

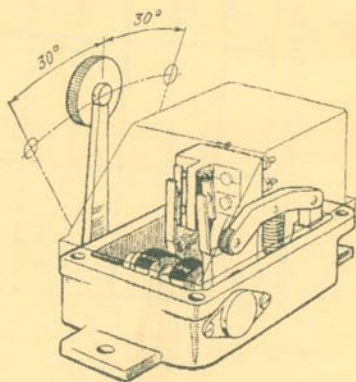
В 72

А.А. Видмиш, О.І. Трошин, В.В. Богачук

Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів

Частина I

Типові апарати та вузли схем
керування електроприводами



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А.А. Видмиш, О.І. Трошин, В.В. Богачук

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТИПОВИХ ВИРОБНИЧИХ МЕХАНІЗМІВ

Частина 1

**Типові апарати та вузли схем
керування електроприводами**

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як лабораторний практикум для студентів спеціальностей "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" і "Електротехнічні системи електроспоживання". Протокол № 8 від 31 березня 2005 р.

Вінниця ВНТУ 2005

Рецензенти:

О.В. Садовой, доктор технічних наук, професор

Б.С. Рогальський, доктор технічних наук, професор

В.М. Кутін, доктор технічних наук, професор

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

Видмиш А.А., Трошин О.І., Богачук В.В.

В 42 Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Частина 1. Типові апарати та вузли схем керування електроприводами. Лабораторний практикум. - Вінниця: ВНТУ, 2005.- 89с.

Лабораторний практикум призначений для організації виконання лабораторних робіт з дисциплін „Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів” та „Електричні апарати” і буде корисним студентам електротехнічних спеціальностей.

УДК 621.313(075.8)

Зміст

ВСТУП	4
1. <i>Лабораторна робота №1</i> Дослідження контактних апаратів і електромагнітних пристроїв для керування електроприводами постійного і змінного струмів	19
2. <i>Лабораторна робота №2</i> Дослідження контактних апаратів керування електроприводами в функції часу	29
3. <i>Лабораторна робота №3</i> Дослідження апаратів захисту електроприводів постійного та змінного струму від струмів короткого замикання	39
4. <i>Лабораторна робота №4</i> Дослідження апаратів захисту електричних приводів від перевантаження.....	54
5. <i>Лабораторна робота №5</i> Дослідження і налагодження типових схем нереверсивного керування асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором.....	65
6. <i>Лабораторна робота №6</i> Дослідження і налагодження типових схем керування пуском і реверсом асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором	71
7. <i>Лабораторна робота №7</i> Дослідження та налагодження схеми керування електричним гальмуванням (противмиканням)асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.....	79
8. <i>Лабораторна робота №8</i> Дослідження і налагодження типових схем керування електродинамічним гальмуванням асинхронних двигунів	84
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	88

Запропонований лабораторний практикум розроблений, у відповідності з програмою дисципліни “Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів” і призначений для виконання студентами лабораторних робіт.

Практикум містить опис лабораторних робіт, методику складання, налагодження, регулювання та дослідження окремих електричних апаратів і типових електроприводів, обробку результатів експерименту для конкретних виконавчих механізмів.

Особливістю лабораторного практикуму з дисципліни “Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів” є те, що студент виконує його, маючи вже певні навички роботи з електричними машинами, вимірювальними приладами, апаратурою керування і автоматики, які отримали при вивченні дисциплін “Електричні машини”, “Основи електропривода” та інших дисциплін. Тому при виконанні лабораторних робіт студент повинен вміти вирішувати практичні інженерні задачі, складати різні схеми електроприводів, регулювати і налагоджувати як машини і апарат окремо, так і весь електропривод.

Кожна робота розрахована на дві години занять в лабораторії і передбачає обов'язкову самостійну підготовку до неї. Успішне самостійне проведення потребує від студента систематичної роботи з різними джерелами інформації.

Організація і методика проведення лабораторних занять Правила внутрішнього розпорядку в навчальній лабораторії

На першому занятті в лабораторії “Автоматизованого електропривода типових виробничих механізмів” студенти детально вивчають на робочих місцях правила внутрішнього розпорядку та інструкції з техніки безпеки, які повинні строго виконувати протягом роботи в лабораторії.

Правила внутрішнього розпорядку в лабораторії складаються з таких основних вимог:

1. До роботи в лабораторії допускаються особи, які засвоїли правила техніки безпеки та пройшли інструктаж з відповідною відміткою про це у спеціальному журналі.

2. Лабораторні роботи виконують за розкладом навчальних занять. Відпрацювання пропущених лабораторних робіт здійснюється за графіком, узгодженим у деканаті.

3. Лабораторні роботи виконуються бригадами (2-4 чоловіки).

4. До роботи допускаються студенти, які виконали попередню лабораторну роботу. Перед початком занять викладач шляхом опитування визначає підготовку студента до поточної роботи. Непідготовлені студенти допускаються до виконання роботи лише після додаткової підготовки без-

посередньо в лабораторії.

5. Звіт про проведену лабораторну роботу складається один на бригаду і захищається перед черговим заняттям. Оцінка за захищену лабораторну роботу заноситься до журналу обліку виконаних лабораторних робіт. Звіт по захищеній роботі не повертається.

6. При підготовці до лабораторної роботи студент зобов'язаний ознайомитись з технічними даними електричних машин, приладів і способів їх ввімкнення, перевірити відповідність меж вимірювання приладів очікуваним значенням вимірюваних величин і зібрати електричну схему дослідної установки.

7. Самовільне, без перевірки викладачем, вмикання зібраної схеми в електричну мережу категорично забороняється.

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

9. При перемиканнях потрібно знеструмити схему. Вмикати змінену схему дозволяється тільки після перевірки її викладачем.

10. У випадку неполадок у схемі (перегорання запобіжників тощо) звертатися за допомогою до викладача.

11. У випадку виходу з ладу обладнання через недотримання даних правил складають акт і передають його керівництву університету через деканат.

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

13. Лабораторна робота вважається завершеною тільки тоді, коли виконані всі вимірювання, проведені необхідні розрахунково-експериментальні роботи і разом із протоколом випробувань схвалені викладачем, розібрана електрична схема, прилади і апарати приведені в належний стан і прибране робоче місце.

Інструкція з техніки безпеки в лабораторії “Автоматизованого електропривода типових виробничих механізмів”

Студенти, які виконують лабораторні роботи, пов'язані з використанням електроенергії, слід пам'ятати, що напруга 220 В, а особливо 380 В, небезпечна для людини.

Студенти, які працюють в лабораторії, повинні суворо дотримуватись вимог інструкції з техніки безпеки.

1. Починаючи роботу, впевнитись у тому, що на лабораторному стенді відсутня напруга, тобто рубильники, автомати, пакетні вимикачі, що живлять схему, вимкнені.

2. Складання, розбирання чи зміну схеми здійснювати тільки з дозволу викладача.

3. Забороняється вмикати зібрану чи змінену схему без попередньої перевірки її викладачем.

4. Забороняється торкатися струмопровідних частин схеми та металевих частин незаземлених електричних апаратів, якщо на панелі є напруга.

5. Всі операції виконувати тільки однією рукою. Слід уникати торкання якою-небудь частиною тіла металевих або вологих предметів. Небезпечно, наприклад, торкатись металевої огорожі електричних машин, водопровідних труб, труб центрального опалення, знаходитись на мокрій або цементній підлозі.

6. Перед вмиканням напруги впевнитись у тому, що всі регульовальні апарати знаходяться у вихідному положенні. Після вимкнення напруги необхідно повернути всі регульовальні апарати у вихідне положення.

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

8. Якщо при торканні до будь-якої частини обладнання відчувається напруга, необхідно припинити роботу, вимкнути живлення стенда і викликати викладача.

9. Якщо перед початком чи під час роботи буде виявлена несправність обладнання, слід припинити роботу, вимкнути напругу і повідомити викладача про неполадки. Усувати пошкодження власними силами забороняється.

10. При роботі з електричними колами змінного струму, що містять конденсатори, необхідно бути особливо обережними, оскільки можливе значне зростання напруги на окремих ділянках кола в порівнянні з напругою джерела струму, внаслідок можливої появи резонансу напруги.

11. Уникати торкання частин машини, що обертаються. Забороняється виконувати будь-які роботи на зворотній стороні панелі керування і заходити за огорожу електричних машин.

12. Забороняється починати виконувати чергову роботу без отримання допуску у викладача.

13. Забороняється залишати лабораторію без дозволу викладача.

14. Забороняється залишати без нагляду установки, які знаходяться в робочому стані.

15. Перед початком роботи слід розподілити між членами бригади обов'язки, визначити керівника бригади для забезпечення дотримання правил техніки безпеки.

16. Рекомендується зупиняти роботу обладнання, коли виникає необхідність обговорити подальший план роботи.

17. Забороняється переносити прилади з однієї установки на іншу, залишати на підлозі невикористані провідники, з'єднувати пошкоджені провідники для подальшого використання.

18. Всі роботи на головних розподільних щитах, з'єднання машин в

агрегати і їх роз'єднання виконується тільки обслуговуючим персоналом. Забороняється виконувати роботи на машинах без захисних кожухів.

19. Після опрацювання даної інструкції на першому лабораторному занятті всі студенти зобов'язані розписатись у лабораторному журналі з техніки безпеки.

20. Без вивчення інструкції і відмітки про це в журналі викладачем категорично забороняється допускати студента до виконання лабораторних робіт.

Вимоги до звіту з лабораторної роботи

1. Звіт повинен бути акуратно складений, на аркушах формату А4 з рамками. На титульному листі вказується: номер та назва роботи, дата проведення експерименту, шифр групи та номер бригади, а також прізвища та ініціали всіх членів бригади.

2. До складу звіту входять: мета роботи, програма досліджень, паспортні дані електричних машин, схеми лабораторних досліджень, результати досліджень та розрахунків, опорні формули для розрахунків, необхідні побудовані характеристики з відповідним їх аналізом та загальні висновки.

3. Принципові електричні схеми виконуються з дотриманням вимог ГОСТу.

4. Звіт з лабораторної роботи складається один на бригаду. Захист лабораторної роботи здійснюється в складі бригади. Якщо з якихось причин студент захищає лабораторну роботу самостійно, він має право представити копію звіту.

5. Звіт з лабораторної роботи повинен відповідати вимогам, що висуваються до звітів промислових і наукових досліджень електроустановок. Звіти, що не відповідають даним вимогам, неповні за обсягом чи неохайно оформлені до захисту не приймаються.

Деякі питання дослідження та налагодження апаратів

Поняття електропривода (крім перетворювача, електричного двигуна і передаточного пристрою) містить систему керування, невід'ємною складовою частиною якого є апарати керування. В сучасному електроприводі використовуються апарати керування різної складності — від простих рубильників і запобіжників до складних реле і розрахункових пристроїв.

Надійна робота електроприводів залежить не стільки від електроприводу, скільки від апаратури керування. Вибір апаратури залежить від призначення електропривода, ступеня його автоматизації і вимог щодо захисту установки і двигуна від ненормальних режимів і аварій. Тому при налагодженні електропривода велику увагу слід приділяти апаратурі керування. Налагодження електроприводів здійснюють при введенні їх в ек-

платуацію і у процесі експлуатації. При введенні в експлуатацію нових установок об'єм пусконаладжувальних робіт найбільший, оскільки обладнання на місце монтажу надходить в законсервованому вигляді, апаратура керування (особливо реле) має досить широкі межі регулювання уставок і значень величин спрацьовування, які потрібно привести у відповідність з конкретними вимогами до даної установки. Слід тут також врахувати, що можливі помилки в проектах, помилкова поставка обладнання, що не відповідає характеристикам електропривода поломки і несправності обладнання при транспортуванні, зберіганні і монтажу. Всі ці неполадки повинен виявити наладчик електрообладнання і здати в експлуатацію всю електроустановку в повній відповідності з проектом і діючими електротехнічними правилами і нормами.

Налагодження електроприводів є найбільш складною і відповідальною інженерною роботою, від її якості залежить надійність роботи електропривода .

Програма налагоджувальних робіт

Загальна характеристика налагоджувально-регулювальних робіт електроприводів

Налагодження електричних машин передбачає перевірку опору ізоляції обмоток електродвигунів та інших електричних апаратів, дослідження ізоляції підвищеною напругою промислової частоти, вимірювання опору обмоток постійного струму і зазору між ротором і статором, перевірку підшипників і їх маркування. Тільки після цього перевіряють роботу електропривода в режимі холостого ходу (Х.Х.) і під навантаженням.

В програму роботи щодо налагодження апаратури керування входять такі операції:

- зовнішній огляд станцій і пультів керування в цілому і кожного апарата окремо;
- перевірка ізоляції всіх окремих електричних кіл (котушок, контактів);
- вимірювання опорів котушок постійного струму чи перевірка цілісності обмоток;
- регулювання механічних вузлів і деталей апаратів (пружин, контактів, механізмів блокування тощо);
- регулювання апаратів під струмом чи напругою;
- перевірка і регулювання витримки часу та інших параметрів реле автоматики і захисту;
- перевірка і кінцеве регулювання елементів схеми електропривода в різних режимах роботи під навантаженням;

Окремі операції щодо налагодження і дослідження елементів електроприводів у роботі розглядаються більш детально.

Зовнішній огляд апаратів керування

При зовнішньому огляді апаратів керування перевіряють відповідність проекту типів апаратів і даних втягуючих котушок, стан головних і допоміжних контактів і їх пружин, опорних призм і підшипників, стан і комплекtnість магнітної системи, стан дугогасильних систем, гнучких і нерухомих з'єднань, наявність і стан кріпильних деталей (болтів, гайок, плоских і пружних шайб).

Особливо ретельно потрібно оглядати апарати, що були в експлуатації, для встановлення придатності їх до подальшої роботи.

Перевірка ізоляції апаратів керування

При налагодженні і випробуванні апаратури керування в цілому необхідно перевіряти ізоляцію окремих елементів і всіх кіл відносно один до одного. В першу чергу перевіряють ізоляцію головних кіл, потім кіл керування і при необхідності окремих апаратів. Можливість перевірки ізоляції кіл керування в цілому визначають аналізуючи схеми нормальних з'єднань кіл із корпусом чи з землею. При наявності таких з'єднань перевіряють ізоляцію котушок і контактів апаратів окремо, від'єднавши їх від схеми.

Опори ізоляції апаратів керування напругою до 500 В перевіряють мегомстром на напрузі 500 В і 1000 В. Опір ізоляції відносно землі, корпусу і інших кіл котушок контакторів, електромагнітних пускачів і автоматичних вимикачів повинен бути не меншим 0,5 МОм і його необхідно перевірити для всього кола керування з усіма приєднаннями. При низькому рівні ізоляції необхідно відшукати апарат із зниженою ізоляцією і провести заходи для підвищення опору ізоляції чи замінити цей апарат.

Окрім вимірювання опору ізоляції апаратів за ПУЕ вимагається також випробувати ізоляцію підвищеною напругою промислової частоти. Значення випробувальної напруги ізоляції апаратів, їх котушок і вторинних кіл з усіма приєднаними апаратами (котушками, провідниками, контакторами, реле, приладами, вторинними обмотками трансформаторів струму і напруги тощо) приймається рівною 1000В. Тривалість прикладеної випробувальної напруги 1 хв.

Вимірювання опору котушок апаратів постійного струму

Обмоточні дані котушок апаратів, цілісність обмоток і відповідність котушок розрахунковим даним перевіряють вимірюванням опору котушок постійного струму. При звичайних налагоджувальних роботах ці вимірювання достатньо проводити з точністю 2-4%. Для цього використовуються універсальні прилади з омметрами, омметри і вимірювальні мости. Із мостів, що використовуються при налагодженні електрообладнання, найчастіше використовують малогабаритні мости (зручні при перенесенні) типу

ММВ. Якщо немає омметрів і мостів, опори постійного струму можна виміряти методом вольтметра і амперметра. Для цього схему вимірювання необхідно вибрати так, щоб похибка була мінімальною.

При вимірюваннях опорів котушок потрібно враховувати їх температуру під час випробування. Значення опору котушок (особливо апаратів постійного струму) впливає на значення напруги спрацьовування. Для розрахунку опорів котушок із мідного проводу на іншу температуру використовують формулу:

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1} \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1}, \quad (1)$$

де R_{θ_1} - опір при вимірюванні, Ом;

θ_2 - температура, до якої приводять опір, °С;

θ_1 - температура при вимірюванні, °С.

При проведенні найпростіших налагоджувальних робіт, коли опір котушок постійного струму не має значення (котушки контакторів і реле змінного струму), достатньо перевірити цілісність котушки тестером чи омметром.

Регулювання механічних вузлів і деталей апаратів керування

В усіх електромагнітних пускачах і контакторах для реверсивного керування електродвигунами використовуються блокувальні механізми, що запобігають одночасному ввімкненню обох контакторів. Від якості регулювання механічної частини залежить надійність роботи апарата.

При регулюванні апаратів у першу чергу перевіряють вільний хід рухомої системи. Перекоси і інші невеликі несправності усувають простими слюсарно-монтажними операціями.

Особливу увагу звертають на пружини апаратів. В одних випадках вони служать для повернення рухомої системи у вихідне положення і при відмові в русі такої пружини не може відбутися вимкнення. В більшості реле пружини є органом порівняння. Регулюючи натиск чи розтяг такої пружини, можна змінювати уставки чи значення величини спрацьовування реле. Крім того, в усіх апаратах є контактні пружини, що призначені для натиску в контактах. В усіх випадках пружини в апаратах повинні бути цілими і не послабленими (відпуск пружини може відбутися внаслідок її перегріву). Зламані чи відпущені пружини замінюють новими, але з відповідними характеристиками.

Контакти повинні мати правильну форму, допустиму спрацьованість, що не перешкоджає подальшій експлуатації апарата. Контакти, що були в експлуатації, зачищають дрібним напилком і надають їм правильної форми. Зношені та згорівши контакти замінюють новими.

При механічному регулюванні контактів перевіряють їх розхили і провали, а в необхідних випадках — натискання на контакти. Недостатні натискання призводять до перегріву контактів і швидкого виходу з ладу. Значні натискання можуть викликати ненормальну роботу магнітної системи.

Блокувальні механізми в електромагнітних пускачах регулюють так, щоб з одного боку, кожен контактор вільно вмикався при подачі напруги на котушку, але з іншого боку, коли якор одного пускача притягнтий, другий (при ввімкненні його котушки) не зміг би замкнути свої головні контакти. Ці механізми регулюють за допомогою слюсарно-монтажних операцій заміною несправних або поламаних деталей.

Визначення розхилів, провалів і натисків контактів апаратів керування і контакторів

Розхилом контактів називається нормальна відстань (зазор) між рухомими і нерухомими контактами в вимкненому стані апарата. Провалом контакту називається додатковий хід H упору контактів після їх замикання (рис. 1). Провал контактів показує наскільки затиснута контактна пружина, і дозволяє непрямо судити про силу натискання контактів.

Розхили і провали контактів вимірюють універсальними (лінійками, штангенциркулями) або спеціальними вимірювальними інструментами чи шаблонами. Провал контактів визначають безпосередньо, тобто видаляють нерухомий контакт і вимірюють ступінь переміщення рухомого контакту чи вимірюють зазор (у ввімкненому положенні контактів) між рухомих контактом і його упором з наступним перерахунком (якщо потрібно) за креслярськими замірами.

Кінцевий натиск контакту перевіряють динамометром при повністю ввімкненому апараті за зусиллям, що прикладено в напрямку відтягування рухомого контакту в той момент, коли звільниться паперова стрічка, що затиснута між контактами. Паперова стрічка повинна перекривати всю поверхню дотику контактів.

Замість паперу використовують електричний індикатор замикання кола, наприклад послідовно з контактами вмикають електричну лампу або до контактів підключають омметр. Для безпечної роботи, живлення до лампи подають від джерела зниженої напруги (12 - 36В).

Важливо щоб при вимірюванні натиску контактів напрямок сили проходив через центр симетрії поверхні чи лінії дотику і був перпендикулярним до поверхні контактів у місці їх дотику. В цьому випадку результати вимірювання дають безпосередню силу натиску на контактах. Якщо вказані умови не виконані, для отримання натиску на контактах необхідно зробити перерахунок.

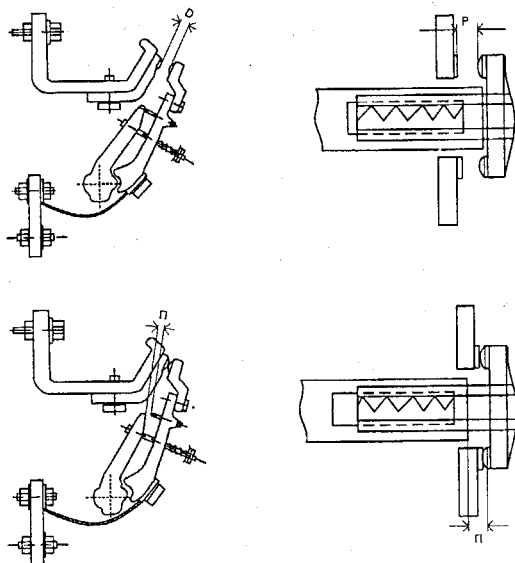


Рисунок 1- Визначення розхилів, провалів і натисків контактів керування і контакторів електричних апаратів

Якщо немає можливості виміряти натиски контактів запропонованим методом, можна його визначити за деформацією пружини, що виміряна штангенциркулем чи іншим інструментом, і за залежністю цієї деформації від сили натиску пружини, визначеної на пристрої поза апаратом (наприклад, на стрілочній вазі).

Початковий натиск контактів показує, з якою силою притискається рухомий контакт до свого упору в вимкненому стані апарата. Тому початковий натиск визначають, як було вказано, а паперову стрічку закладають не між контактами, а між контактом чи контактотримачем і його упором. Тільки після детального механічного регулювання контакту переходять до його електричного регулювання.

Регулювання апаратів під струмом чи напругою (електричне регулювання)

При електричному регулюванні в першу чергу визначають значення величин спрацьовування і відпускання апарата. Для струмових апаратів це буде струм спрацьовування і відпускання, для апаратів, що вмикаються на напругу (реле і контактори), напруга спрацьовування і відпускання. При контрольних випробуваннях апаратів постійного і змінного струмів проводять не менше трьох вимірювань.

Значення величин спрацьовування апарата визначають в його робочому положенні. Якщо пристрій призначений для роботи в різних положеннях, значення величин спрацьовування визначають в найбільш несприятливих (з точки зору спрацьовування) положеннях. При визначенні значень величин спрацьовування необхідно приймати до уваги температуру котушок пристроїв. Це особливо важливо для котушок напруги, оскільки напруга спрацьовування, апаратів постійного струму залежить від температури котушок (опір котушок залежить від температури).

Щоб охолодити апарат його потрібно витримати в приміщенні не менше 15 год. Для нагрівання апарата потрібно витримати його під номінальним струмом чи під напругою до усталеної температури.

Регулювання струмових апаратів

Струмові апарати (реле максимального струму, максимальні розчіплювачі тощо) вмикають у мережу послідовно з електроприймачами. Через них проходить або повний струм, або частина його, або струм пропорційний навантажувальному. При перевірці цих апаратів визначають струм їх спрацьовування, відпускання і проводять необхідні регулювання. Ці струми часто бувають великими. Щоб отримати їх, в установках постійного струму використовують джерела низької напруги (12-24 В) — низьковольтні генератори чи акумулятори. При низькій напрузі зменшуються величини регульовальних реостатів і споживана потужність.

В установках змінного струму для регулювання струму через апарати прямо з мережі необхідні реостати великих розмірів, і при цьому з мережі споживається значна потужність, що неекономічно. Найбільш зручно проводити випробування за схемою, що показана на рис.2. Випробуваний апарат через амперметр чи трансформатор струму підключають до вторинної обмотки трансформатора з напругою 6-12-24 В. Таким чином, цей трансформатор буде працювати в режимі короткого замикання. Первинну обмотку знижувального трансформатора (напругою зазвичай 220В) приєднують до вихідних зажимів регульовального автотрансформатора. Вхідні зажими останнього підключають до мережі. Змінюючи напругу на первинній обмотці регулюють струм у вторинній обмотці. Для такого способу отримання навантажувального струму, споживана потужність і розміри апаратів мінімальні.

