

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора з НР
_____ С.В.Бондаренко
_____ 20__ р.

**Методичне забезпечення
лекційного курсу з дисципліни
Системи керування електропривода
для студентів 3 курсу
спеціальності 5.05070104 "Монтаж та експлуатація
електроустаткування підприємств і цивільних споруд**

Уклав

О.В. Шевченко

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних електротехнічних
дисциплін
Протокол №__ від _____ 20__ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

Лекція №1

ВСТУП. Поняття про електричні схеми, які виконують керуючу дію на двигун і їх апаратна реалізація

Мета: оволодіти визначенням та поняттями про електричні схеми електропривода

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Поняття про електричні схеми
- 2 Структурна та функціональна схема електропривода
- 3 Принципова схема

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

ВСТУП. Поняття про електричні схеми, які виконують керуючу дію на двигун і їх апаратна реалізація

Зображення й позначення елементів електричних схем. Загальні правила виконання схем

Схема – це конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних зображень або позначень складові виробу та зв'язки між цими складовими.

Схеми використовуються на етапах: проектування, виробництво, експлуатація.

Правила виконання й оформлення схем регламентуються держстандартами у частині виконання електричних схем в Україні ще діє комплекс стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Відповідно неї, схеми електричні мають таку класифікацію.

Схема електрична структурна. Позначення документа Е1

На схемі зображають основні функціональні частини виробу, а також основні взаємозв'язки між ними.

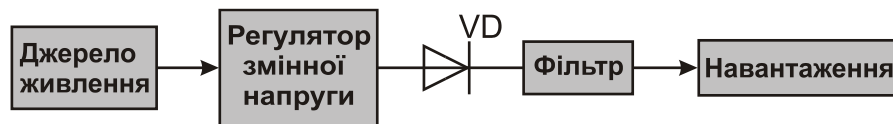


Рисунок1 – Схема електрична структурна.

Функціональні частини на схемі можна зображати у вигляді прямокутників з відповідним підписом кожного функціонального елемента. Допускаються деякі елементи, при цьому подавати у вигляді умовних графічних позначень, а надписи функціональних частин (елементів) виконуються у середині прямокутників.

На рисунку 7.1 подана структурна електрична схема перетворювача змінної напруги у регульовану постійну з некерованим випростувачем VD і регулятором у колі змінного струму.

Тут джерелом живлення є силовий трансформатор, регулятором змінної напруги – РПН трансформатора, а некерований випростувач VD складається з діодів, увімкнених за мостовою або нульовою схемами. Фільтром є згладжувальний дросель, а навантаженням двигуна постійного струму - якірне коло.

Функціональна електрична схема. Позначення документа Е2

Така схема призначена для роз'яснення процесів, що протікають в окремих функціональних колах виробу, або у виробі в цілому, тому на один виріб може бути одна, або декілька функціональних електричних схем.

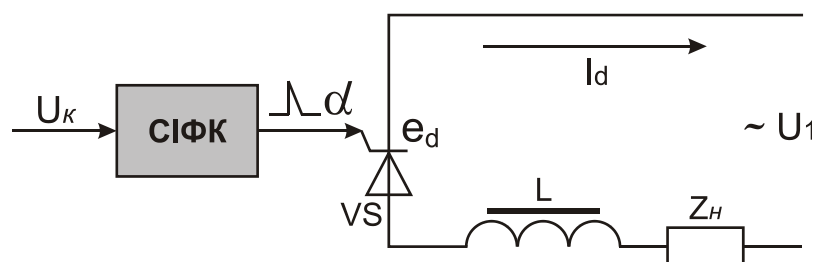


Рисунок2 – Схема електрична функціональна.

На схемі зображають функціональні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи) та зв'язки між ними.

Функціональні частини та зв'язки між ними зображають у вигляді умовних графічних позначень. Окремі функціональні частини, що можна не розписувати поелементно, зображаються у вигляді прямокутників.

При цьому, функціональні частини з поелементною деталізацією зображають за правилами виконання електричних принципівих схем, а при укрупненому зображенні функціональних частин – за правилами електричних структурних схем.

Дійсне розташування у виробі елементів і пристроїв його може не враховуватися.

На рисунку 7.2 подана спрощена функціональна схема керованого тиристорного випростувача, де прийняті такі умовні позначення:

U_y – вхідний сигнал (напряга керування);

СИФК – система імпульсно-фазового керування;

α – кут керування тиристора VS;

e_d – ЕРС випростувача;

L – згладжувальний дросель;

I_d – випростаний струм (струм навантаження);

Z_n – навантаження;

U_1 – напряга живлення випростувача;

U_k – сигнал керування.

Якщо до складу виробу входять електричні елементи й неелектричні елементи, то функціональні схеми можна складати двома способами.

1^й спосіб. Складаються декілька функціональних схем (електрична функціональна схема, оптична функціональна схема, гідравлічна функціональна схема й таке інше).

2^й спосіб. Складається одна комбінована функціональна схема. На ній позначені електричні й неелектричні елементи та зв'язки.

Принципова електрична схема. Позначення документа ЕЗ

Схема електрична принципова є найбільш повною електричною схемою виробу. На такій схемі зображаються усі електричні елементи й пристрої, необхідні для здійснювання й контролю у виробі заданих електричних процесів, усі зв'язки між ними, а також елементи підмикання (розніми, затискачі й таке інше), якими закінчуються вхідні та вихідні кола.

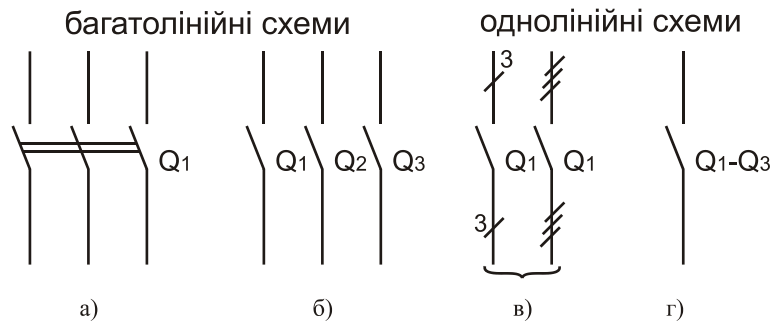
Електричні елементи на схемі зображуються умовними графічними позначеннями, накреслення, розміри та літерно-цифрові позначення яких регламентуються відповідними держстандартами.

Елементи, що у схемі використовуються частково, допускається зображати не повністю, а тільки ті їх частини, що використовуються у схемі.

Схеми виконують у багатолінійному або однолінійному зображеннях, рисунок 7.3.

Позначення пристрою або елемента вказується зверху або праворуч його зображення.

Схема електрична принципова повинна обов'язково мати текстовий документ, так званий перелік елементів. Цей документ має усі данні про елементи чи пристрої, які є у схемі. (Якщо є вільне поле на схемі, то допускається поряд з елементом на схемі розміщати данні про цей елемент).



а – трифазна багатолінійна з одним трифазним вимикачем Q1;
 б – трифазна багатолінійна з трьома однофазними вимикачами Q1, Q2, Q3;
 в – трифазна однолінійна з одним трифазним вимикачем Q1;
 г – трифазна однолінійна з трьома однофазними вимикачами Q1, Q2, Q3;
 Рисунок 3 – Фрагменти схем електричних принципів.

Перелік елементів розміщують або на першому аркуші схеми над кутовим надписом, або у вигляді самостійного документа на аркуші формату А4 разом з основним кутовим надписом для текстових документів.

Зв'язок проміж умовними графічними позначеннями й переліком елементів здійснюється через позиційні позначення, які розміщують також у переліку елементів. Перелік елементів оформлюється у вигляді таблиці (рисунок 7.4), де позиційні позначення розташовані у першій графі (якщо поле схеми не розбите на зони, тоді перша графа „зона” відсутня).

У графі „Примітка” вказуються технічні данні елемента, які не увійшли в характеристику елемента, подану в графі „Найменування”.

Перелік заповнюється зверху до низу. Записують елементи групами (видами) у алфавітному порядку літерних позиційних позначень за зростанням порядкового номеру в межах групи (виду) елементів. Кілька нижніх рядків переліку елементів повинні бути вільними.

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
	Резистори		
R1	МЛТ - 0,5 - 300 кОм ±10%	1	
R2, R3	ГЕВ - 10 - 3 кОм ± 5%	2	

Dimensions: 20, 110, 10, 185

Рисунок 4 – Оформлення переліку елементів.

Принциповими електричними схемами користуються для вивчення принципу роботи виробу, а також при його налагоджуванні, контролю й ремонті.

Вона також є основою для розробки інших документів.

Схема електрична з'єднань. Позначення документа Е4

Схема електрична з'єднань визначає конструктивне виконання електричних з'єднань елементів у виробі. На схемі зображуються усі пристрої і елементи, що входять до складу виробу, їх вхідні та вихідні елементи (з'єднувачі, розніми, плати, затискачі й таке інше) та з'єднання між ними.

Пристрої зображують прямокутником або спрощеним зовнішнім контуром, а елементи – у вигляді умовних графічних позначень, прямокутників або спрощеним зовнішнім контуром.

Усередині прямокутників або спрощених зовнішніх контурів можна розміщати умовні графічні або літерні позначення елементів.

Вхідні й вихідні елементи зображуються умовними графічними та літературно-цифровими позначеннями.

Розташування графічних позначень пристроїв та елементів на схемі повинно приблизно відповідати реальному розташуванню їх на виробі.

Розташування зображень вхідних й вихідних елементів або виводів усередині умовних графічних позначень пристроїв та елементів повинні приблизно відповідати реальному розташуванню їх на виробі.

Провода, джгути, кабелі мають порядкові номери. Нумерують їх у межах виробу окремо для проводів і окремо для кабелів. Провода, що входять у джгут нумерують у межах джгута, жили кабеля – у межах кабеля. Можлива скрізна нумерація у межах виробу.

Номера проводів і жил кабелів проставляють біля обох кінців їх зображення. Номера кабелів часто проставляють у колах, які розміщені у розривах зображень кабелів. Номера джгутів проставляють на полицях ліній-виносок біля місць розгалуження проводів джгута, номери груп проводів – біля ліній-виносок.

На схемі вказується марка й перетин проводів, кількість й перетин жил кабелів. При необхідності вказується забарвленість проводів. Ці данні проставляють біля ліній, що зображають провода й кабелі.

Характеристики вхідних й вихідних кіл на схемі рекомендується подавати у вигляді таблиць, що розміщені поруч з графічним позначенням розніму або затискача.

Якщо у схемі не показані місця приєднання проводів та жил кабеля, а також у будь-якому випадку, коли таких приєднань багато, складають таблицю з'єднань, у якій розміщують данні про провода й кабелі.

Таблиці розміщують на першому аркуші схеми над основним кутовим надписом.

Схема електрична підмикання. Позначення документа Е5

Схема електрична підмикання показує зовнішні підмикання виробу.

На схемі повинні бути зображені:

- виріб;
- вхідні й вихідні елементи виробу (з'єднувачі, розніми, затискачі й таке інше);
- кінці проводів або кабелів (що підводяться до вхідних і вихідних елементів), які відносяться до зовнішнього монтажу.

На схемі виробу та їх основні частини зображуються у вигляді прямокутників, а вхідні та вихідні елементи (з'єднувачі) – у вигляді умовних графічних позначень. Допускається зображати виробу та вхідні й вихідні елементи у вигляді спрощених їх зовнішніх контурів.

Вхідні й вихідні елементи усередині графічного позначення виробу розміщують у відповідності до їх дійсного розташування на виробі.

Схема електрична загальна. Позначення документа Е6

Схема електрична загальна визначає складові частини комплексу та з'єднання їх проміж собою на місці експлуатації. Схемою користуються при ознайомленні з комплексами, а також при їх контролі та експлуатації.

На схемі зображують пристрої та елементи, що входять до комплексу, а також провода, джгути та кабелі, що їх з'єднують.

Схема електрична розташування. Позначення документа Е7

Схема електрична розташування визначає відносне розташування складових частин виробу, а при необхідності також джгутів, кабелів, проводів. При необхідності – у спрощеному вигляді конструкцію, приміщення або місцевість, де ці частини розташовані.

При великій кількості складових частин виробу можна скласти на таку схему й перелік елементів.

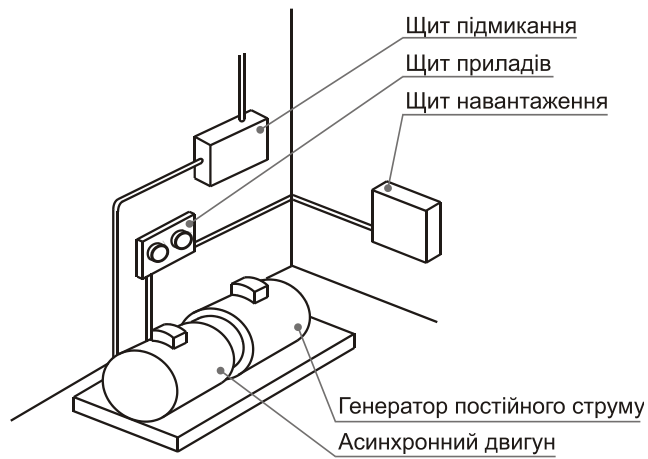


Рисунок 5 – Схема електрична розташування.

Схема електрична розташування може виконуватись на розрізах конструкцій, на розрізах або планах приміщень, або в аксонометрії, наприклад, як на рисунку 7.5, у внутрішньому інтер'єрі службового приміщення.

Лекція № 2

Тема: Електричні апарати ручного керування

Мета: оволодіти знаннями про електричні апарати ручного керування електроприводу

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Рубильники
- 2 Пакетні вимикачі та перемикачі
- 3 Автоматичні вимикачі

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:
Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М., Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Електричні апарати ручного керування

Рубильники призначені для ручної комутації електричних кіл номінальною напругою до 660 В змінного і до 440 В постійного струму. Перевага рубильників над іншими апаратами в тому, що вони дешеві і створюють видимий розрив електричного кола. В електроприводі рубильники найчастіше використовують як ввідні апарати розподільчих та низьковольтних комплектних пристроїв.

За конструкцією рубильники поділяються на одно-, дво- і триполюсні; з приводом центральною або боковою рукояткою через вал, центральною рукояткою через систему важелів; з дугогасними пристроями і без них; з переднім або заднім приєднанням проводів; з одинарним або подвійним розривом кола.

Промисловість виготовляє також блоки запобіжник-вимикач, які крім комутації електричних кіл здійснюють захист від струмів перевантаження і коротких замикань.

За ступенем захисту рубильники бувають відкритими (IP00), захищеними (IP32) і закритими (IP54).

Величина номінального струму рубильника залежить не тільки від його габариту, а й від виконання за захищеністю. Так, номінальний струм рубильника Р31 у відкритому виконанні 100 А, а у захищеному і закритому -80 А.

Комутаційна здатність рубильників залежить від роду струму, величини напруги і конструкції апарата. Рубильники з центральною рукояткою і приводом через вал дозволяється застосовувати тільки для вимикання електричних кіл без струму. При наявності струму можна вимикати рубильники з бічною рукояткою або з приводом через систему важелів. При цьому для рубильників без дугогасних просторів відношення струму, що вимикається, до номінального струму апарата повинне бути не більшим 0,2 при напрузі 220 В постійного струму і не більшим 0,3 при напрузі 380 В змінного струму. У мережах з напругою 440 В постійного і 500 або 660 В змінного струму такі рубильники можна використовувати лише для вимикання знеструмлених кіл.

