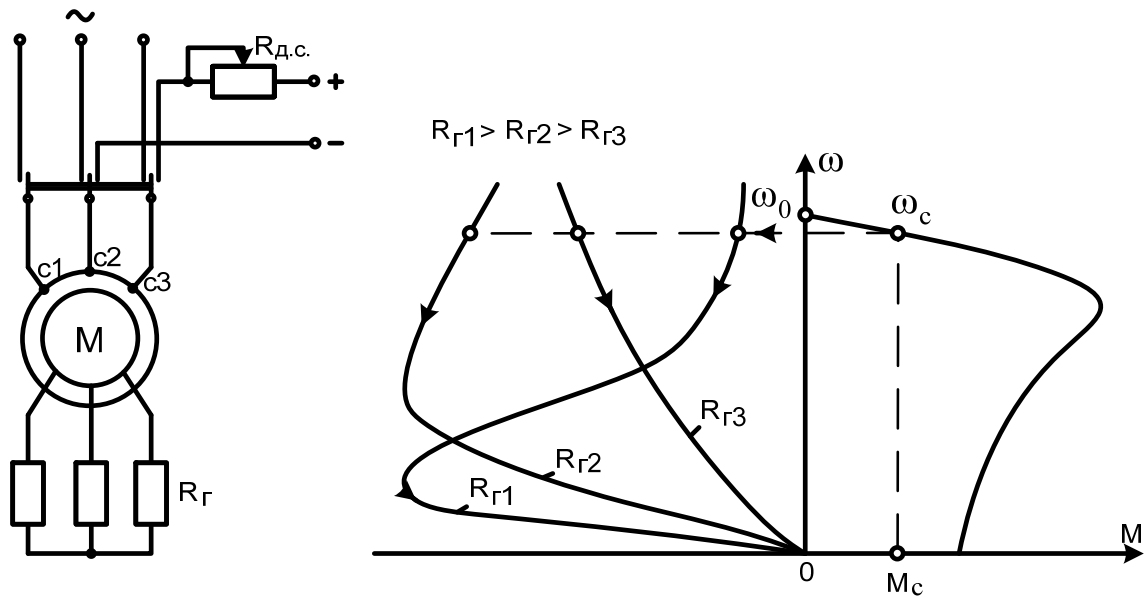


Рисунок 2.18 – Динамічне гальмування АД

Для обмеження постійного струму вводять додатковий резистор $R_{д.с.}$. Струм збудження при динамічному гальмуванні повинен перевищувати струм холостого ходу, який протікає в статорі двигуна при $M_c=0$:

$$I_z = (2 \div 3) \cdot I_{c0}, \quad (2.6)$$

де I_{c0} – струм холостого ходу статора, А.

Для двигунів, які працюють в тривалому режимі роботи:

$$I_{c0} = (0.2 \div 0.4) \cdot I_{сн}, \quad (2.7)$$

де $I_{сн}$ – номінальний струм статора, А.

Для двигунів, які працюють в повторно-короткочасному режимі:

$$I_{c0} = (0.5 \div 0.75) \cdot I_{сн}. \quad (2.8)$$

Якщо $S_{поч}=1,0$, а $S_{кін}=0$, то час динамічного гальмування (без навантаження):

$$t_{д.г} = T_m \cdot \left(1.5 \cdot S_k + \frac{1}{S_k} \right). \quad (2.9)$$

Ефективне значення моменту при динамічному гальмуванні:

$$M_{эф.г} = \frac{M_k \cdot S_k}{(0,75 + 0,345 \cdot S_k^2)}. \quad (2.10)$$

При $S_k=0,407$ час гальмування буде найменшим.

Недоліком динамічного гальмування є його різкість, що для ряду приводів неприпустимо.

Рекуперативне гальмування асинхронного двигуна можливе, якщо кутова швидкість обертання його ротора виявляється вищою синхронної. Цей спосіб гальмування може бути реалізований при керуванні, наприклад, дво- або багатошвидкісними двигунами у випадку переключення обмоток статора працюючого двигуна з меншого числа пар полюсів на більше. Гальмування при цьому буде ступінчастим (рис. 2.19).

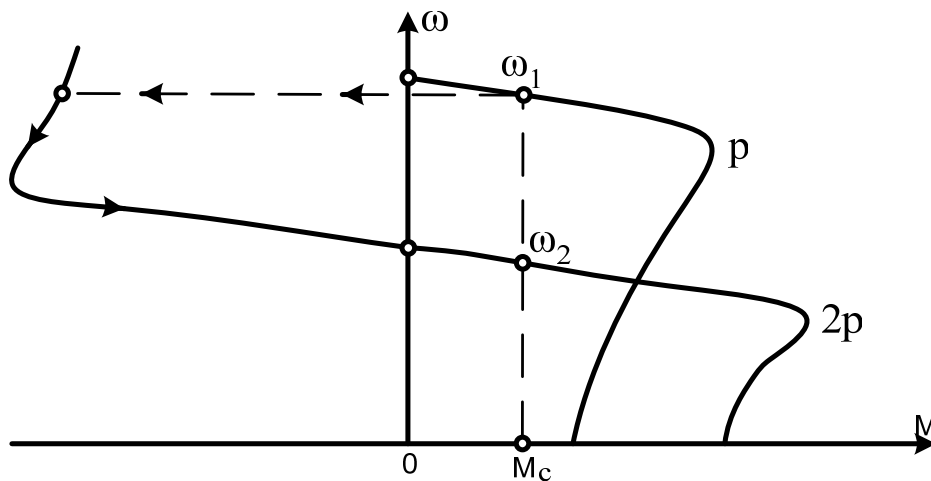


Рисунок 2.19 – Характеристики ступінчастого гальмування двошвидкісного асинхронного двигуна

Якщо не враховувати час комутації апаратів керування, то можна вважати, що час гальмування при ступінчастому гальмуванні за рахунок збільшення ефективного гальмівного моменту буде істотно меншим, ніж при гальмуванні на одну ступінь.

Плавне рекуперативне гальмування здійснюється при частотному керуванні асинхронним двигуном у випадку, коли перетворювач частоти має двосторонню провідність.

Реле контролю швидкості. Принципова схема реле контролю

швидкості (частоти обертання) зображена на рис. 2.20.

З валом двигуна або механізма, частоту обертання якого потрібно контролювати, з'єднується вал 1 датчика, на якому закріплений круглий постійний магніт 2. Навколо тієї ж осі може повертатися кільце 4 з короткозамкнутою обмоткою 3. При обертанні вала 1 з магнітом в обмотці 3 індукуються струм, при цьому кільце 4 прагне повернутися в сторону обертання вала. До кільця 4 прикріплений штовхач 6, який впирається в пружинну стійку рухомого контакта 5 або 10 (залежно від напрямку обертання). При певній частоті обертання сила тиску штовхача на стійку буде достатньою для переключення контакта 8 або 9. Частота обертання, при якій відбувається переключення контактів датчика, регулюється зміною натягу пружини 7 або 11.

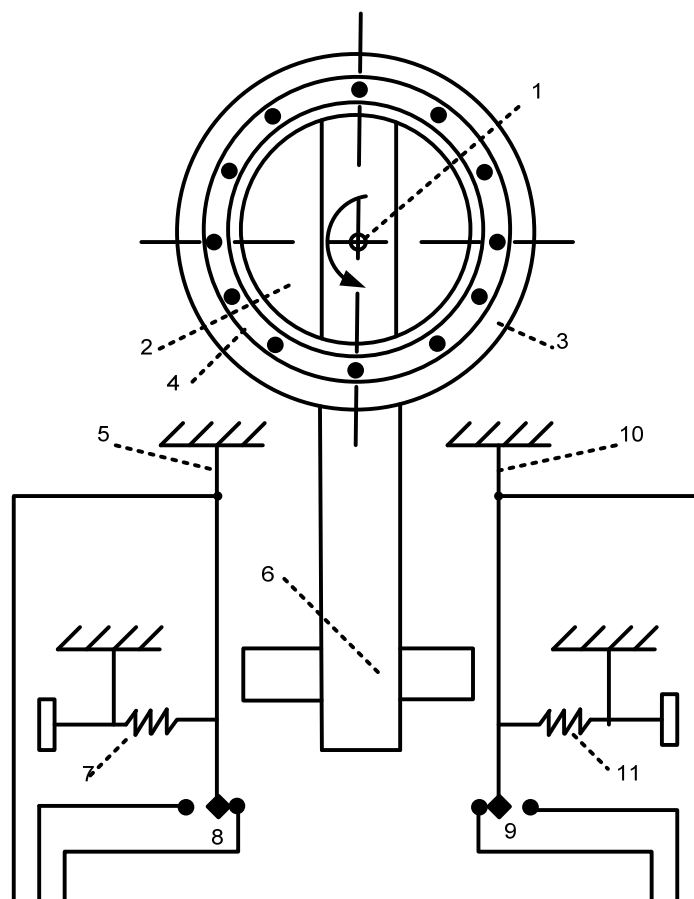


Рисунок 2.20 – Реле контролю швидкості

Реле контролю швидкості використовується в схемах електродинамічного гальмування та гальмування противмиканням електричних двигунів і призначене для відключення двигуна від мережі при переході його частоти обертання через нульову відмітку.

Програма роботи

1. Вільний вибіг:

- розробити схему керування приводом для режиму вільного вибігу;
- здійснити монтаж та налагодження роботи схеми;
- визначити дослідним шляхом час зупинки двигуна;
- результати дослідів занести в табл. 2.8.

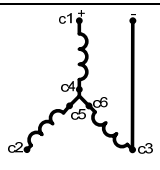
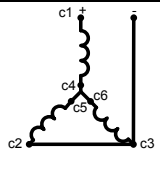
2. Режим противмикання:

- розробити схему керування приводом для режиму противмикання;
- здійснити монтаж та налагодження роботи схеми;
- визначити дослідним шляхом час зупинки двигуна;
- результати дослідів занести в табл. 2.8.

3. Режим динамічного гальмування:

- розробити схему керування приводом для режиму динамічного гальмування;
- здійснити монтаж та налагодження роботи схеми;
- розрахувати діапазон значень напруги збудження постійного струму для даного двигуна при різних схемах з'єднання обмоток АД (рис. 2.17);
- визначити дослідним шляхом час зупинки АД при різних значеннях напруги збудження і для різних двох схем з'єднання обмоток;
- результати дослідів занести в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати дослідів

Вид гальмування		Час гальмування, с						
Вільний вибіг								
Противмикання								
Динамічне гальмування		U_3, B						
		I_3, A						
		t_r, c						
		U_3, B						
		I_3, A						
		t_r, c						

Методичні вказівки

Ознайомитись з конструкцією лабораторного стенду (додаток А).

Вільний вибіг двигуна здійснюють відповідно до схеми, силова частина якої зображена на рис. 2.21. Для керування двигуном використовується контактор КМ1.

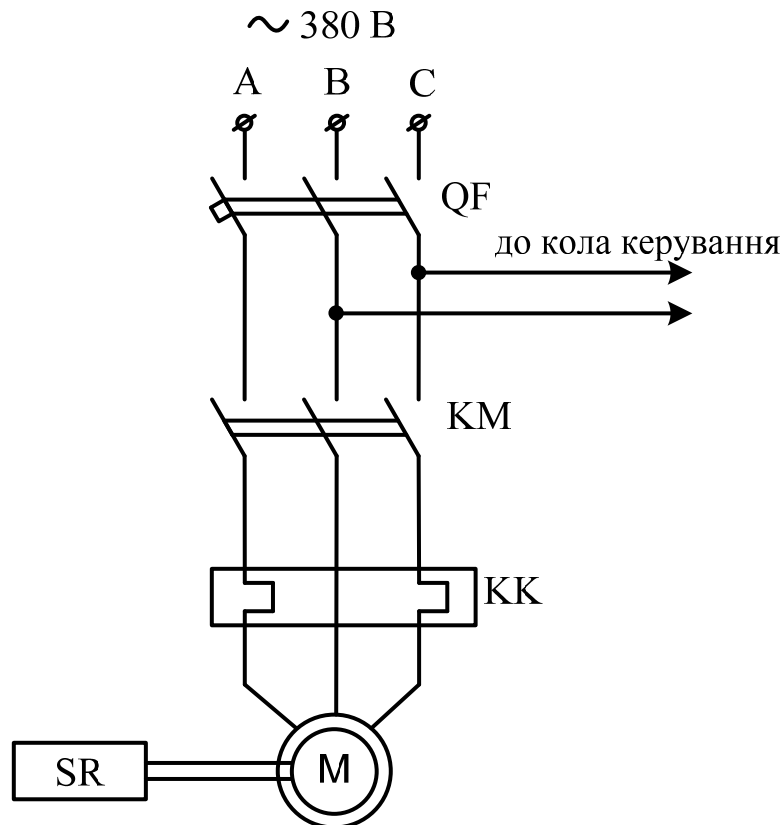
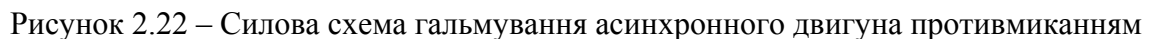


Рисунок 2.21 – Силова схема для дослідження вільного вибігу двигуна

Принцип роботи схеми: після подачі напруги живлення на стенд та при натисненні кнопки «Пуск» спрацьовує лінійний контактор KM, як наслідок на статорну обмотку двигуна подається напруга живлення і він починає обертатись. При натисненні на кнопку «Стоп» двигун відключається від мережі живлення. При цьому отримує живлення секундомір РТ і починає відраховувати час. В момент, коли частота обертання ротора двигуна стане близькою до нульової, спрацьовує реле контролю швидкості SR, що забезпечить зупинку секундоміра РТ. Гальмування на цьому закінчується.

Пуск та автоматичне гальмування противмиканням АД здійснюється відповідно до схеми, силова частина якої зображена на рис. 2.22. В схемі використовується два контактори KM1 та KM2 включені за звичайною реверсивною схемою.

Принцип роботи схеми: при натисненні на кнопку «Пуск» спрацьовує контактор KM1 і АД отримує живлення. При натисненні на кнопку «Стоп» контактор KM1 вимикається і одразу після цього вмикається контактор KM2 та отримує живлення секундомір РТ. При частоті обертання ротора двигуна близькій до нульової спрацьовує реле контролю швидкості SR, як наслідок схема знеструмиться. Гальмування на цьому закінчується.