Якщо потрібно встановити для апарата фактичний граничний (максимальний чи мінімальний) струм спрацьовування, його плавно змінюють із швидкістю, що допускає правильний відлік показань вимірювального приладу.

Якщо потрібно перевірити спрацьовування апарата при певному заданому струмі, попередньо котушку апарата шунтують вимикачем (рис. 2.6.), встановлюють в колі потрібний струм, потім вмикають вимикач і перевіряють спрацьовування 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.

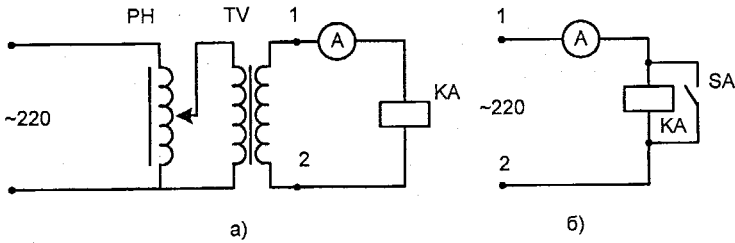


Рисунок 2 - Схеми включень струмових апаратів

Регулювання апаратів з котушками напруги

До апаратів з котушками напруги відносяться реле напруги, реле часу, контактори і електромагнітні пускачі.

При випробуваннях апаратів напруги спосіб регулювання підведеної напруги визначається необхідними межами регулювання і споживання потужності.

Для змінного і постійного струму в деяких випадках реостат можна вмикати послідовно з котушкою. Для отримання необхідного діапазону регулювання реостат повинен мати опір того ж порядку, що і досліджувана котушка. Але для такої схеми ввімкнення неможливо знизити напругу на котушці апарату до нуля.

При випробуванні котушок напруги реостат вмикають за схемою подільника напруги (рис.3,в). При цьому напруга на випробувальному апараті регулюється від нуля до мережевої, опір реостата мало зв'язаний з опором котушки.

При виборі реостата для подільника напруги необхідно пам'ятати, що добуток його опору на допустимий струм повинен бути не меншим напруги живлення, окрім того, струм відгалуження повинен бути в 2-3 рази менший допустимого для реостата, інакше останній буде нерівномірно нагріватися.

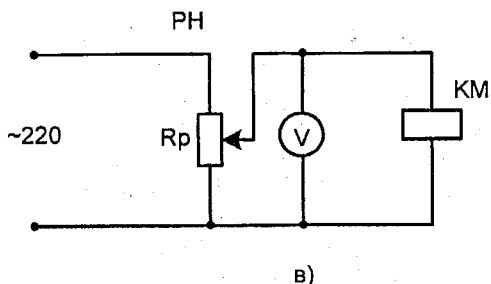
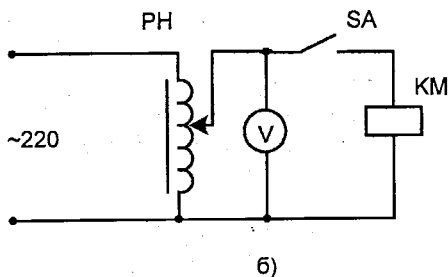
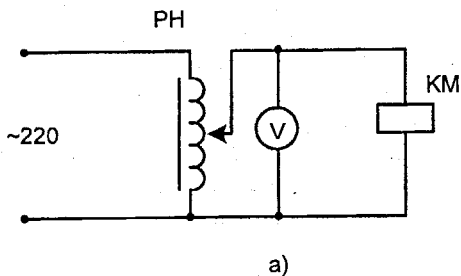


Рисунок 3 - Схеми включень апаратів напруги

Такий спосіб живлення котушок використовується на постійному струмі і при живленні малопотужних котушок змінного струму. При живленні цим способом котушок потужних контакторів, регулювання напруги нерівномірне, а напруга спрацьовування відрізняється від дійсної. Це пояснюється тим, що в таких апаратах опір котушок залежить від зазору в магнітному колі.

Якщо якір відпущений, то цей опір в 10-15 разів менший опору при притягнутому якорі. Коли такий апарат вмикають через подільник, то початковий пусковий струм обмежується частиною реостата, що і призводить до зміни напруги спрацьовування апарата.

У таких випадках краще скористатися регульовальним автотрансформатором, вмикаючи котушку безпосередньо на вихідну напругу (рис.3.а.). Тільки тоді необхідно зіставити струм котушки випробуваного апарата з допустимим струмом для регулювання автотрансформатора.

Якщо необхідно встановити для апарата граничну (мінімальну і максимальну) напругу спрацьовування, її плавно змінюють із швидкістю, що дозволяє вести правильний відлік показань вимірювального приладу. Якщо необхідно перевірити спрацьовування апарата при певній заданій напрузі, попередньо регулятором встановлюють цю напругу (контролюючи її вольтметром) і за допомогою вимикача чи кнопки (рис.3.б.) вмикають на неї котушку випробувального апарата (подача напруги скачком). Це відноситься до апаратів, які в робочій схемі вмикаються кнопками, ключами тощо (наприклад, котушки електромагнітних пускачів і контакторів).

При визначенні напруги спрацьовування і відпускання апаратів необхідно враховувати, що нормовані їх значення визначено для апарата в гарячому стані (при робочій температурі). Налаштування і випробування частіше всього проводять при холодних котушках.

При випробуванні апаратів змінного струму, зміна оммічного опору котушок практично не впливає на напругу спрацьовування. У цих апаратах напруга спрацьовування залежить від індуктивного опору котушок.

В апаратах постійного струму напруга спрацьовування суттєво залежить від температури котушки (збільшується з підвищенням температури). Тому при вимірюванні на холодному апараті, напруга спрацьовування встановлюється розрахунком, для чого попередньо в холодному стані (при відомій температурі) вимірюють оммічні опори котушок апаратів.

Розраховуючи напругу спрацьовування при холодних котушках, виходять із їх робочої усталеної температури. Якщо ця температура невідома, за вихідне значення приймають допустиме перевищення температури котушок +65 °С (при температурі навколишнього повітря не більше +40 °С і при вимірюванні температури котушок методом опору). Ці температури відносяться до котушок із ізоляцією класу А, для інших класів ізоляції перевищення температури беруть за ГОСТом 403-79. Перевищення температури котушки із мідного проводу методом опору визначають за формулою:

$$\tau = \frac{r_T - r_X}{r_X} \cdot (235 + \theta_X) + \theta_X - \theta_0, \quad (2)$$

де r_T, r_X - відповідно опори обмотки в нагрітому і холодному стані, Ом;

θ_X - температура обмотки практично в холодному стані, °С

θ_0 - температура навколишнього середовища, °С

Напруга спрацьовування апаратів у холодному стані $U_{сп.х}$ при температурі θ_X знаходять за формулою:

$$U_{сп.х} = U_{сп.г} \frac{235 + \theta_x}{235 + \theta_r}, \quad (3)$$

де $U_{сп.х}$ - напруга спрацьовування при робочій температурі θ_r (зазвичай вона нормується).

Визначення часу спрацьовування і витримок часу апаратів управління

При налагодженні і випробуванні апаратури керування часто необхідно визначати як власний час спрацьовування і відпускання апаратів, так і витримки часу, що реалізують реле.

У цьому випадку час вимірюють простим секундоміром, електросекундоміром чи осцилографом у залежності від потрібної точності вимірювання.

Простим секундоміром користуються, коли витримки часу складають 3-4 с. При витримці від 0,1 до 10с і необхідною точністю відліку в 0,01с користуються електросекундомірами, при визначенні часу спрацьовування апаратів ($t_{сп} < 0,1$ с) — осцилографом.

В практиці налагодження апаратів найчастіше використовують електросекундоміри ПВ-52, ПВ-53. Електросекундомір є пристроєм вібраційної системи (працює тільки на змінному струмі) фактично відраховуючи за шкалою число періодів струму живлення. Шкала приладу в секундах стоється частоти струму 50 Гц.

Схема електросекундоміра і можливі схеми його під'єднання до різних апаратів показані на рис. 5. Пристрій має котушку, розраховану на напругу 36 В (затискачі позначені К і *).

В мережу з напругою 110 і 220 В котушку вмикають через вмонтовані додаткові резистори (затискачі 110 і 220 В). Керувати електросекундоміром можна двома способами. В одному випадку він вмикається і вимикається контактом, що з'єднаний послідовно з котушкою, в іншому випадку він керується контактом, що ввімкнений паралельно котушці (затискачі К і *).

Всі позначення на принципових схемах подані скорочено російською мовою (наприклад, реле часу – РВ, керівний контакт – УК і т.д.).

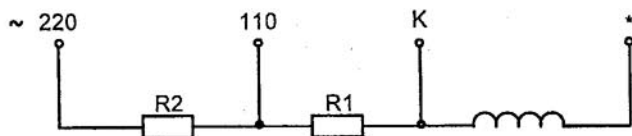


Рисунок 5 - Схема електросекундоміра

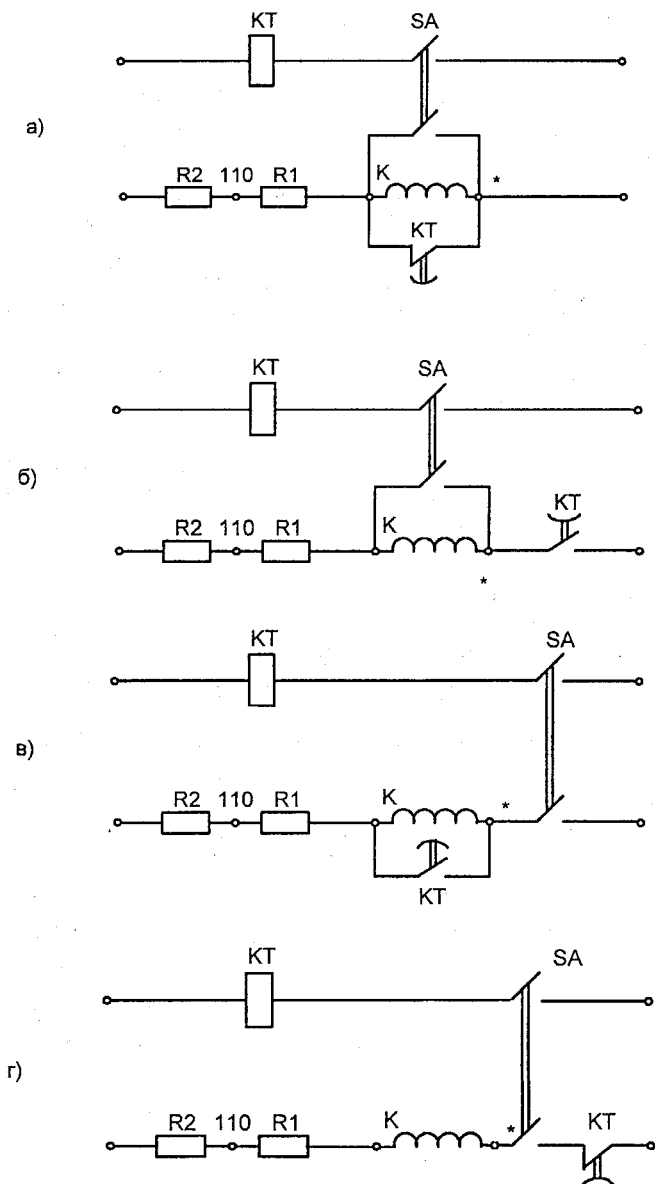


Рисунок 6 - Можливі схеми ввімкнення електросекундоміра

1 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ АПАРАТІВ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПОСТІЙНОГО І ЗМІННОГО СТРУМІВ

Мета роботи: вивчити конструкцію, принцип дії і електричні схеми включення контактних апаратів, що застосовуються для керування електричними приводами; основні характеристики і параметри контактних апаратів, методику вибору комутаційних апаратів, методику випробування і регулювання при налагоджуванні схем керування електроприводами.

1.1 Основні теоретичні відомості

Найбільш розповсюджені електричні апарати загальнопромислового застосування можна умовно розділити на такі групи:

апарати ручного керування; резистори; електромагнітні контактори і пускачі; реле керування і захисту; датчики електричних і неелектричних величин; командні апарати; блокові системи регуляторів.

Апарати ручного керування. До апаратів ручного керування відносяться рубильники, пакетні вимикачі, контролери. Ці апарати своїми контактами здійснюють перемикання в силових колах і приводяться в дію від руки (безпосередньо чи через механічну передачу).

У схемах автоматичного керування електроприводами рубильники використовуються головним чином для зняття напруги зі схеми при оглядах, ремонтних роботах чи при зупинці установки на тривалий час.

Пакетні вимикачі (перемикачі) — більш удосконалені комутаційні апарати, основна перевага яких — малі габаритні розміри.

Пакетний вимикач складається з комплекту нерухомих ізоляційних кілець (пакетів), розміщених один над одним. Число пакетів відповідає числу кіл, що комутуються. У середині кожного пакета знаходиться контактна система. При повороті рукоятки вимикача контакти замикаються чи розмикаються.

Для полегшення гасіння дуги до кожного рухомого контакту прикріплені щітки з фібри. Вимикач оснащений пристроєм фіксації рукоятки і пружинним механізмом для швидкого розриву електричного кола незалежно від швидкості повороту рукоятки. Застосовуються пакетні вимикачі в основному як вхідні вимикачі, а також для нечастих увімкнень двигунів невеликої потужності.

Кулачковий контролер — це багатопозиційний апарат, що призначений для зміни схеми з'єднань головних кіл двигунів постійного і змінного струму напругою до 500 В, а також для зміни опорів, увімкнених у ці кола.

Резистори. У схемах електроприводів резистори застосовуються як пускорегулюючі, гальмівні і додаткові опори. Вони також входять до складу інших апаратів, наприклад, реостатів. У силових колах резистори перемикаються за допомогою ручних чи автоматичних комутаційних пристроїв (контролерів чи контакторів). Резистори характеризуються двома основними параметрами: опором (Ом) і потужністю розсіювання, (Вт). Оскільки потужність розсіювання залежить від допустимої робочої температури і площі поверхні, що віддає тепло, найменші розміри резисторів отримують при застосуванні в якості струмопровідних матеріалів сплавів високого питомого опору (фехраль, константан і ін.). У цих сплавах питомий опір мало залежить від змін температури. У металевих резисторних елементах активні матеріали застосовуються у вигляді дроту чи стрічки.

Електромагнітні контактори. Контактор — це електромагнітний апарат, призначений для частих дистанційних вмикань і вимикань силового електричного кола в нормальному режимі роботи.

Контактори розрізняються: за родом струму — постійного і змінного струму; за числом головних контактів — одно-, дво- і багатополосні; за конструкцією електромагніта — з якорем клапанного типу і з прямоходовим якорем; за способом гасіння дуги — з магнітним гасінням і з дугогасильною решіткою.

Будова і принцип дії однополюсного контактора постійного струму з якорем клапанного типу зображені на рис.1.1. Контактор зображений у стані, коли він відключає силове коло, де протікає струм. На нерухомому осерді 1 магнітної системи контактора встановлена втягуюча котушка 2. З рухомою частиною магнітної системи — якорем 5 зв'язаний важіль, що несе на своєму кінці рухомий головний контакт 8, що приєднується до кола струму за допомогою гнучкого провідника 6. При подачі напруги на котушку 2 (замиканні контакту ключа В) яркір притягується до сердечника і контакт 8 замикається з нерухомим головним контактом 12. При цьому в процесі замикання контактів відбувається притирання їх контактних поверхонь, що зменшує перехідний опір контактів. Необхідне натискання головних контактів у їх робочому положенні забезпечується пружиною 7. З якорем зв'язані також допоміжні чи блокувальні контакти місткового типу — блок-контакти (замикаючі 3а і розмикаючі 3б), що призначені для роботи в колах керування (колах котушок апаратів керування) і розраховані на невеликі струми. Блок-контакти 3а замикаються і 3б розмикаються одночасно з замиканням головних контактів. Контактор вимикається зняттям напруги з котушки 2 (контакт ключа В розмикається). При цьому рухома система контактора під дією сили ваги і поворотної пружини 4 повертається у вихідне положення. Дуга, що виникає при роз'єднанні головних контактів швидко гаситься за допомогою системи магнітного дуття в щільній дугогасильній камері 9, яка виготовлена з жаростійкого ізоляційного матеріалу.

Система магнітного дуття складається з послідовної котушки 15, розміщеної на сталевому осердді 14, із двома сталевими пластинами — полюсами 13, що охоплюють дугогасильну камеру. Струм навантаження, що протікає котушкою 15, створює магнітний потік Φ_k (рис.1.1) у зоні горіння дуги. Взаємодія цього потоку зі струмом дуги приводить до появи сил F , що заганяють дугу в щілину камери 9. Дуга розтягується, інтенсивно охолоджується і гасне. Для полегшення гасіння дуги можуть застосовуватися камери з ізоляційними перегородками 10, що сприяють збільшенню довжини дуги і її опорів. У дугогасильних камерах деяких типів контакторів встановлюються також дугогасильні решітки з коротких металевих пластин 11.

Контактори постійного струму виготовляються з одним чи двома полюсами на номінальні струми головних контактів від 40 до 2500 А. Головні контакти здатні вимикати струми перевантаження до 7-10-кратних від номінального струму. Котушки контакторів постійного струму мають велику кількість витків і мають значну індуктивність, що ускладнює розмикання кіл цих котушок. Місткові блок-контакти допускають протікання тривалого струму до 20А. Вони можуть вимикати струми до 20А при напрузі до 500В в колах котушок апаратів змінного струму, а в колах котушок постійного струму - до 2,5А при напрузі 110В, 2А при напрузі 220В і 0,5 А при напрузі 440В.

На рис.1.1в,г зображені умовні графічні позначення елементів контактора постійного і змінного струмів: котушки, силові контакти і допоміжні (блок-контакти).

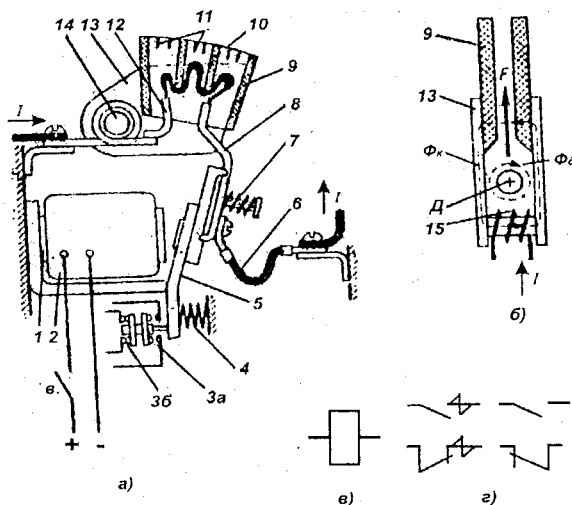


Рисунок 1.1 – Однополюсний контактор постійного струму

Будова триполюсного контактора змінного струму показана на рис.1.2а. Магнітна система цього контактора набирається з листової сталі і складається з нерухомого осердя 2, котушки 1 і якоря 13, який закріплений на валу 9. При вмиканні котушки 1 у мережу змінного струму якорь притягується до осердя, валик 9, на ізолюваній частині якого встановлені нерухомі головні контакти 11, повертається і рухомі контакти з'єднуються з нерухомими контактами 3. Підведення струму до рухомих контактів здійснюється гнучкими провідниками 10. Необхідне натискання контактів забезпечується пружинами 12. При повороті валика 9 із траверсою 8 одночасно з головними контактами вмикаються замикаючі блок-контакти 6 і вмикаються розмикаючі блок-контакти 7.

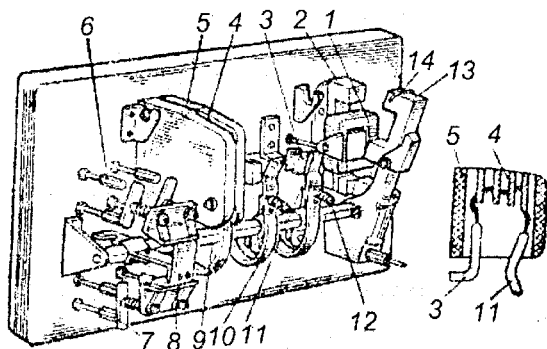


Рисунок 1.2 – Триполюсний контактор змінного струму

При вимкненні котушки 1 валик 9 під дією ваги рухомої системи контактора повертається в зворотному напрямку, в результаті чого контактори повертаються в нормальний стан. Гасіння дуги на головних розмикаючих контактах відбувається в дугогасильній камері 5 (на мал.1.2а камери з двох полюсів зняті). У контакторах змінного струму часто застосовуються дугогасильні камери без магнітного дуття. Така камера забезпечується дугогасильною решіткою, що складається з ряду металевих пластин 4, закріплених в ізоляційних стінках камери 5 (рис.1.2б). Дуга, що виникає при роз'єднанні контактів 3 і 11 під дією електродинамічних сил переходить на пластини 4, ділиться на частини і внаслідок інтенсивного охолодження й ефективної деіонізації дугового проміжку в моменти, коли струм проходить через нульове значення, швидко гасне.

Котушка контактора змінного струму при вмиканні споживає початковий струм, що у 8-15 раз перевищує робочий струм при втягнутому якорі. Це зумовлено значною залежністю індуктивного опору котушки від повітряного зазору в магнітній системі контактора.

Для вимкненого контактора зазор великий, тому індуктивний опір малий і повний опір котушки визначається в основному її активним опором. Коли контактор увімкнений, зазор близький до нуля, індуктивний опір стає значно більшим від активного опору, тому повний опір котушки відповідно зростає. Для зменшення гудіння і вібрації контактора змінного струму застосовується мідний короткозамкнений виток 14.

Котушка контактора змінного струму може жититися постійним струмом. У цьому випадку для обмеження струму в коло котушки вмикається додатковий активний опір.

Контактори змінного струму виготовляють на номінальні струми головних контактів від 20 до 600 А, з числом полюсів від одного до п'яти. Навантажувальна і вимикальна здатність блок-контактів цих контакторів така ж, як і у контакторів постійного струму. Усі контактори постійного і змінного струмів повинні чітко вмикатись і надійно працювати при коливаннях напруги мережі від 85 до 105% від номінального.

Магнітні пускачі. Магнітні пускачі складаються з одного або двох контакторів і теплових реле, змонтованих на загальній панелі. Магнітний пускач з одним контактом називається неререверсивним. Вони здійснюють пуск, вимкнення та захист електродвигунів від самовільних вимкнень при появі напруги після зникнення її та захист від теплових перевантажень. Пускач з двома контакторами називається реверсивним і, крім перерахованих функцій, виконує керування реверсом. Пускачі призначені для дистанційного або автоматичного керування двигунами напругою до 500В. Сучасні магнітні пускачі — це те ж саме, що і контактори, лише з тією різницею, що вони комплектуються тепловим реле для захисту двигуна від перенавантажень. Але наявність теплових реле обмежує частоту їх увімкнень, і тому вони не можуть застосовуватись для частих комутацій.

На сьогодні є десятки типів магнітних пускачів: ПМЕ, МПКО, НА311, П6, П61, МПТО, ПП-100, ПМ-701, і багато інших. Виконуються вони як реверсивними, так і неререверсивними, змінного і постійного струму, і різних виконань: закриті в кожухах, вибухобезпечні та інші, а також в тропічному виконанні.

В лабораторії „Автоматизованого електропривода типових виробничих механізмів” найчастіше використовуються пускачі серії ПМЕ-200. Вони можуть бути з одним замикаючим контактом, з двома замикаючими і розмикаючими контактами. Пускачі з вмонтованими контактами керування, реверсивні і т.д.

1.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

На лабораторному стенді є автотрансформатор (ЛІАТР) для регулювання напруги 0...250 В, випрямляч, електросекундомір, щитові електровимірювальні прилади. Прилади для вимірювання опору ізоляції й опору котушок, щупи та динамометр одержати в лаборанта.