Рубильниками, що мають дугогасні камери, можна вимикати номінальний струм при 220 В постійного і 380 В змінного струму. В мережах напругою 440 В постійного

і 660 В змінного струму такими апаратами дозволяється вимикати струм навантаження, що не перевищує 0,5 номінального.

Вибір рубильників здійснюється за номінальною напругою, номінальним струмом, допустимим комутованим струмом, конструктивним виконанням і ступенем захисту.

Пакетні вимикачі і перемикачі серії ПВ і ПП призначені для нечастих (до 30 за годину) комутацій електричних кіл напругою до 220 В постійного струму або до 380 В змінного струму. Апарати використовуються як ввідні в низьковольтних комплектних пристроях, як комутуючі в колах автоматики та для керування асинхронними електродвигунами. Номінальний струм пакетних вимикачів і перемикачів залежить від їх габаритів і напруги електричних кіл, які вони комутують. У колах постійного і змінного струму напругою 220 В - від 10 до 400 А; у колах змінного струму напругою 380 В - від 6,3 до 250 А.

Інтенсивне гасіння дуги в апараті забезпечується високою швидкістю рухомого контакту, подвійним розривом кола і наявністю фібрових дугогасних щічок. Дуга змінного струму гаситься при першому переході струму через нуль. При вимиканні кола постійного струму дуга діє на фіброві пластинки, які виділяють газ. Завдяки цьому всередині пакета підвищується тиск, і дуга швидко гасне.

Пакетні вимикачі і перемикачі виготовляються з різними ступенями захищеності від впливу оточуючого середовища: IP00, IP56, IP67. За струмом апарати вибираються так:

$$I_{в.ном} — I_{роб} \cdot$$

де $I_{в.ном}$ - номінальний струм вимикача, А; $I_{роб}$ - найбільший робочий струм навантаження, А.

При керуванні асинхронними двигунами найбільшим робочим струмом є пусковий струм, тому вимикач або перемикач для них вибирається за умовою:

$$I_{в.ном} — I_{пуск} \cdot$$

де $I_{в.ном}$ - номінальний струм вимикача, А; $I_{пуск}$ - пусковий струм асинхронного двигуна, А.

Крім того, пакетні вимикачі і перемикачі вибирають за кількістю полюсів, кількістю напрямків і ступенем захисту від дії оточуючого середовища.

Перевага пакетних апаратів над рубильниками полягає в їх невеликих габаритах. Суттєвими недоліками є мала стійкість проти спрацювання (не більше 20 тисяч перемикань) і невисока надійність приводного механізму.

Ручні пускачі типу ПНВ (пускач натискний вібростійкий) призначені для ручного керування трифазними, а пускачі ПНВС - однофазними асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором малої потужності при напрузі до 500 В змінного струму частотою 50 Гц.

Пускач складається з прямоходової контактної системи місткового типу і кнопочного привода із заскочкою, яка фіксує положення "ввімкнено" і "вимкнено". Рухомі частини контактів змонтовані на пластмасовій рейці, а нерухомі - на пластмасовій основі. За ступенем захисту від дії навколишнього середовища пускачі бувають відкритими (IP00), захищеними у пластмасовій оболонці (IP20) і захищеними у металевій оболонці (IP40). Відмінність пускачів типу ПНВ від ПНВС полягає в тому, що в останніх середній полюс, призначений для комутування пускової обмотки однофазного асинхронного електродвигуна, у положенні "ввімкнено" не фіксується.

Найбільша потужність електродвигунів, керованих пускачем ПНВ при напрузі 380 В - 4,5 кВт, а пускачем ПНВС - 0,6 кВт.

Кнопки керування та кнопочні пости призначені для комутації електричних кіл керування з напругою змінного струму до 500 В і постійного струму до 220 В. їх використовують для ручного дистанційного керування електромагнітними апаратами - реле, контакторами, електромагнітними пускачами тощо. Найпоширенішими є кнопки серії КЕ, КМЕ і кнопочні пости серії ПКЕ.

Кнопка складається з однієї або кількох пар нерухомих контактів, рухомих контактів місткового типу, що приводяться в рух підпружиненим штовхачем. Штовхачі виготовляють у різних виконаннях за формою і кольором, з фіксацією контактів і без неї, з підсвічуванням і без підсвічування тощо. Для підсвічування використовують мініатюрні лампи розжарювання або світлодіоди. Контакти і штовхачі змонтовані на пластмасовій основі. Для підвищення надійності контакти

часто виготовляють із срібла. Кнопки виконують із замикаючими і розмикаючими контактами у різних комбінаціях. Найчастіше кнопки вбудовуються у комплектні пристрої керування електроустановками.

Кнопкові пости можуть мати один і більше кнопкових елементів, змонтованих у пластмасовому корпусі з пластмасовим кожухом або без нього. Залежно від експлуатаційного призначення пости можуть бути вбудовані в нішу, панель або змонтовані на будь-якій рівній поверхні. За ступенем захисту від дії навколишнього середовища кнопкові пости бувають захищеними, пилеводонепроникними, вибухозахищеними.

Номінальна робоча сила струму кнопок і кнопкових постів залежить від комутованої напруги і роду струму. Так, для кнопок серії КЕ при напрузі 220 В змінного струму вона становить 5 А, а при постійному струмі напругою 220 В сила струму вмикання і вимикання дорівнює 0,3 А.

Кнопки і кнопкові пости вибирають за напругою, струмом, кількістю і видом контактів, конструктивним виконанням та ступенем захисту від дії навколишнього середовища.

Універсальні перемикачі серії УП5000 призначені для комутації кіл керування напругою до 500 В змінного струму частотою 50 Гц і до 220 В постійного струму. Перемикачі використовуються для перемикання багатьох електричних кіл за складними схемами комутації. Допустимий тривалий струм навантаження замкнених контактів становить 16 А.

Лекція №3

Тема: Електричні апарати дистанційного керування

Мета: оволодіти знаннями про електричні апарати дистанційного керування

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Контактори
- 2 Електромагнітні пускачі
- 3 Електромагнітні реле

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Контактором називається двопозиційний електричний апарат, призначений для частих вмикань і вимикань силових електричних кіл напругою до 1000 В при нормальних режимах роботи.

Залежно від привода контактів контактори поділяються на електромагнітні, гідравлічні і пневматичні. Найпоширенішими є електромагнітні контактори.

За родом комутованого струму контактори бувають постійного струму, змінного струму, а також постійного і змінного струму.

Електромагнітні контактори, призначені для роботи в колах постійного струму, мають привод від електромагнітів постійного струму. Контактні системи контакторів змінного струму приводяться від електромагнітів постійного або змінного струму.

За кількістю головних кіл контактори можуть бути одно-, дво-, три-, чотири- і п'ятиполюсними.

Основними технічними даними контакторів є номінальна напруга, номінальний струм головних і допоміжних контактів, граничний струм вмикання і вимикання, механічна і комутаційна стійкість проти спрацювання, допустима кількість вмикань за годину, власний час вмикання і вимикання.

Номінальним струмом контакторів вважають найбільший струм, який можна пропускати через замкнені головні контакти протягом 8 год. без комутацій. При цьому температура різних частин апарата не повинна перевищувати допустимої. Граничний номінальний струм більшості контакторів дорівнює 630А. Окремі серії виготовляються на струм до 3000 А.

У технічних характеристиках вказують також номінальний робочий струм, тобто допустимий струм через замкнені головні контакти в конкретних умовах роботи апарата.

Умови роботи контакторів за характером навантаження та величиною комутованого струму надзвичайно різноманітні. Залежно від умов роботи стандартами передбачено такі категорії застосування контакторів у колах змінного і постійного струму: АС-1, АС-2, АС-3, АС-4, АС-11, АС-20, АС-22, АС-23, ДС-1, ДС-2, ДС-3, ДС-4, ДС-5, ДС-11, ДС-22 (див.розд.8.2).

Передбачено також роботу контакторів у таких режимах: переривчасто-тривалому, тривалому, повторно-короткочасному і короткочасному.

Крім того, розрізняють режими нормальних комутацій і нечастих комутацій. Останні можуть виникати не часто, наприклад, при коротких замиканнях. Допустимі значення комутуваних струмів в режимі нечастих комутацій значно перевищують допустимі струми в режимах нормальних комутацій.

У сучасних електроприводах частота комутацій досягає 3600 за годину. У зв'язку з цим контактори повинні бути стійкими проти спрацювання. Стійкість електричних апаратів проти спрацювання поділяють на електричну (комутаційну) і механічну.

Механічна стійкість проти спрацювання визначається кількістю циклів вмикання-вимикання апарата при знеструмленому головному колі без ремонту і заміни його вузлів і деталей.

Механічна стійкість сучасних контакторів досягає 20 млн. циклів.

Комутаційна стійкість проти спрацювання - це кількість операцій вмикання-вимикання кола із струмом, після якої потрібна заміна контактів. Гранична комутаційна стійкість сучасних електромагнітних контакторів 3-5 млн. операцій.

Власний час вмикання контактора - це проміжок часу від моменту подачі напруги на котушку електромагніта до замикання магнітопровода. Через велику індуктивність котушок власний час вмикання контакторів з електромагнітами постійного струму досягає 0,2-0,35 с. Контактори з електромагнітами змінного струму спрацьовують значно швидше - за 0,03-0,05 с.

Власний час вимикання - це час від моменту розмикання кола котушки електромагніта до моменту розмикання контактів апарата. У контакторів з електромагнітами постійного струму цей час дорівнює 0,06-0,23 с. Апарати з електромагнітами змінного струму вимикаються за 0,02-0,03 с.

Контактори складаються з таких основних вузлів: системи головних контактів, дугогасного пристрою, електромагніта і системи допоміжних контактів. Контактори поставляються без внутрішнього монтажу і оболонки. При подачі напруги на котушку електромагніта контактора його яркір притягується до нерухомого осердя і приводить в рух траверсу з рухомими контактами. Внаслідок цього замикаючі контакти замикаються, а розмикаючі - розмикаються. При знеструмленні котушки яркір відпадає під дією пружини або власної ваги. Дугогасний пристрій забезпечує швидке гасіння дуги, чим досягається мале зношення контактів.

Контактори постійного струму в більшості випадків виготовляються однополюсними. Але в окремих серіях на струми до 160 А є апарати з кількома як замикаючими, так і розмикаючими головними контактами. Як правило, головні контакти важільного типу. Дугогасні системи ґрунтуються на принципі гасіння дуги поперечним магнітним полем в дугогасних камерах.

Однополюсний контактор постійного струму КПВ-600 (рис. 8.15) має нерухомий контакт 17, жорстко закріплений на скобі 15. Рухомий контакт 19 у вигляді товстої мідної пластини з'єднаний з якорем електромагніта 4 і закріплений так, що може повертатися відносно точки опори 20. Завдяки цьому при вмиканні і вимиканні контакт 19 перекочується і ковзає по поверхні нерухомого контакту 17, руйнуючи оксидну плівку на контактуючих поверхнях. Контактне натискання створюється пружиною 22. З ввідною клемою 8 рухомий контакт з'єднаний гнучкою в'яззю 9.

Привод контактора здійснюється електромагнітом поворотного типу, який складається з котушки 2, закріпленої на нерухомому осерді 3, і якоря 4. Якір 4 обертається на призмі 5, що забезпечує високу стійкість електромагніта проти механічного спрацювання. При спрацюванні зазор між скобою якоря 6 і призмою 5 автоматично вибирається під дією пружини 7. Повернення якоря у вихідне положення після вимикання електромагніта здійснюється пружиною 23. Контактор виконано так, що якір електромагніта 4 урівноважений відносно осі обертання рухомим контактом 19, деталями його кріплення і плечем якоря, що сприймає дію зворотної пружини 23.

Система дугогасіння виконана на принципі електромагнітного дуття і складається з послідовної котушки 14, полюсів 16 і дугогасної камери 13 з вузькою щілиною. Один кінець дугогасної котушки приєднаний до скоби 15, другий кінець у пластмасовій основі 12 з'єднаний з виводом 11. Для зменшення оплавлення контактів дугою при струмах більше 50 А контактор обладнаний дугогасним контактом-рогом 21. При розмиканні контактів дуга 18 під дією магнітного поля котушки 14 швидко перекидається на скобу 15 і на захисний ріг 21 рухомого контакту. Гасіння дуги відбувається за рахунок її видовження і інтенсивного охолодження у вузькій щілині дугогасної камери 13.

Контактор обладнується допоміжними контактами місткового типу (на рисунку не показані), які приводяться в дію тим же електромагнітом, що і головні контакти. Допоміжні контакти призначені для комутації кіл керування, блокування, сигналізації та ін.

Вузли і деталі контактора змонтовані на міцній сталій скобі 10, яка при монтажі апарата закріплюється шпильками на ізоляційній основі 1.

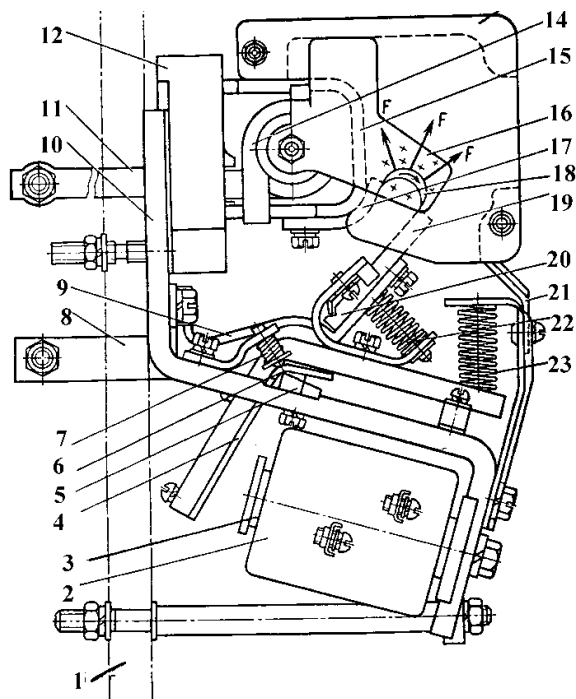


Рисунок 6 Будова контактора

Конструктивні деталі контактора (скоба 10, вузли електромагніта та ін.) можуть знаходитися під напругою, тому дотикання до них небезпечно для життя.

При проходженні номінального струму контактор повинен знаходитися в увімкненому стані не більше 8 год.(переривчасто-тривалий режим роботи). За цей час на контактуючих поверхнях створюється окисна плівка з високим електричним опором, що спричиняє до збільшення падіння напруги на контактах та їх нагрівання. Для зачищення контактів від окислів міді контактор потрібно кілька разів увімкнути і вимкнути. У контакторах, призначених для тривалого режиму роботи, на робочу поверхню контактів напаюють срібні пластинки. Такі апарати можуть працювати з номінальним струмом у увімкненому стані досить тривалий час, не потребуючи періодичного зачищення контактів.

Контактори змінного струму виготовляються дво-, три-, чотири- і п'ятиполюсними на струми від 100 до 1000 А. Найпоширеніші триполюсні контактори, які використовують для керування трифазними споживачами електричного струму.

Системи головних контактів контакторів змінного струму бувають як важільного типу з одинарним розриванням кола, так і місткового типу з подвійним розривом. Завдяки подвійному розриву кола контактами місткового типу зменшуються розміри дугогасних пристроїв і контактора в цілому.