Принцип роботи схеми: для запуску двигуна натискають на кнопку «Пуск». При цьому спрацьовує контактор КМ1 і АД отримує живлення. Двигун буде працювати до моменту натиснення на кнопку «Стоп». При цьому вимикається контактор КМ1 і спрацьовує контактор КМ2, через який на дві фази статорної обмотки двигуна подається напруга від джерела живлення через регулятор напруги РН, понижувальний трансформатор TV та випрямляч VD. Одночасно отримує живлення секундомір РТ і він починає відраховувати час. При частоті обертання ротора двигуна, близькій до нульової, спрацьовує реле контролю швидкості, як наслідок схема знеструмиться. Гальмування на цьому закінчується.

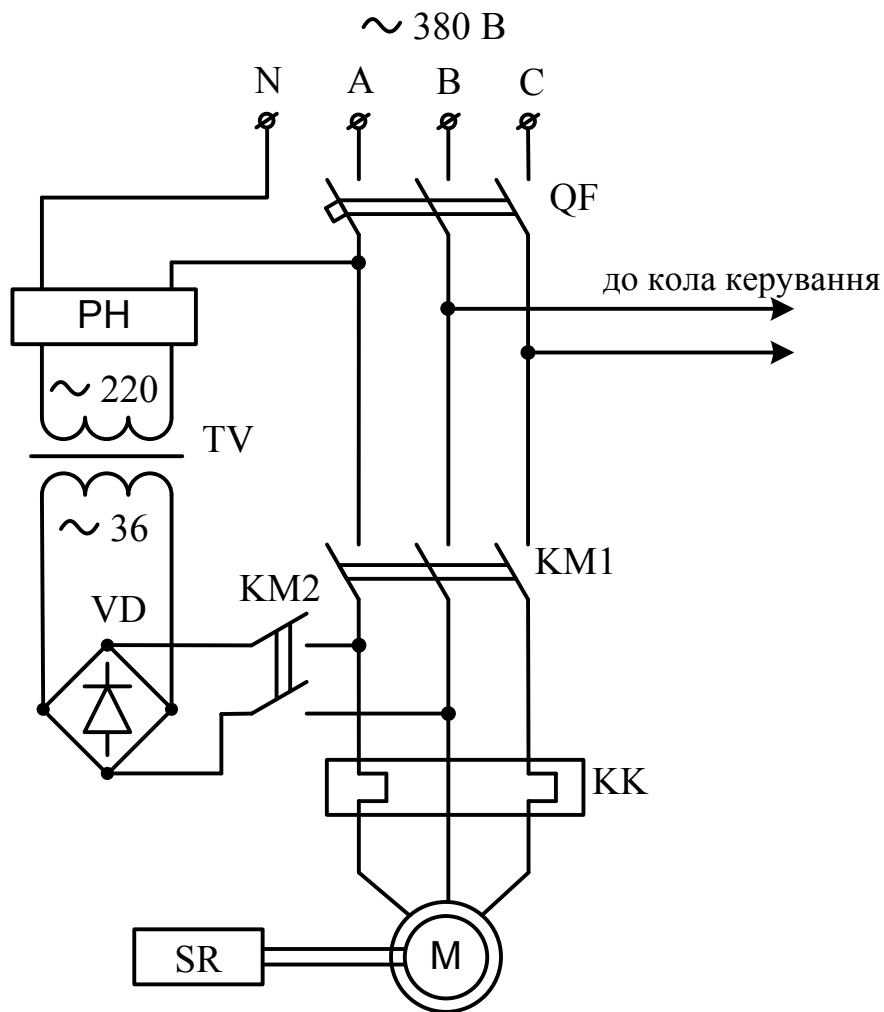


Рисунок 2.23 – Силовая схема электродинамического торможения

Контрольні питання

1. Способи гальмування електричних двигунів.
2. Механічне гальмування з електричним керуванням.
3. Гальмування противмиканням.
4. Електродинамічне гальмування АД.
5. Рекуперативне гальмування АД.
6. Реле контролю швидкості.
7. Чим обумовлюється, для режиму електродинамічного гальмування, вибір значення напруги збудження постійного струму.
8. Механічні характеристика приводного двигуна для різних гальмівних режимів.

2.5 Лабораторна робота №5 – Монтаж і налагоджування типових вузлів схем керування асинхронним двигуном з короткозамкнутим ротором

Мета роботи:

1. Вивчити схеми місцевого, дистанційного і автоматичного керування пуском і реверсом асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором;
2. Набути практичного досвіду налагодження схем керування АД.

Теоретичні відомості

Автоматизація процесів керування електроприводами технологічних механізмів відбувається в функції положення, шляху, швидкості, часу, тиску, температури та інших параметрів, що характеризують технологічний процес. При цьому в схемах широко використовують кінцеві перемикачі, реле швидкості, реле часу, сенсори тиску, температури та ін.

Керування асинхронними електродвигунами з короткозамкнутим ротором здійснюється ручними пускачами, контакторами та магнітними пускачами.

Пакетні вимикачі і перемикачі. Як пускові апарати з ручним керуванням використовують пакетні вимикачі і перемикачі, які призначені для здійснення досить складних одночасних комутацій в декількох електричних колах (наприклад, колах керування, сигналізації, освітлення), також їх використовують для нечастих пусків (до 20 за годину) малопотужних АД з короткозамкнутим ротором (до 5 кВт).

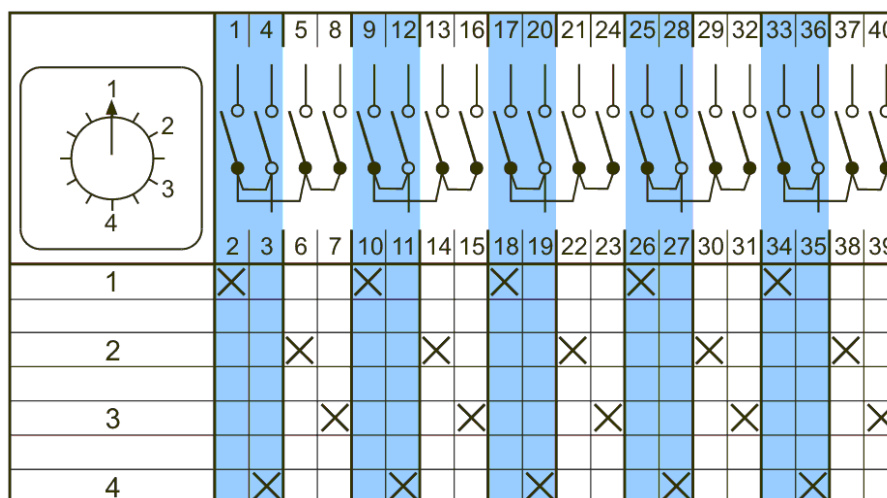


Рисунок 2.24 – Діаграма перемикачів (diagram switching) чотирьохпозиційного п'ятиполюсного пакетного перемикача

Пакетні вимикачі і перемикачі бувають одно-, дво-, три- і багатополюсними, з числом шайб до семи, розраховані на номінальні струми від 63 до 250 А змінного струму при напрузі 380 В та від 10 до 400 А постійного струму при напрузі 220 В. Найбільша частота комутацій за годину – 300. Оскільки пакетний вимикач призначений для пуску і зупинки АД з короткозамкнутим ротором, то він повинен вибиратися за пусковим струмом двигуна.

Пакетно-кулачкові перемикачі. Для керування АД з короткозамкнутим ротором часто використовують пакетно-кулачкові перемикачі. Вони здійснюють пуск і зупинку двигуна при нереверсивному і реверсивному керуванні, а також переключення обмоток багатошвидкісних електродвигунів. Пакетно-кулачкові перемикачі надійно комутують не тільки номінальні, а і пускові струми двигунів.

Будова пакетно-кулачкового перемикача для керування трифазним АД зображена на рис. 2.25, а). Кулачки трьох пакетів насаджені на один вал, який фіксується фіксатором в трьох положеннях (вліво 45°, нульове, вправо 45°). Схема підключення двигуна показана на рис. 2.25, б), діаграма перемикачів контактів – на рис. 2.25, в).

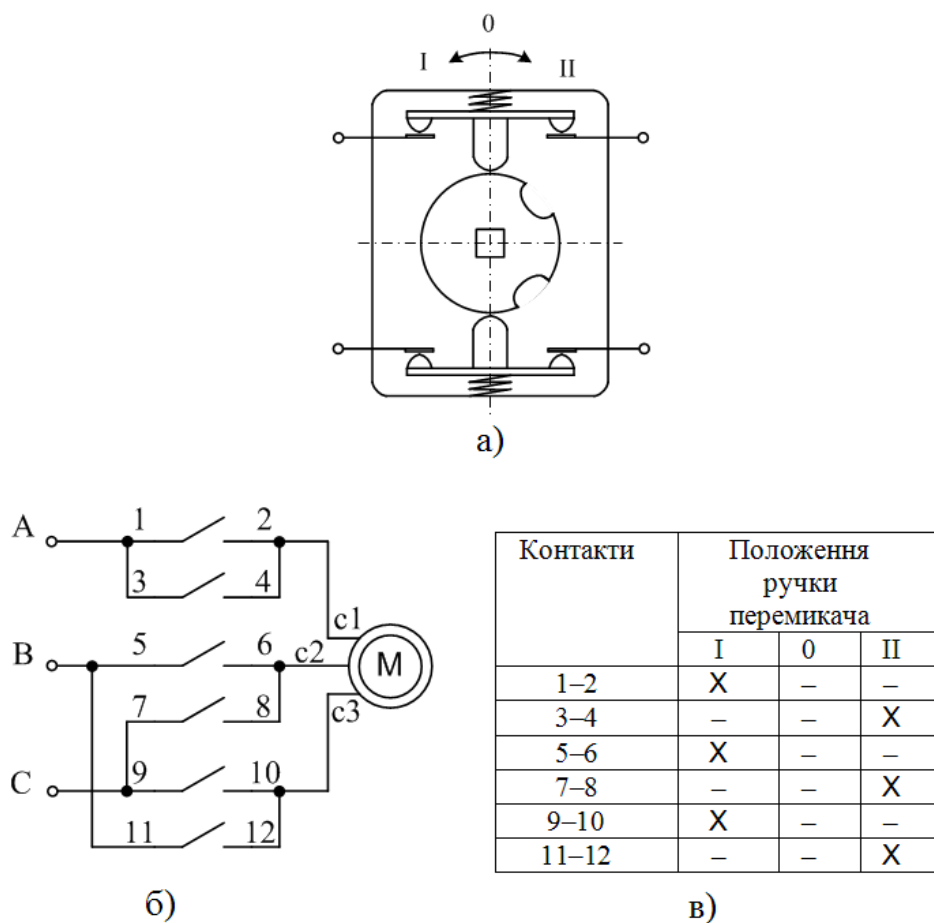


Рисунок 2.25 – Пакетно-кулачковий перемикач

В нульовому положенні ручки перемикача всі контакти розімкнуті, двигун відключений. При повороті ручки вліво (положення І) замикаються контакти 1–2, 5–6, 9–10, що включають двигун при прямому проходженні фаз. При повороті ручки вправо (положення ІІ) замикаються контакти 3–4, 7–8, 11–12, що включають двигун при зворотному проходженні фаз.

Враховуючи той факт, що діаграма переключення контактів може бути різна, перед складанням схеми необхідно мати паспортну діаграму для даного апарата або встановити її дослідним шляхом. Для цього необхідно перевірити стан контактів при різних положеннях ручки перемикача.

Кнопки керування відносяться до пристроїв ручного керування. Вони складаються з одного чи декількох кнопкових елементів, встановлених в загальний кожух, і застосовуються головним чином для дистанційного керування електромагнітними апаратами постійного і змінного струму напругою до 500 В. Декілька кнопок, що встановлені на загальній панелі чи вмонтовані в загальний кожух, утворюють кнопковий пост. Окрім кнопок в той самий кожух можуть бути вмонтовані сигнальні лампочки і вимикачі. Кнопка може мати як нормально замкнуті так і нормально розімкнуті контакти або ті і інші одночасно. Кількість контактів кнопки зазвичай 2, але існують конструкції з більшим числом контактів.

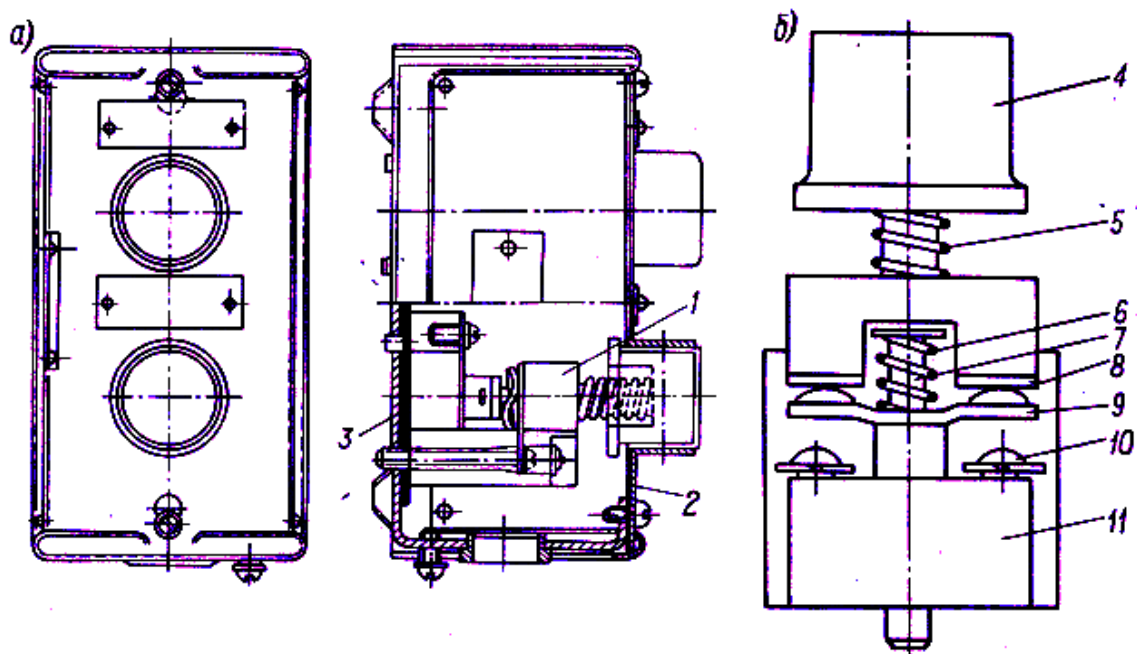


Рисунок 2.26 – Загальний вигляд кнопкової станції (а) та окремої кнопки керування (б)

На рис. 2.26, б) зображена кнопка з одним нормально розімкнутим 10 і одним нормально замкнутим 8 контактами і загальним містковим

контактом 9. Контакти можуть бути мідними або срібними. При натисканні на головку 4 містковий контакт 9, який зв'язаний з нею через стержень 7 і контактну пружину 6, розмикає одне коло і замикає інше. При знятті натиску рухома частина (головка зі стержнем і містковим контактом) повертається в вихідне положення під дією зворотної пружини 5. Усі деталі монтуються на пластмасовій колодці 11.