Усі досліджувані апарати встановлені на панелі лабораторного щита для вільного огляду і регулювання. Для зручності під'єднання апаратів їх контакти і затискачі котушок виведені на ізольовані клеми, розташовані на панелі під кожним апаратом, і позначені умовними графічними позначеннями. Для кожного пункту програми, що потребує вимірювання, необхідно зібрати схему з наявного устаткування і приладів для проведення досліду і узгодити її з викладачем, що веде заняття, і потім приступити до проведення досліду.

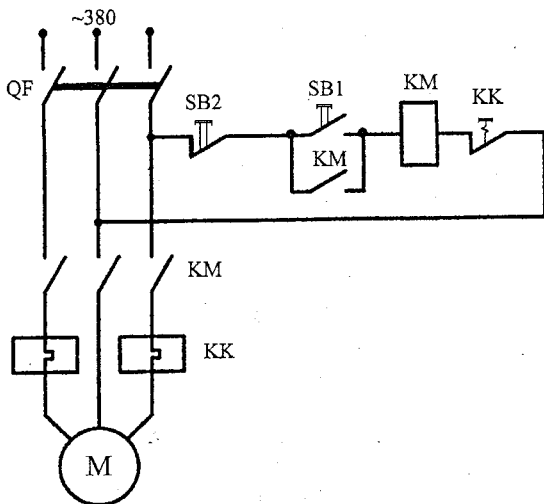


Рисунок 1.4 – Схема керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного пускача

При визначенні напруги спрацьовування контакторів змінного струму напруга на котушці подається відразу з заздалегідь встановленим значенням. При визначенні напруги відпускання контактора змінного струму його котушку вмикають через замикаючу кнопку, а паралельно кнопці вмикають замикаючий контакт контактора.

При вимірюванні струму котушки для замкнутої магнітної системи в момент вмикання котушки амперметр (міліамперметр) шунтують вимикачем, інакше прилад може бути ушкоджений великим початковим струмом котушки при розімкнутій магнітній системі.

Для вимірювання струму розімкнутої магнітної системи амперметр вибирають з межею вимірювання у 10-15 разів більшою ніж у попередньому досліді. Щоб провести цей дослід і правильно зробити відлік, рухому систему контактора необхідно заклинити в початковому положенні. Обидва досліди проводять для номінальної напруги на котушці.

Ізоляцію апаратури керування перевіряють і вимірюють опори ко-
тушок постійному струму у відповідності з методикою, викладеною в да-
ному навчальному посібнику.

1.3 Програма роботи

Контактор змінного струму

1. Ознайомитися з призначенням, конструкцією і вибором контак-
торів змінного струму. Вказати основні серії контакторів змінного струму і
їх особливості.

2. Ознайомитися з основними параметрами контактора змінного
струму і пояснити їх вплив на роботу контактора.

3. Визначити основні механічні параметри контактора змінного
струму (розхили і провали головних і допоміжних контактів, початкове і
кінцеве натискання головних контактів) і пояснити їх вплив на роботу кон-
тактора.

4. Визначити опір ізоляції контактора та цілісність його обмотки.

5. Визначити напругу спрацьовування $U_{СП}$ котушки контактора і
напругу відпускання котушки контактора $U_{ВДП}$, у відношенні до номіна-
льного. Обчислити коефіцієнт повернення контактора $K_{П} = \frac{U_{ВДП}}{U_{СП}}$.

6. Визначити струм ($I_{З.М.С.}$), що споживається котушкою контактора
для замкнутої магнітної системи, і струм ($I_{Р.М.С.}$) для розімкнутої магнітної
системи контактора.

7. Накреслити схему випробування котушки контактора.

Таблиця 1.1 – Дані дослідження контактора змінного струму

Тип _____	$I_{НОМ}$ _____	А	$U_{НОМ}$ _____	В
Кількість головних контактів _____		тип контактів _____		
Кількість допоміжних H_p контактів _____		H_3 контактів _____		
Тип електромагнітної системи _____				
Тип дугогасильної системи _____				
Величина розхилу головних контактів _____				мм
Величина провалу головних контактів _____				мм
Величина розхилу допоміжних контактів _____				мм
Величина провалу допоміжних контактів _____				мм
Величина кінцевого натиску на пружини головних контактів _____				мм
Електричні випробування:				
а) перевірка стану ізоляції котушки _____				МОм
б) перевірка стану ізоляції головних контактів _____				МОм

Продовження таблиці 1.1

Основні електричні параметри:	
а) напруга спрацьовування контактора	$U_{СПР}$ _____ В
б) напруга відпускання контактора	$U_{ВІДП}$ _____ В
в) коефіцієнт повернення $K_{П} = U_{ВІДП} / U_{СПР}$	$K_{П}$ _____
г) струм втягуючої котушки для замкнутої і розімкнутої магнітної системи $I_{Р.М.С.} / I_{З.М.С.}$	$I_{Р.М.С.}$ _____ А $I_{З.М.С.}$ _____ А
д) споживана потужність котушки для розімкнутої і замкнутої магнітної системи: $S_{КОТ.Р.}$ _____ ВА $S_{КОТ.З.}$ _____ ВА	

Контактор постійного струму

8. Ознайомитись з призначенням, пристроєм і вибором контакторів постійного струму. Вказати основні серії контакторів постійного струму і їхні особливості. Відзначити відмінності контакторів постійного струму в порівнянні з контакторами змінного струму.

9. Визначити опір втягуючої котушки контактора постійного струму в холодному стані.

10. Накреслити схему випробування котушки контактора.

Таблиця 1.2 – Дані дослідів контактора постійного струму

Тип _____	$I_{НОМ}$ _____ А	$U_{НОМ}$ _____ В
Кількість головних контактів _____	тип контактів _____	
Кількість допоміжних $H_Р$ контактів _____	$H_З$ контактів _____	
Тип електромагнітної системи _____		
Тип дугогасильної системи _____		
Величина розхилу головних контактів _____	мм	
Величина провалу головних контактів _____	мм	
Величина розхилу допоміжних контактів _____	мм	
Величина кінцевого натиску на пружини головних контактів _____	мм	
Величина провалу допоміжних контактів _____	мм	
Електричні випробування:		
а) перевірка стану ізоляції котушки _____	МОм	
б) перевірка стану ізоляції головних контактів _____	МОм	
Основні електричні параметри:		
а) напруга спрацьовування контактора	$U_{СПР}$ _____ В	
б) напруга відпускання контактора	$U_{ВІДП}$ _____ В	
в) коефіцієнт повернення $K_{П} = U_{ВІДП} / U_{СПР}$	$K_{П}$ _____	
г) струм втягуючої котушки для замкнутої і розімкнутої магнітної системи $I_{Р.М.С.} / I_{З.М.С.}$	$I_{Р.М.С.}$ _____ А $I_{З.М.С.}$ _____ А	

Продовження таблиці 1.2

д) споживана потужність котушки для розімкнутої і замкнутої магнітної системи: $S_{\text{кот.р.}}$ _____ ВА $S_{\text{кот.з.}}$ _____ ВА

Електромагнітні пускачі серії ПМЕ

11. Ознайомитися з будовою контакторів, змонтованих на лабораторних стендах. З'ясувати вид електромагнітної системи в контакторах, систему дугогасіння, систему головних та допоміжних контактів (а також розхили, опір ізоляції котушки та головних контактів, чіткість роботи контактора і відсутність гудіння магнітної системи).

12. Дані дослідів занести до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Дані дослідів електромагнітного пускача

Тип _____	$I_{\text{ном}}$ _____ А	$U_{\text{ном}}$ _____ В
Кількість головних контактів _____	тип контактів _____	
Кількість допоміжних Н _р контактів _____	Н _з контактів _____	
Тип електромагнітної системи _____		
Тип дугогасильної системи _____		
Величина розхилу головних контактів _____	мм	
Величина провалу головних контактів _____	мм	
Величина розхилу допоміжних контактів _____	мм	
Величина провалу допоміжних контактів _____	мм	
Величина кінцевого натиску на пружини головних контактів _____ мм		
Електричні випробування:		
а) перевірка стану ізоляції котушки _____	МОм	
б) перевірка стану ізоляції головних контактів _____	МОм	
Основні електричні параметри:		
а) напруга спрацьовування контактора _____	$U_{\text{спр}}$ _____ В	
б) напруга відпускання контактора _____	$U_{\text{відп}}$ _____ В	
в) коефіцієнт повернення $K_{\text{п}} = U_{\text{відп}} / U_{\text{спр}}$ _____	$K_{\text{п}}$ _____	
г) струм втягуючої котушки для замкнутої і розімкнутої магнітної системи $I_{\text{р.м.с.}} / I_{\text{з.м.с.}}$ _____	$I_{\text{р.м.с.}}$ _____ А $I_{\text{з.м.с.}}$ _____ А	
д) споживана потужність котушки для розімкнутої і замкнутої магнітної системи: $S_{\text{кот.р.}}$ _____ ВА $S_{\text{кот.з.}}$ _____ ВА		

1.4 Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.
4. За пунктами програми, що не потребують вимірювання, коротко охарактеризувати досліджуваний апарат (призначення, принцип роботи, основні параметри, умови вибору даного апарата).
5. За пунктами програми, що потребують вимірювань, показати: назву проведеного дослідження і досліджуваного апарата; схему для проведення дослідження; паспортні дані використаних у схемі приладів і апаратів; порядок проведення дослідження; результати дослідження.
6. За результатами досліджень зробити висновки.

1.5 Питання для самоконтролю

1. Електромагнітні контактори. Принцип дії та будова.
2. Основні системи контакторів. Принцип їх дії.
3. Загальні вимоги до контакторів.
4. Електромагнітна система контакторів постійного і змінного струмів.
5. Дугогасильна система контакторів постійного і змінного струмів.
6. Головні і допоміжні контакти контакторів.
7. Контакт з фіксатором.
8. Основні механічні параметри контакторів.
9. Основні електричні параметри контакторів.
10. Способи визначення електричних параметрів і регулювання.
11. Основні причини вібрації механічної системи і способи їх усунення.
12. Особливості вимірювання електричних параметрів контакторів змінного струму.
13. Будова та принцип дії магнітного пускача ПМЕ-211.
14. Електричні випробування контакторів постійного та змінного струмів.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ АПАРАТІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ В ФУНКЦІЇ ЧАСУ

Мета роботи: вивчити будову, принцип дії і електричні схеми вмикання контактних апаратів, що застосовуються для керування електричними приводами, методику випробування і регулювання витримок часу в реле різних типів.

2.1 Основні теоретичні відомості

Реле часу відносяться до апаратів керування електроприводами і створюють заданий інтервал часу між моментом одержання або зникнення електромагнітного імпульсу на реле і моментом зміни стану його контактів.

Реле — це малопотужний апарат, що реагує на зміну електричної чи неелектричної величини і подає сигнали своїми контактами у схему керування. Оскільки контакти реле комутують кола з невеликими струмами (не перевищують 5-10 А), конструкція контактів проста, а дугогасильні пристрої зазвичай не застосовуються. Електромагнітні реле використовуються в складних схемах автоматичного керування, коли виникає необхідність "розмноження" контактів якого-небудь апарата для введення різних блокувань і підсилення малопотужних сигналів. Такі реле в схемах отримали назву проміжних.

Електромагнітне реле часу. Найчастіше в електроприводах застосовують електромагнітні реле типів РЭ-100, РЭ-180, РЭ-500, РЭ-515 (рис. 2.1а). Витримка часу (зазвичай до 5 с) створюється при відпусканні якоря б реле (рис.2.1а) після розмикання керуючого контакту УК1 і зняття напруги з котушки І (на рис.2.1 реле зображено у відкненому стані: контакт 8 замкнутий, контакт 9 розімкнутий).

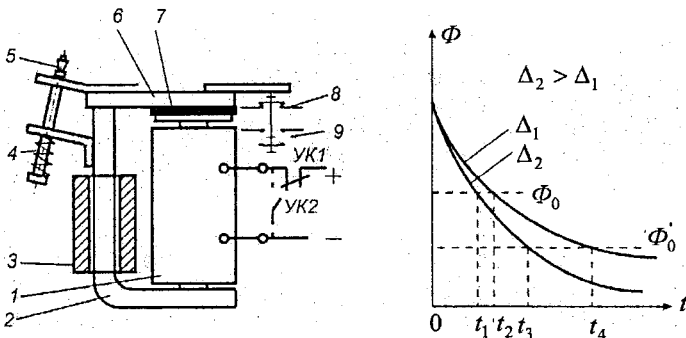


Рисунок 2.1 - Електромагнітне реле часу

Уповільнення при відпусканні якоря отримується завдяки наявності на магнітопроводі 2 — демпфера масивної мідної трубки 3 (гільзи). Коли котушка реле від'єднується від мережі, спадний магнітний потік наводить у демпфері вихрові струми. За правилом Ленца потоки, створені цими струмами, збігаються за напрямом з основним потоком. Тому результуючий магнітний потік, що пронизує якір буде спадати повільно (рис.2.16). Реле відпустить якір, отже, контакт 6 розімкнеться, а контакт 9 замкнеться, коли магнітний потік реле зменшиться до значення відпускання (повернення) Φ_B , тоді електромагнітна сила притягання якоря знизиться до значення протидіючої сили поворотної пружини 4.

Час з моменту розриву кола живлення котушки до відпускання якоря, тобто витримку часу реле, можна регулювати двома способами. Ступінчасте регулювання досягається зміною товщини Δ латунної прокладки 7, закріпленої на якорі. Величина Δ практично не впливає на початкове значення магнітного потоку Φ_0 (оскільки магнітна система увімкненого реле знаходиться в стані глибокого насичення), але істотно позначається на сталій частині спаду магнітного потоку T_3 (величина T_3 обернено пропорційна величині Δ). Тому зі зменшенням товщини прокладки збільшується витримка часу реле ($t_1 < t_2$ для $\Delta_2 > \Delta_1$, рис.2.16). Плавне регулювання витримки часу здійснюється зміною натягу пружини 4 за допомогою гайки 5. Чим менше затягнута пружина, тим більша витримка часу (наприклад, t_3 у порівнянні з t_1 буде більшим, оскільки меншому натягу пружини відповідає і менший магнітний потік відпускання Φ_B').

Витримка часу може бути отримана також і в реле без гільзи при закорочуванні котушки реле (замиканням контакту УК 2, див. рис.2.1а). У цьому випадку контур, утворений котушкою і контактом УК 2, відіграє роль демпфера. Однак витримка часу тут отримується значно менша ніж у реле з гільзою.

Пневматичне реле часу (рис.2.2). Реле має електромагнітний провід з повітряним уповільнювачем. При вмиканні котушки електромагніта 1 притягується його якір 2. Зв'язаний з якорем упор 4 опускається, і колодка 6, що підпиралася упором, відштовхується пружиною 8 вниз.

Рух колодки буде повільним завдяки наявності пневматичного пристрою. У його корпусі 17 розташований грибоподібний поршень 10, на верхній поверхні якого укріплена мембрана 11. Поршень зв'язаний штоком 9 з колодкою 6. При опусканні колодки опускається і поршень, над мембраною утвориться розріджений простір, у яке через отвір 15, суконний фільтр 16 і канал 13 з регульовальним гвинтом 12 поступово проходить повітря з навколишнього середовища. При досягненні колодкою 6 крайнього нижнього положення упор 7 діє на контактну систему 5 реле. Витримку часу реле, тобто проміжок часу з моменту увімкнення електромагніту до спрацьовування контактної системи, можна плавно регулювати гвинтом 12, змінюючи переріз каналу по яким проходить повітря.

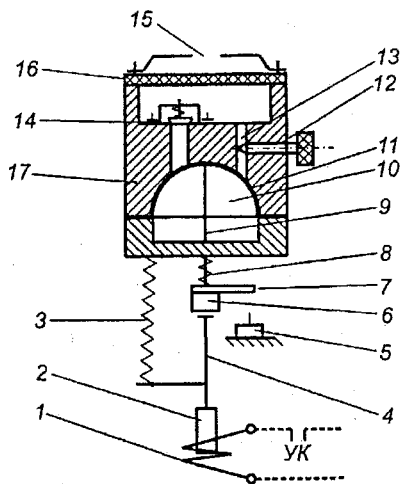


Рисунок 2.2 - Пневматичне реле часу.

При вимкненні котушки електромагніту якір 2, упор 4, колодка 6 і шток 9 з поршнем 10 під дією зворотної пружини 3 повертаються у вихідне положення, повітря над мембраною витісняється в навколишнє середовище через клапан 14. Натискання на контактну систему припиняється, контакти реле повертаються в "нормальне" положення.

Існують також виконання реле, у яких електромагніт перевернутий і реле дає витримку часу при вимкненні електромагніту. Витримка часу пневматичних реле регулюється в межах 0,4...180 с.

Електродвигуни (програмовані, багатоколові) реле часу серії ВС-10, Э-52, Э-58 призначені для автоматичного вмикання і вимикання кіл керування за заданою програмою з різними витримками часу.

В електродвигунних реле часу ВС-10, Э-52, Э-58 витримку часу одержують завдяки обертанню з постійною швидкістю дисків з кулачками. Диски обертаються від приводного синхронного двигуна типа СД-2 через редуктор.

Реле серії ВС-10 (рис.2.3) випускаються з трьома і шістьма перемикаючими контактами, кожний з яких допускає незалежне регулювання, уставки часу від 2 с до 24 год. Витримка часу в таких реле отримується завдяки обертанню з стабільною швидкістю дисків з кулачками, які впливають на контакти. Диски обертаються від синхронного електродвигуна через редуктор. При замиканні керуючого контакту УК2 запускається синхронний двигун 1 і електромагніт 3, який вмикає фрикційну муфту 4. Обертання вала двигуна 1 через редуктор 2, фрикційну муфту 4 і зубчасті колеса 13 і 6 передається на головну вісь реле 8. Ця вісь починає поступово

повертатися, закручуючи пружину 5. На осі 8 укріплені дископодібні шкали 9.

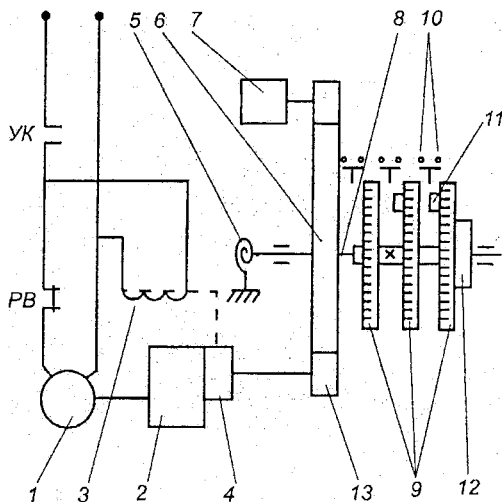


Рисунок 2.3 – Електродвигунові реле часу

При повороті осі 8 кулачки 11, які встановлені на шкалах, переміщуються і через якийсь час замикають контакти 10. Шкали 9 можна повернути на осі 8, попередньо ослабивши гайку 12 і знову закріпивши її після встановлення шкали в потрібному положенні. Повертаючи шкали 9 на різні кути, можна одержати замикання і розмикання контактів у різних положеннях через різні проміжки часу.

Наприкінці обороту осі 8 розмикається блокувальний контакт реле часу РВ, який від'єднує двигун 1 від мережі. Після розмикання керуючого контакту УК електромагніт вимикається і закручена пружина 5 на осі 8 повертається у вихідне положення, що обмежене упором. Для уникнення сильного удару об упор встановлюється відцентрове гальмо 7.

Напівпровідникові реле часу використовуються в автоматизованому електроприводі з великим числом вмикань за годину. Принцип їх дії базується на інтегруючій дії RC – кола. Спрощена принципова схема одного з варіантів транзисторного реле часу показана на рис. 2.4.

При замиканні керуючих контактів УК 1, УК 2 і розмиканні УК 3 на схему подається низька напруга постійного струму (24 В). У початковий момент конденсатор С не заряджений, база транзистора Т має позитивний потенціал і в колі колектора струму немає. Конденсатор С починає заряджатися через резистор R_1 .

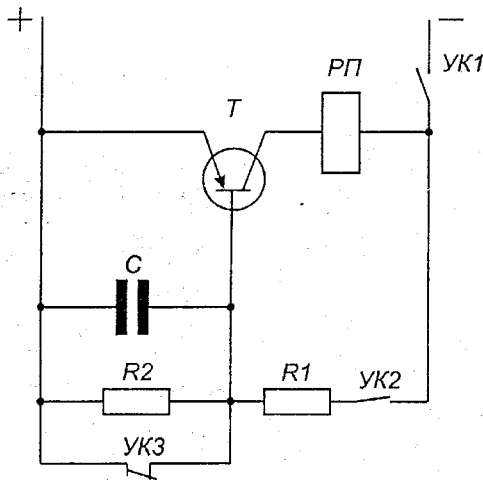


Рисунок 2.4 - Напівпровідникове реле часу

Швидкість наростання напруги на обкладках конденсатора залежить від його ємності й опору резистора R_1 . При деякому значенні цієї напруги транзистор відкривається і реле РП спрацьовує. Витримку часу від моменту замикання керуючих контактів УК 1, УК 2 до моменту перемикання контактів виконавчого реле РП можна регулювати, змінюючи опір резистора R_1 . При розмиканні контактів УК1, УК2 і замиканні контакту УК3 конденсатор С миттєво розряджається і транзистор закривається. Реле РП відмикається і схема повертається у вихідне положення. Сучасні напівпровідникові реле серії ВЛ випускаються в декількох модифікаціях. Діапазон регульованих затримок складає 0,1..600 с, напруга живлення 100...220 В.

Електромагнітне реле часу ЭВ-100. Електромагнітне реле часу ЭВ-100, ЭВ-132, ЭВ-245, РВ-248, яке створює затримку за допомогою часового механізму (рис. 2.5).

При замиканні кола котушки 9 електромагніта 10 втягується якір 5, приводиться в дію загальмований часовий механізм 6, починають рухатись рухомі контакти 4 і перемикаються контакти миттєвої дії 8. Після завершення встановлених витримок часу під дією заводної пружини часового механізму спочатку замикається ковзний контакт 2, а потім замикаючий 1.

Час з моменту подачі напруги на котушку до замикання контактів 2 і 1 регулюється зміною їх положень і вказується стрілками на шкалі 3. При вимиканні збудження котушки якір і часовий механізм миттєво повертаються в початкове положення під дією пружини електромагніта. Одночасно з цим відбувається звід часового механізму.

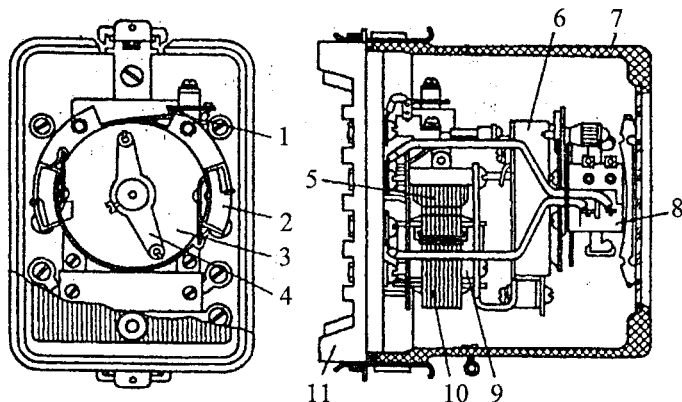


Рисунок 2.5 - Електромагнітне реле часу ЭВ-100

Реле монтується в пілезахисному пластмасовому корпусі, який складається з основи 11 і кожуха 7 з прозорого матеріалу.

Реле випускається для роботи на постійному і змінному струмі; різні модифікації забезпечують різні затримки часу в межах $0,1 \div 20$ с. Споживана потужність 15 – 30 Вт в реле постійного струму, 10 – 20В·А в реле змінного струму. Відповідно комутуюча потужність 100Вт ($T \leq 0,005$ с, $U \leq 220$ В) і 500 Вт ($U \leq 220$ В, $I \leq 5$ А). Ковзний контакт може тільки вмикати струм. Допустиме число спрацювань реле не менше 5000.