У контакторів важкого режиму роботи застосовують електромагніти поворотного типу, у контакторах нормального режиму - прямоходові.

Магнітопроводи складаються з нерухомого і рухомого осердь, мають Ш-або П-подібну форму і набираються з окремих ізолюваних одна від однієї пластин товщиною 0,35; 0,5; 1 мм. Для гасіння дуги використовують деіонні решітки або камери з вузькими щілинами та послідовні дугогасні котушки.

Контактор типу КТ-6000 призначений для вмикання і вимикання приймачів електричної енергії з номінальною напругою до 380 В. Контактори виготовляються на номінальні струми від 80 до 630 А. Конструкція контактора блочна. Блоки електромагніта 4 (рис. 8.16), головних 11 і допоміжних 16 контактів змонтовані на сталевій рейці 5. Обертний момент від електромагніта до рухомих контактів передається через ізолюваний вал 6, який обертається в підшипниках 7.

Електромагнітні пускачі

Електромагнітним пускачем називається комутаційний апарат, призначений для вмикання і вимикання трифазних асинхронних електродвигунів при напрузі до 660 В змінного струму частотою 50, 60 Гц. Пускачі виготовляються на номінальні струми головних контактів від 6,3 до 200 А.

Головним апаратом пускача є електромагнітний контактор. Пускач, призначений для нереверсивного керування двигуном, має один контактор, для реверсивного - два, а для пуску двигуна з перемиканням обмоток статора із зірки на трикутник - три. Крім того, в пускач можуть бути вмонтовані теплове реле або пристрій позисторного захисту, які призначені для захисту двигуна від перевантажень недопустимої тривалості, кнопки "Пуск" і "Стоп", а також сигнальні лампи. За ступенем захисту від

дії навколишнього середовища пускачі виконуються відкритими (IP00), захищеними (IP40) і пиловодозахищеними (IP54).

Контактори сучасних пускачів, наприклад, серії ПМЛ, мають прямоходову систему головних і допоміжних контактів місткового типу. Оскільки пусковий струм асинхронних електродвигунів може бути в 7,5 рази більше за номінальний, то для забезпечення достатньої стійкості проти комутаційних спрацювань вібрація контактів повинна бути якнайменшою. Цього досягають зменшенням маси рухомих частин контактора.

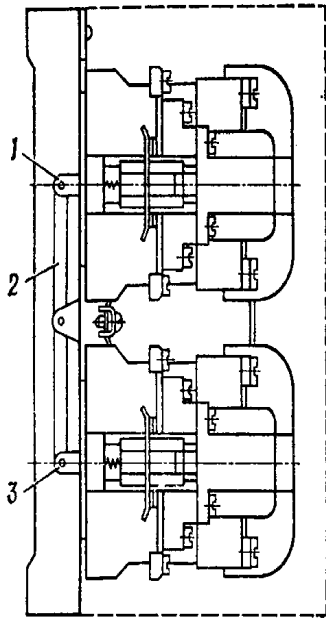
Для приводу контактів використовуються прямоходові електромагніти з котушками, розрахованими на змінний або постійний струм різної напруги. Головні і допоміжні контакти мають накладки із срібла або металокераміки.

У контакторів з номінальним струмом більше 10 А біля кожного розриву головних контактів розміщені дугогасні решітки, а до 10 А - дугогасні вузькі щілини. На основі контактора передбачені напрямні для вмоцнення додаткових пристроїв: контактних приставок типу ПКЛ або ПКБ, кнопки "Пуск" і сигнальної лампи або пневмоприставки типу ПВЛ. У крайні стержні осердя магнітопровода вмонтовані короткозамкнені витки, на середньому стержні розміщена котушка.

В контактній приставці може бути встановлено до чотирьох допоміжних контактів у різних комбінаціях. Привод контактної приставки ПКЛ або пневмоприставки витримки часу ПВЛ також здійснюється електромагнітом контактора через траверсу. Теплове реле серії РТЛ приєднується безпосередньо до вихідних клем головних контактів.

Контактори пускачів серії ПМЛ на струми 80-200 А мають прямоходову магнітну систему П-подібного типу. Контактна система контакторів розміщена збоку від магнітної системи. Передача зусилля від електромагніта до контактної траверси здійснюється важелем. На кожному контакторі встановлено по два уніфікованих вузли з допоміжними контактами у різних комбінаціях. Теплові реле кріпляться до контактора перемичкою.

Пускачі із ступенем захисту IP54 вмонтовані в оболонку з ущільненням. Реверсивні пускачі мають два контактори, якорі 1 і 3 (рис. 8.18) яких з'єднані між собою важелем 2 механічного блокування. Коли верхній контактор увімкнений, його якорь 1 притягується і через важіль 2 утримує якорь 3 нижнього контактора у вимкненому стані. Завдяки цьому поява напруги на котушці нижнього контактора не спричиняє до його спрацювання. Але оскільки магнітопровід розімкнений, то котушка споживає струм, у 9-12 разів більший за номінальний. Для запобігання перегоранню котушки у схемах керування реверсивними пускачами передбачається і електричне блокування допоміжними розмикаючими контактами.



Електромагнітні пускачі серії ПМА виготовляють на номінальні струми

Рисунок 7 Електромагнітний пускач

від 40 до 160 А. їх контактори мають також прямоходову магнітну систему і

контакти місткового типу. Пускачі можуть комплектуватися тепловими реле серії РТТ, призначеними для захисту двигунів від перевантажень недопустимої тривалості та при обриві однієї із фаз, або апаратами позисторного захисту типу АЗП чи УВТЗ-позисторного спрацьовують при недопустимому

перевищенні температури обмоток статора. Пускачі, вмонтовані в оболонку із ступенем захисту IP40 або IP54, можуть бути обладнані кнопками "Пуск" і "Стоп" та сигнальними лампами

Основними технічними даними пускачів є номінальна напруга, номінальний струм головних і допоміжних контактів, механічна і комутаційна стійкість протиспрацювання, допустима кількість вмикань за годину.

Слід розрізняти номінальні і номінальні робочі напруги і струми пускачів. **Номінальною напругою** пускача вважають напругу мережі, для якої пускач призначений. Номінальною робочою називають напругу мережі, при якій пускач

може працювати. Так, номінальна напруга пускачів серії ПМЛ і ПМА становить 380 В. Пускачі ж можуть працювати у мережах з напругою 500 і 660 В. При цьому номінальні струми повинні бути зменшені.

Номінальним струмом пускачів є струм, який визначений за умовами нагрівання пускача в основному конструктивному виконанні при роботі в основному номінальному режимі і номінальній напрузі.

Номінальним робочим струмом називають допустимий струм через головні контакти пускача в конкретних умовах його роботи, які визначаються ступенем захисту апарата, категорією застосування, режимом роботи, номінальною напругою мережі.

Стійкість пускачів проти механічних спрацювань досить висока і становить 5-16 млн циклів при допустимій частоті вмикання 3600 або 2400 за годину.

За стійкістю проти комутаційних спрацювань пускачі поділяються на три виконання: А, Б, В. Пускачі у виконанні А залежно від номінального струму у категорії застосування АС-3 допускають від 2,5 до 4 млн циклів вмикання-вимикання, виконання Б - 1-1,25 млн циклів, а виконання В - 0,30,5 млн циклів. У категорії застосування АС-4 стійкість апаратів значно нижча: 0,05-0,4 млн циклів.

Електромагнітні пускачі вибирають за такими параметрами:

1) за номінальною напругою пускача, яка повинна бути не нижчого номінальної напруги мережі: $u_{ном} > U_m$;

2) за номінальним робочим струмом - так, щоб номінальний робочий струм пускача був не меншим номінального струму керованого двигуна.

3) за призначенням - реверсивний, неревверсивний, для пуску електродвигунів з перемиканням обмоток із зірки на трикутник, з апаратом захисту (теплове реле, позисторний захист) чи без нього;

4) за ступенем захисту від дії навколишнього середовища і наявністю кнопок "Пуск" і "Стоп" та сигнальних ламп;

5) за кількістю і видом контактів допоміжного кола;

6) за кліматичним виконанням і категорією розміщення;

7) за родом струму і напругою втягувальної котушки пускача. При цьому номінальна напруга котушки повинна дорівнювати напрузі кола керування пускачем:

$$U_{\text{котнож}} = U_{\text{кер}}$$

8) за стійкістю контактів головного кола проти комутаційних спрацювань залежно від частоти вмикань пускача, категорії застосування і необхідного строку його служби (6-10 років). Так, при застосуванні апаратів в категорії АС-3 і частоті вмикань за добу більше 400 приймаються пускачі виконання А, при частоті вмикань від 120 до 400 циклів за добу - виконання Б і при частоті вмикань менше 120 циклів за добу - виконання В.

При виборі пускачів для роботи у повторно-короткочасному режимі допустима частота вмикань апарата за годину відповідно до категорії застосування повинна бути не меншою за фактичну.

Лекція №4

Тема: Апарати максимального струмового захисту

Мета: оволодіти знаннями про апарати максимального струмового захисту

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Загальні відомості
- 2 Запобіжники
- 3 Теплові реле

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Електроприводи повинні бути надійно захищені від аномальних і аварійних режимів роботи. Електродвигуни змінного струму повинні мати захист від однофазних і багатофазних коротких замикань, струмів перевантаження, роботи на двох фазах та мінімальної напруги. Синхронні двигуни, крім того, повинні бути захищені від асинхронного режиму.

Електродвигуни постійного струму треба захищати від коротких замикань. При потребі передбачають захист від перевантажень і надмірного перевищення швидкості обертання.

Системи керування електроприводів повинні бути захищені від коротких замикань.

Захист від струмів короткого замикання здійснюють за допомогою плавких запобіжників і автоматичних вимикачів. Ці апарати повинні вимикати пошкоджену ділянку мережі миттєво або з мінімальною витримкою часу.

Захист двигунів від перевантажень передбачають при можливих перевантаженнях робочих машин, а також тоді, коли при важких умовах пуску або самозапуску необхідно обмежити тривалість пуску при зниженій напрузі. Двигуни, які працюють у короткочасному або повторно-короткочасному режимі, від перевантажень не захищають.

Для захисту від перевантажень використовують теплові і температурні реле, автоматичні вимикачі з тепловими розчіплювачами, електронні пристрої струмового і температурного захисту.

Захист від надмірного зниження напруги або від самозапуску після зникнення напруги повинен бути: для всіх електродвигунів робочих машин, самозапуск яких після зупинки недопустимий за умовами технологічного процесу або за умовами безпеки; для електродвигунів постійного струму, які не допускають безпосереднього вмикання в мережу.

Такий захист здійснюють за допомогою реле напруги, автоматичних вимикачів з розчіплювачами мінімальної напруги, а також увімкненими за спеціальною схемою електромагнітними пускачами і контакторами.

Електроустановки сільськогосподарських об'єктів, в тому числі електроприводи, повинні бути обладнані пристроями захисного вимикання, які призначені для захисту

людей і тварин від ураження електричним струмом та запобігання виникненню пожеж при порушенні ізоляції.

Плавкі запобіжники

Плавкі запобіжники призначені для захисту електроустановок від струмів короткого замикання і перевантажень. Завдяки простоті конструкції і обслуговування, малим розмірам, здатності вимикати великі струми і невисокій вартості плавкі запобіжники мають дуже широке застосування. Запобіжники виготовляють на струми від міліампер до тисяч ампер і на напруги від кількох десятків вольт до сотень кіловольт. Цим обумовлюється і велика різноманітність їх конструкцій.

Запобіжники складаються з основи, плавкої вставки і контактів приєднання. В свою чергу плавка вставка складається з корпусу, виводів, плавкого елемента і дугогасного середовища. Запобіжники деяких серій комплектуються покажчиками спрацювання і контактами допоміжного кола.

Найважливішою характеристикою плавкого запобіжника є часострумова захисна характеристика, тобто залежність часу перегорання плавкого елемента від струму (рис. 8.28). Для забезпечення надійного захисту від перевантажень і коротких замикань потрібно, щоб захисна характеристика запобіжника *1*

(рис.8.29) проходила небагато нижче часострумової характеристики захищеного об'єкта *2*. Але в такому випадку запобіжник буде вимикати коло при короткочасних перевищеннях струмом, наприклад, при пуску асинхронних короткозамкнених електродвигунів. Тому характеристики запобіжників *3* розраховують так, щоб вони перетинали криву *2*. При цьому у зоні малих перевантажень *A* запобіжник не спрацьовує, а перегоряє у зоні *B* при великих перевантаженнях. З цієї причини плавкі запобіжники непридатні для захисту електродвигунів від перевантажень.

Основною частиною запобіжника є плавкий елемент. Його конструкція і характеристики повинні відповідати таким вимогам: невеликий опір, невисока температура плавлення, збереження незмінності характеристик, менший час

перегорання при коротких замиканнях, невисока вартість. Для виготовлення плавких елементів використовують мідь, срібло, цинк, свинець.

Найнижчу температуру плавлення має свинець (327 °C). Але його питомий опір у 12 разів вищий за питомий опір міді, тому свинцевий плавкий елемент при одному і тому ж номінальному струмі має значно більший переріз, ніж мідний. При перегоранні свинцевого елемента виділяється значна кількість парів металу, що утруднює гасіння дуги і знижує граничний струм, який може вимикати запобіжник.

Свинець і цинк на повітрі утворюють окисну плівку, яка захищає плавкий елемент від корозії, завдяки чому він працює досить стабільно тривалий час.

Недоліками міді як матеріалу для плавких елементів є висока температура плавлення (1083°C) і невисока стабільність захисної характеристики. Останнє пояснюється тим, що при тривалому нагріванні мідний елемент окислюється і зменшується в перерізі. Це з часом приводить до перегорання запобіжника при струмі, що не перевищує номінального. Завдяки низькому питомому опору плавкі елементи з міді і срібла мають широке застосування.

Для зниження температури плавлення плавких елементів із міді і срібла використовують металургійний ефект, який полягає в тому, що на тонкий мідний або срібний дріт (діаметром менше 1 мм) наноситься кулька з олова. При нагріванні плавкого елемента спочатку плавиться олово (температура плавлення олова 232 °C) і розчиняє частину металу, на якому воно нанесене. Відбувається місцеве збільшення опору плавкого елемента і зростання втрат потужності в цій точці. Елемент перегоряє в тому місці, де була напаяна кулька. При цьому температура всього елемента нижча, ніж температура плавлення металу, з якого він виконаний.

Для прискорення спрацювання при коротких замиканнях у деяких запобіжниках, наприклад серії ПР2, використовують плавкі вставки з вирізами на кількох ділянках. Завдяки підвищеному опору на цих ділянках виділяється більше теплоти, ніж на широких. При проходженні номінального струму за рахунок високої теплопровідності матеріалу температура плавкого елемента вирівнюється і практично однакова за вузьких і широких ділянках. При коротких замиканнях процес нагрівання протікає так швидко, що теплота від вузьких ділянок не встигає передатися широким.

Вузькі ділянки розплавлюються, розділяючи плавкий елемент на окремі частини, між якими загоряються кілька послідовних дуг.

Для збільшення поверхні охолодження плавких елементів, розрахованих на великий струм, їх виконують із кількох паралельних дротів або пластин. Це дозволяє при одному і тому ж номінальному струмі зменшити загальний переріз елемента, краще використати об'єм наповнювача і, як наслідок, полегшити гасіння дуги.