За способом установки кнопокві станції виконуються для монтажу на панелі, стіні, підлозі для впливу ногою чи підвісні.

Лінійні та кінцеві вимикачі здійснюють переключення в колах керування залежно від шляху, який проходить керований механізм (лінійні вимикачі), чи від його положення (кінцеві вимикачі). Лінійні та кінцеві вимикачі використовують для обмеження ходу механізмів підйомно-транспортних пристроїв, обмеження ходу супортів металорізальних станків і в багатьох інших механізмах, а також для пуску та зупинки двигунів залежно від шляху, який проходить оброблюваний виріб, в схемах сигналізації та захисту.

Пристрій, який здійснює розмикання та замикання контактів в лінійних та кінцевих вимикачах, повинен задовольняти різні кінематичні схеми і конструкції робочих машин. Відповідно до цього розрізняють нажимні (кнопокві), ричажні, шпindelьні і обертові перемикачі.

В нажимних перемикачах переключення контактів здійснюється шляхом натиснення упора механізму на нажимний пристрій, в ричажних – дія механізму передається через ричаг, а в шпindelьних – за рахунок переміщення гайки по гвинту, який через передачу зв'язаний з валом механізму. Обертові перемикачі застосовуються в тих випадках, коли робочий орган, залежно від якого вимикач повинен працювати, має обертовий рух.

Лінійні та кінцеві перемикачі можуть бути нерегульованими та регульованими. Комутаційна здатність визначається конструкцією контактної системи.

Загальним недоліком контактних лінійних та кінцевих перемикачів є механічна дія механізму на вимикач, наявність кінематичних схем передачі дії механізму на контактну систему. Це обумовлює відносно низьку зносостійкість, складність налаштування і недостатню точність роботи вимикачів.

Автоматичні вимикачі типу АП-50 призначені для захисту електричних установок, в тому числі і АД, від перевантажень та коротких замикань, а також для нечастих (до 6 за годину) включень та відключень електричних кіл чи пусків та зупинок електродвигунів.

Автомати АП-50 розраховані для роботи в таких умовах:

- температура навколишнього середовища від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (без випадання роси та інію) до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість навколишнього середовища не більше 90% при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і не більше 50% при температурі $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- висота над рівнем моря до 1000 м;
- вібрація місця кріплення автомата частотою до 25 Гц при прискоренні не більше 0,7g.

Автомати не розраховані для роботи в таких умовах: в вибухонебезпечному середовищі; в середовищі, яке має активні гази і пари, що руйнують метал і ізоляцію; в середовищі, яке насичене струмопровідним пилом; в місцях, які не захищені від бризок води, сонячних променів і променевої енергії опалюваних приладів.

Автомати виготовляються:

- двополюсні на номінальну напругу змінного струму до 500 В, при частоті 50 і 60 Гц і постійного струму до 220 В і триполюсні – на номінальну напругу змінного струму до 500 В;
- на номінальні струми фазних розчіплювачів максимального струму: 1,6; 2,5; 4; 6,4; 10; 16; 25; 40; 50 А;
- за наявністю фазних розчіплювачів максимального струму: з тепловими та електромагнітними розчіплювачами; тільки з тепловими розчіплювачами; тільки з електромагнітними розчіплювачами; без розчіплювачів – неавтоматичні вимикачі на номінальний струм 50 А;
- за струмами відсічки електромагнітних розчіплювачів: $3,5 \cdot I_n$; $8 \cdot I_n$; $11 \cdot I_n$;
- за наявністю розчіплювача максимального струму в нульовому проводі: без розчіплювача в нульовому проводі; з розчіплювачем в нульовому проводі.

Автомати з розчіплювачем максимального струму в нульовому проводі виготовляються, починаючи з номінального струму фазних розчіплювачів 16 А. Струм довготривалого режиму роботи розчіплювача в нульовому проводі не повинен перевищувати 60 % від номінального фазного струму.

Будова та принцип роботи. Автомат складається із механізму керування, контактної системи, дугогасильного пристрою, розчіплювачів максимального струму. Вузли автомата розміщені на пластмасовому цоколі. Зверху цоколь закритий кришкою, знизу – дном.

Механізм керування побудований на принципі вільного розчеплення і забезпечує миттєве розмикання контактів. Відключення автомата при струмах перевантаження і коротких замикань відбувається автоматично і

не залежить від того утримується чи не утримується кнопка у ввімкненому стані.

Тепловий розчіплювач забезпечує обернену залежність витримки часу від струму спрацьовування в зоні перевантажень, а електромагнітний розчіплювач – миттєву відсічку в зоні струму КЗ.

Теплові розчіплювачі автомата при температурі навколишнього середовища +25 °С з холодного стану при проходженні змінного однофазного струму частоти 50 Гц одночасно у всіх полюсах допускають, не відключаючись протягом 1 години, роботу автомата при струмі $1,1 \cdot I_n$ і відключають автомат при струмі $1,35 \cdot I_n$ протягом 30 хвилин, а при струмі $6 \cdot I_n$ – за час від 1,5 до 10 секунд.

Автомат дозволяє повторне ввімкнення через 2 хвилини після відключення його тепловим розчіплювачем.

Електромагнітні розчіплювачі при струмі відсічки відключають автомат практично миттєво.

Допускається відхилення нормальної уставки струму миттєвого спрацьовування (відсічка) електромагнітних розчіплювачів:

- для номінальної уставки $3,5 \cdot I_n$ – відхилення $\pm 15\%$;
- для номінальної уставки $8 \cdot I_n$ – відхилення $\pm 20\%$;
- для номінальної уставки $11 \cdot I_n$ – відхилення $+15\%$, -30% .

Таблиця 2.9 – Маркування автоматів

Тип автомата	Число полюсів	Позначення виконання за наявністю роз'єднувачів	Номінальна напруга, В		
			захищеної частини		котушки мінімальної напруги
			постійний струм	змінний струм	змінний струм
АП-50	2	2MT	220	550	—
	3	3MT	—		—
	2	2T	220		—
	3	3T	—		—
	2	2M	220		—
	3	3M	—		—
	3	2M3TH 2MH 3TH	—		127, 220 і 380
	3	2M3TO 2MO 3TO	— — —		— — —
	2	Без роз'єднувачів	220		—
	3		—		—

МТ – електромагнітний та тепловий розчіплювач;

Т – тепловий розчіплювач;

М – електромагнітний розчіплювач;

Н – розчіплювач мінімальної напруги;

О – розчіплювач максимального струму в нульовому проводі.

Приклади умовного позначення автомата:

- 2МЗТН – 2 електромагнітних, 3 теплових та 1 розчіплювач мінімальної напруги;
- 2МН – 2 електромагнітних та 1 розчіплювач мінімальної напруги;
- 3ТН – 3 теплових та 1 розчіплювач мінімальної напруги.

Магнітні пускачі. У напівавтоматичних і автоматичних схемах керування асинхронними двигунами застосовують контактори і магнітні пускачі. Магнітним пускачем називається пристрій, призначений для дистанційного або автоматичного пуску і зупинення трифазних асинхронних двигунів. Магнітні пускачі бувають нереверсивні і реверсивні. За конструктивним виконанням вони бувають відкриті, захищені, пиловодостійкі і вибухобезпечні. Органи їх керування – кнопки, універсальні перемикачі, командоконтролери і реле керування.

Магнітний пускач може здійснювати нульовий захист та за рахунок теплового реле – захист від невеликих, але тривалих перевантажень.

Магнітні пускачі відрізняються від контакторів тим, що укомплектовані тепловим реле та мають, як правило, зібрану внутрішню схему, тоді як контактори завжди виконують з відкритою схемою. Тому, перед тим, як підключити магнітний пускач, необхідно ознайомитися з його внутрішньою схемою, а потім приєднати зовнішні провідники.

Магнітні пускачі не призначені для розривання струмів КЗ, для цього призначені послідовно ввімкнені автоматичні вимикачі з максимально-струмовими розчіплювачами або плавкі запобіжники.

Перед вмиканням магнітних пускачів окремі їхні вузли (контактор і теплове реле) оглядають і регулюють за методиками, що були описані в попередніх лабораторних роботах.

При підключенні магнітного пускача також перевіряють відповідність номінального струму або потужності двигуна номінальним даним пускача, відповідність напруги втягувальної котушки напрузі кола керування.

Програма роботи

1. Вивчити будову, принцип дії та особливості застосування апаратів керування процесами пуску та зупинки асинхронних двигунів з КЗ ротором: магнітних пускачів; пакетних вимикачів та перемикачів; автоматів; пакетно-кулачкових вимикачів.

2. Розробити та зібрати схеми керування АД з КЗ-ротором за допомогою:

- ручного перемикача SA з фіксованими положеннями;
- проміжного реле KY;
- кнопкового вимикача SB, для реалізації роботи привода в режимі поштовху;
- магнітного пускача, для реалізації схеми з блокуванням та нульовим захистом.

3. Розробити схему керування дводвигунним приводом конвеєрної лінії з певною послідовністю вмикання конвеєрів.

4. Налаштувати роботу схеми.

5. Розробити схему керування реверсивним АД за допомогою пускових кнопок, а також автоматичним *реверсування (reversal)* за допомогою двох кінцевих перемикачів.

6. Зібрати та налаштувати роботу схеми.

Методичні вказівки

Ознайомитись з конструкцією лабораторного стенду (додаток А).

Найпростіші схеми нереверсивного керування за допомогою магнітного пускача. Силова схема нереверсивного керування АД за допомогою магнітного пускача зображена на рис.2.27.

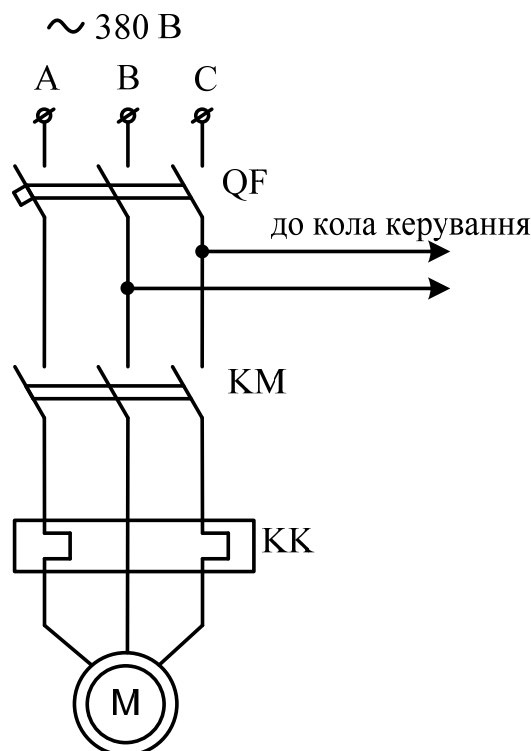


Рисунок 2.27 – Силова нереверсивна схеми керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного пускача

Для приведення в дію даної силової схеми необхідно розробити декілька різних схем керування:

I. Послідовно з котушкою магнітного пускача КМ включають ручний перемикач SA з фіксованими положеннями. Така найпростіша схема дозволяє здійснювати дистанційне керування АД при відсутності нульового захисту (при відновленні напруги живлення схема забезпечує самозапуск двигуна).

II. Напруга живлення подається на котушку магнітного пускача КМ лише при спрацьовуванні проміжного реле КУ (при відновленні напруги живлення схема забезпечує самозапуск двигуна).

III. Якщо потрібно включити двигун короткочасно (поштовхом) для випробування та налагодження робочої машини або необхідно забезпечити роботу привода тільки під наглядом людини, то живлення на котушку магнітного пускача подається через нормально розімкнутий контакт кнопкового вимикача SB.

IV. Для реалізації схеми з нульовим захистом необхідно використати кнопковий пост, який містить кнопки «Пуск» і «Стоп», що забезпечують дистанційне керування роботи схеми. В схемі повинно бути передбачено шунтування кнопки «Пуск» нормально розімкнутим блок-контактом магнітного пускача КМ. Відключення двигуна від мережі в нормальному режимі роботи відбувається при натисненні на кнопку «Стоп», а в аварійному – при спрацьовуванні теплового реле КК або нульового захисту.

Застосовується така схема в тих випадках, коли потрібно керувати машиною з допомогою обслуговуючого персоналу або коли самозапуск неприпустимий з технологічних причин. Якщо необхідно керувати двигуном з декількох місць, то усі нормально розімкнуті контакти потрібно підключити паралельно, а нормально замкнуті – послідовно.

Схема керування дводвигунним приводом з певною послідовністю вмикань. При керуванні, наприклад, двома транспортерами необхідно включати двигуни з визначеною послідовністю. Для усунення можливості виникнення завалу вантажем транспортера 1Т необхідно включити спочатку його і лише потім – 2Т.

Силова частина схеми зображена на рис. 2.28.

Для керування транспортерами використовується п'ять кнопок: SB1 – «Стоп», SB2 – «Пуск 1», SB3 – «Стоп 2», SB4 – «Пуск 2» і SB5 – «Поштовх». Двигун першого транспортера М1 включається за звичайною схемою з нульовим захистом при натисненні кнопки SB2. Двигун другого транспортера М2 можна включити незалежно від двигуна М1 тільки короткочасно (режим поштовху) при натисненні кнопки SB5. Для роботи в

тривалому режимі двигун M2 можна включити тільки після того, як двигун M1 вийде на номінальний режим роботи. Після запуску двигуна M1 натисканням кнопки SB4 включається магнітний пускач KM2, що приводить до запуску двигуна M2. Відключення двох двигунів привода відбудеться при натисненні кнопки SB1. Двигун M2 можна відключити незалежно від двигуна M1 при натисненні кнопки SB3. Якщо спрацює теплове реле двигуна M1 (KK1), то магнітний пускач KM1 повинен відключити обидва двигуни – M1 та M2. Якщо спрацює теплове реле KK2, то повинен відключитися лише двигун M2. В іншому випадку може відбутися завал транспортера T1. При розробці схеми керування, для реалізації «режиму поштовху», необхідно використати проміжне реле KY.