2.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

На лабораторному стенді є автотрансформатор (ЛАТР) для регулювання напруги 0...250 В, випрямляч, електросекундомір, щитові електровимірювальні прилади. Прилади для вимірювання опору ізоляції й опору котушок, щупи та динамометр одержати в лаборанта.

Усі досліджувані апарати встановлені на панелі лабораторного щита для вільного огляду і регулювання. Для зручності під'єднання апаратів їх контакти і затискачі котушки виведені на ізольовані клеми, розташовані на панелі під кожним апаратом, і позначені умовними графічними позначеннями. За кожним пунктом програми, що вимагає вимірювань, необхідно з наявного устаткування і приладів зібрати схему для проведення дослідів і узгодити її з викладачем, що веде заняття, і потім приступити до проведення дослідів.

При визначенні напруги спрацювання контакторів змінного струму напруга на котушку подається відразу з заздалегідь установленим значенням. При визначенні напруги відпускання контактора змінного

струму його котушку вмикають через замикаючу кнопку, а паралельно кнопці вмикають замикаючий контакт контактора.

При вимірюванні струму котушки при замкнутій магнітній системі в момент увімкнення котушки амперметр (міліамперметр) шунтують вимикачем. У протилежному випадку прилад може бути ушкоджений великим початковим струмом котушки при розімкнутій магнітній системі.

Для вимірювання струму при розімкнутій магнітній системі амперметр вибирають з межею вимірювання у 10-15 разів більшою ніж у попередньому досліді. Щоб провести цей дослід і правильно зробити відлік, рухому систему контактора необхідно заклинити в початковому положенні. Обидва досліді проводять при номінальній напрузі на котушці.

Ізоляцію апаратури керування перевіряють і вимірюють опори котушок постійного струму відповідно до методики, зазначеної в підрозділі В.5.3 і В.5.4 даних вказівок.

2.3 Програма роботи

Електромагнітне реле часу РЭ-515

1. Ознайомитися з призначенням, конструкцією, принципом роботи і способами регулювання витримки електромагнітних реле часу. Визначити які контакти з витримкою часу можуть мати ці реле.

2. Використовуючи електросекундомір, дослідити залежність витримки часу (при номінальній напрузі на котушці) від товщини немагнітних прокладок між осердям і якорем при максимальному і мініальному натягу пружини. Визначити зону витримки часу цього реле. За даними дослідів побудувати графіки залежності витримки часу від товщини немагнітних прокладок для різних натягів пружини. Дані занести в таблицю 2.1.

3. Накреслити схему увімкнення та перевірки реле.

Таблиця 2.1 – Дані досліджень електромагнітного реле

Електромагнітне реле тип _____ $U_{\text{КОТ.НОМ.}}$ В $I_{\text{КОТ.НОМ.}}$ А						
Межа регульованого часу за дослідями при $U_{\text{К}} = U_{\text{НОМ}}$						
а) без прокладок		t_{min} _____ [с]	t_{max} _____ [с]			
б) з прокладками		t_{min} _____ [с]	t_{max} _____ [с]			
$U_{\text{К}} = U_{\text{НОМ}}$ пружина затягнута	без прокладок					
	час спрацьовування [с]					
$U_{\text{К}} = U_{\text{НОМ}}$ пружина затягнута	товщина прокладки δ [мм]	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	час спрацьовування [с]					

Продовження таблиці 2.1

$U_K = U_{ном}$ пружина ослаблена	товщина прокладки δ [мм]	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	час спрацьовування [с]					

Реле часу пневматичне

4. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії і способом регулювання витримки реле часу типу РВП. Визначити які контакти має це реле.

5. Використовуючи електросекундомір, визначити максимальну і мінімальну витримку часу цього реле. Дані занести в таблицю 2.2.

6. Накреслити схему увімкнення та перевірки реле.

Таблиця 2.2 – Дані дослідження пневматичного реле часу

Тип реле	_____
Напруга котушки	$U_{кот.ном.}$ _____
Кількість замикаючих контактів	_____
Кількість розмикаючих контактів	_____
Витримка часу при увімкнення котушки	_____ [с]
Витримка часу при вимкненні котушки	_____ [с]
Мінімальний час витримки	_____ [с]
Максимальний час витримки	_____ [с]

Реле часу програмне

7. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії і схемою увімкнення реле Э-58 чи ВС-10. Визначити які контакти є в даному реле.

8. Використовуючи електросекундомір, дослідити характер зміни абсолютної і відносної похибок реле при збільшенні витримки від мінімального до максимального значення. Дані занести в таблицю 2.3.

9. Накреслити схему увімкнення та перевірки реле.

Таблиця 2.3 – Дані дослідження програмного реле часу

Тип реле	_____
Напруга котушки	$U_{кот.ном.}$ _____ [В]
Кількість програмованих дисків	_____
Час спрацьовування мінімальний	_____ [с]
Час спрацьовування максимальний	_____ [с]

Продовження таблиці 2.3

Час спрацювання за уставкою на диску
за електросекундоміром

I _____ [с]
II _____ [с]
III _____ [с]

Електродвигунове реле

10. Ознайомитись з конструкцією, принципом дії і схемою увімкнення реле.

11. Визначити максимальну і мінімальну витримку часу цього реле. Налаштувати реле на визначений час. Дані занести в таблицю 2.4.

12. Накреслити схему увімкнення та перевірки реле.

Таблиця 2.4 – Дані дослідження електродвигунового реле

Тип реле		
Напруга котушки	$U_{\text{кот.ном.}}$	_____ [В]
Кількість програмованих дисків		_____
Час спрацювання мінімальний		_____ [с]
Час спрацювання максимальний		_____ [с]
Час спрацювання за уставкою на диску за електросекундоміром		
	I	_____ [с]
	II	_____ [с]
	III	_____ [с]

Електромагнітне реле часу ЭБ-100

13. Ознайомитись з конструкцією, принципом дії і схемою увімкнення реле.

14. Визначити максимальну і мінімальну витримку часу цього реле. Налаштувати реле на визначений час.

15. Накреслити схему увімкнення та перевірки реле.

2.4 Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.

4. За пунктами програми, що не потребують вимірювань, коротко охарактеризувати досліджуваний апарат (призначення, принцип роботи, основні параметри, умови вибору даного апарата).

5. За пунктами програми, що потребують вимірювань, показати: назву проведеного досліджуваного апарата; схему для проведення досліджуваного апарата; паспортні дані використаних у схемі приладів і апаратів; порядок проведення дослідів; результати дослідів.

6. За результатами дослідів зробити висновки.

2.5 Питання для самоконтролю

1. Основні характеристики реле.

2. Які основні вимоги висуваються до реле часу?

3. Основні типи реле часу, які використовуються в схемах електроприводів постійного і змінного струмів.

4. Електромагнітні реле часу постійного струму типу РЭ. Принцип витримки часу в цих реле.

5. Яким чином здійснюється регулювання часу реле типу РЭ?

6. Електромагнітні реле з часовим механізмом: будова, принцип дії, встановлення часу.

7. Основні переваги та недоліки електромагнітного реле часу з часовим механізмом.

8. Пневматичне реле часу. Будова та принцип дії, регулюючий механізм уповільнення в пневматичному реле.

9. Яким чином і в яких межах здійснюється регулювання часу в пневматичному реле часу?

10. Програмні реле часу. Основні механізми реле. Встановлення і межі регулювання часу програмних реле часу.

11. Електродвигунове реле часу. Будова і принцип дії. Встановлення і межі регулювання.

12. Основні переваги та недоліки електродвигунового реле часу.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ АПАРАТІВ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМУ ВІД СТРУМІВ-КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Мета роботи: вивчити призначення, конструкцію, принцип дії апаратів і вузлів захисту, методику вибору, випробувань та регулювання апаратів захисту при налагодженні схем керування електричних приводів.

3.1 Основні теоретичні відомості

До основних електричних апаратів, що здійснюють захист двигунів та іншого електрообладнання автоматизованих електроприводів в аварійних і ненормальних режимах, відносять плавкі запобіжники, реле захисту, автоматичні вимикачі.

Плавкі запобіжники застосовуються для захисту головних кіл двигунів, а також кіл керування при коротких замиканнях (КЗ). Існує декілька типів плавких запобіжників. Трубчастий запобіжник без наповнювача серії ПР складається з фіброваного патрона, всередині якого розміщена плавка вставка, що виготовлена з цинку та контактної пристрою. Плавка вставка перегорає при протіканні через захисне коло струму КЗ. Під дією високої температури фібра патрона розкладається, виділяючи газ, який викликає гасіння дуги.

Запобіжники серії ПР-2 виготовляються на напругу 200 В (габарит 1) і напругу 500 В (габарит 2), на номінальні струми патронів 15 – 1000 А і плавких вставок 6 – 100 А. Вимикальна здатність в залежності від габариту і номінального струму 1,2 – 20 кА. Їх перевага в простій перезарядці, недолік – порівняно великі розміри в порівнянні із запобіжниками з наповнювачем.

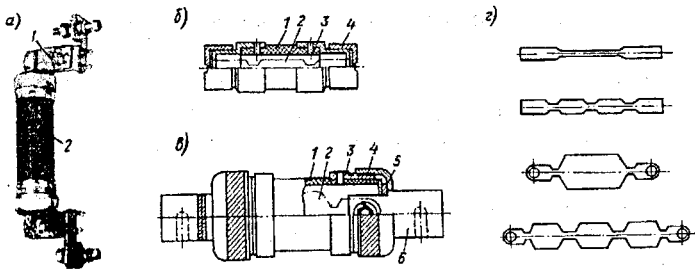


Рисунок 3.1 – Запобіжник серії ПР-2: а) загальний вигляд; б,в) патрони на номінальні струми 15-63 А і 100-1000 А; г) форми плавких вставок

Запобіжники серії ПН-2 призначені для захисту силових кіл до 500В змінного струму і 440 В постійного струму, виконуються на номінальні струми 100, 250, 400, 630 А, володіють та характеризуються доброю струмообмежуючою дією і високою розривною здатністю.

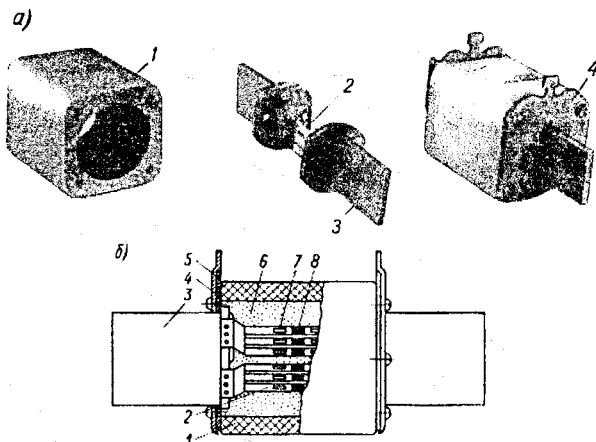


Рисунок 3.2 – Запобіжники серії ПН-2: а) загальний вигляд і деталі б) розріз

Корпус 1 — це глазурована квадратна ззовні та кругла всередині фарфорова трубка. В трубку введений вузол з плавкою вставкою 2, приварений до шайб вставних контактів 3. Внутрішня порожнина трубки заповнюється кварцевим піском 6, плавка вставка виконується із однієї або декількох мідних пластин товщиною 0,15 – 0,35 мм і шириною до 4 мм з просічками 7, що зменшують переріз вставки, а відповідно і кількість парів металу в дузі. Для зменшення нагрівання запобіжника використовується металургійний ефект. На кожену пластину напаяється свинцева кулька 8, що сприяє швидкому перегоранню запобіжників.

Струмообмежувальна дія розглянутих запобіжників полягає в тому, що плавлення вставки при КЗ відбувається до того, як струм КЗ досягне усталеного значення в колі постійного струму чи ударного струму в колі змінного струму.

Проте навіть при значних перевантаженнях порядку 1,2...1,5 запобіжники або зовсім не вимикають пристрій, або вимикають через тривалий проміжок часу (більше 1 год). Тому вважають, що плавкі запобіжники не захищають пристрій від перевантаження.

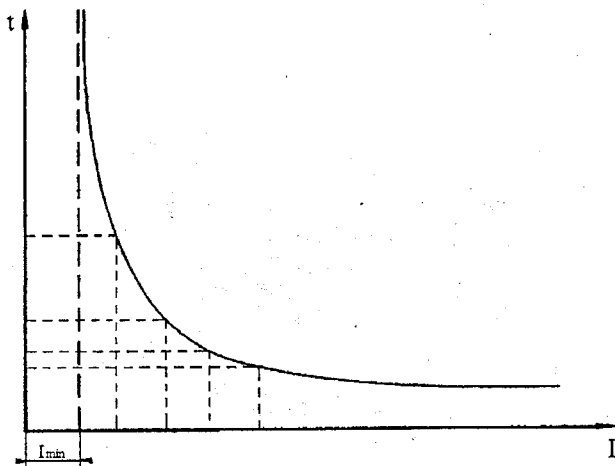


Рисунок 3.3 – Струмочасова характеристика плавкої вставки запобіжника $[t = \varphi(I)] I_{\text{MIN}} = 1,25 I_{\text{НОМ}}$.

Для захисту напівпровідникових перетворювачів застосовуються *швидкодійні запобіжники* серій ПНБ, ПНБ5М та ПП41. Вони призначені для встановлення як зі сторони змінного струму на напругу до 750 В, так і зі сторони постійного струму на напругу до 440 В. Основу цих запобіжників складає плавка вставка, що розміщена в фарфоровому патроні, який заповнений кварцевим піском. Швидкодія досягається завдяки спеціальній конструкції плавкої вставки, яка виготовляється з срібної фльги.

Реле захисту. Виконується в основному як вторинне реле проміжної дії. Їх входні і виконавчі органи розраховані на порівняно невеликі струми. В низьковольтних мережах реле захисту виконуються як первинні реле проміжної дії.

До реле захисту висуваються підвищені вимоги за термічною і динамічною стійкістю. Вони повинні мати достатній коефіцієнт запасу за спрацьовуванням, оскільки робочі значення входньої величини можуть значно перевищувати величину спрацьовування. Наприклад, уставка за струмом спрацьовування може бути $(3 \div 4) I_{\text{НОМ}}$, а струм короткого замикання $(30 \div 50) I_{\text{НОМ}}$.

Електромагнітне реле постійного струму типу ЭРЭ-70 з магнітною системою клапанного типу використовується для захисту від перевантаження і струмів короткого замикання. На рисунку 3.4 показана конструкція цього реле.

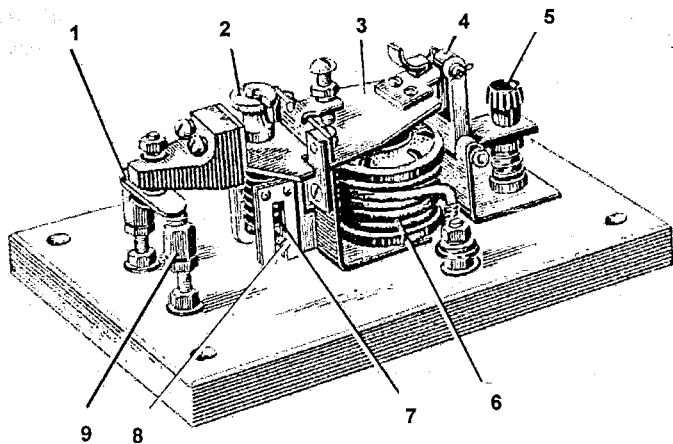


Рисунок 3.4 – Електромагнітне реле постійного струму типу ЕРЭ-70

1 – рухомий контактний місток, 2 – регульовальна гайка, 3 – якір, 4 – ролик, 5 – кнопка механізму ручного повороту, 6 – втягувальна котушка, 7 – протидіюча зворотна пружина, 8 – шкала уставок, 9 – нерухомий контакт

Котушка 6 вмикається послідовно в захисне коло. При досягненні в котушці струму спрацьовування $I_{СПР}$, коли електромагнітна сила стає більшою сили протидії пружини 7, якір 3 притягується до осердя. При цьому розмикаються нормально замкнуті контакти 1.

Регулювання струму спрацьовування здійснюється регульовальною гайкою 2. Величина уставки помічена на шкалі. Струм спрацьовування збільшиться при затягуванні гайки, збільшиться також струм повернення. Кожне реле характеризується коефіцієнтом повернення.

Найменший струм, при якому реле спрацює, називається струмом спрацьовування — $I_{СПР}$. Найбільший струм в реле, коли рухома частина реле повертається, називається зворотним струмом — I_3 .

Відношення зворотного струму до струму спрацьовування називається коефіцієнтом повернення:

$$K_{П} = I_3 / I_{СПР}$$

Коефіцієнт повернення збільшиться, якщо зменшити зазор між якорем і осердям.

Електромагнітне реле максимального струму миттєвої дії типу РТ-40 (рис. 3.5) відноситься до вторинних реле проміжної дії і використо-

вуться для захисту електроустановок від перевантаження і коротких замикань.

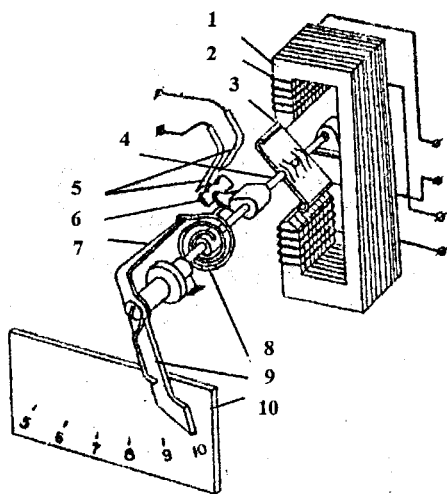


Рисунок 3.5 – Електромагнітне реле максимального струму типу РТ-40

Реле складається із шихтованого осердя 1, на полюсах якого розташовані дві котушки 2, які можуть вмикатись як послідовно, так і паралельно. На сталій осі закріплено якір 3, який обертається. Протидіючий момент створюється пружиною 4, один кінець якої зв'язаний з якорем, а другий – з покажчиком струму спрацьовування 7. Уставка за струмом спрацьовування зображається на шкалі 8. Найбільші поділки шкали позначені при послідовному з'єднанні обмоток. При паралельному з'єднанні обмоток межа уставок збільшується вдвічі. Реле типу РТ-40 – миттєвої дії. Час спрацьовування 0,1с для струму $1,2 I_{уст}$ і 0,03 с для $3 I_{уст}$. Коефіцієнт повернення струмових реле типу РТ-40 $K_{п} = 0,8 \div 0,86$

За відсутності струму пружина 4 утримує якір притиснутим до упорного штифта 9. Коли обертовий момент, що створюється струмом в котушці 2, стає більшим моменту протидії створеного пружиною, якір повертається і рухомий контакт 5 замикає нерухомі контакти 6 і реле спрацьовує. Струм реле можна регулювати змінюючи натяг пружини 4. Контакти розраховані на вмикання або розмикання кіл малої потужності, тому їх підєднують через проміжне реле. Якщо при вимкненні потрібна невелика витримка часу, то проміжне реле забезпечують короткозамкнутими витками. Якщо потрібна витримка часу більша ніж 0,1 або 0,2 с використовують реле часу.

Індукційне реле максимального струму типу ИТ-80 (РТ-80) зображено на рисунку 3.6.

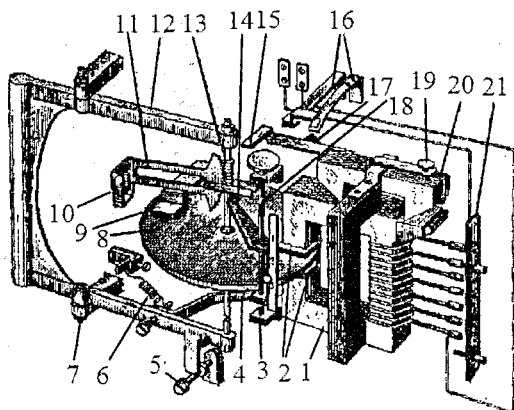


Рисунок 3.6 – Індукційне реле максимального струму типу ИТ-80 (РТ-80)

Конструкційно реле — це комбінація двох систем: індукційної і електромагнітної. Індукційна діє з затримкою часу, а електромагнітна — без витримки часу, як відсічка.

Індукційна система складається із електромагніту 1, між короткозамкнутими витками 2 якого розміщений алюмінієвий диск 8, охоплений з одного боку постійним магнітом 9. Цей магніт забезпечує рівномірність обертання диска. Диск 8 насаджений на вісь, закріплену в підшипниках скоби 12, яка може обертатися на опорах 7. В нормальних умовах ця скоба притягнута до підпору 5 пружиною 6. На вісь 10 диска насаджений черв'як 13. На осі 10 насаджений зубчатий сегмент 11, який в нормальних умовах не зчіплений з черв'яком 13.

Електромагнітна система складається з якоря 20, який закріплений на осі і розташований над осердям електромагніту 1. Ліва частина якоря 20 з закріпленою на ній скобою 15 важить більше правої. Тому в нормальних умовах якір 20 повернутий вліво. При протіканні через обмотку електромагніту 1 струму, що складає 20 – 30% струму уставки, диск реле починає обертатися, але реле не спрацює до того часу, поки обмоткою не почне протікати струм спрацьовування реле.

При обертанні диска на нього діє дві сили F_1 і F_2 (рис. 3.7).

Сила F_1 створюється електромагнітом, сила F_2 — постійним магнітом. Чим більша швидкість обертання диска, тим більші сили F_1 і F_2 . Ці сили намагаються повернути диск 8 і скобу 12, але пружина 6 протидіє цьому.

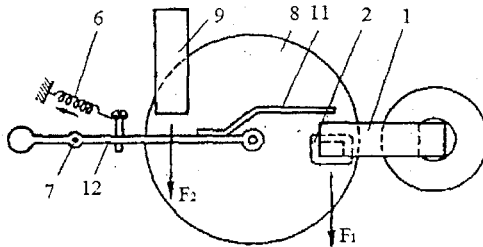


Рисунок 3.7 – Принцип роботи електромагнітної системи реле ИТ-80 (РТ-80)

Якщо обмоткою протікає струм спрацьовування реле, то швидкість обертання диска буде такою, що сили F_1 і F_2 долають протидію пружини 6 і диск 8 із скобою 12 повертається, в результаті чого сегмент 11 зчіплюється з черв'яком 13 і починає підніматися вгору.

Через деякий час важіль 14 сегмента 11 досягає скоби 15, закріпленої на лівій частині якоря 20, і скоба 15 починає підніматися вгору. При цьому якір 20 повертається на своїй осі і повітряний зазор між осердям електромагніту 1 і якорем 12 з правої сторони зменшується. При досягненні деякої величини права сторона якоря 20 притягнеться до осердя 1, а лівий кінець разом із скобою 15 і пластинкою 17 підніметься вгору настільки, що замикає контакти 16. Контакти реле будуть замкнені до тих пір, доки струм в котушці не стане меншим струму спрацьовування реле. Скоба 15 діє на покажчик спрацьовування (прапорець). На скобі 12 є сталеві пластини 4, яка притягується до електромагніту 1 і сприяє надійному зчипленню сегмента 11 і черв'яка 13. Якщо струм в котушці досягне значення зворотного струму реле, пружина 6 відводить скобу 12, в результаті чого сегмент 11 виходить із зачеплення з черв'яком 13, і реле повертається у вихідне положення. Для регулювання струму спрацьовування на обмотці котушки зроблено відпайки і виведені до гнізд штепсельного містка 21. Витримку часу реле регулюють зміною відстані між скобою 15 і важелем 14 сегмента. Обертаючи гвинт 18, піднімають чи опускають важіль 14. Встановлення часу дії реле регулюється за шкалою покажчиком 3.