Після розплавлення плавкого елемента виникає електрична дуга, яку потрібно погасити в найкоротший час. У низьковольтних запобіжників гасіння дуги прискорюється за рахунок високого тиску, який виникає у закритому корпусі без наповнювача при появі дуги або за рахунок інтенсивного охолодження її

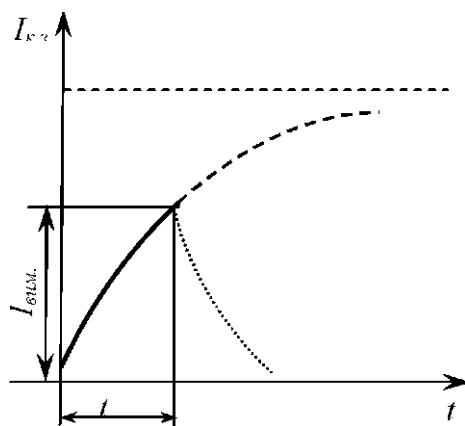


Рисунок 8. Вимикання постійного струму запобіжником з струмообмеженням

наповнювачем і високого тиску, викликаного дугою у вузьких каналах наповнювача - у запобіжників з наповнювачем.

Швидке перегорання плавкого елемента у сукупності з інтенсивним дугогасінням сприяє обмеженню струму короткого замикання, який, як відомо, наростає в часі. Плавкий елемент перегоряє раніше, ніж струм короткого

замикання досягне усталеного значення (рис.8.30). При цьому зменшуються електродинамічні навантаження у самому запобіжнику і полегшуються наслідки короткого замикання у пошкодженому місці захищеної мережі.

Сучасні засоби дугогасіння дозволяють погасити дугу за тисячні частки секунди. Але оскільки площа перерізу плавкого елемента збільшується з ростом його номінального струму, то внаслідок цього зростає час його плавлення і знижується ефект струмообмеження. Тому при конструюванні запобіжників, особливо швидкодіючих, велику увагу приділяють забезпеченню відведення теплоти від плавкого елемента при нормальній його роботі, завдяки чому можна зменшити переріз плавкого елемента.

Основними параметрами плавких запобіжників є номінальна напруга, номінальний струм основи, номінальний струм плавкої вставки і граничний струм вимикання.

Номинальний струмом основи називається найбільше із значень номінальних струмів плавких вставок, призначених для установлення в даній основі.

Струм, на який розрахована плавка вставка для тривалої роботи, називається номінальним струмом плавкої вставки.

Граничним струмом вимикання запобіжника називають найбільший струм короткого замикання, який запобіжник може вимкнути без будь-яких пошкоджень і деформацій, які б перешкоджали його нормальній експлуатації після заміни плавкої вставки.

Швидкодіючі запобіжники для захисту напівпровідникових приладів.

Характерною особливістю напівпровідникових приладів (діодів, тиристорів та ін.) є мала теплова інерція, внаслідок чого вони дуже швидко прогріваються при перевантаженнях струмом. Час спрацювання звичайних запобіжників занадто великий, щоб запобігти руйнуванню напівпровідникової структури. Тому розроблені спеціальні серії швидкодіючих плавких запобіжників. Особливості їх конструкції полягають у тому, що для досягнення ефекту струмообмеження плавкий елемент виконується із срібла, має перешийки з мінімальним перерізом та інтенсивне охолодження. Щоб збільшити площу охолодження, плавкий елемент штамують із стрічки товщиною 0,05-0,2 мм. Плавкі елементи, розраховані на великі струми, складаються з кількох паралельних стрічок. Для інтенсифікації охолодження плавкого елемента корпус плавкої вставки заповнюють кварцовим піском під великим тиском або просочують рідким склом. У запобіжників типу ПБФ плавкий елемент затиснений між пластинками корунду, який має у 7 разів вищу теплопровідність, ніж кварцовий пісок.

При потребі плавкі запобіжники обладнуються покажчиками спрацювання і допоміжним контактом. Останній може вмикатися у коло керування для вимкнення напівпровідникового апарата після спрацювання запобіжника.

Для зручності узгодження характеристик запобіжника і напівпровідникового приладу введено поняття повний інтеграл струму або інтеграл Джоуля i - час проходження струму через прилад. За цим параметром проводиться вибір запобіжників для захисту напівпровідникових приладів.

Плавкі запобіжники, призначені для захисту електродвигунів, повинні бути вибрані так, щоб надійно спрацьовували при коротких замиканнях у захищуваних ділянках електроприводів і не вимикали електродвигунів при проходженні нормальних робочих струмі, у тому числі пускових.

Електротеплові реле застосовуються для захисту електродвигунів від перевантажень. Принцип дії реле полягає в деформації біметалевого елемента при нагріванні його струмом навантаження двигуна. Деформація елемента передається на механізм розчеплення, який залежно від конструкції реле розмикає або перемикає контакт.

Біметалевий елемент складається з двох пластин з різним коефіцієнтом лінійного розширення, скріплених між собою методом зварювання або гарячої прокатки. Для цього найчастіше використовують інвар і хромонікелеву сталь.

За способом нагрівання біметалевого елемента реле бувають з прямим, непрямим і комбінованим нагріванням. При прямому нагріванні струм навантаження проходить безпосередньо по біметалевому елементу. Реле з непрямим нагріванням мають спеціальний нагрівний елемент, виконаний із матеріалу з підвищеним питомим опором, який розміщений поряд з біметалевим елементом. У реле з комбінованим нагріванням струм проходить через нагрівний і біметалевий елементи, з'єднані між собою паралельно або послідовно.

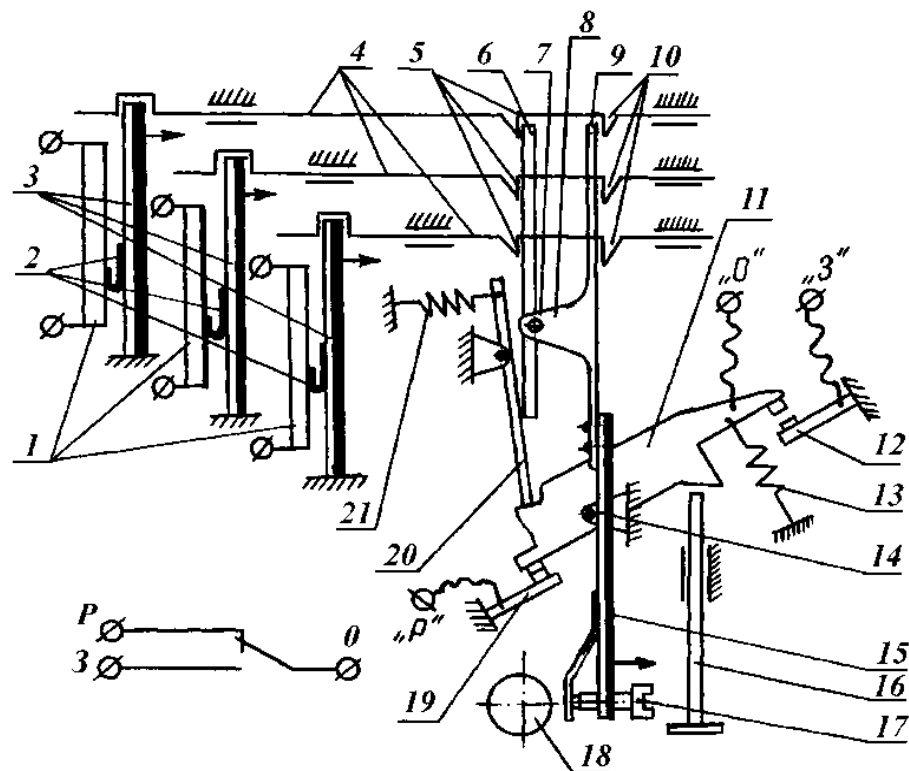
Конструктивно теплові реле виконують одно-, дво- і триполюсними. Через низьку чутливість до обриву фази одно- і двополюсні реле для захисту трифазних електродвигунів використовуються рідко.

За способом монтажу реле мають виконання для встановлення на металевих та ізоляційних панелях, рейках комплектних пристроїв, а також для кріплення безпосередньо до магнітних пускачів.

Температура біметалевого елемента реле залежить не тільки від величини струму, а й від температури навколишнього середовища. Із збільшенням останньої струм спрацювання реле знижується. Щоб зменшити вплив коливання температури навколишнього середовища на захисну характеристику, реле обладнуються термокомпенсаторами.

Для захисту електродвигунів від роботи у неповнофазному режимі реле мають спеціальні механізми для прискореного спрацювання при обриві фази. Механізм теплового реле серії РТТ змонтований у пластмасовому корпусі з чотирма чарунками. В трьох чарунках розмішені нагрівні елементи з виводами 1 (рис. 8.31) і біметалеві елементи 3. Мідні гнучкі в'язі 2 покращують теплопередачу між ними. В четвертій чарунці змонтований виконавчий механізм реле, зв'язаний з біметалевими елементами рухомими планками 4. Виконавчий механізм складається з механізму розчеплення, контактної групи, регулятора струму неспрацювання і термокомпенсатора.

Рисунок 9 Електротеплове реле серії РТТ:



1 - нагрівні елементи; 2 - гнучкі в'язі; 3 - біметалеві пластинки; 4 - штовхачі; 5 - упори ліві; 6 - важіль; 7, 14 - вісь; 8 - складений важіль; 9 - пластина важеля; 10 - упори праві; 11 - контакт рухомий; 12, 19 - контакти нерухомі; 13, 21 - пружини; 15 - термокомпенсатор; 16 - кнопка повернення; 7 - гвинт регулювальний; 18 - ексцентрик; 20 - заскочка.

Контактна група складається з нерухомих контактів 12 і 19 і рухомого контакту 11, який обертається навколо осі 14.

Механізм розчеплення включає в себе важелі 6 і 8, заскочку 20 і пружини 13 і 21. Для регулювання сили струму неспрацювання реле передбачені гвинт 17 і ексцентрик

18. Повернення контактів у вихідне положення здійснюється за допомогою кнопки 16.

Реле працює так. Струм навантаження нагріває нагрівні елементи 1, від яких тепло передається біметалевим елементам 3. Останні вигинаються у напрямку, показаному стрілками, і лівими упорами 5 планок 4 діють на важіль

6. Важіль 6 разом з важелем 8 обертають на осі 14 до упирання гвинта 17 у ексцентрик 18, після чого навколо вісі 7 починає обертатися важіль 6. Останній своїм нижнім кінцем повертає заскочку 20, яка звільняє рухомий контакт 11. Під дією пружини 13 контакт 11 повертається і перемикає контакти 12 і 19. У вихідне положення контакти повертаються вручну при натисканні на кнопку 16 після охолодження і вирівнювання біметалевих елементів 3.

Настроювання на заданий номінальний струм неспрацювання в межах 0,85-1,15 номінального струму реле здійснюється повертанням ексцентрика 18 по шкалі з ціною поділки 3 %. Гвинтом 17 реле настраюється на спеціальному стенді.

Термокомпенсатор 15 - це біметалева пластинка, яка є частиною важеля 8. При збільшенні температури навколишнього середовища біметалеві елементи 3 вигинаються вправо. В той же бік вигинається і пластинка 15,

зберігаючи таким чином постійний зазор між важелем 6 і заскочкою 20.

При обриві однієї фази струм навантаження протікає тільки через два нагрівних елементи і спричиняє вигинання двох біметалевих елементів, які через планки 4 повертають важіль 6 навколо осі 7.

Третій біметалевий елемент залишається нерухомим, гальмуючи рух з'єднаної з ним планки. При цьому верхній кінець 9 важеля 8 упирається в правий упор 10 нерухомої планки, запобігаючи його повертанню на осі 14.

Важіль 6 повертає заскочку 20 при меншому вигині біметалевих елементів 3, внаслідок чого зменшується час спрацювання реле.

Лекція №5

Тема: Розімкнені системи автоматичного керування

Мета: оволодіти знаннями про схему пуску ДПС НЗ в одну ступінь функції часу

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схеми розімкнених структур автоматичного керування електропривода
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Принципи автоматичного керування в розімкнених релейно-контактних системах

Як відомо, у системах з розімкненим колом дій відсутні зворотні зв'язки, у наслідок чого при виникненні відхилення вхідної величини від заданої значення, що викликане тією чи іншою збурною дією, сигнал керування на вході системи залишається незмінним.

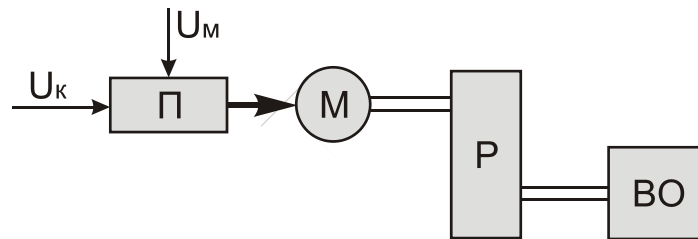


Рисунок 10 – Схема розімкненої системи керування.

Прикладом може правити (дивись рисунок 10) двигун M , що живиться від перетворювача P . Перетворювач підімкнений до мережі U_m , на нього подається вхідний сигнал керування U_k .

Двигун приводить до руху виконавчий орган BO виробничого механізму через механічну частину ЕП – редуктор P .

Вихідною величиною є, як правило, швидкість BO .

На перетворювач, двигун та механізм діють збурення у вигляді змінювання напруги живлення U_m , змінювання момента навантаження й таке інше. Ці збурення призводять до відхилень вихідної величини від заданої. Значення цього відхилення визначається параметрами перетворювача P , двигуна M та виконавчого органа BO . Величина U_k , оскільки немає зворотного зв'язку, залишається незмінною, тому вона не впливає на відхилення вихідної величини. При цьому не виключена можливість впливати на вихідну величину контролем різних координат ЕП, таких, як струм якоря (статора) двигуна, напруги, частоти, струму збудження й таке інше.

Принцип автоматичного керування у розімкнених системах можна розглянути на прикладі автоматизації пуску електродвигуна.

Найпростіше здійснити автоматизацію пуску асинхронного двигуна малої чи середньої потужності, оскільки керування пуском тут є керування прямим вмиканням АД у мережу. У інших випадках найбільш часто вживається резисторний пуск електродвигунів з поступовим зменшенням опору пускового резистора, з регулюванням при цьому пускового струму й швидкості розгону двигуна.

При проектуванні схем керування пуском ДПС й АД з фазним ротором слід виходити з заданих конкретних умов пуску.

Ці умови зручно подавати у вигляді пускових діаграм двигунів на певну кількість ступенів пускового резистора

На рисунку 11 наведена пускова діаграма двигуна з трьома ступенями пускового резистора, побудована із умов змінювання струму в певних заданих межах від I_1 до I_2 .

Усталені значення відповідно швидкості й струму будуть

$$\omega_y = \omega_c,$$

$$I_y = I_c.$$

Згідно цій діаграмі пуск двигуна можна здійснити від руки, або автоматично.

Якщо пуск здійснюють вручну, то оператор у момент $t = 0$ рукоятку пускового резистора установлює весь пусковий опір і стежачи за показанням амперметра у момент t_1 , коли струм знижується до I_2 , виводить перший ступінь пускового резистора, другий ступінь оператори виводить у момент t_2 , коли пусковий струм за показанням амперметра знизиться знову до значення I_2 й так далі.