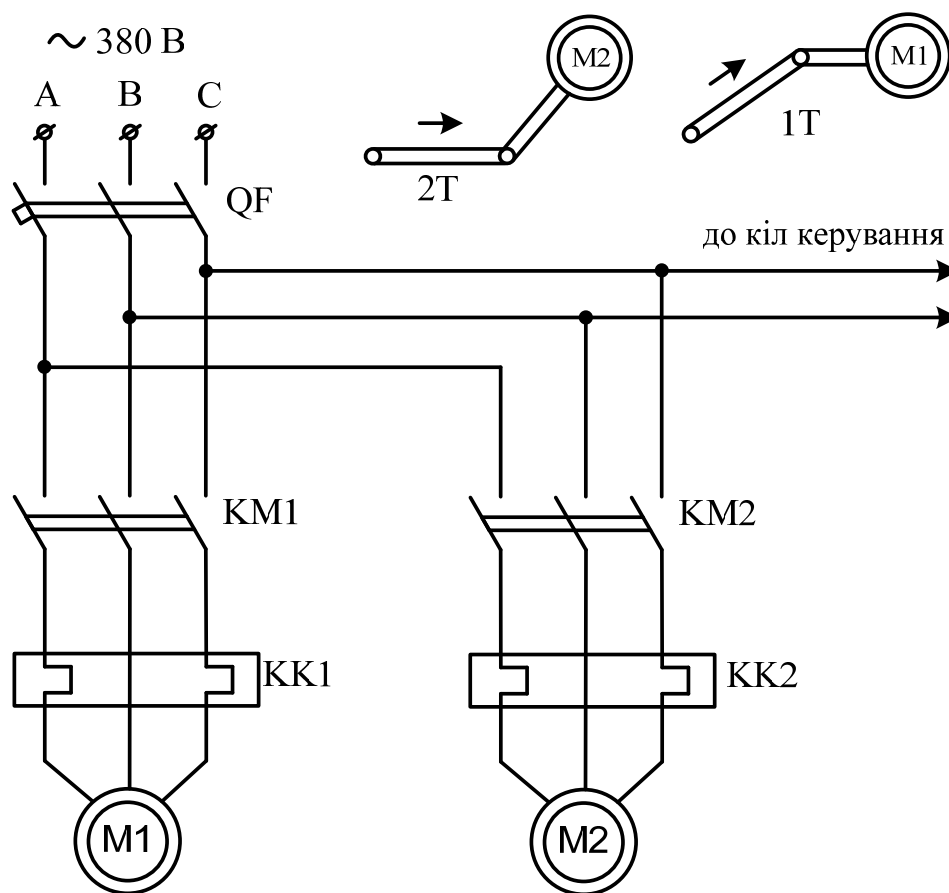


Рисунок 2.28 – Силовая схема керування дводвигунним приводом

Реверсивна схема керування асинхронним двигуном. Для реверсивного керування асинхронним двигуном потрібно два нереверсивних пускачі чи один реверсивний. Реверсивне керування здійснюється за схемою, силова частина якої зображена на рис. 2.29.

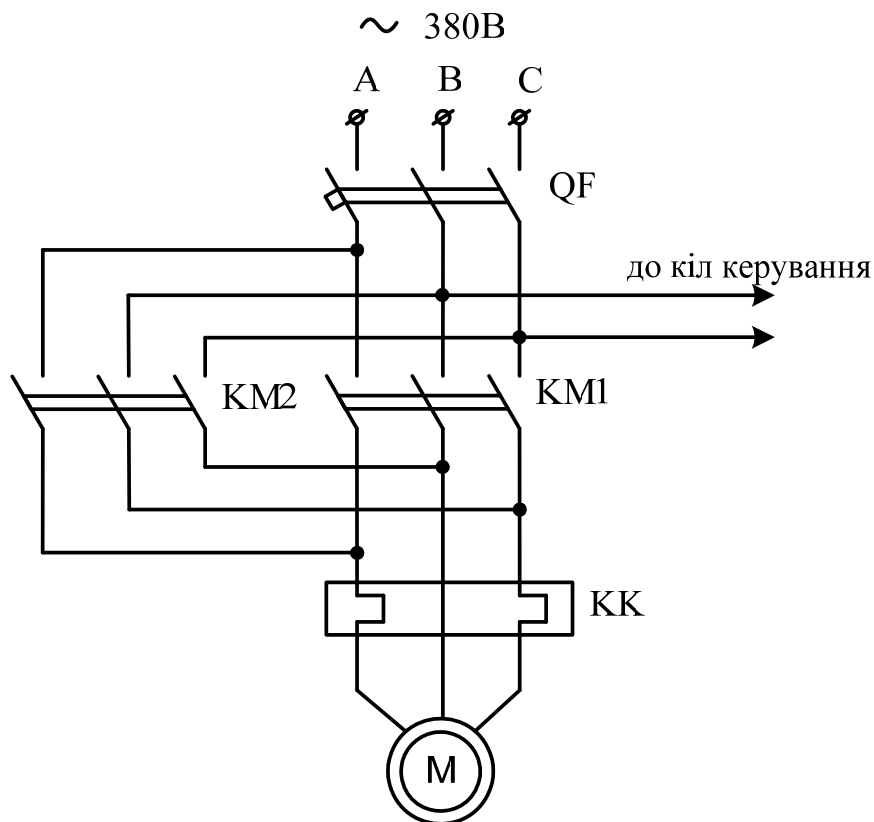


Рисунок 2.29 – Схема реверсування асинхронного двигуна

Обидва магнітні пускачі включають так, щоб кожен із них підключав статор двигуна на різну послідовність чергування фаз. Схема керування містить котушки двох пускачів KM1 і KM2, контакти теплових реле KK, кнопки SB1 «Стоп», SB2 (пуск вперед) і SB3 (пуск назад) і контакти кінцевих перемикачів SQ1 та SQ2.

В схемі реверсивного керування обов'язково повинно бути передбачено електричне блокування, що виключає можливість одночасного вмикання двох пускачів KM1 та KM2.

Реверсування двигуна можливе як у ручному режимі за допомогою кнопок керування, так і в автоматичному за допомогою кінцевих перемикачів.

Контрольні питання

1. Загальна характеристика ручних пускачів.
2. Пакетні вимикачі та перемикачі.
3. Пакетно-кулачкові перемикачі.
4. Кнопки керування, кнопкові станції.
5. Лінійні та кінцеві перемикачі.
6. Автоматичні вимикачі серії АП-50.
7. Магнітні пускачі.

2.6 Лабораторна робота №6 – Монтаж і налагоджування схем керування багатошвидкісним асинхронним двигуном

Мета роботи:

1. Вивчити спосіб регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна шляхом переключення числа пар полюсів;
2. Засвоїти методику маркування виводів багатошвидкісного асинхронного двигуна;
3. Провести монтаж і налагоджування роботи схем керування багатошвидкісним асинхронним двигуном за допомогою універсального перемикача та кулачкового контролера.

Теоретичні відомості

Даний спосіб регулювання швидкості обертання асинхронних двигунів базується на використанні залежності синхронної швидкості обертання двигуна від числа пар полюсів обмотки статора:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}. \quad (2.11)$$

Зміна числа пар полюсів p досягається переключенням секцій обмотки статора, при цьому число пар полюсів короткозамкнутого ротора змінюється автоматично.

Таблиця 2.10 – Залежність швидкості n_0 від числа пар полюсів p

p	1	2	3	4	5	6	8	10	30	50
n_0 , об/хв.	3000	1500	1000	750	600	500	375	300	100	60

Для зміни числа пар полюсів необхідно, щоб на статорі були розміщені або незалежні обмотки з різними значеннями p , або при одній обмотці була можливість зміни схеми з'єднань (рис. 2.30). В першому варіанті збільшуються габаритні розміри і маса двигуна, однак можна отримати практично будь-яке співвідношення чисел пар полюсів обмоток.

Обмотка кожної фази складається з двох однакових секцій (виводи секцій позначені 1C1, 1C4, 2C1, 2C4 і т.д.), які можуть бути з'єднані як узгоджено, так і зустрічно. При послідовно-узгодженому з'єднанні секцій обмотки число пар полюсів обмотки $p_1=2$ (рис. 2.30, а), а при послідовно-зустрічному (рис. 2.30, б) або паралельно-зустрічному (рис. 2.30, в) з'єднаннях число пар полюсів зменшується вдвічі $p_2=1$, відповідно синхронна швидкість обертання збільшується в два рази $\omega_{02}=2\omega_{01}$.

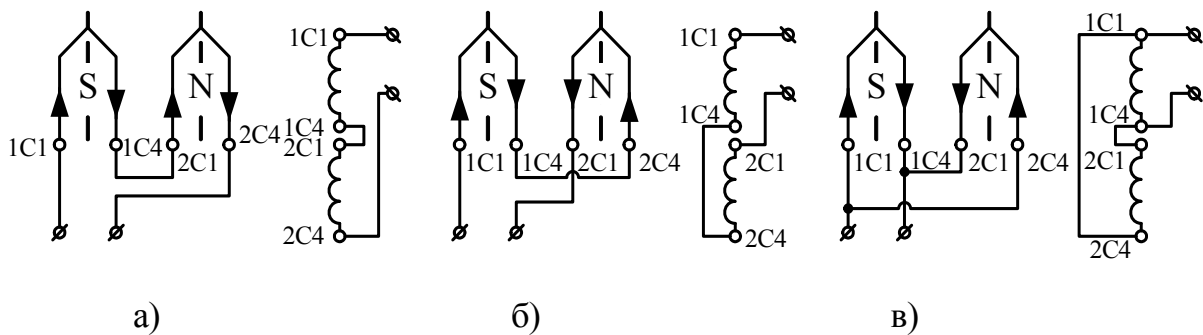


Рисунок 2.30 – Способи зміни числа пар полюсів багатошвидкісного асинхронного двигуна (для однієї фази)

Залежно від того, як з'єднуються секції обмотки при переході на вищу швидкість, змінюються умови роботи двигуна і його характеристики.

При переході від послідовно-узгодженого з'єднання секцій обмотки статора ($p_1=2$) до послідовно-зустрічного з'єднання ($p_2=1$), номінальна потужність на валу двигуна залишається практично незмінною $P_{1н} \approx P_{2н}$ (регулювання з постійною номінальною потужністю), а при переході до паралельно-зустрічного з'єднання ($p_2=1$) ця потужність збільшується майже вдвічі $P_{1н} \approx 2P_{2н}$ (регулювання з постійним номінальним моментом).

Оскільки

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

то номінальний момент в першому випадку із збільшенням швидкості зменшується вдвічі $M_{2н} \approx 0,5 \cdot M_{1н}$ (рис. 2.31, а), а в другому залишається незмінним $M_{1н} \approx M_{2н}$ (рис. 2.31, б).

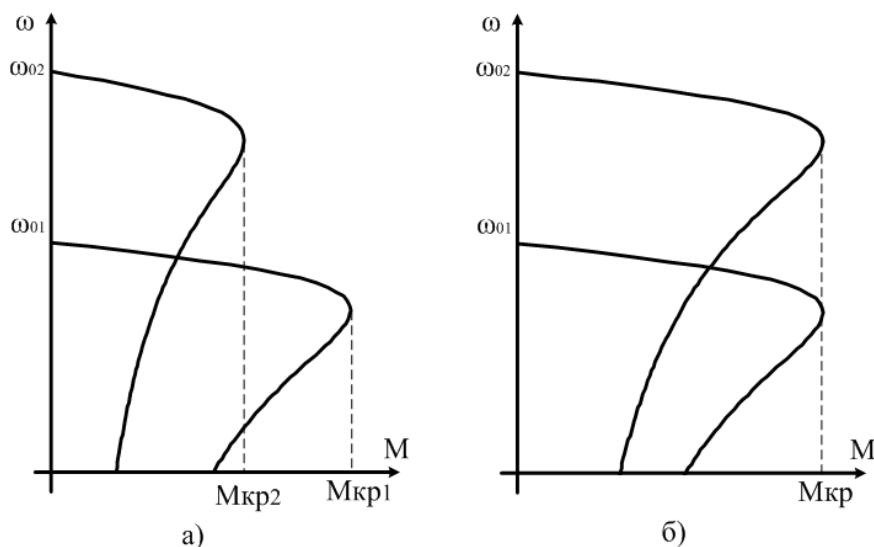


Рисунок 2.31 – Механічні характеристики двошвидкісного асинхронного двигуна при переключенні числа пар полюсів

На практиці найбільш поширеними є схеми переключення секцій обмоток статора, зображені на рис. 2.32.

В схемі на рис. 2.32, а) відбувається перехід від послідовно-узгодженого з'єднання секцій у схемі трикутника до паралельно-зустрічного з'єднання секцій у схемі подвійної зірки. Механічні характеристики для цієї схеми показані на рис. 2.31, а).

В схемі на рис. 2.32, б) відбувається переключення з зірки на подвійну зірку, що відповідає рис. 2.30, а) і в), тобто регулюванню з постійним моментом. Механічні характеристики для цієї схеми показані на рис. 2.31, б).