Якір 20 і електромагніт 1 утворюють електромагнітне реле максимального струму, що дозволяє здійснювати захист з відсічкою. Під відсічкою розуміють пристрій, що дозволяє здійснити спрацьовування реле без витримки часу. Коли струм, що протікає котушкою, досягає деякого значення, правий кінець якоря 20 притягнеться до осердя 1 і обминаючи індукційну частину реле, замкне контакти, тобто реле спрацює. Час дії відсічки 0,05–0,1 с. Струм спрацьовування відсічки ре-

гулюють зміною величини повітряного зазору між правою частиною якоря 20 і осердям 1.

Реле типу ИТ-81 має гранично залежну струмо-часову характеристику $t_{сп} = \varphi \left(\frac{I_p}{I_{ср}} \right)$, яка наведена на рисунку 3.8 а) без відсічки, б) з відсічкою. Кратність струму спрацьовування відсічки можна регулювати від 2 до 15 значень струму спрацьовування. За одиницю кратності струму спрацьовування приймають струм спрацьовування реле.

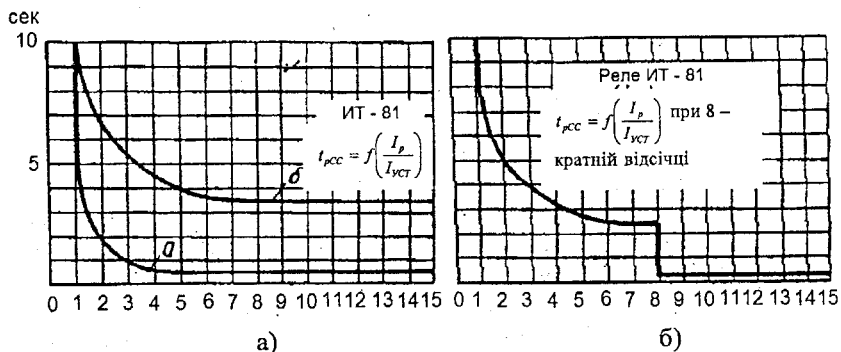


Рисунок 3.8 Струмо-часова характеристика реле типу ИТ-81

Реле серії ИТ-80 – комбіноване, і тому складне реле. Воно суміщає якості реле струму миттєвої дії, реле з витримкою часу, вказівного реле і проміжного, якщо врахувати здатність контактів вимикати значні струми. Коефіцієнт повернення електромагнітної системи реле $K_{п} = 0,4$, індукційної — $K_{п} = 0,85$.

Реле серії ИТ-80 застосовується для захисту електричних машин, трансформаторів і ліній передач від перевантажень і коротких замикань. Серія включає реле ИТ-81, ИТ-82, ИТ-83, ИТ-84, ИТ-85 та ИТ-86.

Для запобігання виходу з ладу електроустаткування і підвищення надійності роботи електроприводів, застосовують такі види електричного захисту:

- захист при КЗ у силових колах і при недопустимих стрибках струму двигунів;
- захист двигунів від перегріву;
- захист від самозапуску;
- захист при обриві кола обмотки збудження;
- захист від перенапруги;
- захист кіл керування при КЗ;
- захист блокування.

Захист при КЗ (максимальний струмовий захист) забезпечує негайне від'єднання кола, у якому відбулося коротке замикання. У силових

колах він здійснюється: плавкими запобіжниками FU (рис. 3.9 а), автоматичними вимикачами і електромагнітними роз'єднувачами QF (рис. 3.9 б), максимальним струмом реле КА1, КА2 (рис. 3.9 в). Коло керування захищається від КЗ максимальним струмовим захистом силового кола або плавкими запобіжниками FU чи автоматичними вимикачами (рис. 3.9 г).

Максимальні струмові реле КА1 і КА2 одночасно захищають двигун постійного струму чи асинхронний двигун від недопустимих стрибків струму.

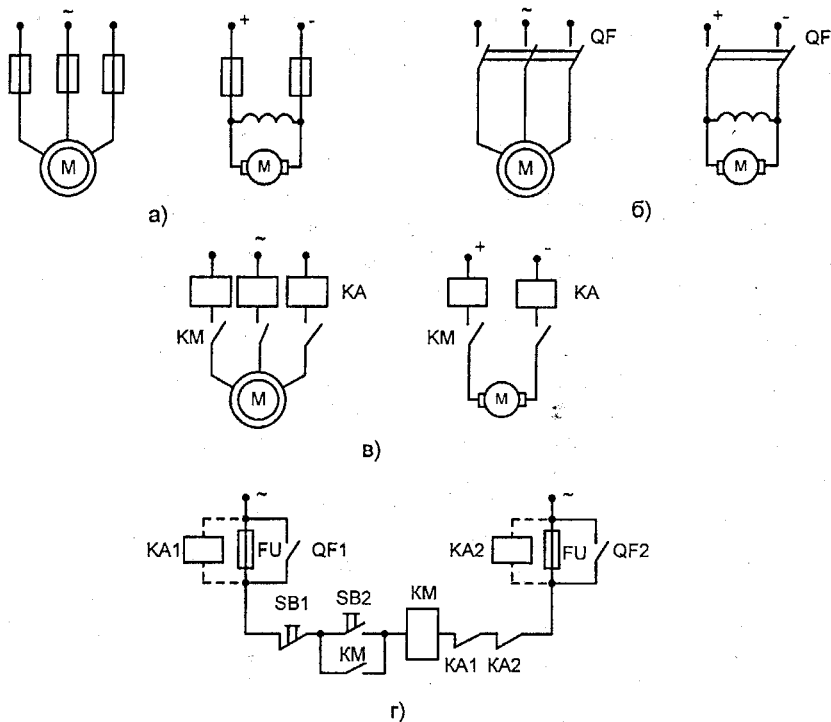


Рисунок 3.9 - Схеми захисту електродвигунів від струмів короткого замикання

Номинальні струми плавкої вставки $I_{вст.ном.}$ запобіжників і струми уставок (струми спрацьовування) $I_{уст}$ автоматів і максимальних струмових реле приймаються такими.

Для захисту короткозамкнених асинхронних двигунів з пусковим струмом $I_{п}$:

- для нормального запуску ($t_{п} < 5$ с) $I_{уст.ном.} \geq 0,4I_{п}$;

- для важкого запуску ($t_{п} > 10$ с), для великої частоти запусків
 $I_{уст.ном.} \geq (0,5 - 0,6)I_{п}$;

- незалежно від умов запуску $I_{уст} = (1,3 - 1,5) I_{п}$.

Для захисту асинхронних двигунів з контактними кільцями, у яких
 $I_{п} \approx 2I_{ном}$ і двигунів постійного струму:

$I_{уст.ном.} = (1 - 1,25)I_{ном}$

$I_{уст} = (1,2 - 1,3) I_{п}$.

Значення номінального струму двигуна $I_{дв.ном.}$ для двигунів короткочасного режиму роботи використовується для $TВ = 25\%$.

Для захисту кіл керування $I_{уст.ном.} = I_{уст} = 2,5I_{укот.}$

$I_{укот}$ – сумарний струм котушок максимальної кількості одночасно ввімкнених автоматів.

3.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

На лабораторному стенді є автотрансформатор (ЛАТР) для регулювання напруги 0 – 250 В, знижувальний трансформатор, електро- секундомір, а також досліджувані елементи: запобіжник типу ПР-2, автоматичний вимикач АП-50, реле максимального струму типу РТ-40, індукційне реле ИТ-80 (РТ-81) і електровимірювальні прилади. Усі досліджувані апарати встановлені на панелі лабораторного щита для вільного огляду і регулювання. Для зручності під'єднання апаратів їх контакти і затискачі котушок виведені на ізольовані клеми, розташовані на панелі під кожним апаратом, і умовно графічно позначені. За кожним пунктом програми, що потребує вимірювань, необхідно з наявного устаткування і приладів зібрати схему для проведення досліду і узгодити її з викладачем, який проводить заняття, і потім приступити до проведення досліду.

Лінійна напруга ~ 380 В і фазна 220 В (між фазами А, В, С і нулем) виведена на панель. Напруга на апарати, які випробовуються, подається вмиканням ввідного автомата і кнопки „Пуск” (розміщені в лівому верхньому кутку стенда і позначені ~ 380 В „Ввод”). Знімається напруга із стенда натисканням кнопки „Стоп” і вмиканням ввідного автомата.

Регульовальне джерело струму для випробовування апаратів струмового захисту отримується при ввімкненні на вхід автотрансформатора 220/24 В зі струмом навантаження на низькій стороні до 50 А.

Необхідні вимірювальні прилади розміщені в верхній частині лабораторного стенда і підбираються студентами самостійно в залежності від виконуваного досліду. Вимикачі, що використовуються в схемах, розміщені в нижній частині стенда.

Досліди захисних характеристик струмових реле і запобіжників
 $t = f\left(\frac{I}{I_{ном}}\right)$ виконують таким чином. Зашунтувавши досліджуваний апарат,

ЛАТРОм встановлюється необхідний струм кратний 1,5; 2; 2,5; 3,0; 3,5. Після цього розшунтовують досліджуваний апарат і одночасно запускають

електросекундомір. Струм потрібно підтримувати протягом досліду сталим. Після спрацьовування визначають час спрацьовування, знімають напругу зі стенда, встановлюють перемикачі і ручку ЛАТРа в початкове положення і готуються до наступного досліду.

Досліди захисних характеристик струмових реле і автоматичного вимикача виконують аналогічно і будують залежності.

3.3 Програма роботи

Електромагнітне реле струму РТ- 40/20

1. Ознайомитись з конструкцією досліджуваного реле РТ-40/20.

2. Виконати зовнішній огляд реле:

а) перевірка і виявлення явних механічних пошкоджень (корпуса, обмоток, монтажних клемних колодок, контактної системи);

б) обрив струмопровідних частин.

3. Перевірка механічної частини без розбирання реле виконується в такому порядку і об'ємі:

а) перевіряють надійність пайки;

б) перевіряють надійність затягнутих гвинтів і гайок, які кріплять провідники, спіральну пружину, контактний місток, нерухомі контакти, під'ятник і т.п.;

в) перевіряють осьовий люфт рухомої системи, котрий повинен бути в межах 0,2/0,3 мм, поперечний люфт рухомої системи не регулюється і повинен складати 0,1/0,15 мм;

г) перевіряється наявність рівномірного зазору між площиною поля якоря і полюсів магнітопроводу. Для втягнутого якоря зазор повинен бути в межах 0,6/0,7 мм.

4. Перевіряється стан спіральної пружини. Пружина не повинна мати слідів окислення, площина пружини повинна бути паралельна площині стовпця, між витками повинен зберігатися рівномірний зазор. Перевірити і підрегулювати зазор контактів. Зазор повинен складати 0,1/0,2 мм між контактною системою і опорою.

5. Перевірка стану ізоляції реле:

а) перевірка стану ізоляції обмоток, рухомих і нерухомих контактів відносно осердя і між собою. Перевіряється мегомметром на 1000 В. Зниження опору ізолятора повинно перевищувати 5 кОм.

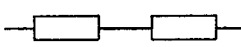
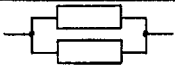
б) перевірка стійкості ізоляції. Перевіряється шляхом подачі змінної напруги $U = 1000$ В на елементи, що перевіряються відносно „землі” протягом однієї хвилини.

6. Накреслити і зібрати схему для регулювання реле струму РТ-40/20.

7. Налаштування реле на задану уставку. Перед налаштуванням заданої уставки обмотки реле з'єднуються між собою послідовно чи паралельно (6/3 в залежності від уставки). Потім покажчик встановлюють на

точку шкали у відповідності до заданого струму спрацьовування, і плавно збільшують струм до спрацьовування реле. Помічають різницю між струмом спрацьовування і уставкою на шкалі. Далі для визначення коефіцієнта повернення вимірюють струм повернення реле. Якщо коефіцієнт повернення реле в нормі, а струм спрацьовування не збігається з уставкою на шкалі, тоді виконується незначне зміщення покажчика в необхідну сторону.

Таблиця 3.1 – Дані дослідження реле РТ 40/20

Тип _____ $U_{ном.}$ _____ В $I_{ном.}$ _____ А					
1.	Опір ізоляції _____ МОм				
2.	Зауваження щодо зовнішнього огляду:				
3.	Перевірка уставок струму спрацьовування за шкалою і за амперметром для послідовного і паралельного з'єднання струмових обмоток				
10 А			20 А		
					
$I_{уст.}$	$I_{спр.}$	Δ	$I_{уст.}$	$I_{спр.}$	Δ
5			10		
6			12		
7			14		
8			16		
9			18		
10			20		

8. Висновки за результатами дослідів.

Запобіжники типу ПР-2

1. Ознайомитись з конструкцією запобіжників типу ПР-2 і ПН-2.
2. Виконати зовнішній огляд та перевірити (вставити) плавку вставку.
3. Накреслити форми плавких вставок та перерахувати способи покращення швидкодії запобіжника.
4. Накреслити схему перевірки та дослідити захисні характеристики запобіжника ПР-2.
5. Побудувати струмо-часову характеристику досліджуваного запобіжника
6. Перерахувати способи і методи гасіння дуги в запобіжнику.

Таблиця 3.2 – Дані дослідження запобіжника типу ПР-2

	Іуст. А	Час спрацьовування (t, с)	Примітки
1			
2			
3			
4			
5			

7. Висновки за результатами досліду.

Індукційне реле струму РТ-80

1. Ознайомитись з конструкцією досліджуваного реле.

2. Виконати зовнішній огляд реле:

а) перевірка і виявлення явних механічних пошкоджень (диска, скоби, зубчатого сектора, черв'яка, нижньої і верхньої опори, пружини, натяжних містків, рамки).

б) цілісність і стан контактної комплексної системи, цілісність відпайок обмотки і надійність з'єднання виводів обмоток до потенціометричного містка.

3. Перевірити стан ізоляції реле.

4. Перевірити струм спрацьовування відсічки. Зібрати схему регулювання струмових апаратів з вмиканням електросекундоміра.

5. Вимірювання часу дії і налагодження індукційного елемента. Шкали витримок часу калібруються заводом-виробником. При десятикратному струмі уставки з допусками вказаними нижче.

Уставка, с 0,5; 1; 2; 3; 4; 8; 12; 16

Відхилення часу спрацьовування, с 0,1; 0,15; 0,2; 0,2; 0,25.

6. Зібрати схему вимірювання часу спрацьовування з використанням електросекундоміра ПВ-53. Спочатку тричі виконують вимірювання однократного струму. Визначають середнє значення відхилення від уставки. Розкид для десятикратного струму приведених значень. Якщо відхилення від уставки незначно перевищує допустиме, злегка переміщують упор або підсилюють його. Потім перевіряють час для чотирикратного струму, який не повинен перевищувати значень наведених нижче:

Уставки, с 1; 2; 3; 4; 8; 12; 16.

Час для 4-кратного струму спрацьовування, с 0,9; 1,65; 3,1; 4,6; 6,0.

Результати дослідження струмового реле РТ-80 зводяться в порівняльну таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Дані дослідження струмового реле РТ-80.

Результати вимірювань	Технічні вимоги
Величина осьового люфту в _____ мм	
Величина міжконтактного зазору в _____ мм	
Величина провалу контактів в _____ мм	
Величина люфту рухомої частини в _____ мм	
Величина зазору між полюсами	
Опір ізоляції в _____ МОм	
Величина струму уставки в крат- них положеннях 2А 8А	
Коефіцієнт повернення	
Відхилення часу спрацьовування для різних уставок часу	

7. Висновки за результатами дослідю.

3.4 Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.
4. За пунктами програми, що не потребують вимірювань, коротко охарактеризувати досліджуваний апарат (призначення, принцип роботи, основні параметри, умови вибору даного апарата).
5. За пунктами програми, що потребують вимірювань, показати: назву проведеного дослідю і досліджуваного апарата; схему для проведення дослідю; паспортні дані використаних у схемі приладів і апаратів; порядок проведення дослідів; результати дослідю.
6. За результатами дослідів зробити висновки.

3.5 Питання для самоконтролю

1. Призначення, принцип дії і конструкція запобіжників ПР-2.
2. Призначення, принцип дії і конструкція запобіжників ПН-2.
3. Нагрівання плавкої вставки до температури плавлення (струмо-часова характеристика).
4. Плавлення та випаровування плавкої вставки.
5. Пробій в проміжку і виникнення дуги.
6. Гасіння дуги в запобіжнику.
7. Запобіжник - вимикач (запобіжник-рубильник).
8. Призначення, принцип дії, конструкція електромагнітного реле постійного струму.
9. Призначення, принцип дії, конструкція реле РТ-40.
10. Призначення, принцип дії, конструкція максимального реле синусоїдального струму.
11. Принципова схема однополюсного автомата, призначення та принцип дії.
12. Види захистів при короткому замиканні (схеми їх увімкнення).
13. Номінальні струми плавкої уставки $I_{уст.ном.}$ і струми уставки (струми спрацьовування) $I_{уст.}$ автоматичних вимикачів і струмових реле.
14. Принцип дії реле ИТ-80 (РТ-80).
15. Призначення і конструкція реле максимального струму серії ИТ-80 (РТ-80).
16. В яких межах регулюється час спрацьовування в реле ИТ-80 (РТ-80).
17. Як перевіряють струми відсічок реле?

4 ДОСЛІДЖЕННЯ АПАРАТІВ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИВОДІВ ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

Мета роботи: вивчити будову і принцип дії, способи регулювання і методику випробувань апаратів для захисту електричних приводів від перевантаження. Дослідити захисні характеристики досліджуваних апаратів і порівняти їх з паспортними даними.

4.1 Основні теоретичні відомості

Відхилення в роботі механізму від нормального режиму з технологічних або технічних причин часто призводять до перевантаження електричних приводів. Струм, що протікає елементами електропривода нагріває їх до температури вище допустимої. При цьому величина струму недостатня для спрацювання струмових апаратів.

Захист електричних машин від незначних, але тривалих перевантажень здійснюється за допомогою теплових реле. Основна вимога, що висувається до теплового реле захисту полягає в тому, що реле повинно спрацювати при перенавантаженні двигуна більше 20% протягом не пізніше ніж через 20 хвилин.

Надійно відрегульоване реле може захистити трифазний асинхронний двигун від роботи в однофазному режимі.

Теплові реле призначені:

1. Для перетворення теплової енергії в механічне переміщення, яке і використовується для руху виконавчих елементів.

2. Для безпосереднього впливу теплової енергії на зміну електричних чи магнітних характеристик: $p = f(\theta^\circ)$ $\zeta = f(\theta^\circ)$ $\mu = f(\theta^\circ)$. Теплові реле, які побудовані за принципом перетворення теплової дії в механічне переміщення, використовують властивості різних лінійних коефіцієнтів розширення металів. Якщо пластини двох металів (біметалева пластинка) жорстко з'єднати і нагріти, то це призведе до того, що пластини зігнуться в сторону матеріалу з меншим температурним коефіцієнтом. Механічне зусилля, що розвивається пластинкою при згинанні, використовується для приведення в дію виконавчого елемента реле-контактів. На рисунку 4.1 а) схематично показана дія біметалевого теплового реле.

За способом нагрівання біметалевої пластинки теплові реле бувають: прямої дії, де нагрівання здійснюється струмом кола, який протікає біметалевою пластинкою 1. (рис. 4.1 б);

непрямої дії, де струм протікає елементом 2, що нагрівається, а теплота від нагрівального елемента передається біметалевій пластинці;

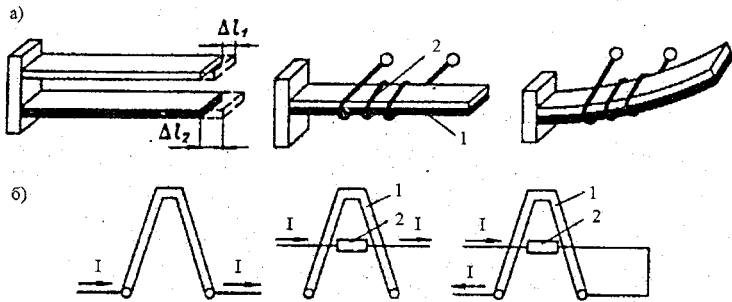


Рисунок 4.1 – Принцип роботи біметалевих реле (а) і способи нагріву пластин (б)

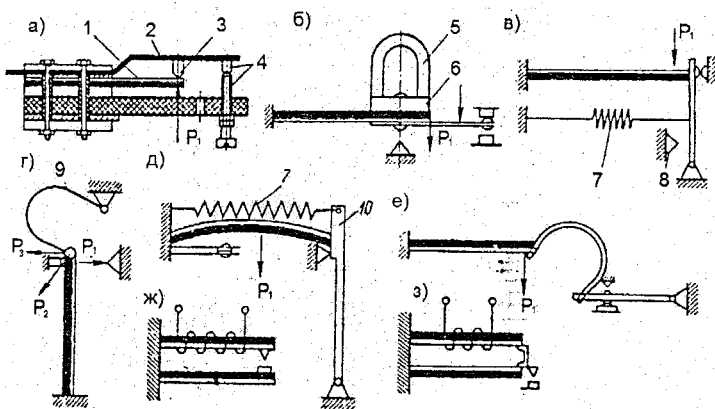


Рисунок 4.2 – Будова біметалевих теплових реле

комбінованої дії де нагрівання біметалевої пластини здійснюється як за допомогою нагрівального елемента, так і безпосередньо струмом, що протікає біметалевою пластиною.

Деякі схеми будови біметалевих теплових реле наведені на рисунку 4.2.

На рисунку 4.2а при нагріванні пластина 1 згинається і діє через ізоляцію штифта 3 на пружинний контактний важіль 2, розмикає контакт 4. Уставка (за часом, за струмом) спрацьовування регулюється висотою нерухомого контакту. Повернення контактів реле здійснюється автоматично при зменшенні нагрівання. Недоліком є уповільнене розмикання контактів, мала швидкість їх руху, несталість контактного натиску.

На рисунку 4.2б усунути недоліки які зображені на рис. 4.2а. В замкнутому положенні натиск контактів створюється невеликим магнітом 5,

який притягує з'єднаний з біметалевою пластиною якір 6. При нагріванні біметалева пластина намагається відірвати якір від магніту. При деякій температурі пластина, у відповідності з уставкою спрацьовування, стрибком перейде замкне інші контакти. Повернення реле відбувається після охолодження пластини. На рисунку 4.2в біметалева пластина служить фіксатором. Вона створює контактний натиск за рахунок пружних властивостей контактної важеля. Для цієї системи відсутній самоповорот. Повернення контактів реле — вручну.

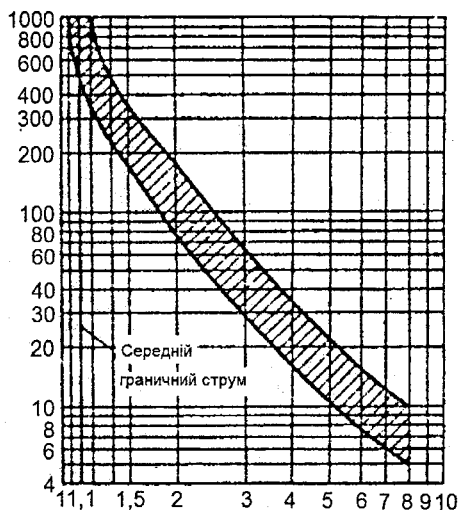


Рисунок 4.3 – Часо-струмова характеристика теплового реле

Біметалеві теплові реле набули широкого розповсюдження як реле захисту електродвигунів (в основному змінного струму) від недопустимого перегрівання при тривалих перевантаженнях. Надійність і ефективність цього захисту досягається при збігу часових характеристик за нагріванням у реле і двигуна. Біметалева пластина повинна для даного струму перевантаження досягати температури спрацьовування за такий час, протягом якого двигун може працювати з перевантаженням. Тому однією із основних характеристик теплового реле є часо-струмова характеристика, яка визначає залежність часу спрацьовування реле від струму, який протікає через нього. Часо-струмові характеристики різних типів реле наведені на рисунку 4.3. Теплові реле бувають прямої і непрямої дії. Теплові реле прямої дії називаються тепловими розчіплювачами. Такі реле вмонтовуються в повітряні автоматичні вимикачі типів АБ-25 та інші.