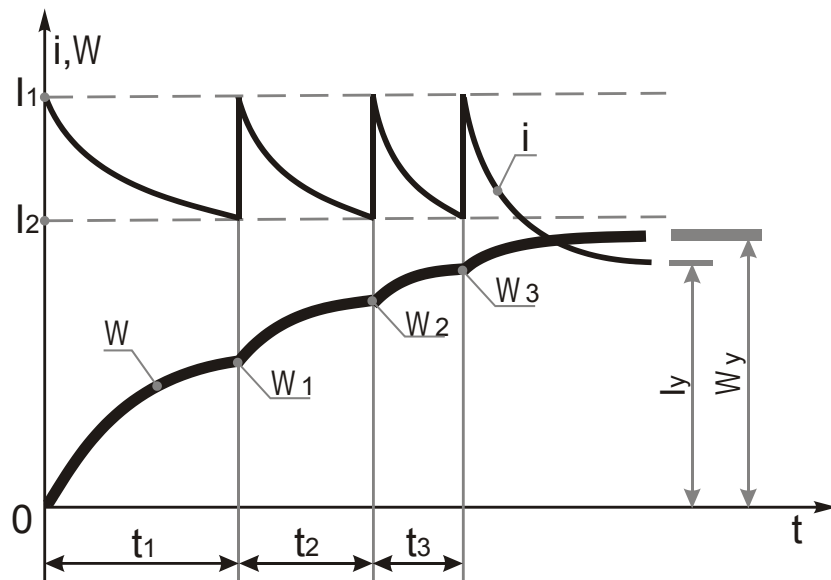


Рисунок 11 – Пускова діаграма.

Автоматичне керування дозволяє більш точно виконати вищеназвані операції й вивільнити людину від стомливих дій запуску двигуна.

Із розгляду пускової діаграми видно, що критеріїв, за якими можна здійснювати автоматичне керування, декілька. Вимикати ступені пускового резистора можна:

- контролюючи кутову швидкість, виконувати вимикання при значеннях кутової швидкості $\omega_1, \omega_2, \omega_3$;
- перемикання ступенів пускового резистора можна здійснювати, контролюючи межові значення струму I_2 та I_1 ;
- це ж саме можна здійснювати через певні проміжки часу t_1, t_2, t_3 .

Звідси очевидно, що керування пуском можна здійснювати у функції швидкості, функції струму та у функції часу.

Можлива ще й непряма функція, яка впливає з вищеназваних трьох – це керування пуском у функції шляху.

Вищенаведена діаграма ілюструє процес пуску при ступінчастому керуванні (а не плавному) за допомогою релейно-контактного електрообладнання у розімкнених системах керування.

Лекція №6

Тема: Керування пуском ДПС у функції кутової швидкості

Мета: оволодіти знаннями про схему пуску ДПС НЗ в одну ступінь функції ЕРС і динамічного гальмування в функції часу

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема пуску ДПС НЗ у функції кутової швидкості
- 2 Елементи схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки, наочність

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Керування пуском ДПС у функції кутової швидкості

При керуванні у функції кутової швидкості слід якимсь чином контролювати цю швидкість й при певному значенні швидкості подавати необхідний сигнал на відповідний комутаційний апарат.

Реле, яке безпосередньо спрацьовує на зміну кутової швидкості, є, наприклад, відцентрове реле. Такі реле тут вживаються нечасто. Пояснюється це відносною складністю їх конструкції та незначною надійністю роботи. Можна вимірювати кутову швидкість електричним шляхом (використовуючи тахогенератор), але наявність самого тахогенератора та компоновка його на валу двигуна теж ускладнює схему.

Тому простіше фіксувати цю швидкість непрямим шляхом – вимірюванням других параметрів, однозначно пов'язаних з кутовою швидкістю. Для ДПС найкраще може правити такий параметр, як ЕРС двигуна, а для СД та АД з фазним ротором - частота струму ротора й ЕРС ротора.

З останніх міркувань цей спосіб керування можна називати: керування у функції ЕРС.

У найпростішому випадку схема має вигляд, показаний на рисунку 12

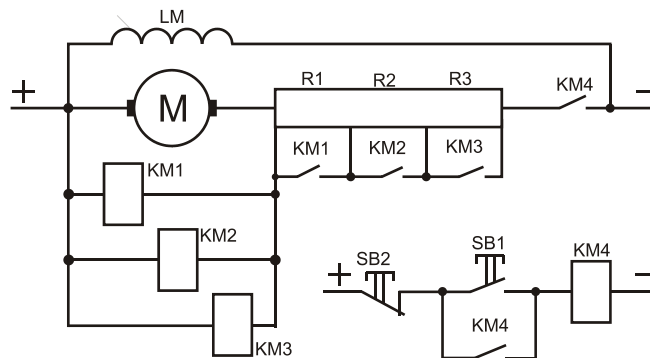


Рисунок 12 – Керування пуском ДПС НЗ у функції ЕРС з контакторами прискорення різної напруги спрацьовування.

Напруга, що залежить від ЕРС якоря, прикладається до котушок контакторів $KM1-KM3$, які спрацьовують при певних значеннях напруги, контакти цих контакторів здійснюють перемикання ступенів резистора у певній послідовності.

Кожний із увімкнених контакторів прискорення $KM1$, $KM2$, $KM3$ настроєні на певне значення напруги втягнення. У перший момент пуску напруга на котушках цих контакторів дорівнює лиш падінню напруги у колі якоря ($e_{я} = \kappa \cdot \Phi \cdot \omega = 0$). У міру того, як збільшується кутова швидкість, зростає ЕРС якоря $e_{я}$.

При певній кутовій швидкості ω_1 , напруга на котушці контактора прискорення $KM1$ досягає такого значення, при якому $KM1$ спрацьовує й замикає свій контакт на ступені $R1$ пускового резистора, тобто перший ступінь $R1$ виявляється зашунтованим. Котушки контакторів прискорення $KM2$ і $KM3$ настроєні на більші значення напруг втягування, тому їх контакти не спрацьовують.

Як тільки кутова швидкість двигуна досягне значення ω_2 , спрацьовує другий контактор прискорення $KM2$ – шунтується другий ступінь резистора $R2$ й так далі.

Після того, як спрацює останній (третій у данному випадку) ступінь пускового резистора, пуск двигуна завершиться й він буде працювати на природній характеристиці.

Недоліком такого схемотехнічного рішення є різна напруга спрацювання контакторів $KM1$, $KM2$, $KM3$, на яку повинні бути вибрані контактори (різні контактори).

Лекція №7

Тема: Керування пуском ДПС у функції струму

Мета: оволодіти знаннями про схему управління ДПС НЗ в одну ступінь в функції часу, реверсом і гальмуванням противмиканням в функції ЕРС

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема управління ДПС НЗ у функції струму
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки, наочність

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Керування пуском ДПС у функції струму

Із пускової діаграми (рисунок 11) видно, що струм під час пуску коливається у певних межах ($I_1 - I_2$). Початковий поштовх струму визначається значенням необхідного пускового моменту й допустимого струму для даного двигуна I_1 . При підвищенні швидкості струм двигуна зменшується до значення I_2 , при цьому частина пускового резистора шунтується, що призводить до збільшення струму до значення I_1 .

Струм перемиканням I_2 вибирається таким чином, щоб його значення забезпечило необхідне мінімальне прискорення при пуску двигуна з заданим навантаженням, тобто цей струм повинен бути трохи більшим струму, що визначається моментом опору.

Схема автоматичного пуску, що побудована за принципом керування у функції струму, повинна передбачити одно або кілька реле струму, які вмикаються безпосередньо у коло якоря двигуна. Кількість реле залежить від числа пускових ступенів реостата.

Схема керування пуском двигуна постійного струму паралельного збудження у функції струму показана на рис. 13. При вмиканні автоматичного вимикача *ЯР* отримує живлення обмотка збудження двигуна. При натисканні на кнопку *БВ2* «Пуск» спрацьовує контактор *КМ1* і блокувальне реле *КУ*. Контактор головним контактом вмикає обмотку якоря двигуна в мережу, а допоміжним замикаючим контактом шунтує кнопку *БВ2*. При пуску двигуна через обмотку якоря проходить великий пусковий струм, тому реле струму *КА1* і *КА2*, котушки яких увімкнені у це коло, спрацьовують і розмикають свої контакти у колі котушок контакторів *КМ2* і *КМ3*. Блокувальне реле *КУ* створює витримку часу, достатню для спрацювання реле струму *КА1* і *КА2*. Тому контактори *КМ2* і *КМ3* не спрацьовують, і двигун розганяється при увімкнених у коло якоря пускових опорах *Я1* і *Я2*. При зростанні кутової швидкості двигуна струм падає, і при певних його значеннях реле *КА1* і *КА2* по черзі повертаються у вихідне положення, вмикаючи своїми розмикаючими контактами котушки контакторів *КМ2* і *КМ3*. При цьому спочатку спрацьовує

контактор $KM2$ і своїми контактами закорочує опір $R1$, а потім, через деякий час, спрацьовує контактор $KM3$ і закорочує опір $K2$ пускового реостата

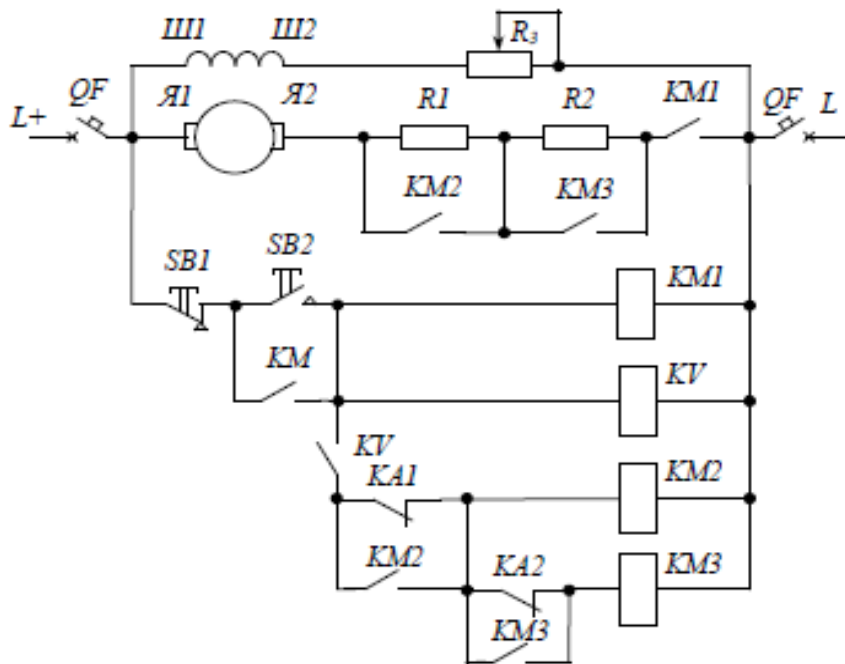


Рисунок 13 Схема керування пуском двигуна постійного струму паралельного збудження у функції струму

Достоїнством способу є те, що перемикання пускового резистора відбувається при заданому значенні струму I_2 й не залежить від коливань напруги живлення при пуску.

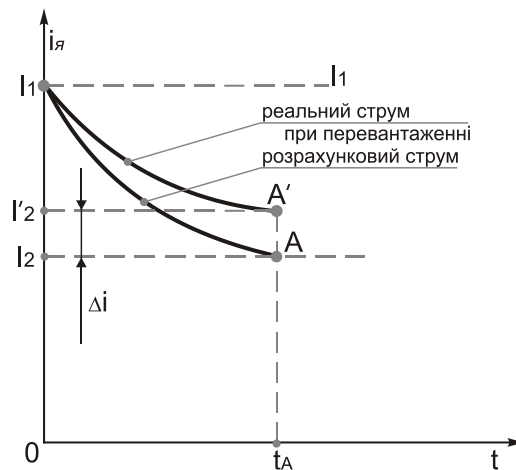


Рисунок 14 – Графік змінювання струму при збільшенні навантаження під час пуску.

Однаке, цей спосіб має й вади. Так, якщо при пуску двигуна момент навантаження на його валу за будь-яких причин виявиться вище розрахункового, то струм I'_2 може тривалий час перевищувати значення I_2 на величину Δi при якому відбувається відпускання реле струму KI , отже воно не спрацює, а пусковий резистор виявиться незахищеним (увімкненим), подальшого розгону двигуна не станеться (як кажуть, двигун „застряв” на якомусь пусковому ступені), крім того така ситуація призводить до перегорання резистора, оскільки він розрахований на короткочасну роботу.

Лекція №8

Тема: Керування пуском ДПС у функції часу

Мета: оволодіти знаннями про регулювання координат АД за допомогою резисторів в колі статора

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема управління ДПС НЗ в функції часу
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки, наочність

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Керування пуском ДПС у функції часу

Із пускової діаграми $\omega = f(t)$ та $i = f(t)$, (рисунок 15) видно, що шунтування ступенів пускового резистора повинно здійснюватись через певні проміжки часу: t_1 , t_2 й t_3 , тобто через t_1 треба зашунтувати перший ступінь резистора, t_2 – другий, t_3 – третій. Цим й визначається можливість створення схеми керування пуском у функції часу.

Для цього використовуються різні реле часу, що настроюються на відповідні проміжки часу. Найбільш розповсюджене вживання електромеханічних та електронних реле.

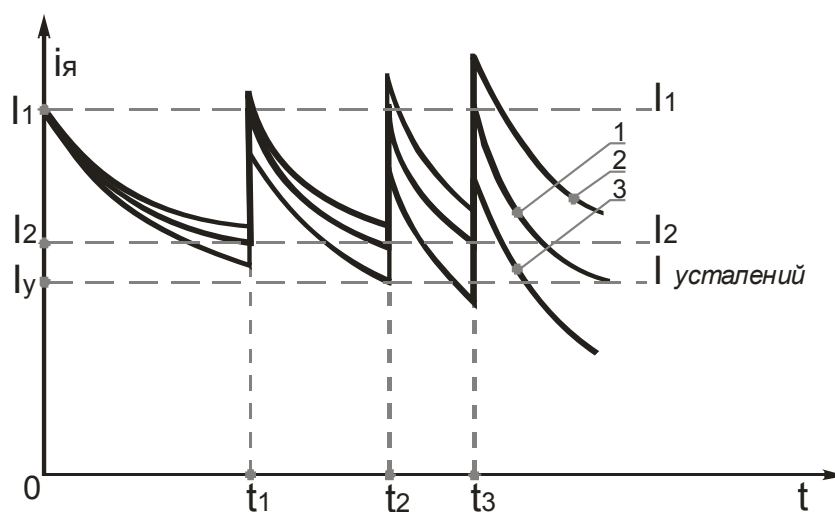


Рисунок 15 – Триступінчаста пускова діаграма для струму якоря при змінюванні навантаження під час пуску.

Необхідна витримка часу кожного реле визначається на основі пускової діаграми, для цього треба із часу пуску, отриманого при розрахунках, відняти власний час вмикання контакторів:

$$t_{\text{вн}} = 0,1 - 0,4 \text{ с} - \text{контактори постійного струму};$$

$$t_{\text{вн}} = 0,05 - 0,07 \text{ с} - \text{контактори змінного струму}.$$

Реле часу керують контакторами прискорення, після закінчення витримки часу, незалежно від того, який струм протікає через двигун й до якої швидкості розігнався якір, відповідний ступінь пускового резистора шунтується (рисунок 16). За цих умов, якщо двигун під час пуску був перевантажений, то процес пуску буде

здійснюватися у відповідності до кривої 2, а якщо двигун під час пуску був недовантажений то процес пуску буде здійснюватися у відповідності до кривої 3.