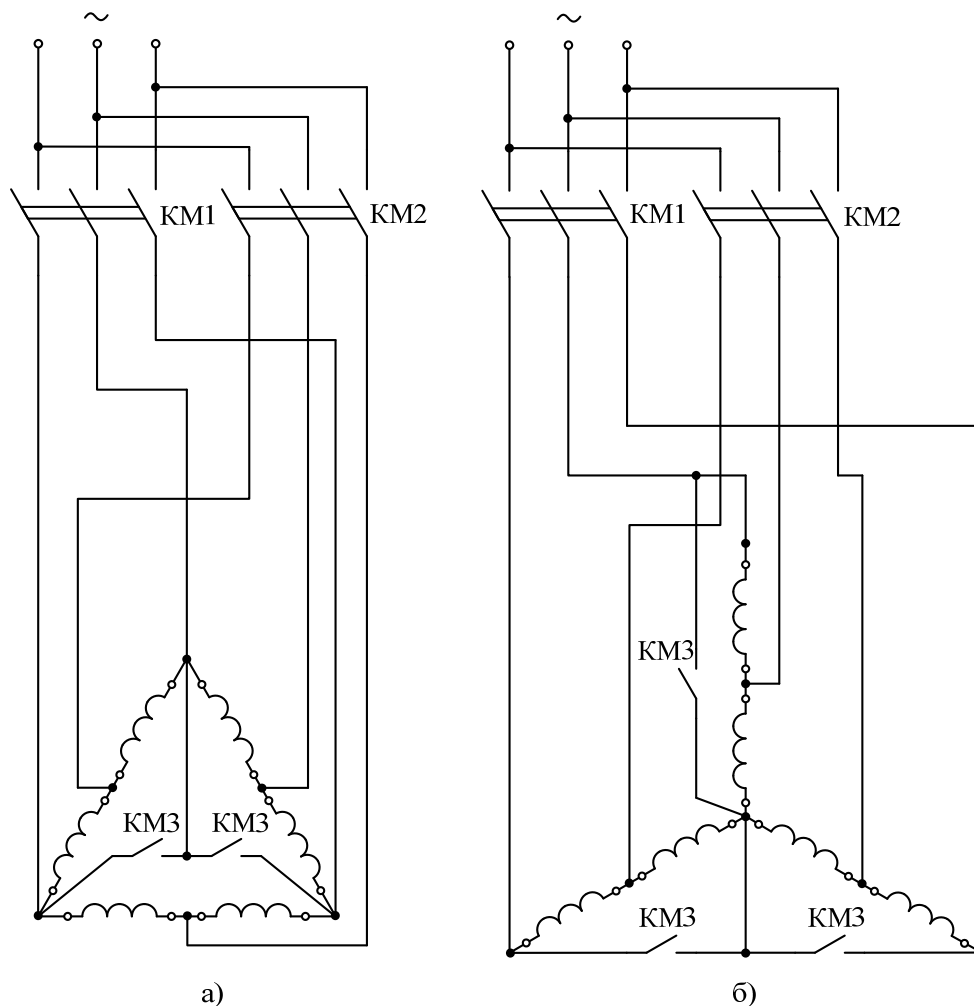


Рисунок 2.32 – Схеми переключень секцій обмоток статора двошвидкісного асинхронного двигуна

Переключення обмоток статора здійснюється за допомогою спеціальних перемикачів при ручному керуванні або за допомогою контактів апаратів дистанційного керування – контакторів.

В схемі, зображеній на рис. 2.32, а) при замкнених контактах KM1 і розімкнених контактах KM2 і KM3 обмотка статора з'єднана в трикутник.

В схемі, зображений рис. 2.32, б) при замкнених контактах КМ1 і розімкнених контактах КМ2 і КМ3 обмотка статора з'єднана в зірку. Для переключення обмотки статора на подвійну зірку замикають контакти КМ2 і КМ3, контакти КМ1 при цьому повинні бути розімкнені, інакше відбудеться трифазне коротке замикання.

Спосіб регулювання швидкості переключенням числа пар полюсів простий у використанні та економічний, оскільки двигун працює з малим ковзанням, а механічні характеристики мають велику жорсткість. Основний недолік цього способу – обмежене число швидкостей в заданому діапазоні регулювання. Використання обмоток з переключенням полюсів потребує складної комутаційної апаратури, особливо, якщо обмотка має більше двох полюсів. Крім того, оскільки p – ціле число, то регулювання кутової швидкості є ступінчастим.

Даний спосіб регулювання швидкості обертання застосовуються в тих випадках, коли не потрібне плавне регулювання швидкості, наприклад, в деяких металорізальних станках з метою зменшення кількості механічних передач.

Для ручного керування двошвидкісним асинхронним двигуном в даній лабораторній роботі як силовий перемикач використовується універсальний перемикач або кулачковий контролер.

Універсальні перемикачі (УП) – це багатоколові апарати ручної дії, призначені для здійснення комутацій в колах керування і автоматики як постійного, так і змінного струму напругою до 500 В. Перемикачі серій УП 5300–5400 (захищеного виконання) мають порівняно потужні контакти (допускається тривале навантаження до 16 А) і виготовляються з кількістю секцій від 2-х до 16.

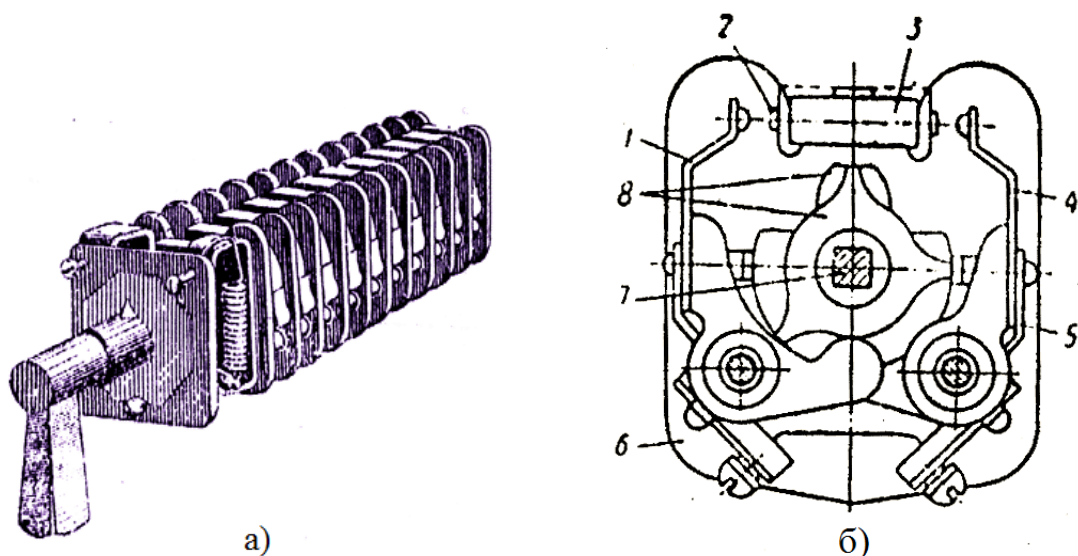


Рисунок 2.33 – Загальний вигляд перемикача УП-5100

Кожна така секція (рис. 2.33) має два контакти 1, які замикаються виступами 2 кулачкової шайби 8, насадженої на загальний вал 7, що повертається руків'ям. За рахунок підбору стандартних шайб різної конфігурації забезпечується реалізація певної програми замикання контактів. Перемикачі різних типів і серій відрізняються один від одного числом секцій, діаграмою замикання контактів, числом фіксованих положень і кутом повороту руків'я.

Кулачковий контролер – це багатоступеневий комутаційний апарат, призначений для здійснення безпосередніх комутацій в головних колах і в колах збудження двигунів напругою до 500 В, а також для зміни опорів резисторів, які включають в ці кола.

Кулачкові контролери знайшли широке застосування в кранових електроприводах змінного струму потужністю до 30 кВт і постійного струму до 20 кВт. В контролері змінного струму комутація натуральна, без дугогасильних пристроїв. Контролери змінного струму застосовуються в основному для керування асинхронними двигунами з фазним ротором.

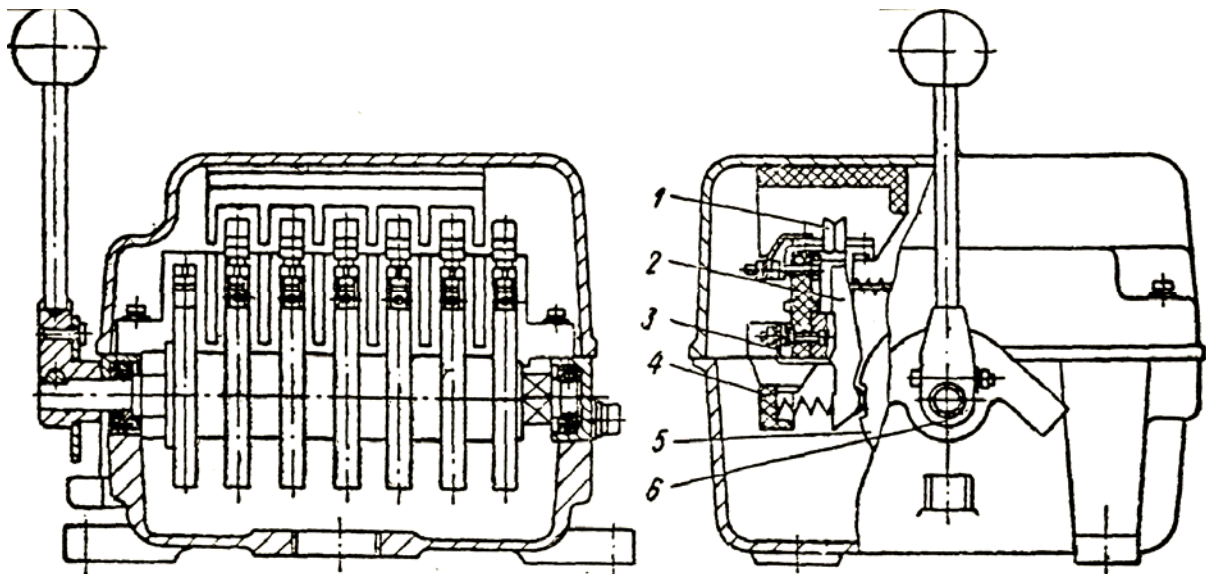


Рисунок 2.34 – Силовий кулачковий контролер типу ККТ–68АУ2

Комутаційні елементи кулачкового контролера (рис. 2.34) розміщені на двох пластмасових рейках 3, головні контакти 1 виготовлені з міді. Нерухомі контакти закріплені безпосередньо на пластмасових рейках, а рухомі – розташовані на важелях 2 з шарнірно-пружинним зв'язком між рычагом і контактом. На валу контролера, який повертається рукояткою 6, змонтовані кулачкові шайби 5, кожна з яких має певний профіль для створення необхідної послідовності комутації контактів. При набіганні гребеня кулачкової шайби на ролик контактного рычага контакти розмикаються, при сходженні ролика з гребеня – вижиль під дією зворотної

пружини 4 переводить контакти у замкнутий стан. Електричний зв'язок з рухомими контактами забезпечується через гнучке з'єднання.

Програма роботи

1. Користуючись індукційним методом перевірити полярність виводів обмоток двошвидкісного АД.
2. Зняти дослідним шляхом діаграми перемикачів універсального перемикача та кулачкового контролера.
3. Розробити за вказівкою викладача одну із схем керування роботою двошвидкісного АД за допомогою універсального перемикача або кулачкового контролера.
4. Здійснити монтаж та налагодження роботи схеми.

Методичні вказівки

Ознайомитись з конструкцією лабораторного стенду (додаток А).

Перевірку полярності виводів двошвидкісного двигуна починають з визначення окремих складових частин кожної обмотки за допомогою джерела змінного струму та вольтметра.

Для цього одну частину обмотки включають на знижену напругу і визначають іншу частину обмотки цієї фази за найбільшим значенням виміряної напруги (рис. 2.35, а). Аналогічно перевіряють решту фаз.

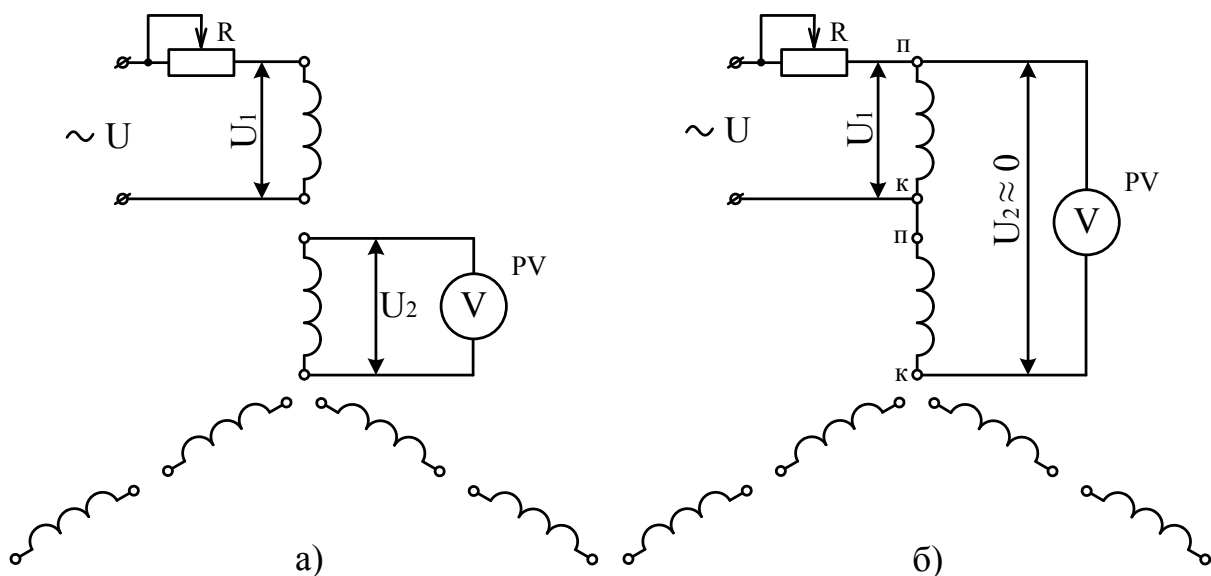


Рисунок 2.35 – Визначення складових частин обмоток фаз (а) та визначення полярності складових частин обмоток (б)

Полярність складових частин обмотки визначають відповідно до схеми на рис. 2.35, б). У випадку з'єднання різнойменних виводів частин

обмотки, що належать одній фазі, значення виміряної напруги U_2 близьке до нуля. Аналогічно перевіряють полярність решти частин обмотки.

Наступним кроком є перевірка полярності одинарних обмоток окремих фаз. Для цього дві довільні фази з'єднують послідовно і включають на знижену напругу мережі змінного струму. До третьої, вільної, фази підключають вольтметр змінного струму (рис. 2.36).

Якщо перші дві фази з'єднані однойменними виводами (рис. 2.36, а), то вольтметр не покаже напругу на третій фазі. При з'єднанні двох фаз різнойменними виводами (рис. 2.36, б) вольтметр покаже наявність напруги. Аналогічно маркують виводи третьої фази.