Теплові реле непрямої дії монтуються в магнітних пускачах. Так теплові реле типу РТ-1÷РТ-4 вмонтовані в магнітні пускачі типу ПМЕ однофазні з змінними елементами. Елементи, що нагріваються, вибираються за номінальним струмом двигуна. При виборі номера нагрівального елемента враховують тип реле і вид вставки закритий (в кожусі) чи відкритий.

Однофазні теплові реле ТРП-60 і ТРП-150 вмонтовуються в магнітні пускачі типу ПА четвертого, п'ятого і шостого габаритів.

Двофазні теплові реле ТРН вмонтовуються в магнітні пускачі типу ПМЕ-100 і ПМЕ-200. Елементи, що нагріваються, і біметалеві пластини розраховані на різні номінальні струми (до 40А) можуть замінюватись.

Температурний компенсатор виготовлений з біметалу із зворотним вигином відносно до термоелемента. При усталеній температурі між компенсатором і фіксатором встановлюється заданий зазор, величину якого змінюють шляхом повороту регулятора. Кожна поділлка регулятора уставки відповідає 5% величини номінального струму нагрівального елемента.

Для положення „0” регулятора струм уставки дорівнює номінальному струму нагрівального елемента. В положенні „-5” регулятора струм уставки зменшиться на 25%, а в положенні „+5” збільшиться на 25% відносно до номінального струму нагрівального елемента (температура навколишнього середовища +35° С).

В автоматичних повітряних вимикачах серії АП-50-3Т і АК-50-3МТ, в яких вмонтований тепловий захист є три теплових розчіплювачі прямої дії, біметалеві елементи яких, безпосередньо діють на вимикальну рейку механізму розчеплення контакту.

Нагрівання біметалевих елементів комбіноване. Уставку струму спрацьовування теплового розчіплювача змінюють поворотом важеля уставки. При переміщенні важеля вниз уставка зменшується. Верхнє положення важеля відповідає номінальному струму розчіплювача, нижнє – струму зменшеному на 37,5%.

Автоматичні повітряні вимикачі захищають електроустановки при КЗ і перевантаженнях. Вони також служать для оперативних вмикань і вимикань цих установок. В установках трифазного змінного струму застосовуються триполюсні, а в установках постійного струму – двополюсні та однополюсні автомати. Двополюсні автомати використовуються також для захисту кіл керування змінного струму.

Схема однополюсного автомата зображена на рисунку 4.4.

Автомат зображений в увімкненому стані. В захисне коло із струмом I після головних контактів 1 автомата ввімкнені два реле прямої дії – теплове і максимальне струмове, які відповідно називаються тепловим та електромагнітним розчіплювачами автомата (разом їх називають комбінованим розчіплювачем).

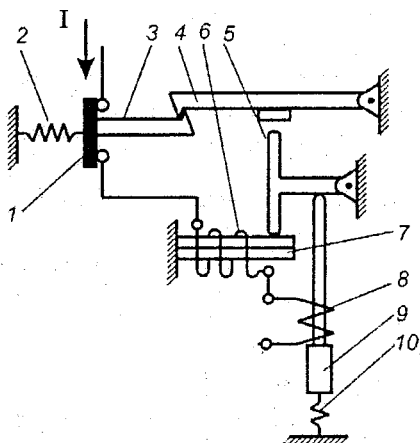


Рисунок 4.4 – Схеми реле прямої дії теплового і максимального струмового захисту

При спрацьовуванні електромагнітного розчіплювача (при струмах КЗ), коли його осердя 9 втягується в котушку 8 або теплового розчіплювача (при струмах перевантаження), коли вільний кінець біметалевої пластини 7 під дією температури нагрівача 6 вигнеться вгору, повертається важіль 5 і піднімає фіксатор 4. Звільняється ричаг 3 і під дією пружини вимикання 2 контакти автомата розмикаються. Для ефективного гасіння дуги контакти автомата розміщені в дугогасильній камері.

Автомат вмикається і вимикається вручну, кнопкою або рукояткою. Всі автомати мають механізм вільного розчеплення, який забезпечує автоматичне вимкнення автомата для аварійного режиму захисного кола, навіть якщо його кнопку чи рукоятку утримувати у ввімкненому стані. Дво- і триполюсні автомати мають розчіплювачі в кожному полюсі і вимкнуть одночасно всі кола при спрацьовуванні будь-якого з розчіплювачів. Часто в автоматах застосовують теплові розчіплювачі без нагрівачів (струм пропускається безпосередньо через біметалеву пластину). В малопотужних автоматах такий розчіплювач вмикає схему і при КЗ, а електромагнітний розчіплювач відсутній.

Індукційно-теплове реле (рис 4.5) складається з магнітопроводу 6 з осердям 4, на якому розміщена короткозамкнена біметалева спіраль 5. На спіраль і осердя надіта котушка 3, яка ввімкнена в коло захисного об'єкта. При протіканні струму котушкою біметалева спіраль нагрівається, розширюється і намагається розкрутитися та своїм вільним кінцем 1 діє на контакт 2.

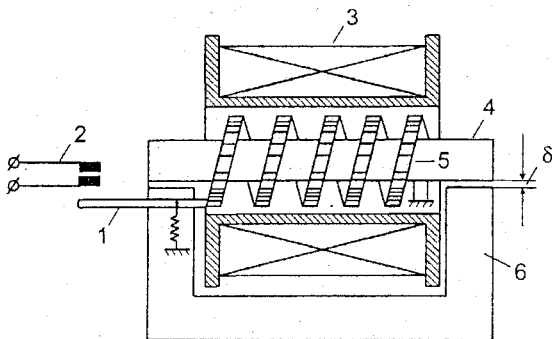


Рисунок 4.5 – Індукційно-теплове реле

Пристрої температурного захисту двигунів реагують безпосередньо на перевищення допустимих температур обмоток, магнітопроводу, підшипників двигуна. Як чутливий елемент температурного захисту використовується терморезистор, тобто напівпровідниковий резистор, опір якого при зовнішньому нагріві до певної температури стрибкоподібно падає.

На рисунку 4.6 зображена найпростіша схема, яка пояснює принцип дії пристрою температурного захисту. Три терморезистора, що закладені в обмотку статора двигуна, з'єднані паралельно і ввімкнені в коло котушки малопотужного реле КУ постійного струму. Це коло живиться від трансформатора TV через діод VD. При номінальній температурі обмоток опори резисторів великі і реле КУ не увімкнене. Якщо температура обмотки в будь-якій фазі перевищує допустиму, опір відповідного терморезистора швидко зменшується, що викликає спрацювання реле КУ і вимкнення двигуна. Промисловістю випускаються вбудовані пристрої, для температурного захисту типу УВТЗ-1, які також використовують ефект збільшення опору сенсорів при підвищенні температури обмоток двигуна.

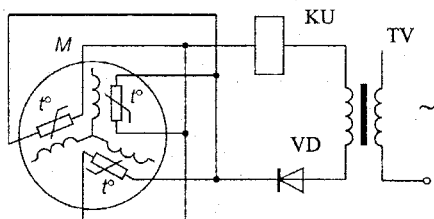


Рисунок 4.6 – Схема температурного захисту двигуна

Захист двигунів від перегріву, який викликаний перевантаженням за струмом, здійснюється: для тривалого режиму роботи – за допомогою

двох теплових реле (рис. 4.7) або автоматів з тепловим розчіплювачем (двигун постійного струму захищений одним тепловим реле); для повторно-короткочасного режиму роботи – за допомогою трьох максимальних струмових реле КА1, КА2 та КА3 (рис. 4.8). Застосування для захисту асинхронних двигунів двох теплових або максимальних струмових реле дозволяє одночасно забезпечити захист двигуна від роботи в режимі двох фаз. Реле часу КТ вводиться в схему, яка зображена на рисунку 4.9 для того, щоб реле КА1 та КА2 не вимикали двигун при пуску. Під час пуску контакт реле КТ шунтує розмикаючі контакти КА1 та КА2. Реле КА3 в цій схемі служить для захисту при КЗ.

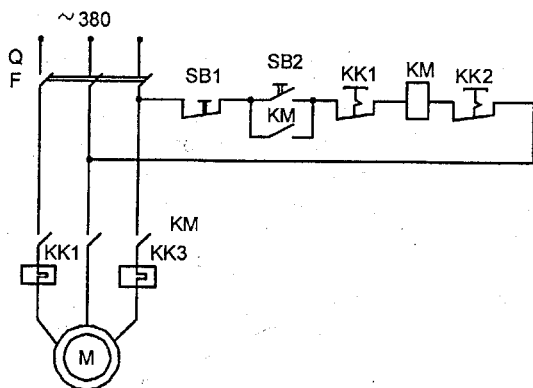


Рисунок 4.7 – Принципова схема магнітного пускача

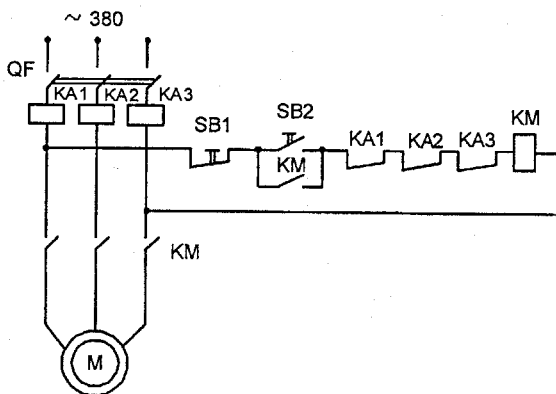


Рисунок 4.8 – Принципова схема захисту асинхронного двигуна максимальними струмовими реле

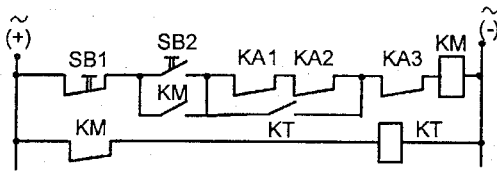


Рисунок 4.9 – Принципова схема з блокуванням струмових реле під час пуску двигуна

Номінальний струм елемента, який нагрівається, теплового реле $I_{НАГР.НОМ}$ або струм теплового розчіплювача автомата $I_{РОЗЧ.НОМ}$ вибирається за умовою:

$$I_{НАГР.НОМ} = I_{РОЗЧ.НОМ} \approx I_{ДВ.НОМ}$$

Струм уставки максимальних струмових реле $I_{3\phi} < I_{уст} < I_{2\phi}$, де $I_{3\phi}$ і $I_{2\phi}$ – струми двигуна відповідно при роботі в режимі трьох та двох фаз.

4.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

Перед виконанням лабораторної роботи студентам видається перелік апаратів захисту, які повинні бути досліджені у відповідності з програмою роботи. Всі вони розміщені на лабораторному стенді.

Студенти повинні ознайомитись з типом, принципом дії і характеристиками досліджуваних пристроїв. Перед виконанням кожного дослідження студенти вивчають схему дослідної установки, дають її на перевірку викладачу, а потім вже збирають її на стенді.

На лабораторному стенді є джерело змінної напруги з лінійною напругою між клемами 380 В з фазною напругою 220 В між клемою А, В, С і нулем, виведеними на панель. Напруга подається вмиканням ввідного автомата і кнопки „Пуск” (розташовані в лівому верхньому кутку стенда). Знімається напруга вимиканням ввідного автомата.

Досліджувані апарати захисту встановлені на зовнішній панелі стенда. Виводи котушки і контактів апаратів приєднані до клем, що розташовані на передній панелі біля апарату і позначені згідно з ГОСТом.

Як джерело регульованої напруги використовується автотрансформатор з первинною напругою $U_1 = 220$ В, вторинною $U_2 = 0 + 250$ В і струмом навантаження до 8 А.

Регульоване джерело струму для випробування струмового чи теплового захисту отримують при вмиканні на вихід автотрансформатора однофазного знижувального трансформатора 220/24 В зі струмом навантаження на низькій стороні до 50 А.

Необхідні вимірювальні прилади розташовані в верхній частині лабораторного стенда і підбираються студентами самостійно в залежності від

досліді, що виконується. Вимикачі, що досліджуються в схемах, розташовані в нижній частині стенда.

Для охолодження нагрівних елементів теплових реле і автоматів на зворотній стороні панелі встановлений вентилятор з виведеним на лицьову панель вимикачем.

Дослідження захисних характеристик теплових реле і теплових розчіплювачів вимагає більших затрат часу. Необхідно визначити час спрацьовування реле для заданого струму перевантаження після досягнення встановленої температури для нагрівання його номінальним струмом.

При дослідженні теплових реле в навчальних цілях для зменшення часу досліджень рекомендується така методика.

В процесі випробування теплового реле його початковий тепловий стан повинен бути однаковим у всіх дослідах. Досліди простіше виконувати якщо початковий стан прийняти холодним, тобто температура біметалевої пластини дорівнює температурі оточуючого середовища. Щоб довести температуру біметалевої пластини досліджуваного реле до температури оточуючого середовища її охолоджують потоком повітря від вентилятора.

Нагрівний елемент реле повинен отримувати живлення від регульованого джерела зниженої напруги, наприклад від трансформатора 220/24, що живиться від регулятора напруги типу РНО чи ЛАТРа.

В мережу живлення нагрівного елемента вмикається амперметр з межою вимірювання 50 А. Паралельно нагрівному елементу потрібно вмикати шунтуючий вимикач (див. вступ рис. 26).

Дослідження захисних характеристик теплового реле $t = f\left(\frac{I}{I_{НОМ.Е.}}\right)$

виконують таким чином: зашунтувавши нагрівний елемент (при закритій кришці реле) ЛАТРОм встановлюють необхідний струм (1,5; 2,0; 2,5; 3,5; 4,0 А). Після цього одночасно запускають секундомір і розшунтовують нагрівний елемент. Струм через реле повинен бути одразу відновлений до початкового значення. Його потрібно підтримувати протягом досліду сталим. Після спрацьовування реле визначають час спрацьовування і одразу зменшують струм в нагрівному елементі до нуля, шунтують його вимикачем, відкривають кришку реле і потоком повітря від вентилятора охолоджують 2-3 хв. Дані записують до таблиці 1.

Дослідження захисних характеристик автоматичного вимикача виконують аналогічно. Рекомендується чередувати досліди з тепловими реле та автоматичними вимикачами чи іншими тепловими реле. За даними дослідів будують залежності $t = f\left(\frac{I}{I_{НОМ.Е.}}\right)$ і $t = f\left(\frac{I}{I_{НОМ.Т.Р.}}\right)$, де $I_{НОМ.Е.}$ –

струм на нагрівання теплового розчіплювача, $I_{НОМ.Е.}$ – номінальний струм нагрівного елемента, I – струм, що протікає нагрівним елементом під час досліду.

4.3 Програма роботи

1. Вивчити будову та принцип дії теплових реле ТРН-32, РТ-1, регулювання струму уставки цих реле, звернути увагу на те, що реле не спрацює при довготривалому обтіканні двох полюсів теплового реле струмом уставки і спрацює протягом 20 хвилин після збільшення струму уставки на 20-30 % в залежності від типу теплового реле.

2. Накреслити схему перевірки нагрівального елемента реле ТРН-32. Ознайомитись з пристроєм реле АП-50-3Т, АК-50-3МТ.

3. Дослідити залежності часу спрацювання реле ТРН-32 від кратності струму $t = f\left(\frac{I}{I_{НОМ.Е.}}\right)$ для значень $\frac{I}{I_{НОМ.Е.}}$, що дорівнюють 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5, де I – струм, що протікає в нагрівальному елементі під час досліді. $I_{НОМ.Е.}$ – номінальний струм нагрівального елемента. Дані дослідів занести у таблицю 1.

Таблиця 1 – Дані дослідження теплового реле

Тип нагрівального елемента – ТРН				
Величина струму уставки		Час спрацювання реле		Примітки
1		I_1 –	t_1 –	
2		I_2 –	t_2 –	
3	$I_{НОМ.Е.}$	I_3 –	t_3 –	
4		I_4 –	t_1 –	
5		I_5 –	t_1 –	

4. За даними досліді побудувати графік залежності часу спрацювання від величини струму нагрівання реле і зробити досліді. Ознайомитись з будовою нагрівального реле ТРН-32.

5. Накреслити схему перевірки нагрівальних елементів теплових реле в автоматичному вимикачі типу АП-50 (АК-50).

6. Перевірити час спрацювання теплового реле автомата при двократному перевантаженні.

4.4 Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.
4. Перерахувати види захистів, що застосовуються в електроприводі, пояснити основні вимоги до цих захистів і принципи їх роботи.
5. Навести основні параметри представлених в лабораторній роботі апаратів захисту і дати їх визначення.

6. Навести захисні характеристики досліджуваних теплових реле, автоматів, порівняти їх, провести аналіз і зробити висновки.

7. Зазначити, в яких електричних приводах і з якою метою можна використовувати представлені на лабораторному стенді апарати захисту. Навести схеми вузлів захисту.

8. Навести умови вибору досліджуваних апаратів захисту для конкретних видів електропривода.

9. Висновки по роботі.

4.5 Питання для самоконтролю

1. Призначення і принцип дії теплового реле.

2. Пояснити різницю між тепловими реле прямої та непрямої дії і в яких автоматичних вимикачах вони встановлюються.

3. Як класифікуються теплові реле за способом нагріву біметалевої пластини?

4. Які основні вимоги висуваються до теплового захисту?

5. Однофазні теплові реле ТРП-60, ТРП-150. Будова, принцип дії, в яких пускачах вони використовуються?

6. В яких межах можна регулювати струм уставки теплового реле?

7. Теплові реле ТРН-32. Будова, принцип дії, в яких пускачах вони встановлюються?

8. Температурний компенсатор реле. Межі регулювання і налагодження реле.

9. Теплові розчіплювачі. В яких автоматичних вимикачах вони встановлюються? Будова і принцип дії.

10. Пристрій температурного захисту двигунів. Принцип дії.

11. Накресліть схему з тепловим захистом асинхронного двигуна з КЗ ротором.

12. Накресліть схему захисту асинхронного двигуна з максимальними струмовими реле.

13. Накресліть схему теплового захисту двигуна постійного струму.

14. Як розраховується номінальний струм нагрівального елемента теплового реле?

15. Розкажіть про способи налагодження реле захисту на змінному струмі, що використовується в електроприводах.

5 ДОСЛІДЖЕННЯ І НАЛАГОДЖУВАННЯ ТИПОВИХ СХЕМ НЕРЕВЕРСИВНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИ- ГУНОМ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Мета роботи: вивчити схеми місцевого, дистанційного і автоматичного керування пуском асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. Набути практичного досвіду налагодження схем керування асинхронним двигуном.

5.1 Основні теоретичні відомості

Автоматизація процесів керування електроприводами технологічних механізмів є функцією шляху швидкості, або часу, або тиску, або температури і інших величин, що характеризують технологічний процес. При цьому широко застосовують шляхові вимикачі, реле швидкості, часу і інші сенсори. Основні вузли і схеми з автоматизації складаються на основі дослідження, налагодження і експлуатації електрообладнання.

Керування асинхронними двигунами здійснюється за допомогою кнопкових станцій з магнітними пускачами, контактами або ручними універсальними пускачами і перемикачами, або автоматичними вимикачами і іншими пристроями.

Ручні пускачі. В якості ручних неавтоматичних пускачів використовують спеціальні пускачі, а також пакетні вимикачі і перемикачі. Ручні пускачі призначені для нечастих пусків трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Пускачі бувають нереверсивні і реверсивні. З нереверсивних найчастіше застосовуються пускачі типу ПНВ (пускачі натискні вібростійкі) і автоматичні вимикачі типу АП-50, що випускаються як максимально - струмовими, так і з тепловими розчіплювачами

(АП-50-ЗМТ, АП-50-ЗМ, АП-50-ЗТ). Ці пускачі постачаються і без розчіплювачів (АП-50-З). Їх вибирають за номінальним струмом керованого двигуна. Оскільки такі пускачі спеціально призначені для пуску асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, то вони можуть розривати пускові струми тих двигунів, номінальний струм яких не перевищує номінальний струм пускача.

Як пускові апарати з ручним керуванням застосовуються також пакетні вимикачі ПВ і перемикачі ПП. При виборі пакетних вимикачів потрібно мати на увазі те, що номінальний струм вимикача є також максимальним розривним струмом, і якщо пакетний вимикач призначений для пуску і зупинки асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, він повинен вибиратися за пусковим струмом двигуна.

Пакетні вимикачі і перемикачі призначені для здійснення достатньо складних перемикань одночасно в декількох електричних колах і використовуються для пуску малопотужних асинхронних двигунів. Пакетні вимикачі і перемикачі бувають одно-, дво-, три- і багатополосні.

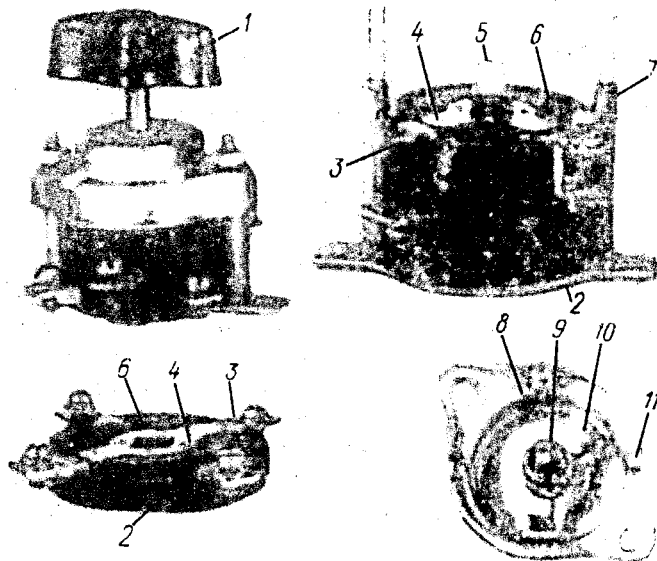


Рисунок 5.1 – Пакетні вимикачі і перемикачі

Вимикач (рисунок 5.1) складається із набору кілець пакетів 2 із ізолюючого матеріалу, всередині полюсів яких розташований окремо для кожного полюса контактний пристрій. Контактний пристрій має нерухомі контакти 3, що закріплені в кільці-пакеті і рухомий ніж 4, що повертається за допомогою рукоятки на 90° або 120° . Всі ножі приводяться в рух вертикальним валиком 5 за допомогою рукоятки 1. Пакети стягуються разом за допомогою стягуючих шпильок 7. Розміщені на кришці 8 пружинна шайба, упор 10, пружина 9 і фіксуючі виступи 11 утворюють механізм миттєвого перемикання і служать для фіксації положення рукоятки. Контактна система кожного полюсу (секції) створює два розриви. Дуга гаситься в закритій камері, яка створена між пакетами і дугогасильними газогенеруючими шайбами 6. Секції полюсів багатополосних вимикачів відрізняються лише розміщенням нерухомих контактів в пазах ізоляційних кілець, а в перемикачах – конфігурацією рухомих контактів.

Пакетні вимикачі і перемикачі серії ПВ і ПМ випускаються одно-, дво- і триполосними з числом шайб до семи, на номінальні струми від 10

до 400 А постійного струму при напрузі 220 В і від 63 до 250 А змінного струму при напрузі 380 В. Найбільша частота вмикань в годину – 300.

Магнітні пускачі. У напівавтоматичних і автоматичних схемах керування асинхронними двигунами застосовують контактори і магнітні пускачі. Магнітним пускачем називається пристрій, призначений для дистанційного чи автоматичного пуску і зупинки трифазних асинхронних двигунів. Магнітні пускачі бувають нереверсивними і реверсивними з вмонтованим тепловим реле і без них. За конструктивним виконанням вони бувають відкриті, захищені, пиловодонепроникні і вибугозахищені. Апарати їх керування – кнопки, універсальні перемикачі, командоконтролери і реле керування.

Магнітний пускач може здійснювати нульовий захист і, при наявності теплового реле, захист від незначних, але тривалих перенавантажень.