Порівняно з кривою 1 буде:

- середній пусковий момент підвищиться, а час пуску залишиться незмінним (крива 2);
- середній пусковий момент зменшиться при незмінному часу пуску (крива 3).

Для того щоб при змінному навантаженні пусковий момент залишився рівним розрахунковому треба відповідно змінювати витримки часу на реле, які б відповідали змінюванню навантаження.

Так якщо пуск здійснюється у відповідності до кривої 2 (перевантаження) витримка часу реально буде

$$t_{1\text{реальне}} > t'_{1\text{розрахункове}} ;$$

$$t_2 > t'_2 ;$$

$$t_3 > t'_3 .$$

Якщо пуск здійснюється у відповідності до кривої 3 (недовантаження), то

$$t_{1\text{реальне}} < t'_{1\text{розрахункове}} ;$$

$$t_2 < t'_2 ;$$

$$t_3 < t'_3 .$$

Достоїнством таких схем є відсутність небезпеки скількись тривалої роботи двигуна на неповній кутовій швидкості (не „застряє” на будь-якому ступені пускового резистора), чого не вдається уникнути в схемах керування у функції швидкості й у функції струму.

Небезпека, що може виникнути при раптовому різкому зростанні навантаження при пуску за будь-яких зовнішніх чи внутрішніх причин, усувається наявністю максимального захисту, за допомогою якої двигун відмикається від мережі.

Простота й надійність у роботі, а також можливість застосування одноступінних реле часу при багатоступеневому пуску, призвели до широкого застосування способу керування пуском у функції часу.

В електроприводах постійного струму застосовуються електромагнітні реле часу, доволі простих й надійних у роботі.

Схема автоматичного пуску двигуна постійного струму паралельного збудження у функції часу показана на рисунку . При вмиканні автоматичного вимикача (QF) отримує живлення обмотка збудження двигуна. Натисканням на кнопку *БВ2* «Пуск» одержують живлення котушки контактора *КМ1* і реле часу *КТ1*. Контактор головними контактами вмикає обмотку якоря двигуна в мережу, а допоміжним замикаючим контактом шунтує кнопку *БВ2*. Двигун розганяється при увімкнених у коло якоря пускових резисторах *Я1* і *К2*. Через заданий проміжок часу реле *КТ1* своїм замикаючим контактом подає напругу на котушки контактора *КМ2* і реле часу *КТ2*. Контактор *КМ2* спрацьовує і головним контактом закорочує пусковий опір *Я1*. Двигун продовжується розганятися при зменшеному опорі кола якоря. По закінченні витримки часу реле часу *КТ2* замикає свій контакт у колі котушки контактора *КМ3*, який спрацьовує і своїм контактом закорочує пусковий опір *К2*. Далі двигун розганяється на природній характеристиці при закороченому пусковому реостаті.

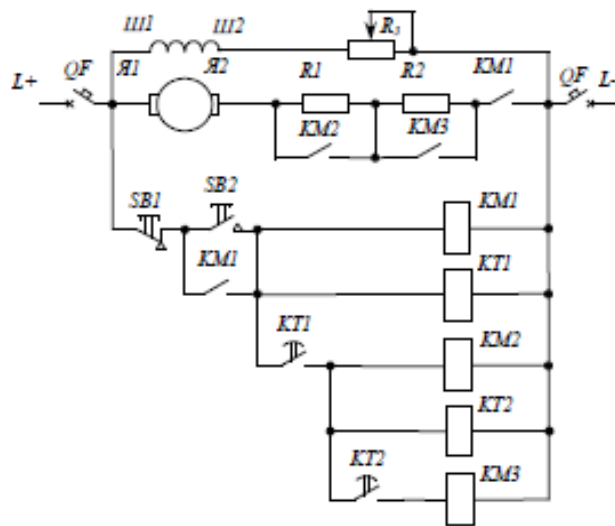


Рисунок 16 Схема автоматичного пуску двигуна постійного струму паралельного збудження у функції час

Лекція №9

Тема: Реверсивна схема керування АД

Мета: оволодіти знаннями про реверсивну схему керування АД

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема вмикання асинхронного двигуна з к.з. ротором реверсивна
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором невеликої потужності (до 5,5 кВт) , як правило, запускаються безпосереднім вмиканням в електричну мережу на номінальну напругу (прямий пуск).

Схема нереверсивного керування електродвигуном з нульовою блокіровкою за допомогою електромагнітного пускача. При натисканні на кнопку *БВ2* «Пуск» замикається коло котушки пускача *КМ*, пускач спрацьовує і головними контактами вмикає двигун у мережу. Замикаючий допоміжний контакт шунтує кнопку *БВ2*, і при її відпусканні котушка пускача залишиться увімкненою через цей контакт. Вимикання двигуна відбувається при натисканні на кнопку *БВ1* «Стоп» або при спрацюванні теплового реле *КК*. В обох випадках розмикається коло живлення котушки пускача *КМ*, він повертається у вихідне положення і вмикає двигун з мережі. Захист силових кіл від коротких замикань здійснює автоматичний вимикач (1, кіл керування - *OK2*).

При необхідності керування двигуном з кількох місць всі замикаючі контакти командних апаратів потрібно увімкнути паралельно, а розмикаючі - послідовно.

Для реверсивного керування асинхронним двигуном необхідно два нереверсивні пускачі або один спеціальний реверсивний, що має два контактори. Реверсивне керування здійснюється за схемою, зображеною на рис. 17.

Для пуску двигуна «Вперед» натискають на кнопку *БВ2*. При цьому спрацьовує контактор *КМ1*. Зупинку двигуна здійснюють натисканням на кнопку *БВ1* «Стоп». Для пуску «Назад» натискають на кнопку *БВ3*, яка вмикає контактор *КМ2*. Схема передбачає можливість реверсування двигуна «з ходу». У цьому випадку, коли двигун, наприклад, обертається «Назад», натискають на кнопку *БВ2*. При цьому вимикається контактор *КМ2* і вмикається контактор

КМ1. Двигун гальмується гальмуванням противмиканням, а потім починає обертатися в заданому напрямку.

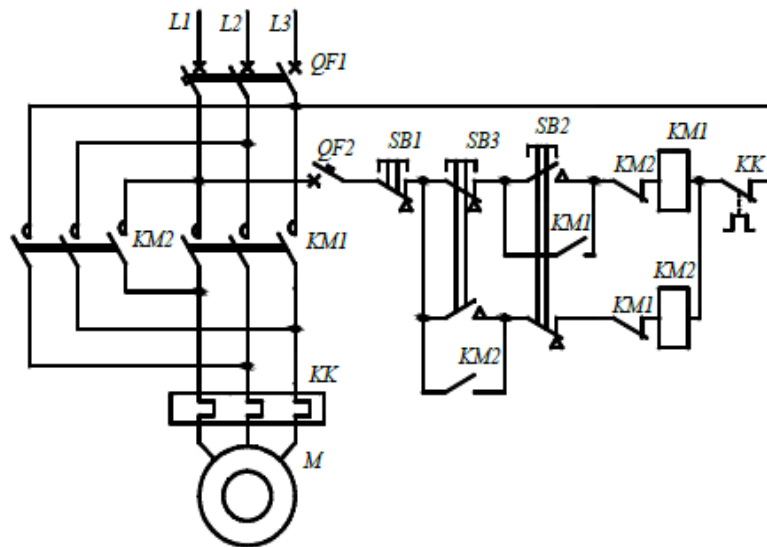


Рисунок 17 Схема реверсивного керування асинхронним двигуном

Схемою реверсивного керування обов'язково передбачають блокування, що виключають одночасне вмикання обох контакторів *KM1* і *KM2* (для запобігання короткому замиканню на головних контактах). Для цього керування контакторами здійснюється кнопками *SB2* і *SB3*, що мають як замикаючі, так і розмикаючі контакти (рис. 17). За відсутності механічної блокування в коло живлення котушок пускачів вмикають «чужі» розмикаючі допоміжні контакти. Коли спрацює один контактор, то своїм розмикаючим допоміжним контактом він розірве коло живлення котушки другого контактора.

Лекція №10

Тема: Схема пуску та динамічного гальмування АД

Мета: оволодіти знаннями про схему пуску та динамічного гальмування АД

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема пуску та динамічного гальмування АД
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Пуск і динамічне гальмування асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором здійснюється за схемою, зображеною на рис. 18. У схемі використовуються два контактори - лінійний *KM1* і гальмівний *KM2*. Керування двигуном здійснює перемикач *БА*, а нульову блокіровку - реле *KV*. Для автоматичного керування процесом гальмування використовуються два електромагнітних реле часу *KT1* і *KT2*. Постійний струм на статор подається від випрямляча *I2*, що живиться від знижувального трансформатора *TU*.

Для пуску двигуна подають напругу на схему і ставлять перемикач *БА* в нульове положення. При цьому одержує живлення котушка реле *KV*, реле спрацьовує, один його замикаючий контакт шунтує контакти перемикача *БА*, а другий - вмикає трансформатор *TU*. Розмикаючий допоміжний контакт *KM1* у колі котушки контактора *KM2* розмикається, а замикаючий у колі котушки реле *KT1* замикається, реле *KT1* спрацьовує і своїм замикаючим контактом вмикає реле *KT2*. Реле *KT1* і *KT2* своїми контактами готують коло котушки контактора *KM2* до гальмування. У такому стані схема знаходиться при роботі двигуна. Для зупинки двигуна перемикач *БА* потрібно повернути в нульове положення. При цьому розмикається коло котушки контактора *KM1*, і статор двигуна вимикається з мережі. Також розмикається коло живлення котушки реле *KT1*. Розмикаючий контакт *KM1* у колі котушки контактора *KM2* замикається. Залишившись без живлення, реле *KT1* з витримкою 1 - 1,5 с (достатньою для затухання магнітного потоку двигуна) відпускає свій якір, і через його замкнений розмикаючий контакт подається живлення на котушку контактора *KM2*. Контактор *KM2* спрацьовує і подає постійний струм від випрямляча на статора двигуна. Ротор двигуна швидко загальмовується.

Одночасно з цим реле *KT1* своїм замикаючим контактом, що розмикається, знеструмлює котушку реле *KT2*. Якір відпадає з витримкою, достатньою для повного гальмування двигуна (2 - 3 с). При цьому замикаючий контакт реле *KT2* розмикається і контактор *KM2* вимикається, припиняючи живлення статора двигуна постійним струмом.

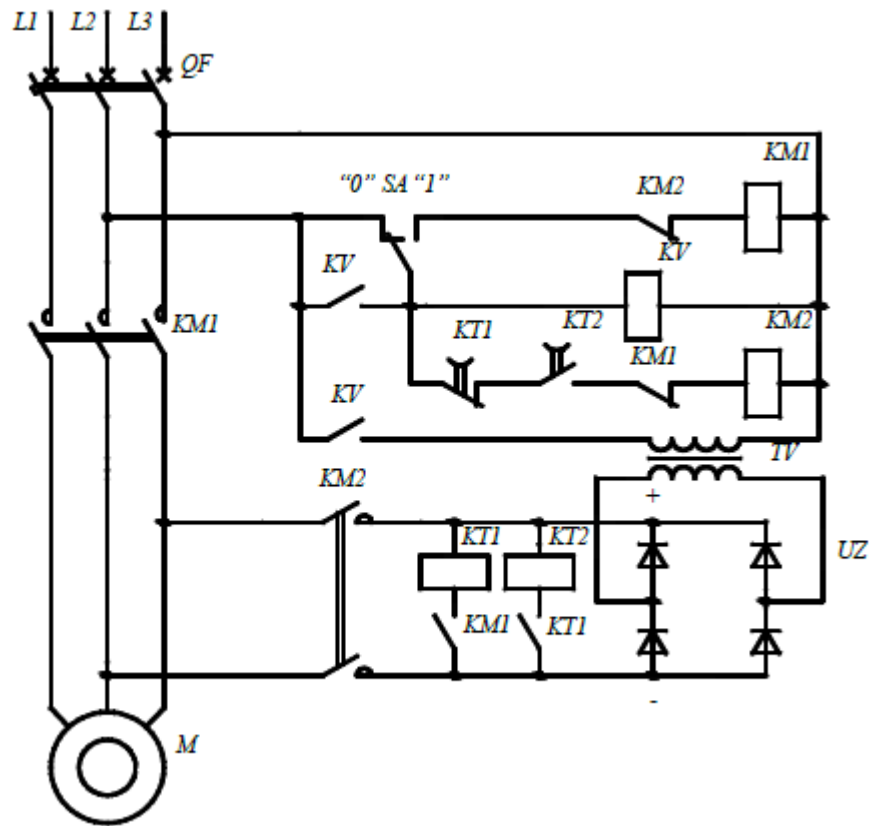


Рисунок 18 Схема пуску та динамічного гальмування АД

Лекція №11

Тема: Схема пуску АД з ФР у функції часу

Мета: оволодіти знаннями про схему пуску АД з фазним ротором у функції часу

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема пуску АД з ФР у функції часу
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Схема керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції часу показана на рис. 19. При натисканні на кнопку *БВ2* «Пуск» одержують живлення котушки контактора *КМ1* і реле часу *КТ1*. Контактор головними контактами вмикає обмотку статора двигуна в мережу, а допоміжним замикаючим контактом шунтує кнопку *БВ2*. Двигун розганяється при увімкнених у коло ротора пускових резисторах *Ш...Кб*. Через заданий проміжок часу реле *КТ1* своїм замикаючим контактом подає напругу на котушки контактора *КМ2* і реле часу *КТ2*. Контактор *КМ2* замикає головні контакти і закорочує перший ступінь пускового реостата *Ш...К3*. Двигун продовжується розганятися при зменшеному опорі кола ротора. Через задану витримку часу реле часу *КТ2* замикає свій контакт у колі котушки контактора *КМ3*, який спрацьовує і головними контактами закорочує другий ступінь пускового реостата *Я4...Кб*. Далі двигун розганяється на природній характеристиці при закороченому пусковому реостаті

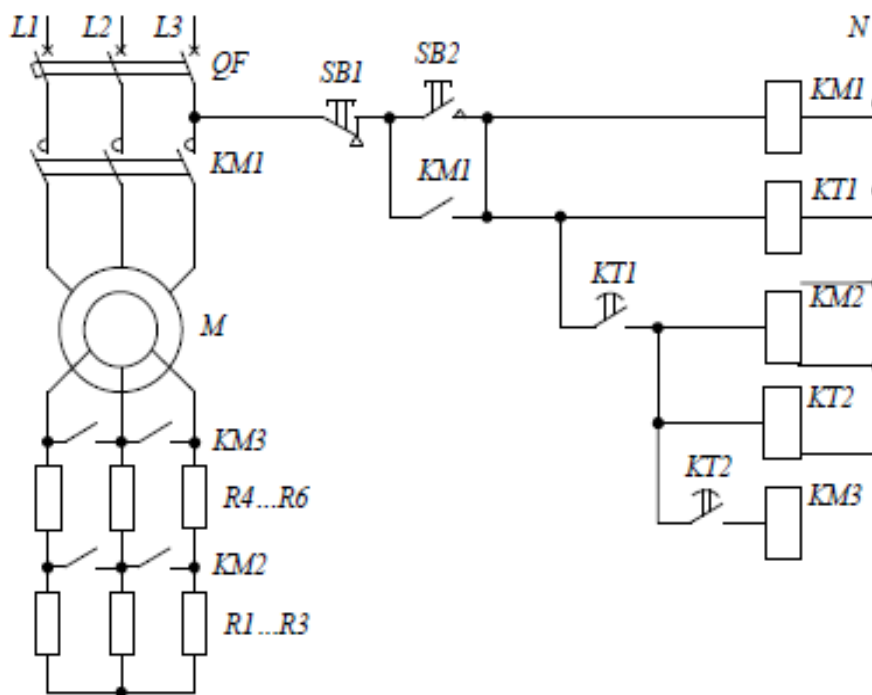


Рисунок 19 Схема пуску АД з ФР у функції часу

Лекція №12

Тема: Схема керування багатовидкісним двигуном

Мета: оволодіти знаннями про схему керування багатовидкісним двигуном

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема керування багатовидкісним двигуном
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Автоматичне керування багатошвидкісними двигунами забезпечує безступінчастий та ступінчастий пуск двигуна. Безступінчастий пуск двигуна здійснюється безпосереднім вмиканням на задану швидкість за допомогою контакторів, які керуються кнопками керування. При ступінчастому пуску вмикання на другу, третю або четверту швидкість здійснюється через контрольовану реле часу затримку на першій швидкості.