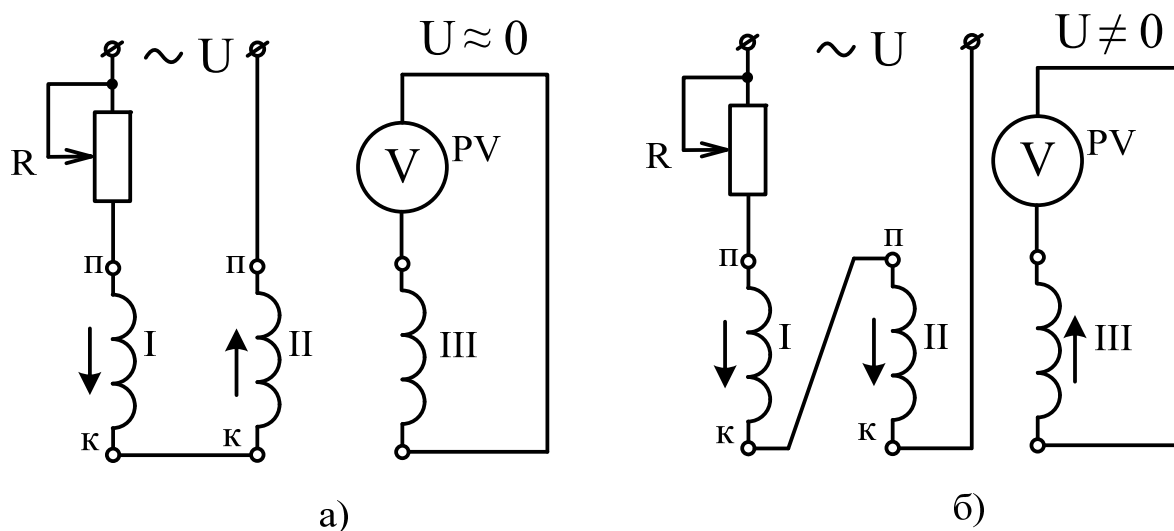


Рисунок 2.36 – Визначення полярності фазних обмоток

Діаграму перемикачів, яка відображає стан контактів апарата у всіх можливих положеннях керуючого органу, знімають за допомогою тестера або омметра. Результати вимірювань подають графічно (рис. 2.37). Якщо в даному положенні керуючого органу апарата контакт є замкнутим, то на перетині назви положення та відповідного контакта ставлять точку.

Позначення:

НД, $N \swarrow$ – положення руків'я перемикача «Назад» при з'єднанні обмоток статора в «трикутник» або «подвійну зірку»;

ВД, $V \swarrow$ – положення руків'я перемикача «Вперед» при з'єднанні обмоток статора в «трикутник» або «подвійну зірку».

Універсальний перемикач повинен забезпечувати безпосередню комутацію обмоток АД.

Кулачковий контролер керує роботою контакторів, які здійснюють необхідні комутації силових кіл (рис. 2.37).

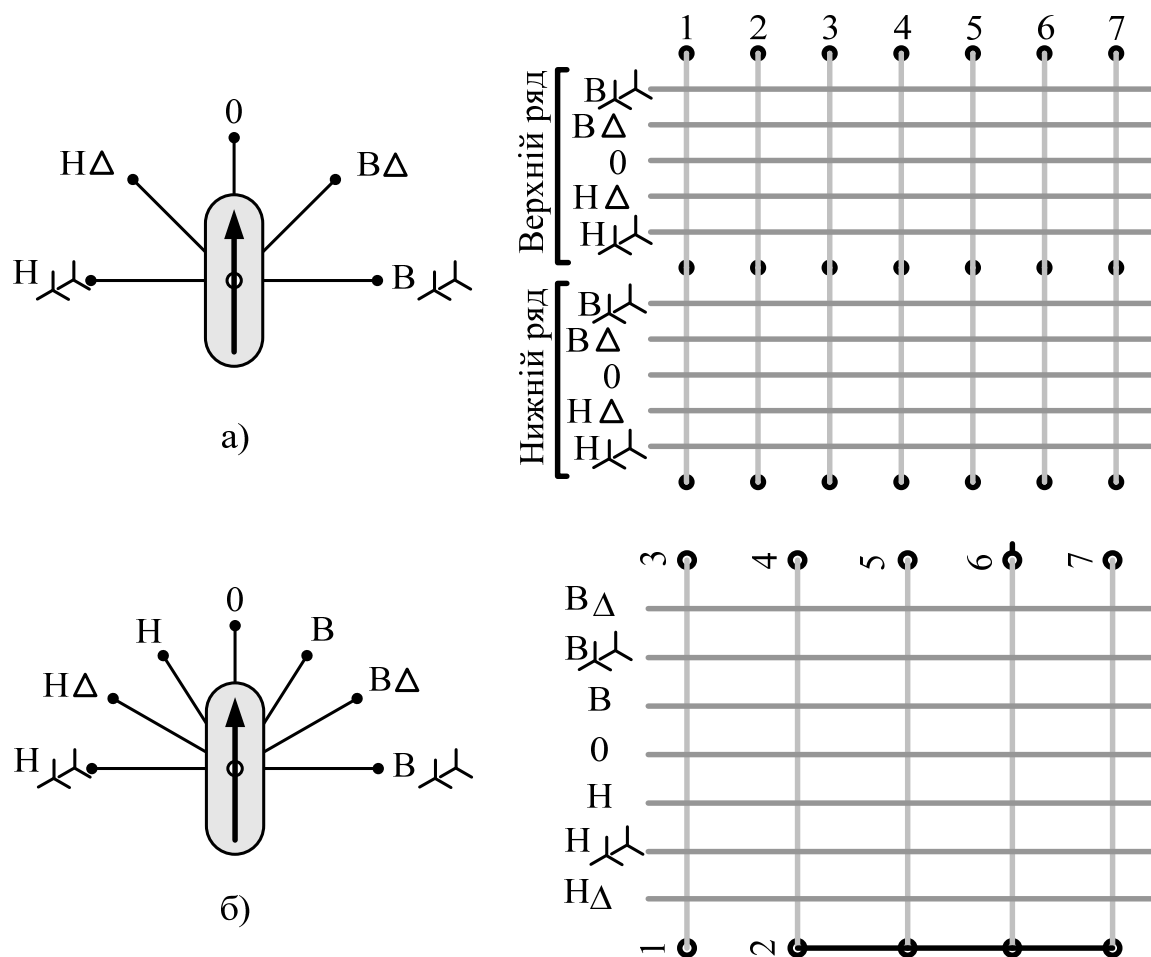


Рисунок 2.37 – Таблиці діаграм перемикачів універсального перемикача (а) та кулачкового контролера (б)

Позначення на схемі (рис. 2.38):

- контактори КМ(В) та КМ(Н) забезпечують реверс двигуна;
- контактори КМ(Л2) та КМ(Л3) забезпечують включення двигуна за схемою подвійної зірки, що відповідає малій швидкості;
- контактор КМ(Л1) забезпечує включення двигуна за схемою трикутника, що відповідає великій швидкості;
- контактор КМ(Т) забезпечує електродинамічне гальмування.

При розробці схеми керування слід уникати таких помилок: якщо ввімкнений КМ(Т), усі інші контактори мають бути розімкнені; ні в якому разі не можна допускати одночасного вмикання КМ(Л1) та КМ(Л3), оскільки це призведе до трифазного короткого замикання; не можна допускати одночасного ввімкнення КМ(В) та КМ(Н), оскільки це призведе до двофазного короткого замикання; при відсутності реверсу необхідно перевірити, чи є заміна послідовності чергування фаз на контакторі КМ(Н).

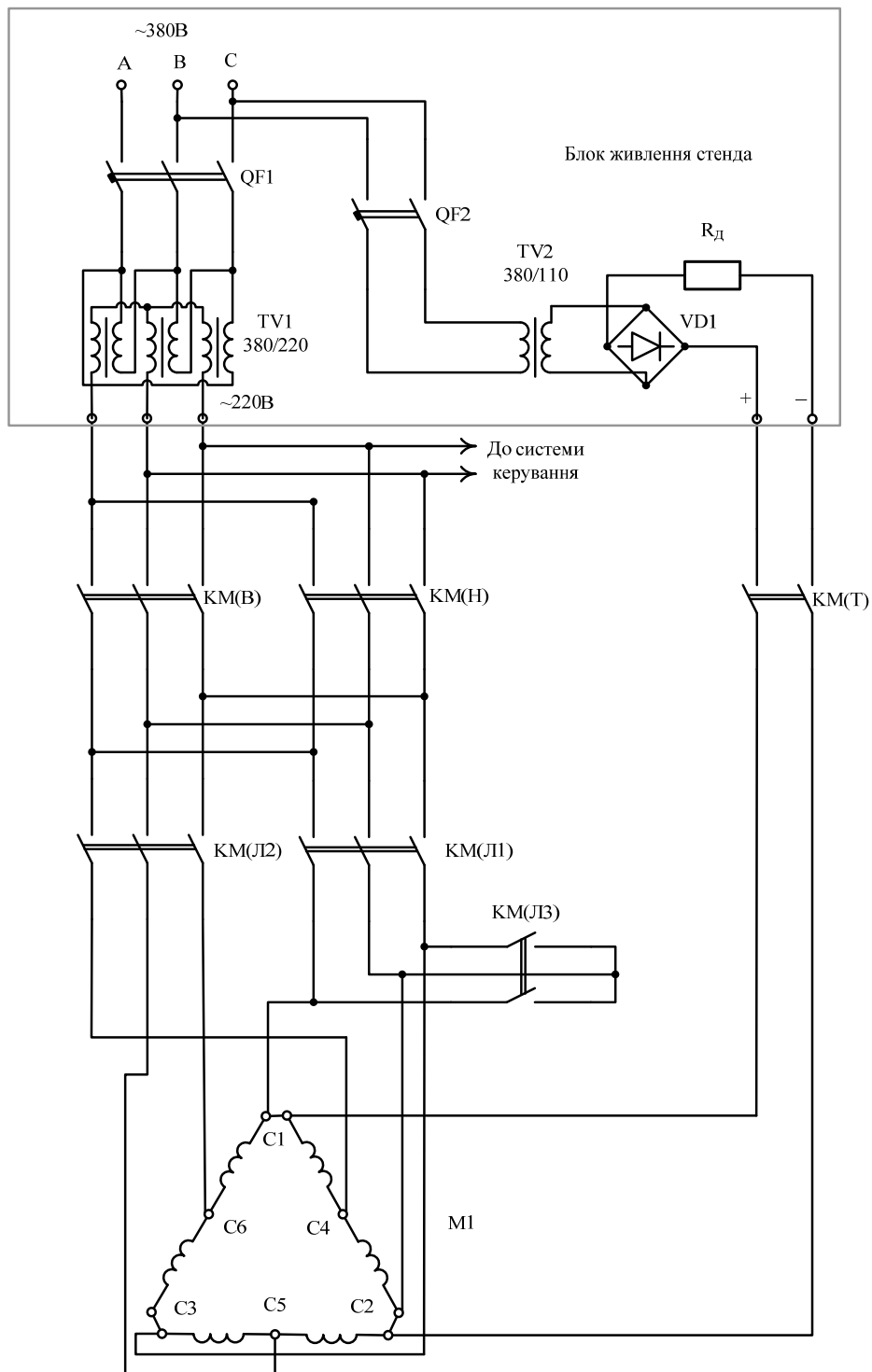


Рисунок 2.38 – Силова схема керування двошвидкісним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором

Контрольні запитання

1. Регулювання швидкості обертання АД зміною числа пар полюсів.
2. Перевірка полярності виводів обмоток АД.
3. Універсальні перемикачі, кулачкові контролери.
4. Динамічне гальмування АД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кисаримов Р. А. Наладка электрооборудования. Справочник. – М.: ИП РадиоСофт, 2004. – 352 с.
2. Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. для вузов / Васильев А. А., Крючков И. П., Наяшкова Е. Ф., Околович М. Н.; Под ред. Васильева А. А. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 574 с.
3. Электрооборудование станций и подстанций: Учеб. для техникумов / Рожкова Л. Д., Козулин В. С. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
4. Меклер А. Г. Электрооборудование подъемно-транспортных машин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1965. – 536 с.
5. Справочник по наладке электроустановок. Под ред. Дорофеюка А. С., Хечумяна А. П. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 560 с.
6. Справочник по электроустановкам промышленных предприятий: В 4-х томах. Под общей ред. Боричева И. Е., Даниленко А. И., Храмушина А. М., т. III, наладка электроустановок промышленных предприятий, под ред. Дорофеюка А. С., Круповича В. И. – М.: Энергия, 1965. – 704 с.
7. Справочник по наладке электрооборудования. Варварин В. К., Койлер В. Я., Панов П. А. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 304 с.
8. Родштейн Л. А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
9. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с., ил.
10. Фираго Б. И., Павлячик Л. Б. Теория электропривода: Учебное пособие. – Мн.: Техноперспектива, 2004. – 527 с.
11. Новодворец Л. А. Проверка, регулировка, настройка контакторов переменного тока. – М.: Энергия, 1979. – 96 с.
12. ГОСТ 2.710-81 – Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
13. ГОСТ 2.721-74 – Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
14. ГОСТ 2.722-68 – Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.
15. ГОСТ 2.723-68 – Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.

16. ГОСТ 2.728-74 – Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

17. ГОСТ 2.729-69 – Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.

18. ГОСТ 2.730-73 – Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.

19. ГОСТ 2.737-68 – Обозначения условные графические в схемах. Устройства связи.

20. ГОСТ 2.755-87 – Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

21. ГОСТ 2.756-76 – Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.

22. ГОСТ 26772-85 – Машины электрические вращающиеся. Обозначения выводов и направление вращения.