Магнітні пускачі відрізняються від контакторів тим, що мають, як правило, зібрану внутрішню схему, тоді як контактори постачаються завжди з відкритою схемою. Тому, перш ніж увімкнути магнітний пускач, необхідно ознайомитись з його внутрішньою схемою, а потім приєднати зовнішні провідники (від мережі до двигуна, до кнопки керування).

Магнітні пускачі не призначені для розривання струмів КЗ, тому в колі живлення двигуна повинні бути апарати, що захищають від КЗ, автоматичні вимикачі з максимально-струмовими розчіплювачами чи плавкі запобіжники. Номінальний струм плавких вставок для електродвигуна з короткозамкненим ротором визначається за формулою:

$$I_{\text{НОМ.ВСТ.}} = \frac{I_{\text{ПУСК}}}{\alpha} = \frac{KI_{\text{НОМ.}}}{\alpha},$$

де $I_{\text{ПУСК}}$ – пусковий струм двигуна;

$\alpha = 1,8 \dots 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від умов пуску: для нормальних умовах пуску (час пуску не перевищує 5 с) $\alpha = 2,5$; K – кратність пускового струму двигуна;

$I_{\text{НОМ.}}$ – номінальний струм двигуна.

Перед увімкненням магнітних пускачів окремі їх вузли (контактор і теплове реле) оглядають і регулюють за методикою, що була описана в лабораторних роботах №1 та 2 даного навчального посібника.

Перевіряють відповідність номінального струму чи потужності двигуна номінальним даним пускача, відповідність напруги стягуючої котушки напрузі кола керування.

5.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

Лабораторний стенд складається з двох панелей: бокової і передньої. Бокова панель – це демонстраційний стенд, на якому встановлені

апарати, що використовуються у роботі для детального ознайомлення з їх будовою і принципом дії, паспортними даними.

Аналогічні апарати встановлені і на передній панелі, на клеми якої виведені контакти і котушки апаратів ручного керування. Тип кожного апарату вказується в таблиці або на панелі поруч з його елементами. Збираючи схему, студент повинен сам вибрати на стенді потрібні йому апарати у відповідності з програмою досліджень.

В роботі рекомендується збирати спочатку силові схеми, а потім схеми керування по вузлах. Після перевірки і налагодження схеми вмикається двигун. На лабораторний стенд при ввімкненні ввідного автомата і магнітного пускача з кнопками керування, розташованими поруч з автоматами, подається лінійна напруга 380В. Керування двигунами здійснюється за допомогою апаратів, які розташовані на передній панелі стенда. Напруга зі стенда знімається вимкненням ввідного автомата.

Приклад схеми нереверсивного керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного пускача ПМЕ-211 зображена на рис. 5.2.

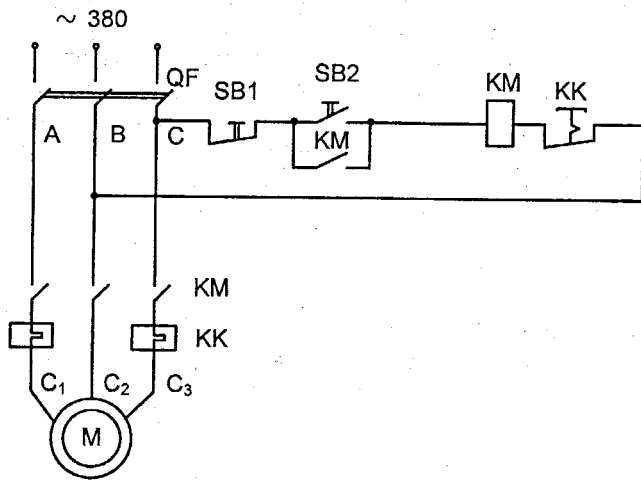


Рисунок 5.2 – Схема керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного пускача ПМЕ

Найпростіші схеми нереверсивного керування асинхронним електродвигуном за допомогою магнітного контактора зображені на рис. 5.3.

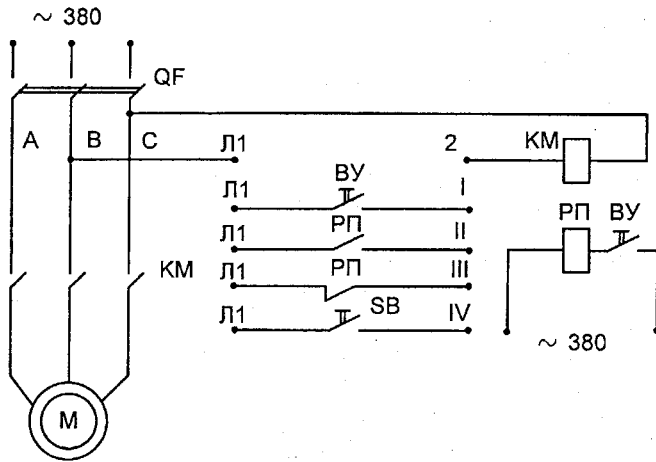


Рисунок 5.3 – Схеми керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного контактора

5.3 Програма роботи

1. Вивчити будову, принцип дії, особливості роботи і вибору апаратів для ручного керування асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором: кнопок (кнопкових станцій), пускачів ПНВ, пакетних вимикачів і перемикачів ПВ, ПМ, ПП, кнопкових вимикачів КА-73А, автоматичних вимикачів типу АП-50, АК-50-ЗМТ та магнітних пускачів типу ПМЕ, ПА.

2. Ознайомитись з пристроєм і внутрішньою схемою магнітних пускачів серії ПМЕ, ПА, автоматичних вимикачів АК-50 і АП-50. Вказати для керування якими двигунами (за струмом і потужністю) призначені ці пускачі (з врахуванням встановлених теплових реле і без них).

3. Розробити, накреслити, зібрати і випробувати схеми керування асинхронними електродвигунами з короткозамкненим ротором для таких випадків:

а) нереверсивний пуск і зупинка за допомогою магнітного пускача типу ПМЕ (рисунок 5.2);

б) найпростіші схеми за допомогою вмикаючого пристрою ВУ і контактора КМ (вар. I) (рисунок 5.3);

в) автоматичний пуск за допомогою проміжного реле РП (вар. II і III) (рисунок 5.3);

г) поштовховий пуск двигуна (вар. IV) (рисунок 5.3);

д) пуск двигуна з двох точок (накреслити схеми самостійно);

е) пуск двигуна за допомогою перемикача ПВ або ПМ (самостійно).

5.4 Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.
4. Навести паспортні дані досліджуваних апаратів ручного керування, вказати функціональне призначення, їх принцип роботи, порядок вибору.
5. Проаналізувати особливості керування асинхронним двигуном при використанні ручних пускачів, пакетних вимикачів і перемикачів, автоматичних вимикачів і пакетно-кулачкових вимикачів.
6. Проаналізувати особливості керування асинхронним двигуном при застосуванні магнітних пускачів.
7. Навести схеми керування асинхронними двигунами з поясненням їх роботи.
8. Зробити висновки по роботі.

5.5 Питання для самоконтролю

1. Призначення і будова кнопок керування (кнопових станцій).
2. Будова і призначення магнітного пускача ПМЕ-211.
3. Будова і призначення перемикача типу ПВ.
4. Будова і призначення пускача типу ПНВ.
5. Яким чином захищається електродвигун від струмів КЗ?
6. Яким чином захищається електродвигун від перевантажень?
7. Накреслити схему дистанційного керування асинхронним двигуном з двох місць з системою сигналізації і контролю.
8. Накреслити схему керування асинхронним двигуном із захистом від струмів КЗ від струмових реле.
9. Накреслити схему керування асинхронним двигуном за допомогою силового контролера чи іншого перемикального пристрою.
10. Накреслити схему керування асинхронним двигуном із захистом силових кіл і кіл керування плавкими запобіжниками.

6 ДОСЛІДЖЕННЯ І НАЛАГОДЖУВАННЯ ТИПОВИХ СХЕМ КЕРУВАННЯ ПУСКОМ І РЕВЕРСОМ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Мета роботи: вивчити схеми місцевого, дистанційного і автоматичного керування пуском і реверсом асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

6.1 Основні теоретичні відомості

Для керування трифазними електродвигунами з короткозамкненим ротором часто використовують пакетно-кулачкові перемикачі ПКТ і ПКУ. Вони здійснюють пуск і зупинку двигуна для нереверсивного і реверсивного керування, переключення обмоток багатшвидкісних електродвигунів. Вони надійно комутують не тільки номінальні, але й пускові струми двигунів. Тому пакетно-кулачкові перемикачі вибирають за номінальним струмом асинхронного електродвигуна.

Пакетні вимикачі. Пакетні вимикачі та перемикачі – це компактні електричні апарати, які призначені для досить складних перемикачів і декількох електричних кіл. Такі вимикачі складаються з декількох нерухомих кілець – пакетів, які виготовляються з ізолюваного матеріалу. В середині кожного кільця розташований комутуючий пристрій, який з'єднаний зі спільним валом, що приводиться в дію рукою. Пакетні вимикачі виготовляються на номінальні струми від декількох десятків до декількох ампер.

Загальний вигляд пакетного вимикача кулачкового типу представлений на рис. 6.1.

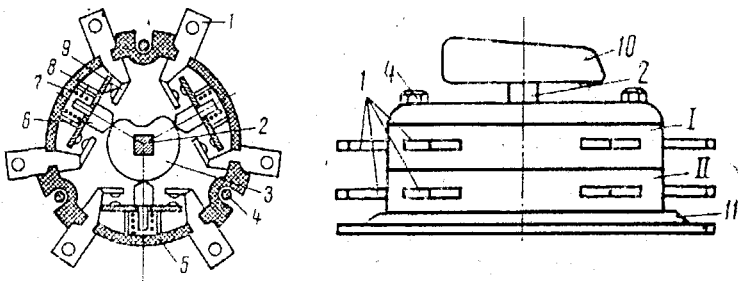


Рисунок 6.1 – Пакетний вимикач

Два пакети I та II, всередині яких розташовані по три полюси контактних систем укріплених на основі II за допомогою деталей 4. На загаль-

ному валу 2 поставлені фігурні кулачки 3 (по одному на пакет), які через штоки 6 діють на контактні мостики 8. Контакти 8 – 9 розмикаються, якщо виступ кулачка 3 знаходить на штоку 6. Коли цей виступ потрапляє у впадину кулачка контакти замикаються під дією пружин 7. Оберт вала здійснюється рукояткою 10. Зовнішня мережа приєднується до виводів 1. Герметизований корпус 5 виготовлений з ізоляційного матеріалу.

В пакетних вимикачах звичайного типу рухомі контакти розташовуються на валу та з'єднуються з ним через спеціальний моментний пристрій, що забезпечує постійну швидкість вмикання і вимикання контактів незалежно від швидкості обертання рукоятки.

Пакетні вимикачі – апарати закритого типу. Дуга виникає та згасає в обмеженому об'ємі

Приклад будови *пакетно-кулачкового перемикача* для керування трифазним асинхронним електродвигуном показаний на рис. 6.2. Кулачки трьох пакетів насаджені на один валик. Валик фіксатором фіксується в трьох положеннях (вліво 45°, нульове, вправо 45°). Діаграма замикання контактів показана на рис. 6.2.

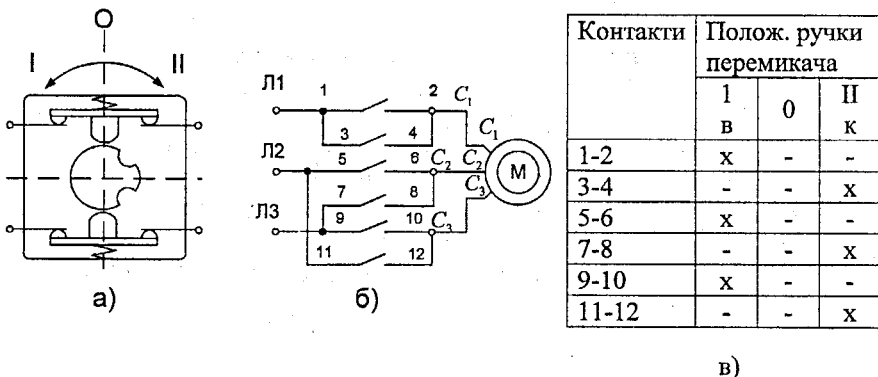


Рисунок 6.2 – Пакетно-кулачковий перемикач

У нульовому положенні ручки перемикача всі контакти розімкнуті, двигун вимкнений. При повороті ручки вліво (положення I) замикаються контакти 1-2, 5-6, 9-10, що увімкнуть двигун при прямому чергуванні фаз (Л1-С1, Л2-С2, Л3-С3).

При повороті ручки вправо (положення II) замикаються контакти 3-4, 7-8, 11-12, що увімкнуть двигун при зворотному чергуванні фаз (Л1-С1, Л2-С3, Л3-С2).

Оскільки діаграми замикання контактів можуть відрізнитись, перед складанням схеми необхідно мати паспортну діаграму ввімкнень для даного апарату чи встановити її дослідним шляхом, перевіряючи стан контактів для різних положень ручки перемикача.

го апарату чи встановити її дослідним шляхом, перевіряючи стан контактів для різних положень ручки перемикача.

Магнітні пускачі бувають переверсивні і реверсивні з вмонтованим тепловим реле і без них. За конструктивним виконанням вони бувають відкриті, захищені, пилеводостійкі і вибухозахищені. Органи їх керування – кнопки, універсальні перемикачі, командоконтролери і реле керування.

Магнітний пускач може здійснювати нульовий захист і за наявності теплового реле захист від невеликих, але тривалих перевантажень.

Магнітні пускачі не призначені для розривання струмів КЗ, тому в колі живлення двигуна повинні бути апарати, що захищають від КЗ, автоматичні вимикачі з максимально-струмовими реле або плавкі запобіжники. Номінальний струм плавких вставок для електродвигуна з короткозамкненим ротором визначається за формулою:

$$I_{\text{НОМ.пл}} = \frac{I_{\text{ПУСК}}}{\alpha} = \frac{KI_{\text{НОМ}}}{\alpha},$$

де $I_{\text{ПУСК}}$ – пусковий струм двигуна,

$\alpha = 1,8 \dots 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від умов пуску: при нормальних умовах пуску (час пуску не більше 5 с) $\alpha = 2,5$; K – кратність пускового струму двигуна;

$I_{\text{НОМ}}$ – номінальний струм двигуна.

Перед вмиканням магнітних пускачів окремі їх вузли (контактор і теплове реле) оглядають і регулюють за методикою, що була описана в лабораторних роботах № 1 і 2 даного навчального посібника.

Перевіряють відповідність номінального струму чи потужності двигуна номінальним даним пускача, відповідність напруги втягуючої котушки напрузі кола керування.

Шляхові вимикачі призначені для вмикання і вимикання кіл керування електричних приводів в функції шляху і спрацьовують під дією рухомих частин механізмів. Вони використовуються для автоматичного керування механізмами і аварійними обмежувачами руху в колах з напругою до 500В. Шляхові вимикачі, що здійснюють комутації тільки в певних кінцевих точках шляху, називають кінцевими вимикачами. Шляхові вимикачі здійснюють перемикання в усіх передбачених точках шляху механізму.

Суттєвої різниці в конструкціях шляхових і кінцевих вимикачів немає, вони можуть виконувати функцію того і іншого.

За конструктивним виконанням шляхові вимикачі бувають натискними (кнопковими), важільними, шпиндельними і обертовими. Перші три конструкції застосовуються переважно як кінцеві вимикачі, а четверта конструкція – як шляхові вимикачі.

Вимикачі серії ВК (рис. 6.3) поділяються на вимикачі безмоментного вимкнення і вимикачі моментної дії. Вимикачі безмоментної дії використовуються при швидкості рухомих частин механізму не менше 0,4 м/сек,

ктів через значну тривалість дуги на контактах. В цій конструкції виникаюча швидкість вимикання залежить від швидкості руху механізму.

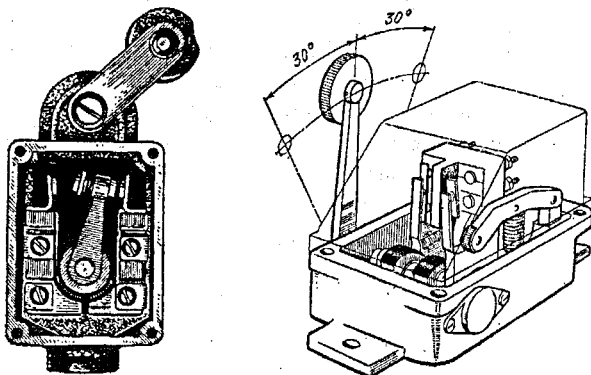


Рисунок 6.3 – Шляхові вимикачі

В вимикачах моментної дії швидкість розмикання не залежить від швидкості переміщення рухомих частин механізму. Час спрацьовування контактів біля 0,1 сек.

Вимикачі серії ВК мають самоповернення контактів в початкове положення після припинення натиску на валик чи ролик вимикача.

6.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

На лабораторному стенді схематично показати апарати до клем яких необхідно під'єднати провідники. Збираючи схему, студент повинен сам вибрати на стенді необхідний йому апарат у відповідності з програмою досліджень, намалювати схему керування, узгодити її з керівником і самостійно зібрати і налагодити схему. При збиранні і налагоджуванні схем керування рекомендується спочатку зібрати послідовні кола, а потім паралельні силові кола і кола керування. Лінійна напруга на стенд подається при вмиканні ввідного автомата і магнітного пускача із кнопкою „Пуск”. Знімається напруга зі стенда кнопкою „Стоп” і вимкненням ввідного автомата.

Розглянемо керування *дводвигунним приводом* з визначеною послідовністю вмикання. При керуванні, наприклад, двома транспортерами (рис. 6.4) необхідно вмикати двигуни у визначеній послідовності. Для запобігання завалу вантажем транспортера 1Т необхідно ввімкнути спочатку транспортер 1Т, потім 2Т.

Для здійснення необхідного блокування між двома приводами вмикають допоміжний замикаючий контакт КМ1 послідовно в коло котушки КМ2.

Для керування транспортером використовуються п'ять кнопок: SB1 — „Стоп”, SB2 — „Пуск 1”, SB3 — „Стоп 2”, SB4 — „Пуск 2” і КнП — „Поштовх”. Двигун M1 вмикається за звичайною схемою при натисканні кнопки SB2. Двигун M2 можна ввімкнути незалежно від двигуна M1 тільки короткочасно натисканням кнопки КнП. Для тривалої роботи двигун M2 можна ввімкнути тільки після того, як ввімкнеться двигун M1. Після запуску двигуна M1 натисканням кнопки SB4 вмикається контактор KM2 головними контактами якого запускається двигун M2, а замикаючий допоміжний контакт зашунтує кнопку SB4. Зупинка двох двигунів привода відбувається при натисненні кнопки SB1. Якщо спрацює теплове реле двигуна M1 (КК1), пускач KM1 вимкне обидва двигуни — M1 і M2. При натисненні SB3 (Стоп 2) вимкнеться двигун M2.

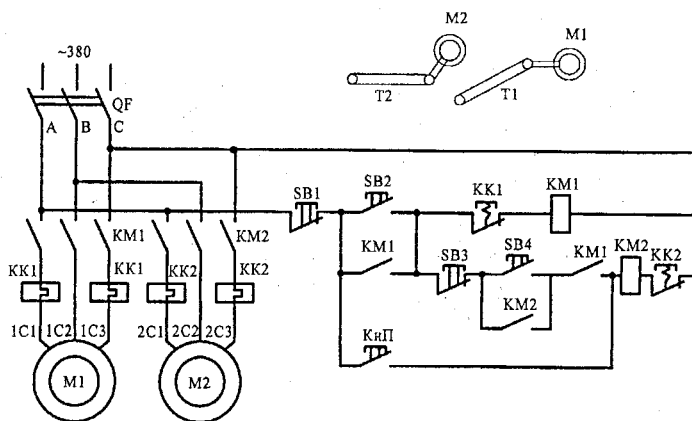


Рисунок 6.4 — Схема керування дводвигунним приводом з визначеною послідовністю включення

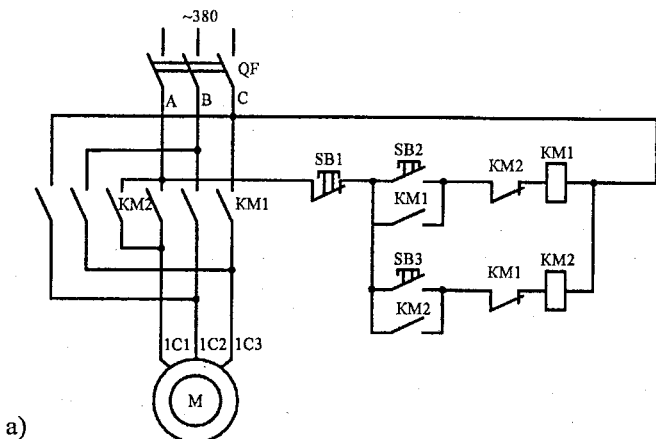
Керування реверсивним асинхронним двигуном. Для реверсивного керування асинхронним двигуном потрібно два нереверсивних чи один спеціальний реверсивний пускач. Реверсивне керування здійснюється за схемами, зображеними на рис. 6.5 а, б, в.

Для реверсивної роботи двигуна два пускача (чи контактора) вмикають так, щоб кожний з них вмикав статор двигуна для свого напрямку обертання. Схема керування складається з котушок двох пускачів KM1 і KM2 і кнопки SB1 „Стоп”, SB2 (пуск вперед) і SB3 (пуск назад).

У схемі реверсивного керування обов'язково повинні бути блокування, що виключають одночасне ввімкнення двох пускачів KM1 і KM2, що може призвести до КЗ мережі.

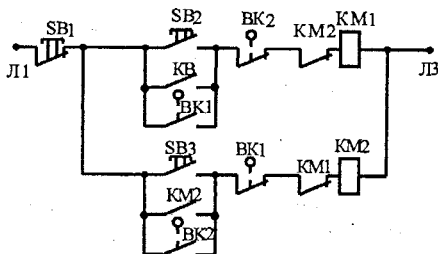
Для запобігання одночасного ввімкнення двох пускатів, керування ними здійснюється через кнопки SB2 і SB3, що мають як замикаючі, так і розмикаючі контакти (рис. 6.5 в). В коло керування кожної котушки включається замикаючий контакт однієї кнопки і розмикаючий контакт іншої. У цьому випадку натиснення одночасно двох кнопок SB2 і SB3 безпечно, оскільки при цьому розривається ланцюг живлення обох котушок.

Наявність тільки блокувальних контактів не виключає можливості вмикання пускатів одночасно. Наприклад, якщо контакти одного пускача приварилися, відключення його котушки не призводить до відключення цього пускача. У той же час іншою кнопкою можна ввімкнути другий пускач і викликати КЗ (рис. 6.5,а).



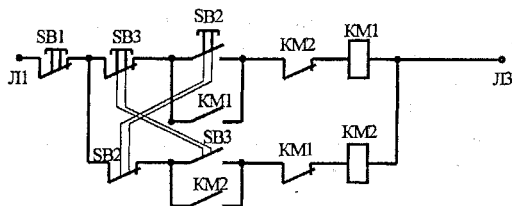
а)

Рисунок 6.5,а – Схема керування реверсом асинхронного двигуна з електричним блокуванням



б)

Рисунок 6.5,б – Схема керування реверсом асинхронного двигуна з кінцевими вимикачами



в)

Рисунок 6.5,в – Схема керування реверсом асинхронного двигуна з механічним блокуванням

Для такого режиму сполучають механічне й електричне блокування двох пускачів. Механічне блокування влаштоване так, що при ввімкненому одному пускачі другий не може замкнути свої головні контакти. Таке блокування зазвичай мають спеціальні реверсивні пускачі. При відсутності механічного блокування (коли використовується два нереверсивних пускачі) у коло живлення котушок пускачів додають „чужі” розмикаючі допоміжні контакти. Коли спрацює один пускач, своїми допоміжними розмикаючими контактами він розмикає коло живлення котушки іншого пускача.