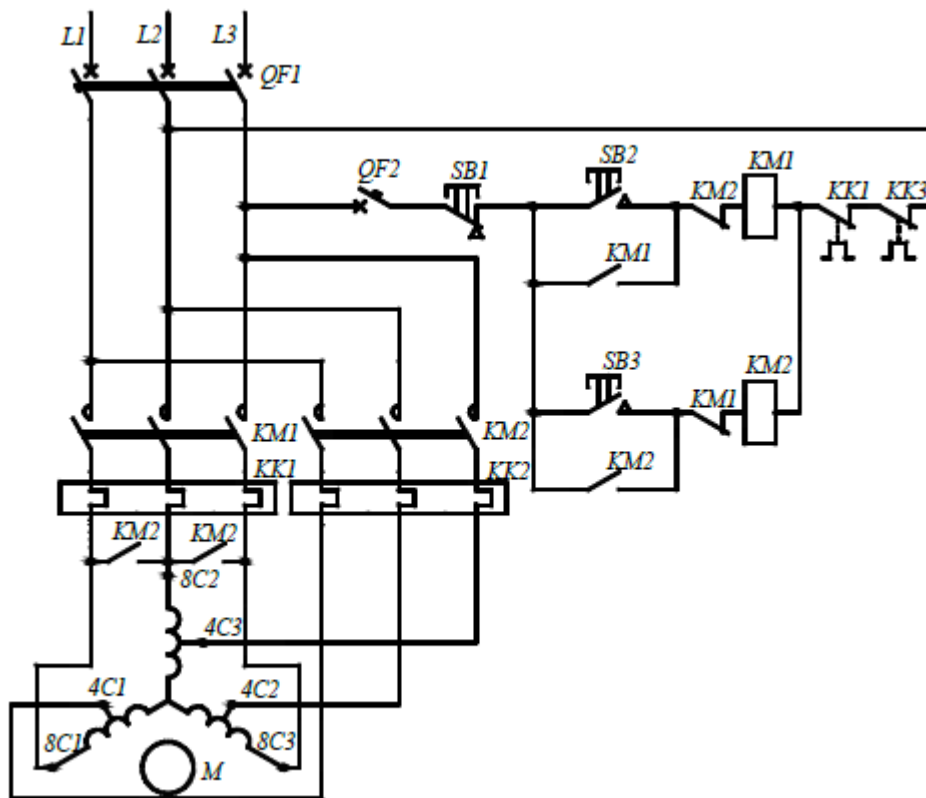


Рисунок 20 Схема керування багатшвидкісним двигуном

У схемах керування багатошвидкісними електродвигунами для захисту кіл від коротких замикань використовують автоматичні вимикачі, для захисту від перевантажень - теплові реле. Оскільки номінальні потужності та номінальні струми двигуна при різних частотах обертання різні, тому в схемах керування багатошвидкісними двигунами для кожної швидкості встановлюються свої теплові реле. Для запобігання одночасному вмиканню апаратів, призначених для різних частот обертання, в схемах передбачена взаємна електрична блокування пускачів їх допоміжними контактами.

Для керування двигунами використовують контактори або електромагнітні пускачі. Схема безступінчастого керування двошвидкісним двигуном показана на

рис. 20. При пуску двигуна на нижчу швидкість натискають на кнопку ББ2. При цьому отримує живлення котушка контактора *КМ1*. Пускач *КМ1* головними контактами вмикає двигун на першу швидкість (з'єднання обмоток у «зірку»), замикаючим допоміжним контактом шунтує кнопку *ББ2* і розмикає контакт у колі котушки контактора *КМ2*. Для вимикання двигуна натискають на кнопку *ББ1* «Стоп». Пуск на вищу швидкість здійснюється натисканням кнопки *ББ3*. При цьому спрацьовує контактор *КМ2*,

який з'єднує обмотки статора у «подвійну зірку». Захист силових кіл від коротких замикань здійснює автоматичний вимикач $<2K1$, кіл керування - $\emptyset P2$. При перевантаженні спрацьовують теплові реле *КК1* або *КК2*, які вимикають двигун.

Лекція №13

Тема: Схема керування синхронним двигуном

Мета: оволодіти знаннями про схему керування синхронним двигуном

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема керування синхронним двигуном
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Для синхронних двигунів застосовують асинхронний пуск прямим способом або при зниженій напрузі через резистори, реактори чи трансформатори з наступним перемиканням при підсинхронній швидкості на повну напругу.

Особливістю пуску синхронного двигуна є керування подачею в його обмотку збудження постійного струму від збудника - тиристорного перетворювача або генератора постійного струму.

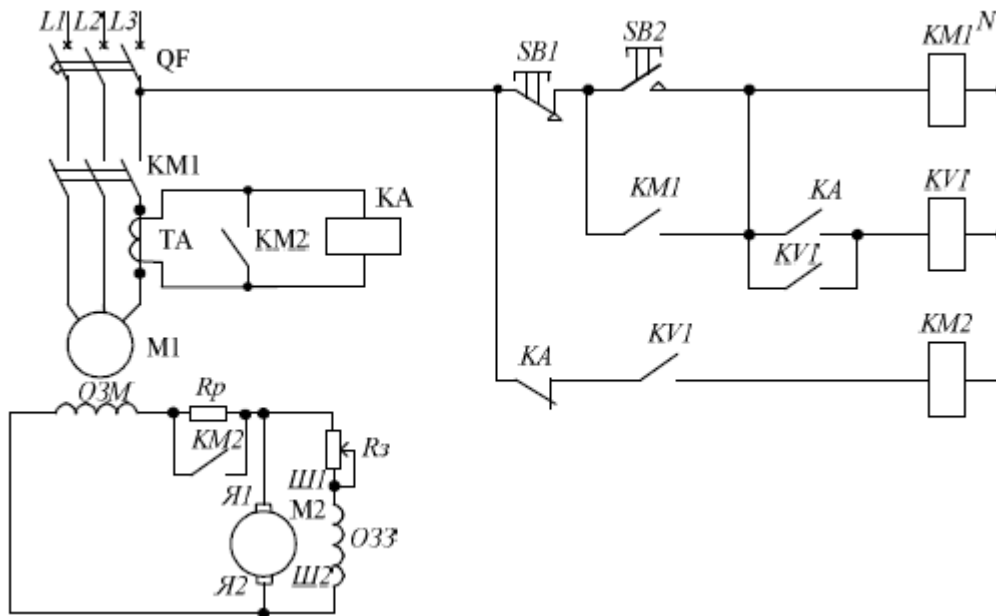


Рисунок 21 Схема керування синхронним двигуном

Застосовують прямий пуск при постійно увімкненому збуднику (при моменті статичних опорів $M_c < 0,4 M_H$) або при вмиканні збудника при підсинхронній швидкості (при $M_c > 0,4 M_H$). Якщо пуск двигуна здійснюють при зниженій напрузі, то розрізняють «легкий» пуск, при якому збудження подається до вмикання статора на повну напругу (при невеликому M_c), та «важкий» пуск, при якому подача збудження здійснюється при повній напрузі на статорі (при значному M_c). Реакторний та трансформаторний пуск здійснюють для двигунів високої напруги (понад 1000 В), а пуск з резисторами - для двигунів низької напруги потужністю до 400 Вт.

При легкому пуску з наглухо під'єднаним збудником контактор вмикає обмотку статора у мережу. Коли збільшується кутова швидкість, зростає струм збудження двигуна, який при підсинхронній швидкості стає достатнім для втягування двигуна у синхронізм.

При важких умовах пуску обмотка збудження під'єднується до збудника контактором із заціпкою при підсинхронній швидкості. До цього вона або замикається на розрядний опір, або з'єднується із збудником через послідовний опір.

Керування подачею збудження найчастіше здійснюють у функції струму статора (рис. 21).

Реле струму KA отримує живлення від трансформатора струму TA , увімкненого у коло статора. При натисканні на кнопку $BB2$ «Пуск» спрацьовує контактор $KM1$ і реле струму KA . Реле KA замикає контакт у колі проміжного реле $KY1$ і розмикає контакт у колі котушки контактора $KM2$. Реле $KY1$ спрацьовує і готує до вмикання коло котушки контактора $KM2$. Коли ротор досягне підсинхронної швидкості, струм статора знизиться, реле KA відпустить свій якір і увімкне контактор $KM2$. Його контакт закорочує розрядний опір Y_p і котушку реле струму KA . Струм в обмотці збудження $OЗМ$ зростає і двигун втягується в синхронізм.

Лекція №14

Тема: Основи автоматичного керування електроприводів

Мета: оволодіти знаннями про основи автоматичного керування електроприводів

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Основи автоматичного керування електроприводів
- 2 Автоматичне керування електроприводів з ДПС
- 3 Автоматичне керування електроприводів з АД

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

У розімкнених системах керування при недостатньо високій жорсткості статичних характеристик неможливо одержати високої точності регулювання, у них вихідна величина визначається параметрами двигуна й навантаженням на валу, а його змінювання не компенсується при різних збуреннях, параметри двигуна й характеристики виробничих механізмів можуть змінюватись внаслідок змінювання опору обмоток, режиму роботи механізму й таке інше. Все це також унеможлиблює одержання високої точності керування.

У замкнених системах керування здійснюється автоматична компенсація існуючих збурних дій, вони, як і розімкнені системи, можуть бути призначеними для забезпечення автоматичних режимів пуску, гальмування, реверсування, регулювання координат, однак ці системи дозволяють сформувати названі режими керування бажаним чином й пов'язати їх більш точно з вимогами технології.

У замкнених системах керування, керування, що діє на силову частину, змінюється при відхиленні істинних значень вихідних параметрів від приписаних (заданих), що досягається шляхом уведення зворотних зв'язків з виходу на входи (усієї системи, чи окремих її елементів). Якщо зворотний зв'язок з'єднує вхід й вихід не системи в цілому, а її окремих елементів, то такий зворотній зв'язок зветься внутрішнім.

Зворотні зв'язки поділяються на жорсткі й гнучкі.

Жорсткі – діють у перехідних й усталених режимах.

Гнучкі – діють тільки у перехідних режимах.

Бувають зворотні зв'язки позитивні й негативні.

При збільшенні регульованої величини позитивний зворотній зв'язок її ще збільшує, а негативний – навпаки, її зменшує.

Зворотні зв'язки можуть передавати сигнали пропорційні самому значенню (або похідної цього значення, рідше інтегралу) напруги, струму, момента, й таке інше. У цьому випадку вони зветься зворотні зв'язки за напругою, за струмом, за кутом повороту й таке інше.

При цьому для здійснення автоматичного керування слід:

- виміряти сигнал зворотного зв'язку;

- цей результат виміру у вигляді напруги порівняти з заданим сигналом який поданий у вигляді напруги зі значенням регульовної величини (провести алгебраїчне підсумовування);

- направити результат порівняння об'єкту, що регулюється;

- підсилити сигнал, оскільки енергії вимірювального органу недостатньо для дії на орган, що регулюється.

Перераховані елементи (вимірювальний орган, підсилювач та регулюючий орган) входять до складу регулятора, що здійснює процес регулювання.

Основи автоматичного керування електроприводів постійного струму

Для прикладу розглянемо систему автоматичного регулювання кутової швидкості ДПС НЗ з двома різними зворотними зв'язками:

а) з жорстким негативним зворотним зв'язком за напругою (рисунок 22, фрагмент а);

б) з жорстким позитивним зворотним зв'язком за струмом якоря ДПС (рисунок 7.15, фрагмент б).

Система рівнянь в усталеному режимі для обох функціональних схем буде:

- напруга на вході підсилювача $U_{ex} = U_z - \alpha \cdot U_d$, (для схеми фрагмента а);

- напруга на вході підсилювача $U_{ex} = U_z + \beta \cdot I \cdot (R_n + R_d)$, (для схеми фрагмента б).

Параметри елементів рисунка 7.15 такі:

$E_n = k_k \cdot k_n \cdot U_{ex}$ - е.р.с. перетворювача UZ ;

$E_d = k_m \cdot \omega$ - е.р.с. двигуна M ;

$U_d = E_n - I \cdot R_n$ - напруга двигуна (негативний зворотний зв'язок);

$U_d = E_d + I \cdot R_d$ - напруга двигуна (позитивний зворотний зв'язок);;

$M = k_m \cdot I$ - момент двигуна;

$\alpha = U_{zz} / U_d$ - коефіцієнт підсилення зворотного зв'язку за напругою;

$\beta = R_{ш} / (R_n + R_d)$ - коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом;

$k_k = U_k / U_{ex}$ - коефіцієнт підсилення підсилювача А;

$k_n = E_n / U_k$ - коефіцієнт підсилення перетворювача;

U_z - задавальна напруга;

U_{zz} - напруга зворотного зв'язку;

$k_m = C_M \cdot \Phi$ - електромашинна стала двигуна;

ω - кутова швидкість двигуна;

R_n - опір перетворювача;

R_δ - опір двигуна;

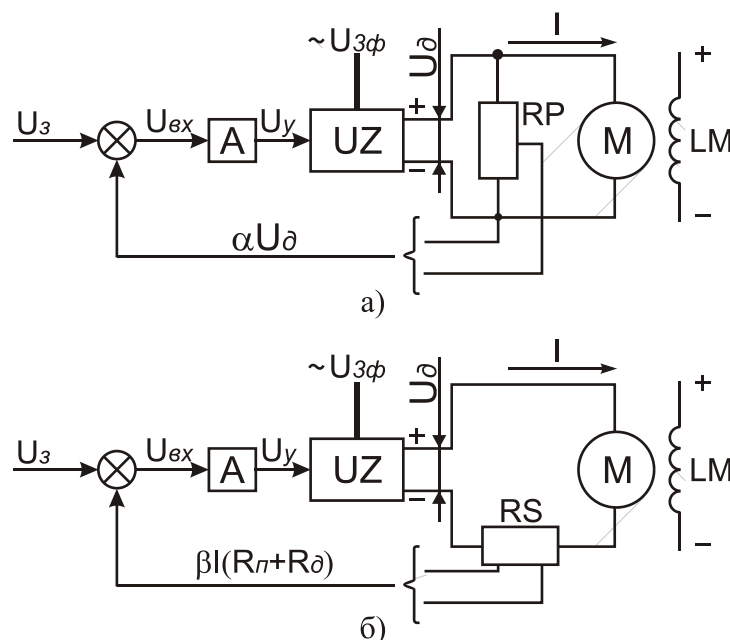
I - струм якірного кола двигуна;

U_κ - напруга керування (на вході перетворювача UZ);

$R_{ш}$ - опір штучного резистора (шунта RS).