ГЛОСАРІЙ

Автоматизация	automation
Автоматичний вимикач	automatic switch
Амперметр	amperemeter
Асинхронний двигун	asynchronous motor
Біметалева пластинка	bimetallic strip
Вібрація	vibration
Вимірювальний прилад	measuring apparatus
Випрямляч	rectifier
Вольтметр	voltmeter
Втягуюча котушка	pull-in coil
Джерело живлення	electric power supply
Динамометр	dynamometer
Діаграма перемикачів	diagram switching
Лабораторне дослідження	laboratory experiment
Дугогасильна камера	arc chute
Експлуатація	exploitation
Ексцентриковий регулятор	eccentric governor
Електрична машина	electrical machine
Електрична схема	electroscheme
Електричне коло	electric circuit
Електричний апарат	electric apparatus
Електричний привод	electric drive
Електричний струм	electric current
Електромагнітне реле	electromagnetic relay
Електроустановка	electrical installation
Елемент регулювання	regulating element
Змінний струм	alternating current
Зовнішній огляд	external examination
Ізоляція	isolation
Клема	connector
Контакт	contact
Контактна пружина	contact spring
Контактна система	contact combination
Контактор	contactor
Коротке замикання	short circuit
Лабораторний автотрансформатор	laboratory autotransformer
Магнітна система	magnetic system
Магнітний пускач	solenoid starter

Мегаомметр	megaohmmeter
Механічна характеристики	mechanical characteristic
Монтаж	installation
Налагоджування	debugging
Напруга	voltage
Натиск	pressure
Нормально замкнутий контакт	normally closed contact
Нормально розімкнутий контакт	normally open contact
Обмотка	winding
Опір	electrical resistance
Опір ізоляції	insulation resistance
Пакетний вимикач	packet-type switch
Пневматична камера	air bladder
Полярність	polarity
Понижувальний трансформатор	reducing transformer
Постійний струм	direct current
Провал	downfall
Провідник	electric conductor
Реверсування	reversal
Реле	relay
Реле контролю швидкості	speed relay
Реле часу	time relay
Розхил	opening
Ротор	rotor
Рубильник	closer
Секундомір	stop watch
Сердечник	hub
Статор	stator
Струм перевантаження	overload current
Схема з'єднань	communication chart
Схема керування	control circuit
Температурний компенсатор	temperature compensator
Теплове реле	thermal relay
Трансформатор	transformer
Швидкість обертання	rotary speed
Штангенциркуль	trammel
Якір	anchor