Реверсування двигуна за схемами, показаними на рис. 6.5а,в, можливе як при попередньому вимкненні двигуна кнопкою „Стоп” з наступними включеннями кнопки зворотного ходу, так і при натисненні тільки кнопки зворотного ходу. Якщо необхідно здійснити автоматичне реверсування в залежності від шляху, то в схему (рис. 6.5 б) включають шляхові перемикачі 1ВК і 2ВК.

6.3 Програма роботи

1. Вивчити будову, принцип дії, особливості роботи і вибору апаратів ручного керування для асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором: універсальних перемикачів типу УП 5100, кінцевих і шляхових вимикачів, реверсивних магнітних пускачів, контакторів та пакетно-кулачкових вимикачів типу ПКВ, ПКУ.

2. Ознайомитись з будовою і внутрішньою схемою магнітних реверсивних пускачів і вказати, для яких двигунів за струмом і потужністю призначені ці пускачі з урахуванням вмонтованих теплових реле і без них.

3. Накреслити, зібрати і випробувати схеми керування асинхронними електродвигунами для такого випадку:

а) керування дводвигунним приводом транспортера (двигун М2 може бути запущений тільки після пуску двигуна М1). Випробувати „Поштовх” двигуна М2;

- б) реверсивний пуск і зупинка двигуна. Керування кнопкове. Блокування контакторів пусковими кнопками (механічне) і електричне;
 - в) реверсивний пуск і зупинка двигуна з керуванням від кнопок і автоматичне реверсування за допомогою кінцевих вимикачів;
 - г) реверсивний пуск двигуна з електричним блокуванням контакторів і автоматична зупинка за допомогою кінцевого вимикача;
4. Проаналізувати роботу цих схем і пояснити функціональне призначення вузлів і електричних схем.

6.4 Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.
4. Проаналізувати особливості керування асинхронними двигунами при використанні магнітних пускачів, контакторів, пакетно-кулачкових перемикачів, шляхових і кінцевих вимикачів.
5. Описати будову і принцип керування асинхронним двигуном за допомогою пакетно-кулачкового перемикача.
6. Навести схеми керування для випадків, вказаних в програмі роботи (п.3 а, б, в, г).
7. Проаналізувати роботу цих схем, області їх застосування.
8. Зробити висновки.

6.5 Питання для самоконтролю

1. Призначення і будова пакетно-кулачкового перемикача.
2. Накреслити схему керування за допомогою пакетно-кулачкового перемикача.
3. Призначення та будова кінцевих і шляхових вимикачів.
4. Накреслити схему зупинки асинхронного двигуна за допомогою кінцевого вимикача.
5. Пояснити призначення електричних і механічних блокувань.
6. Накреслити схему керування електродвигуном з електричним блокуванням.
7. Накреслити схему керування асинхронним двигуном з КЗ ротором за допомогою Кн.П. (кнопки „Поштовх”) і пояснити її призначення.
8. Призначення та будова магнітного реверсивного пускача.
9. Накреслити схему керування асинхронним двигуном за допомогою магнітного пускача.

7 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖУВАННЯ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ ГАЛЬМУВАННЯМ (ПРОТИВМИКАННЯМ) АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Мета роботи: вивчення типових схем керування противмиканням короткозамкненого асинхронного двигуна. Виконати складання та налагодження схеми електричного гальмування. Проаналізувати ефективність електричного гальмування в досліджуваному режимі.

7.1 Основні теоретичні відомості

Існують два типи гальмування: механічне і електричне. Механічне гальмування як правило реалізується з електричним керуванням. Електричне гальмування буває трьох видів: рекуперативне (генераторне), динамічне та гальмування противмиканням.

Механічне гальмування з електричним керуванням. Цей вид гальмування виконується механічним гальмом, яке керується тяговим чи гальмівним електромагнітом. Таке гальмування використовується в тих випадках, коли після зупинки двигуна необхідно зафіксувати вал в нерухомому положенні. Для цього застосовуються колодкові чи дискові гальма. Загальмування вала двигуна виконується пружинами чи вантажем, розгальмовування – електромагнітом (однофазним, трифазним чи електрогідравлічним штовхачем). Обмотки електромагніта приєднуються паралельно обмотці статора електродвигуна.

При поданні напруги на електродвигун, отримує живлення також гальмівний електромагніт, який притягує свій якір і розгальмовує вал електродвигуна. При вимкненні електродвигуна від мережі (чи при зникненні напруги в мережі) якір магніту відпадає і вал електродвигуна загальмовується механічним гальмом.

Цей спосіб гальмування є ефективним і використовується у всіх підйомних і транспортних системах. Вибіг ротора є мінімальним.

Гальмування противмиканням. Для реалізації гальмування противмиканням необхідно для двигуна, який обертається, змінити послідовність живлення фаз на статорі. При цьому зміниться напрямок моменту двигуна і він буде загальмовуватись. При частоті обертання ротора, близькій до нуля, необхідно вимкнути статор від мережі, інакше двигун почне обертатися в протилежний бік. Вимкнути двигун від мережі краще автоматично, використовуючи реле контролю частоти обертання.

Принципова схема реле контролю частоти обертання зображена на рис. 7.1.

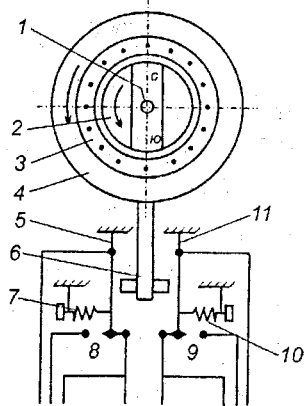


Рисунок 7.1 – Реле контролю швидкості

З валом двигуна чи механізму, частоту якого потрібно контролювати, з'єднано вал сенсора 1, на якому закріплений круглий постійний магніт 2. Навколо тієї ж самої осі може обертатися кільце 4 з короткозамкненою обмоткою 3. При обертанні валу І з магнітом в обмотці 3 індукуються струм та кільце 4 намагається повернутися в сторону обертання валу. До кільця прикріплений штовхач 6, який впирається в підпружинний стояк рухомого контакту 5 чи 11 (в залежності від напрямку обертання). Для певної частоти обертання сила тиску штовхача буде достатньою для перемикавання контакту 8 чи 9. Частота обертання, при якій перемикаються контакти сенсора, регулюється зміною натягу пружини 7 чи 10.

Гальмування противмиканням широко застосовується в електроприводах з асинхронними двигунами для повної зупинки механізму. Оскільки струм асинхронного двигуна в режимі противмикання значно перевищує пусковий, у випадку багатократних гальмувань температура обмоток двигуна може перевищувати допустиму для даного класу ізоляції. Тому необхідно або обмежувати струм в режимі противмикання, або обмежити кількість противмикань двигуна в годину. Для спуску легких та середніх вантажів використовується однофазне гальмування асинхронних двигунів (рис. 7.2,а), для якого дві фази двигуна вмикаються до одної фази мережі, а третя фаза двигуна до другої фази мережі. В коло ротора вмикаються опори. Механічна характеристика однофазного гальмування зображена на рис 7.2,б). Використання однофазного гальмування на механізмах підйомних кранів забезпечує спуск легких та середніх вантажів на зменшеній швидкості, але при цьому значно збільшується струм в найбільш навантаженої фазі двигуна.

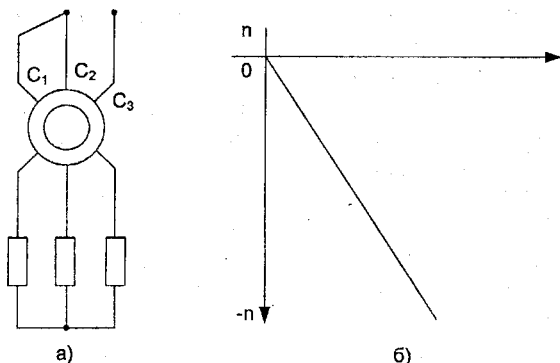


Рисунок 7.2 – а) схема однофазного гальмування асинхронного двигуна; б) механічна характеристика однофазного гальмування АД

7.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

На лабораторному стенді маємо джерело живлення змінної напруги з лінійною напругою 380 В між клемами А, В, С і нулем, які виведені на панель. Напруга подається ввімкненням автомата (QF) та кнопки „Пуск” (розташована у крайньому верхньому кутку стенда і позначається „Ввід”). Напруга знімається зі стенда вимкненням автомата (QF). Елементи автоматизації розташовані за панеллю.

Виводи їх котушок і контактів з’єднані з клемами, які розташовані на зовнішній панелі поряд з апаратом, і позначені згідно з ГОСТом. Контактори, трансформатор і випрямляч розташовані всередині стенду, за зовнішньою частиною панелі, а на зовнішню частину панелі приєднані до відповідних клем і графічно позначені усі елементи цих апаратів.

Пуск та автоматичне гальмування противмиканням асинхронного двигуна виконується за схемою, зображеною на рис. 7.3, в якій використовуються два контактори – лінійний КМ та гальмівний КТ, проміжне реле РП, реле контролю швидкості (частоти обертання) РКС, кнопки „Пуск” SB2 і „Стоп” SB1.

Контактори КМ і КТ ввімкнені за звичайною реверсивною схемою. Захист двигуна виконується автоматичним вимикачем чи запобіжниками і тепловим реле.

Для запуску двигуна натискають кнопку „Пуск”. При цьому спрацює лінійний контактор КМ і під’єднує двигун до мережі. Контактор КМ має два замикаючі і розмикаючі допоміжні контакти. Один замикаючий допоміжний контакт шунтує кнопку „Пуск”, інший готує коло котушки реле РП. При досягненні валом двигуна розрахункової частоти обертання контактори реле контролю швидкості замикаються і реле РП спрацьовує. При цьому один його замикаючий контакт шунтує допоміжний контакт КМ в

колі котушки реле РП, інший контакт реле РП також замикається і готує коло живлення котушки гальмівного контактора КТ. При роботі двигуна котушка контактора КТ не отримує живлення, оскільки розмикаючий допоміжний контакт КМ в колі котушки КТ розімкнений.

При натисненні кнопки „Стоп” контактор КМ вимикається, його розмикаючий допоміжний контакт в колі котушки контактора КТ замикається, контактор КТ спрацьовує і подає на статор двигуна живлення зі зворотною послідовністю фаз. Двигун загальмовується, і при частоті обертання ротора близькій до нуля, реле контролю швидкості розімкне свої контакти, реле РП втратить живлення і вимкне контактор КТ. Гальмування на цьому закінчується.

При використанні кнопок „Пуск” і „Стоп” з механічним блокуванням, схема пуску і гальмування двигуна противмиканням буде відрізнитися від схеми зображеної на рис. 7.3 тим, що в ній відсутнє проміжне реле РП, а кнопки „Пуск” і „Стоп” повинні мати механічне блокування.

7.3 Програма роботи

1. Вивчити будову та принцип дії електромеханічного гальма колодкового типу.

2. Вивчити будову та принцип дії реле контролю частоти обертання.

3. Зібрати схему пуску і гальмування противмиканням асинхронного електродвигуна, випробувати її та ліквідувати виявлені пошкодження.

4. Накреслити схему керування пуском і реверсом асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором за допомогою кнопок „Пуск” і „Стоп” з механічним блокуванням. Порівняти її зі схемою, зображеною на рис. 7.3.

5. Ввімкнути електросекундомір до схеми гальмування противмиканням асинхронного двигуна та заміряти час гальмування.

7.4 Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.

2. Мета роботи.

3. Програма роботи.

4. Зобразити будову колодкового гальма та описати принцип його роботи та регулювання.

5. Описати будову і принцип дії реле контролю швидкості, його призначення.

6. Навести схеми пуску і гальмування противмиканням асинхронного двигуна та його механічні характеристики в цих режимах. Проаналізувати схему для робочої точки на механічній характеристиці.

7. Накреслити схему керування пуском і реверсом асинхронного двигуна з механічним блокуванням кнопок „Пуск” і „Стоп”.

8. Навести схему вмикання електросекундоміра для визначення часу зупинки двигуна для гальмування противмиканням і без гальмування. Проаналізувати принцип роботи схеми.

9. Проаналізувати виконані в роботі способи гальмування.

10. Висновки.

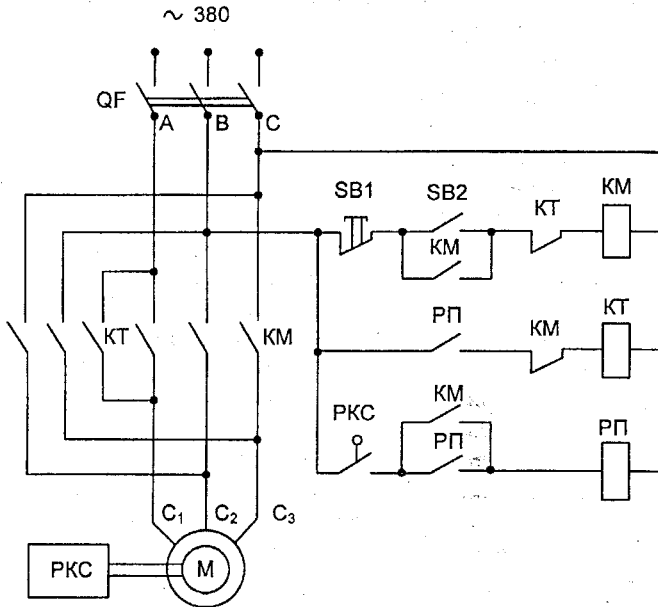


Рисунок 7.3 – Пуск та автоматичне гальмування противмиканням асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

7.5 Питання для самоконтролю

1. Якими способами може бути здійснено гальмування асинхронних двигунів.

2. Пояснити принципи електричного гальмування противмиканням.

3. Пояснити принципи рекуперативного гальмування АД.

4. Назвіть конструкції гальмівних пристроїв фрикційних елементів.

5. Будова і принцип дії електромагнітного гальма колодкового типу.

6. Зобразіть спрощену схему гальмування противмиканням.

7. Зобразіть механічну характеристику для режиму гальмування противмиканням.

8. В яких межах змінюється ковзання в режимі противмикання АД?

9. Наведіть формулу для розрахунку опору противмикання R_p .

10. Чим відрізняється гальмування противмиканням від реверсу?

8 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖУВАННЯ ТИПОВИХ СХЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИМ ГАЛЬМУВАННЯМ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Мета роботи: вивчити типові схеми керування електродинамічним гальмуванням короткозамкнених асинхронних двигунів. Зібрати та налагодити схему електродинамічного гальмування асинхронного двигуна.

8.1 Основні теоретичні відомості

Електродинамічне гальмування асинхронного двигуна з збудженням статора постійним струмом. Гальмування проти-вмиканням виходить різким, що для більшості електроприводів нераціонально. При електродинамічному гальмуванні із збудженням статора постійним струмом гальмівний момент збільшується плавно, максимальний гальмівний момент отримується при малій частоті обертання (20-30 % номінальної).

Для виконання електродинамічного гальмування АД необхідно двигун вимкнути від мережі та подати на статор постійний струм. Найефективніші гальмівні характеристики асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором отримуються при подачі на статор постійного струму, що в 3-4 рази перевищує струм х.х. двигуна. Постійний струм подають або від мережі (якщо є мережа постійного струму), або від випрямляча.

Оскільки постійний струм в обмотках статора двигуна обмежується тільки їх омичним опором, напруга джерела постійного струму має бути значно нижчою номінальної змінної напруги. Після закінчення гальмування, живлення статора постійним струмом повинно вимикатись.

Схема керування електродинамічним гальмуванням асинхронних електродвигунів залежить від джерела постійного струму (мережа постійного струму чи випрямляч) і часу затухання магнітного потоку двигуна після вимкнення статора від мережі змінного струму. В двигунах з фазним ротором (які вмикаються і вимикаються з введенням опору в коло ротора) магнітний потік статора спадає майже миттєво. В двигунах з короткозамкненим ротором магнітний потік спадає повільно (для малих двигунів протягом 1-1,5 с).

Постійний струм для збудження статора двигуна від мережі отримується після вимкнення статора від мережі змінного струму (незалежно від типу ротора двигуна).

При живленні статора АД з короткозамкненим ротором від випрямляча потрібно враховувати, що одразу після вимкнення статора від мережі змінного струму затухаючий в статорі магнітний потік індукуює в його обмотках значну ЕРС, яка може пошкодити випрямляч. Тому подають по-

стійний струм на статор з деякою затримкою часу, достатньою для зниження ЕРС статора.

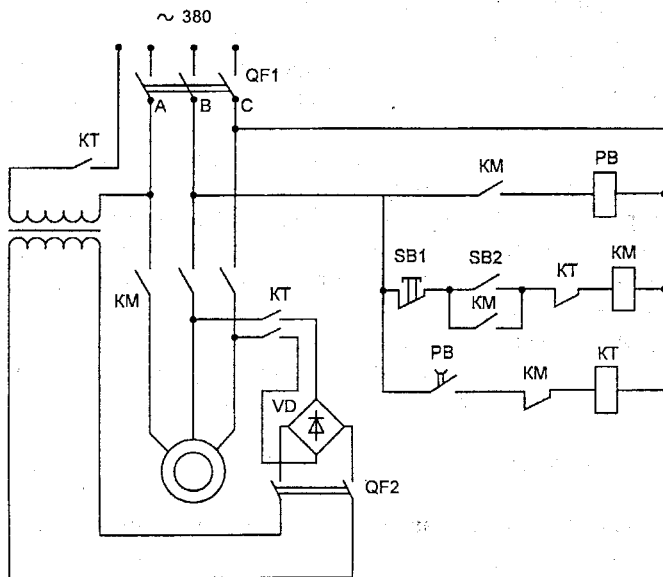


Рисунок 8.1 – Пуск і електродинамічне гальмування асинхронного двигуна з КЗ ротором

8.2 Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи

Пуск і електродинамічне гальмування АД з короткозамкненим ротором виконується за схемою, зображеною на рис. 8.1. В ній використовуються ті ж два контактори – лінійний KM і гальмівний KT. Для керування двигуном використовують кнопки „Стоп” SB1 і „Пуск” SB2. Для керування гальмуванням використовуються реле часу PB. Постійний струм на статор подається від випрямляча VD, який живиться від знижувального трансформатора TV.

Для пуску двигуна автоматом QF1 подають напругу на схему і натискають кнопку „Пуск” SB2. При цьому через контакти KT котушка KM отримує живлення, контактор спрацьовує і вмикає статор двигуна в мережу, а також одним замикаючим контактом вмикає реле PB, другим замикаючим контактор шунтує кнопку SB2, а третім розмикає коло котушки KT.

У такому стані схема знаходиться при роботі електродвигуна. Якщо є необхідність щоб схема забезпечувала електродинамічне гальмування, вмикається автомат QF2.

Для зупинки електродвигуна необхідно натиснути кнопку „Стоп” SB1. При цьому котушка контактора КМ втрачає живлення і статор двигуна відключається від мережі. Замикаючий допоміжний контакт КМ знімає також живлення котушки реле (РВ). Розмикаючий допоміжний контакт КМ у колі котушки контактора КТ замкнеться і подасть живлення на котушку контактора КТ. Контактор КТ спрацює, включиться трансформатор TV в мережу і буде поданий постійний струм від випрямляча на статор двигуна. Ротор двигуна загальмується.

Через деякий час замикаючий контакт реле РВ автоматично розмикається і контактор КТ вимикається, припиняючи подачу постійного струму на статор двигуна. Для усунення перегріву обмотки статора реле РВ має вимкнути контактор КТ через 2-3 секунди після зупинки електродвигуна. Якщо реле часу працює на постійному струмі, то воно вмикається через випрямляч VD, як зображено на рис. 8.1.

Перед виконанням кожного експерименту студенти зображують схему досліджуваної установки та дають на перевірку викладачу, а потім виконують складання та налагоджування схеми.

8.3 Програма роботи

1. Вивчити будову та принцип дії електромеханічних гальм дискового та стрічкового типу.
2. За паспортними даними АД розрахунковим шляхом визначити напругу та потужність джерела постійного струму для електродинамічного гальмування.
3. Зібрати схему пуску і електродинамічного гальмування АД, випробувати її і налагодити.
4. Ввімкнути електросекундомір до схеми електродинамічного гальмування і визначити час зупинки двигуна з електронним гальмуванням і без гальмування.

8.4 Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Програма роботи.
4. Навести схему ввімкнення електросекундоміра для визначення часу зупинки двигуна для електродинамічного гальмування і без гальмування. Описати принцип роботи схеми.
5. Розрахувати потужність і напругу джерела постійного струму для електродинамічного гальмування досліджуваного двигуна.
6. Привести схему пуску і електродинамічного гальмування АД і відповідні кожному режиму механічні характеристики.
7. Висновки.

8.5 Питання для самоконтролю

1. Якими способами можна виконати гальмування АД?
2. Що таке динамічне гальмування АД?
3. Накреслити спрощену схему динамічного гальмування АД.
4. Обґрунтуйте призначення реле часу в режимі динамічного гальмування.
5. Накреслити механічну характеристику для режиму динамічного гальмування.
6. Описати роботу принципової електричної схеми для режиму динамічного гальмування.
7. Поясніть призначення основних вузлів і апаратів керування позначених на схемі.
8. Чому вибирається знижувальний трансформатор напруги для живлення обмоток статора при гальмуванні?

Висновки

В даному навчальному посібнику, який відповідає дисциплінам “Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів”, та “Електричні апарати” розглянуті питання які забезпечують більш глибоке засвоєння теоретичного матеріалу і якісне виконання лабораторних робіт. Для кращого вивчення особливостей роботи типових апаратів та вузлів, достатньо детально розглянути принципи роботи апаратів та елементи схем з яких можуть бути скомбіновані достатньо складні схеми керування типовими електроприводами.

На завершення автори вважають своїм приємним обов'язком висловити подяку студентам: Олендрі О.А. (група ЕПА-01), Крутько І.С., Литвиноку О.О (група ЗЕСЕ-01) та Матяшу О.П. (група ЕПА-03) за допомогу в оформленні посібника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под. ред. Елесеєва В.А. и Шинянского А.В. – М.: Энергоиздат, 1983. – 616 с.
2. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов, Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.
3. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
4. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. – М.: Высшая школа, 1977. – 391 с.
5. Сандлер А.С. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков. – М.: Высшая школа, 1972. – 440 с.
6. Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М., Шинянский А.В. Основы автоматизированного электропривода. – М.: Энергия, 1974. – 568с.
7. Типовой электропривод промышленных установок. / Под общ. ред. С.А. Волотковского. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 312 с.
8. Ушаков П.Н., Бродский М.Г. Краны и лифты промышленных предприятий. Справочник. –М.: Металлургиздат, 1974.-352 с.
9. Ключев В.И. Теория электропривода. –М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704с.
10. Момот В.Ю., Видмиш А.А. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Частина 1. Автоматизований електропривод механізмів безперервної дії: Навчальний посібник.–Вінниця: ВДГУ, 1998. – 129 с.
11. Момот В.Ю., Видмиш А.А. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Частина 2. Автоматизований електропривод механізмів циклічної дії: Навчальний посібник.–Вінниця: ВДГУ, 2000. – 167 с.
12. Красин В.П. Электрические аппараты автоматического управления. –Минск: Вышэйшая школа, 1970. – 302с.
13. Таев И.С. Электрические аппараты управления: Учеб. пособие для электротехнических специальностей. –М.: Высшая школа, 1969. – 444с.
14. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. - Л.: Энергоиздат, 1981. – 304с.
15. Налбандян Д.Б., Мельник Н.И. Методические указания к лабораторному практикуму по курсу «Типовой электропривод промышленных установок». Часть 1. Винница: ВПИ, 1984. – 62с.

Навчальне видання

Андрій Андрійович Видмиш
Олексій Іванович Трошин
Володимир Васильович Богачук

Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів

Частина 1

**Типові апарати та вузли схем
керування електроприводами**

Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено О.І. Трошиним

Редактор О.Д. Скалоцька

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

Підписано до друку 16.09.2005 р. Гарнітура Times New Roman
Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$ Папір офсетний
Друк різнографічний Ум. друк. арк. 4.85
Тираж 75 прим.
Зам. № 2005-157

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