Додаток А **Компоновка лабораторних стендів**

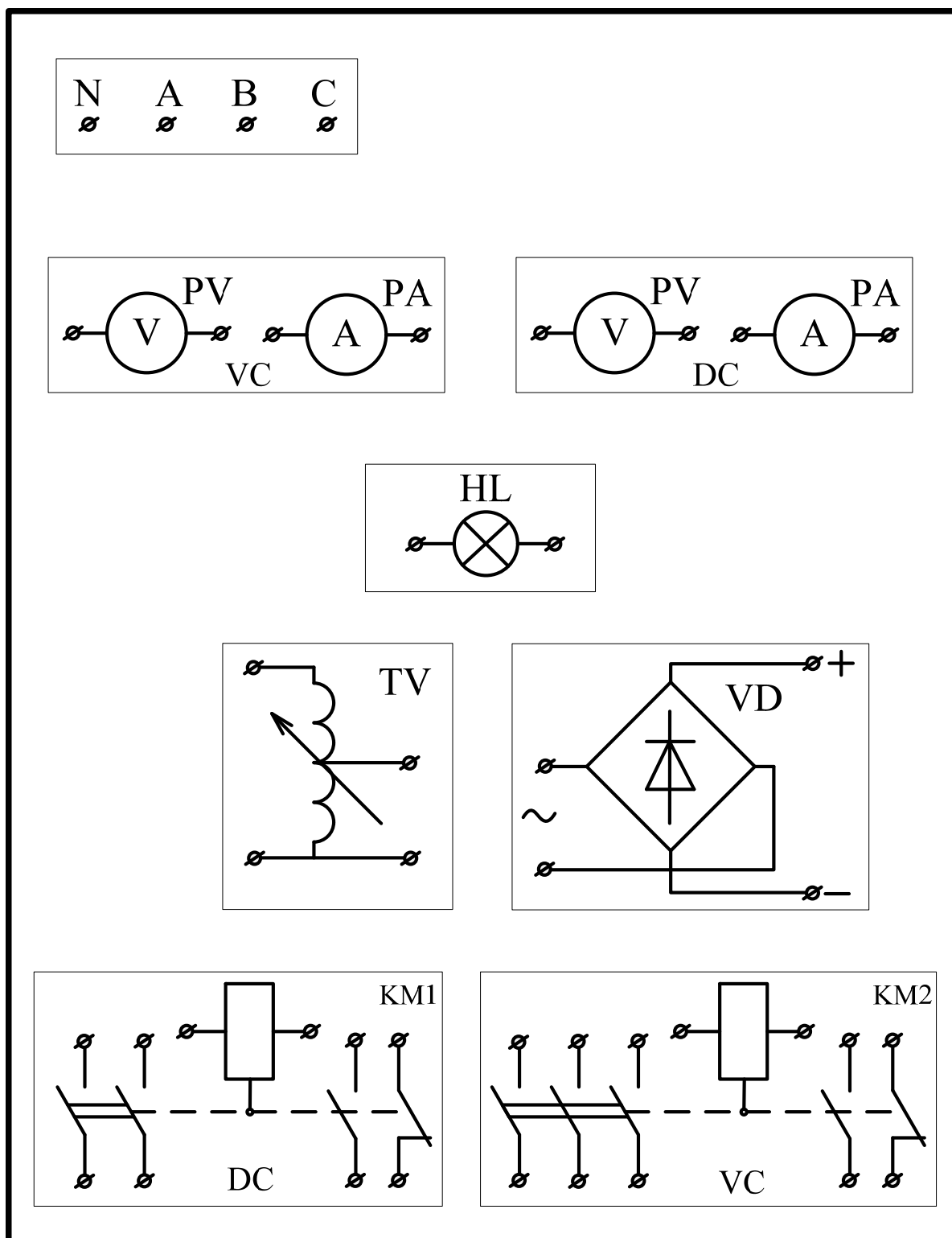


Рисунок А.1 – Панель лабораторного стенда для виконання роботи №1

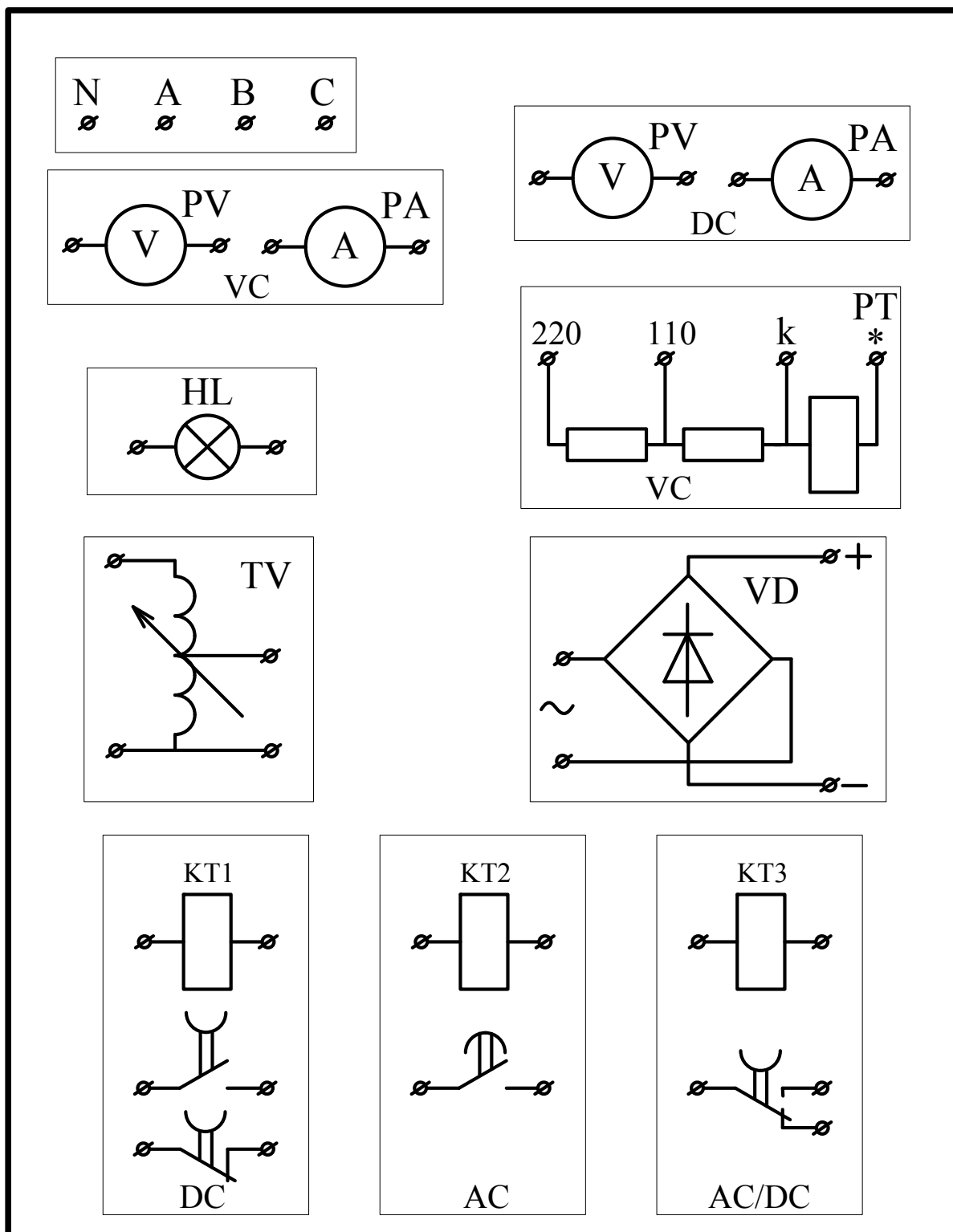


Рисунок А.2 – Панель лабораторного стенда для виконання роботи №2

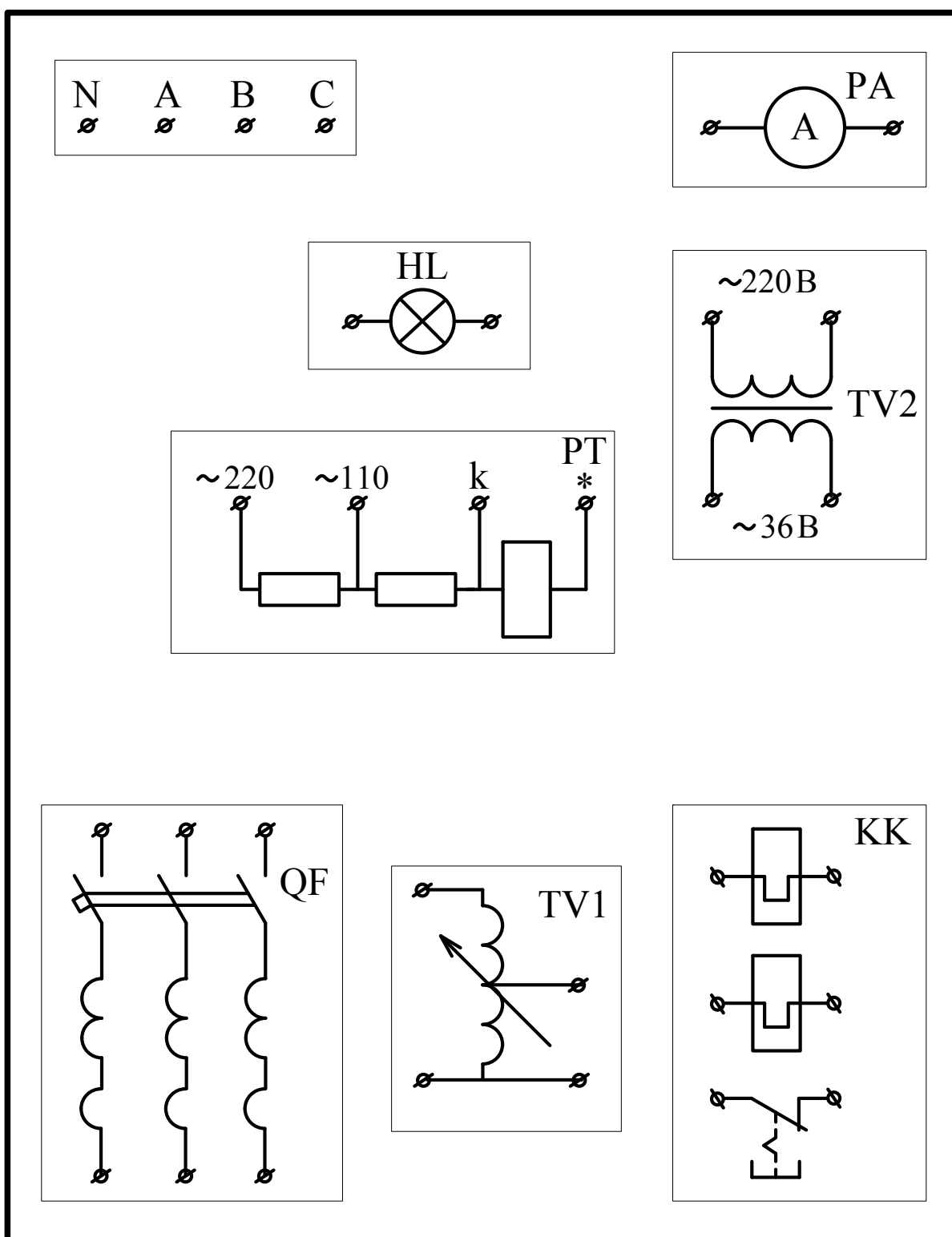


Рисунок А.3 – Панель лабораторного стенда для виконання роботи №3

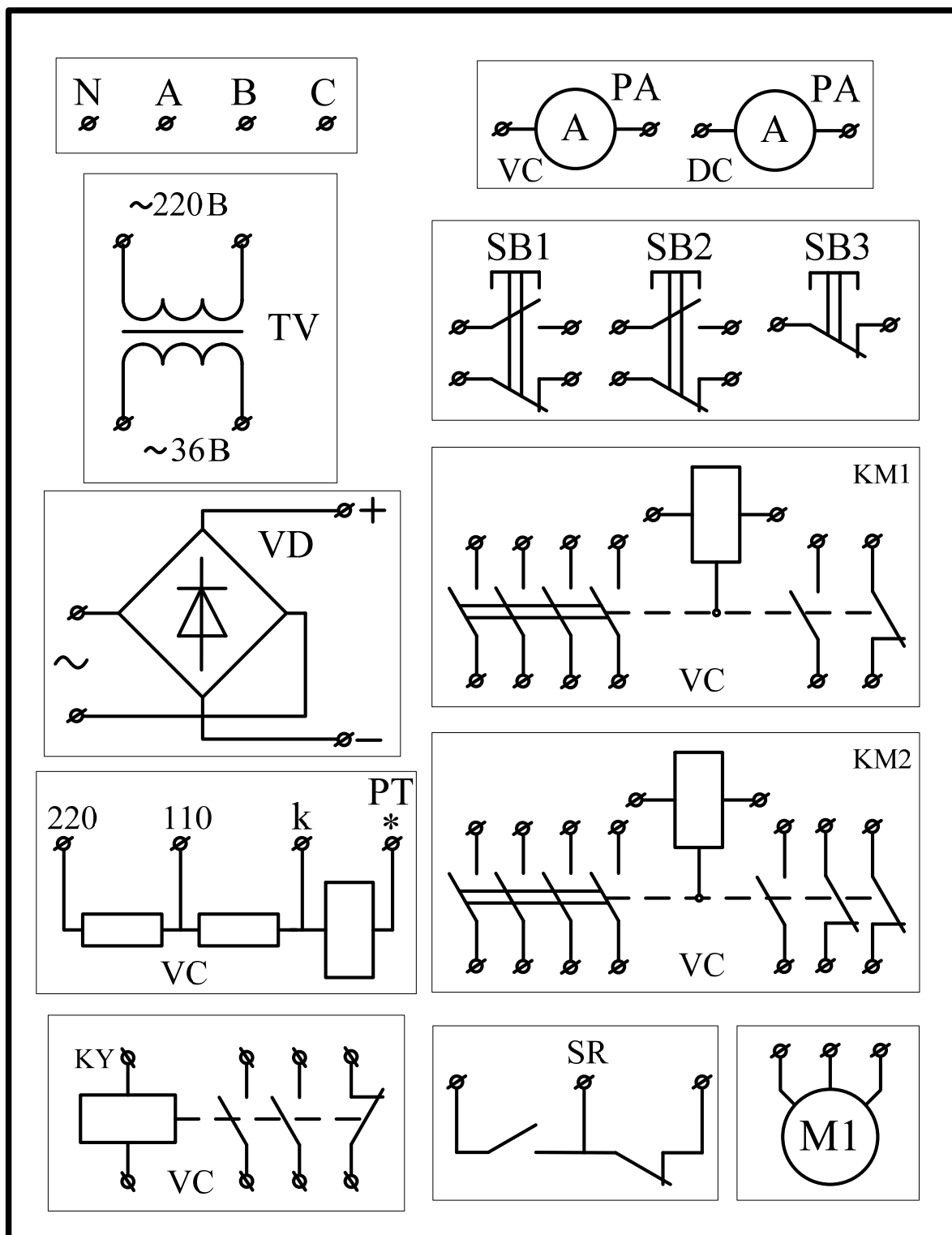


Рисунок А.4 – Панель лабораторного стенда для виконання роботи №4

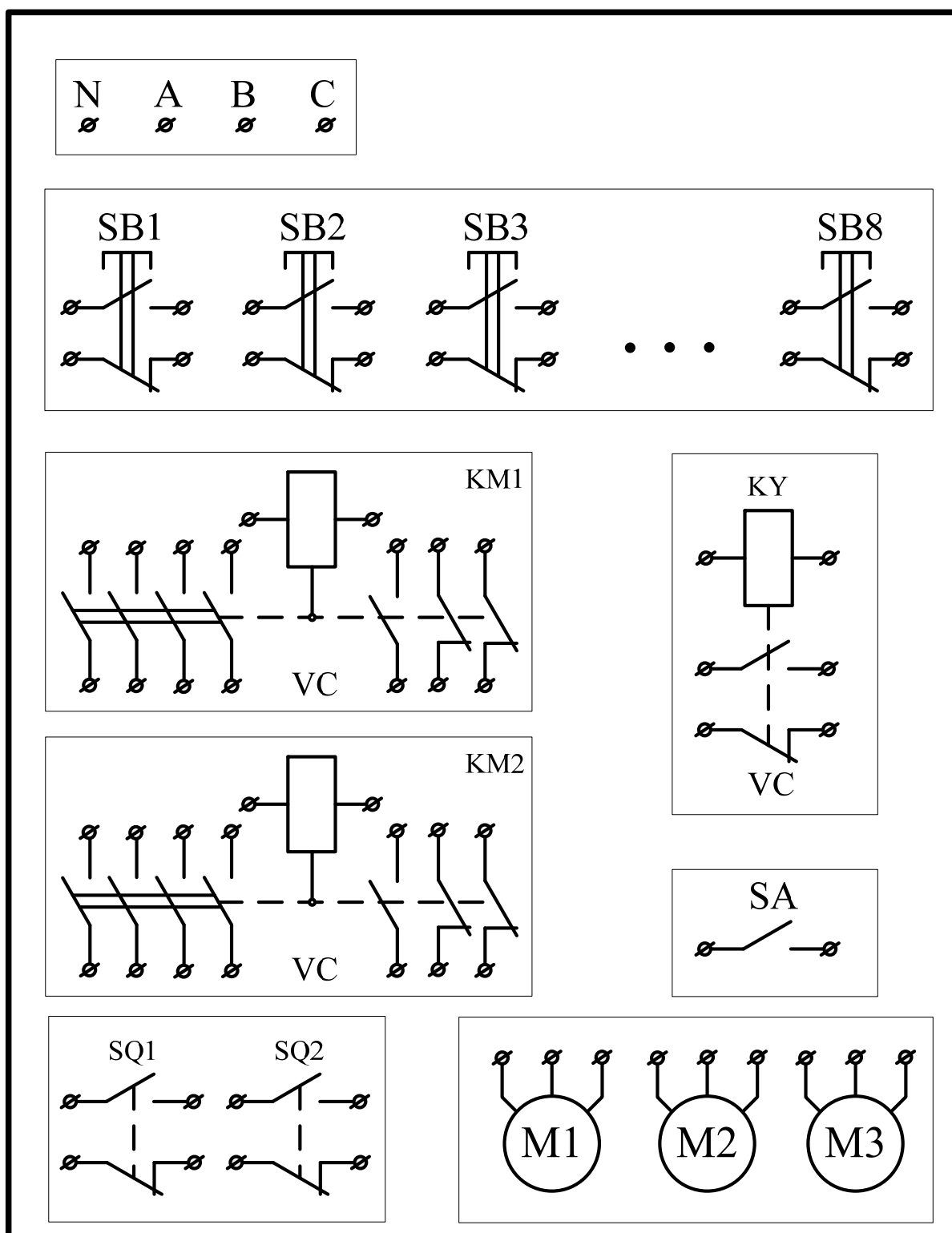
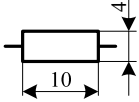
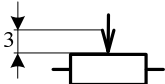
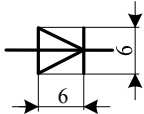
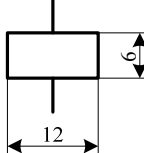
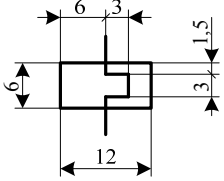
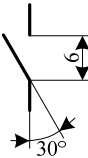
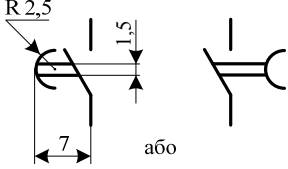
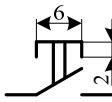
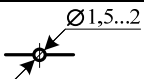


Рисунок А.5 – Панель лабораторного стенда для виконання роботи №5

Додаток Б

Графічні позначення елементів

Таблиця Б.1 – Графічні позначення елементів

Опис	Графічне позначення
Резистор постійний	
Резистор змінний	
Діод	
Котушка електромагнітного пристрою	
Сприймаюча частина електротеплового реле	
Контакт комутаційного пристрою що замикається	
Контакт ком. пр. що розмикається	
Контакт що замикається з витримкою часу при спрацюванні	
Вимикач кнопковий нажимний з контактом що замикається	
Вимикач кнопковий нажимний з контактом що розмикається	
Контакт контактного з'єднання розбірного з'єднання	

Продовження таблиці Б.1

Опис	Графічне позначення
Контакт кінцевого вимикача	
Контакт замикаючий вимикача триполюсного	
Контакт замикаючий вимикача триполюсного з автоматичним спрацюванням максимального струму	
Контакт електротеплового реле при рознесеному способі зображення	
Реле електротеплове без самоповернення, з поверненням натисненням кнопки	
Прилад електровимірювальний показувальний	
Статор електричної машини	
КЗ ротор електричної машини	
Двигун асинхронний з КЗ ротором	
Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дроселя	

Додаток В

Буквені позначення елементів

Таблиця В.1 – Буквені коди найбільш поширених елементів

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>A</i>	Пристрій (загальне позначення)		
<i>B</i>	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки; аналогові і багаторозрядні перетворювачі; сенсори для показу або вимірювання:	гучномовець	<i>BA</i>
		магнітострикційний елемент	<i>BB</i>
		детектор іонізуючих випромінювань	<i>BD</i>
		сельсин-приймач	<i>BE</i>
		сельсин-сенсор	<i>BC</i>
		тепловий сенсор	<i>BK</i>
		фотоелемент	<i>BL</i>
		мікрофон	<i>BM</i>
		сенсор тиску	<i>BP</i>
		п'єзоелемент	<i>BQ</i>
		звукознімач	<i>BS</i>
		сенсор швидкості	<i>BV</i>
<i>C</i>	Конденсатори		
<i>D</i>	Схеми інтегральні:	схема інтегральна аналогова	<i>DA</i>
		схема інтегральна, цифрова, логічний елемент	<i>DD</i>
		пристрій зберігання інформації	<i>DS</i>
		пристрій затримки	<i>DT</i>
<i>E</i>	Елементи різні:	нагрівальний елемент	<i>EK</i>
		лампа освітлювальна	<i>EL</i>
		піропатрон	<i>ET</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії	<i>FA</i>
		дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії	<i>FP</i>
		запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Пристрої індикаційні і сигнальні:	прилад звукової сигналізації	<i>HA</i>
		індикатор символний	<i>HG</i>
		прилад світлової сигналізації	<i>HL</i>

Продовження таблиці В.1

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>K</i>	Реле, контактори, пускачі:	реле струмове	<i>KA</i>
		реле вказівне	<i>KN</i>
		реле електротеплове	<i>KK</i>
		контактор, магнітний пускач	<i>KM</i>
		реле часу	<i>KT</i>
		реле напруги	<i>KV</i>
<i>L</i>	Котушки індуктивності, дроселі, реактори	Дросель люмінесцентного освітлення	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигуни		
<i>P</i>	Прилади вимірювальні: <i>Примітка:</i> поєднання <i>PE</i> є недопустимим	амперметр	<i>PA</i>
		лічильник імпульсів	<i>PC</i>
		частотомір	<i>PF</i>
		лічильник активної енергії	<i>PI</i>
		лічильник реактивної енергії	<i>PK</i>
		омметр	<i>PR</i>
		реєструючий прилад	<i>PS</i>
		годинник, вимірювач часу, дії	<i>PT</i>
		вольтметр	<i>PV</i>
		ватметр	<i>PW</i>
<i>Q</i>	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах:	вимикач автоматичний	<i>QF</i>
		короткозамикач	<i>QK</i>
		роз'єднувач	<i>QS</i>
<i>R</i>	Резистори:	терморезистор	<i>RK</i>
		потенціометр	<i>RP</i>
		шунт вимірювальний	<i>RS</i>
		варистор	<i>RU</i>
<i>S</i>	Пристрої комунікаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних: <i>Примітка:</i> позначення <i>SF</i> використовують для апаратів, які не мають контактів в силових колах	вимикач або перемикач	<i>SA</i>
		вимикач кнопочний	<i>SB</i>
		вимикач автоматичний	<i>SF</i>
		вимикач, що спрацьовує від різних впливів:	
		рівня	<i>SL</i>
		тиску	<i>SP</i>
		положення (шляховий)	<i>SQ</i>
		частоти обертання	<i>SR</i>
		температури	<i>SK</i>

Продовження таблиці В.1

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>T</i>	Трансформатори, автотрансформатори:	трансформатор струму	<i>TA</i>
		електромагнітн. стабілізатор	<i>TS</i>
		трансформатор напруги	<i>TV</i>
<i>U</i>	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин в електричні:	модулятор	<i>UB</i>
		демодулятор	<i>UR</i>
		дискримінатор	<i>UI</i>
		перетворювач частоти, інвертор, генератор частоти, випрямляч	<i>UZ</i>
<i>V</i>	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	діод, стабілітрон	<i>VD</i>
		прилад електровакуумний	<i>VL</i>
		транзистор	<i>VT</i>
		тиристор	<i>VS</i>
<i>W</i>	Лінії і елементи СВЧ. Антени:	відгалужувач	<i>WE</i>
		короткозамикач	<i>WK</i>
		вентиль	<i>WS</i>
		трансформатор, фазообертач	<i>WT</i>
		атенюатор	<i>WU</i>
		антена	<i>WA</i>
<i>X</i>	З'єднання контактні:	струмознімач, контакт ковзний	<i>XA</i>
		штир	<i>XP</i>
		гніздо	<i>XS</i>
		з'єднання розбірне	<i>XT</i>
		з'єднувач високочастотний	<i>XW</i>
<i>Y</i>	Пристрої механічні з електромагнітними приводами:	електромагніт	<i>YA</i>
		гальмо з електромагнітним приводом	<i>YB</i>
		муфта з електромагнітним приводом	<i>YC</i>
		електромагнітний патрон або плита	<i>YH</i>
<i>Z</i>	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі:	обмежувач	<i>ZL</i>
		фільтр кварцовий	<i>ZQ</i>

Додаток Д

Паспортні дані

Таблиця Д.1 – Паспортні дані контактора змінного струму

Тип контактора	Ном. струм, А	Натиск на контакт, Н		Розхил контактів, мм	Зазор, який контролює провал контактів, мм
		початковий	кінцевий		
КТ 7023	160	14,7 ÷ 15,68	17,64 ÷ 21,56	7,5 ÷ 8,5	1,7 ÷ 2

Таблиця Д.2 – Паспортні дані електромагнітного реле часу

Тип	Номінальна напруга втягуючої котушки, В	Границі регулювання витримки часу, с			Споживана потужн. котушки, Вт
		при відключенні котушки	при закорочуванні котушки	час заряду*	
РЭ 515	220	2,5 ÷ 5	3 ÷ 3,5	близько 0,8	близько 16

*При напрузі не менше 0,5 U_н

Навчальне видання

Андрій Андрійович Видмиш
Євгеній Якович Блінкін
Сергій Миколайович Бабій

Монтаж та налагоджування електромеханічних пристроїв

Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено С. М. Бабієм

Редактор Т. О. Старічек

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