У фрагменті **а** за допомогою жорсткого негативного зв'язку за напругою компенсується падіння напруги на внутрішньому опорі R_n перетворювача UZ й коливання напруги мережі $\sim U_{3\phi}$ (тобто стабілізується вихідна напруга перетворювача U_δ – напруга живлення двигуна).

У фрагменті **б** за допомогою жорсткого позитивного зв'язку за струмом здійснюється компенсація падіння кутової швидкості двигуна при збільшенні навантаження шляхом автоматичного збільшення е.р.с. перетворювача E_n .



а – зворотний зв'язок за напругою;

б – зворотний зв'язок за струмом.

Рисунок 22– Система автоматичного регулювання кутової швидкості ДПС НЗ.

Основи автоматичного керування електроприводів змінного струму

Для прикладу розглянемо автоматичне регулювання кутової швидкості асинхронних електроприводів за допомогою тиристорних регуляторів напруги (ТРН).

Як відомо, у розімкненій системі керування асинхронний двигун не може працювати на нестійкій ділянці механічної статичної характеристики.

У замкнених системах керування асинхронний двигун може стійко працювати забезпечуючи плавне регулювання швидкості у доволі широкому діапазоні регулювання.

Функціональна схема ЕП з регулюванням кутової швидкості за допомогою тиристорного регулятора напруги на базі АД з фазним ротором має вигляд поданий на рисунку 23.

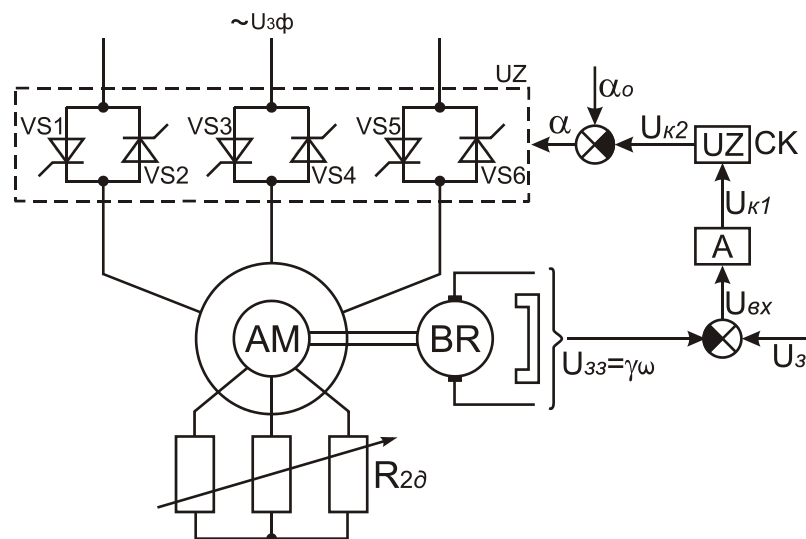


Рисунок 23 – Функціональна схема ЕП з регулюванням кутової швидкості за допомогою ТРН.

На схемі прийняті позначення:

$\sim U_{зф}$ - напруга живлення ТРН;

UZ - тиристорний регулятор напруги (ТРН);

СК - система керування ТРН;

VS1–VS6 - силові тиристори;

α - кут керування тиристорами;

α_0 - кут відкриття тиристорів при відсутності сигналу керування $U_{\kappa 1} = 0$;

$U_{\kappa 1}$ - сигнал керування на вході СК УЗ (системи керування перетворювача);

$U_{\kappa 2}$ - сигнал керування на виході СК УЗ;

A - підсилювач;

$U_{\text{вх}}$ - напруга на вході підсилювача A ;

U_s - задавальна напруга;

BR - тахогенератор (давач швидкості);

$U_{m\omega} = \gamma \cdot \omega = U_{33}$ - сигнал (напруга) зворотного зв'язку;

γ - коефіцієнт передачі тахогенератора $[B \cdot c]$;

R_{20} - додатковий опір у колі ротора АД.

Регулювання напруги на статорі АД здійснюється ТРН, кут керування тиристорів $VS1-VS6$ якого змінюється системою керування СК перетворювача.

На вхід СК подається сигнал керування $U_{\kappa 1}$ від підсилювача A . Цей сигнал залежить від різниці задавальної напруги U_s й напруги негативного зворотного зв'язку за швидкістю U_{33} яка знімається з затискачів тахогенератора BR

$$U_{33} = U_{m\omega} = \gamma \cdot \omega.$$

Механічні характеристики АД можна одержати у межах мінімального та максимального значень кута керування тиристорів α .

Мінімальний кут керування тиристорами α_{\min} дорівнює фазному куту навантаження (який визначається величиною ковзання, активного та індуктивного опорів АД й характером навантаження).

Максимальний кут керування тиристорами α_{\max} для схем, що розглядається, приблизно дорівнює 135° . При такому куті момент, що розвиває АД як правило менше статичного момента неробочого ходу двигуна M_0 .

Таким чином при роботі АД у замкненій системі в міру збільшення його навантаження кут керування α повинен зменшуватись від деякого максимального до мінімального. Тому система керування тиристорами повинна виробляти при відсутності сигналу керування імпульси з кутом керування

$$\alpha_0 > \alpha_{\max},$$

а зі зростанням сигналу керування в міру зростання навантаження АД й зменшенням його кутової швидкості кут α повинен зменшуватись. (При цьому, максимальному куту керування α_{\max} відповідає мінімальне значення напруги живлення двигуна, мініимальному значенню кута керування α_{\min} відповідає номінальне значення напруги живлення статора):

$$\alpha_{\max} = 135^\circ \text{ (при } U_1 = U_{1\min} \text{),}$$

$$\alpha_{\min} = f(s) \text{ (при } U_1 = U_{1\text{ном}} \text{),}$$

$$\text{оскільки } U_1 = f(\alpha, \varphi), \varphi = f(s).$$

Такий процес у системі керування перетворювачем відбито на рисунку 7.16 вузлом порівняння на виході СК. У відповідності до нього можна записати

$$\alpha = \alpha_0 - K_c \cdot K_k \cdot (U_3 - U_{33}),$$

$$\alpha = \alpha_0 - K_c \cdot K_k \cdot (U_3 - \gamma \cdot \omega),$$

де K_c - коефіцієнт підсилення (передатний коефіцієнт) системи керування СК;

K_k - коефіцієнт підсилення (передатний коефіцієнт) підсилювача А.

Використовуючи останнє рівняння можна розрахувати необхідні значення K_k та U_{33} , що будуть забезпечувати необхідні значення кутової швидкості й жорсткості механічної характеристики.

Лекція №15

Тема: Стежний електропривод

Мета: оволодіти знаннями про стежний електропривод

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Схема стежного електропривода
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Стежний електропривод

Стежний ЕП являє собою замкнену автоматичну систему, за допомогою якої виконавчий орган з певною точністю відпрацьовує рух робочого механізму у відповідності задавального сигналу, як такого, що може змінюватись довільним чином.

Застосовується стежний електропривод (СЕП) при автоматичному контролі змінювання різних фізичних величин в металургійних, металорізальних, екскаваторних ЕП, в маніпуляторах й таке інше. Потужність СЕП від декілька ват до десятків кіловат.

У загальному випадку СЕП (рисунок 24) складається з давача D , стежного (приймального) пристрою $СП$ підсилювача A й виконавчого двигуна $ВД$. Давач разом з приймальним пристроєм (приймачем) утворюють пристрій який називають вимірювачем розузгодження $ВР$. Названі елементи СЕП пов'язані між собою так, що змінювання у положенні давача D діє через приймач $СП$ та підсилювач A на двигун $ВД$, який відпрацьовує задане на давачі переміщення. СЕП працює тільки за рахунок розузгодження, яке виникає між здавачем D й виконавчим двигуном $ВД$ (механізмом). Процес роботи СЕП зводиться до безперервного автоматичного усунення розузгодження, що виникає.

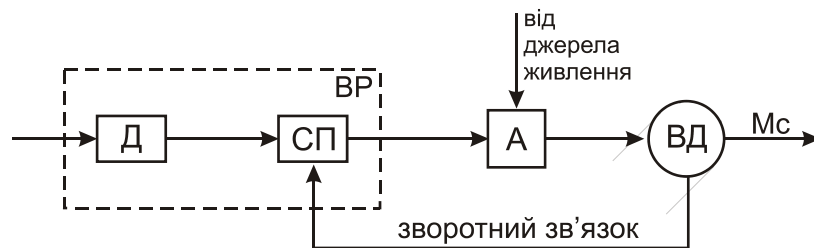


Рисунок 24 – Структурна схема СЕП.

За способом дії системи керування СЕП поділяються на дві групи:

- СЕП з релейним (переривистим) керуванням;
- СЕП з безперервним керуванням.

СЕП з релейним керуванням характерний тим, що напруга на виконавчий двигун подається тільки у тому випадку, коли кут розузгодження досягає певного значення. У процесі зростання кута розузгодження до цього значення двигун нерухомий. Кутова швидкість й кутове прискорення двигуна після його вмикання не залежать від кута розузгодження, а визначаються параметрами самого ЕП (M, J, M_c). У СЕП з

переривистим керуванням використовуються релейно-контакторна апаратура, або безконтактні пристрої з релейною характеристикою.

Відмітною рисою СЕП безперервного керування є безперервне керування виконавчим двигуном, яке залежить від поточного кута розузгодження.

У відповідності вимог до СЕП відносно високої точності відпрацьовування розузгодження у статичному та динамічному режимах, стійкості роботи, швидкодії й таке інше, СЕП виконується з різними зворотними зв'язками, які забезпечують керування у функції кута розузгодження та його похідної, у функції кута розузгодження та інтегралу цього кута й таке інше.

Лекція №16

Тема: Мікропроцесорні засоби управління ЕП

Мета: оволодіти знаннями про мікропроцесорні засоби управління ЕП

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

- 1 Мікропроцесорні засоби управління ЕП
- 2 Призначення та робота елементів схеми
- 3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с
- 2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с
- 3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.: Энергоатомиздат, 1992.- 496с
- 4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат, 1981.- 576с

Сучасний етап розвитку *ЕМСАК* та автоматизованого *ЕП* характеризується широким використанням мікропроцесорних засобів обчислювальної техніки (*МЗОТ*). Підвищення вимог до точності і швидкодії керування технологічними процесами, а також ускладнення самих законів керування роблять задачу застосування *МЗОТ* вкрай необхідною. Передумовою для її рішення є постійне підвищення надійності і швидкодії *МЗОТ*, розширення їх номенклатури і поява спеціалізованих мікроконтролерів.

До мікропроцесорів відносяться програмно-керовані пристрої, що здійснюють процес обробки цифрової інформації і керування, які і побудовані на одній чи декількох великих інтегральних мікросхемах (*ВІС*). До складу цих схем, як правило, входять арифметичний логічний пристрій *АЛП*, пристрій керування *ПП* і реєстровий запам'ятовуючий пристрій *РЗП*. Ці три основні частини *МП* з'єднані трьома лініями зв'язку - шинами даних *ШД*, адресів *ША* і керування *ШК*. Робота *МП* забезпечується програмою, записаною в його пам'яті.

Сукупність *МП* і різних зовнішніх пристроїв утворює мікропроцесорну систему (*МПС*). До складу мікропроцесорної системи поряд із *МП*, здебільшого, входять пристрої оперативної *ОЗП* і постійної пам'яті *ПЗП*, інтерфейсний пристрій *ІП*, пристрої сполучення *ЗПС* із зовнішніми об'єктами, а також зовнішні запам'ятовуючі пристрої *ЗЗП* і пристрої вводу - виводу інформації *ПВВ*.

Пристрої пам'яті *ОЗП* і *ПЗП* служать для розміщення даних програми, відповідно до якої ведеться обробка даних системи керування. Пристрої вводу - інформації призначені для забезпечення взаємодії *МПС* із зовнішніми пристроями. До них можна віднести клавіатуру пульта керування *МПС*, а також пристрої відображення інформації: принтери, монітори і т.п. В якості пристроїв сполучення *ПС* забезпечують зв'язок *МПС* із різними периферійними пристроями. Вони можуть мати найрізноманітніші схемні реалізації. В якості пристроїв сполучення можуть виступати також аналого-цифрові (*АЦП*) і цифроаналогові (*ЦАП*) перетворювачі електричних сигналів, призначені для узгодження отриманої інформації про поточне значенні вимірюваних параметрів системи керування *ЕП*. При цьому сучасні *МПС* можуть містити пристрої сполучення на базі програмованих мікроконтролерів, здатних виконувати складні функції.

Інтерфейс пристроїв *ІП* містить в собі сукупність електронних схем, вищевказаних шин, а також різних алгоритмів або програм, що забезпечують керування обміном інформації між *МП*, пристроями пам'яті і зовнішніми пристроями. Одним із прикладів *ІП* є перехід від виконання однієї програми до іншої по сигналу керування, що надходить від якого-небудь зовнішнього пристрою.

Варто сказати, що сукупність *МП*, пристроїв пам'яті й інтерфейсу одержала назву мікро *ЕОМ*. По своєму функціональному призначенню *МПС* і мікро *ЕОМ* можна розділити на універсальні і спеціалізовані.

До універсальних відносяться *МПС* і мікро *ЕОМ*, здатні забезпечувати керування різними об'єктами, а також виконувати всілякі обчислювальні операції. Для виконання цих функцій *МПС* має широкий набір периферійних пристроїв. Дуже часто при конкретному застосуванні частина цих пристроїв буває не цілком задіяною. Іншими словами можна сказати, що універсальні *МПС* і мікро *ЕОМ* можуть мати певну елементну надмірність. До універсальних *МПС* можна віднести мікропроцесорні набори серії *K580*, *K589*, а також однокристальні мікро *ЕОМ* серії *KP1816BE31*, *KP1816BE48* чи *KP1816BE51*. Зазначені надвеликі інтегральні схеми (*СБИС*) відрізняються, в основному, розрядністю процесора, обсягом оперативної пам'яті, а також наявністю репрограмуємої *ПЗП* з електричним чи ультрафіолетовим стиранням інформації.

Спеціалізованими називаються *МПС*, що призначені для виконання конкретних операцій, наприклад, для схем керування *ЕП* верстата або робота, для побутових приладів або дитячих ігор. У зв'язку з цим *МПС* конкретного типу містять тільки ті пристрої і мають таке програмне забезпечення, що забезпечує виконання заздалегідь визначених функцій. Найбільш часто в даний час у системах керування *ЕП* застосовуються спеціалізовані мікроконтролери, наприклад фірми *Intel* серії *MSC196MH*, а також ряд мікроконтролерів фірми *MOTOROLA* сімейства *HC08* чи *HC05*.

Схема мікроконтролера *MC68HC908MR24* відноситься до сімейства *HC08*, розробленого спеціально для створення схем керування одно - чи трифазними електроприводами. Вона містить у собі 24 *КБайт* *ПЗУ*-пам'яті, 768 байт оперативної пам'яті (*RAM*), два 16-бітових таймери. В схемі міститься 13 виводів для організації вхід-вихід (*I/O*) загального призначення і модуль для здійснення широтно-імпульсної модуляції (*ШИМ*) вихідних керуючих сигналів.

Зазначений контролер орієнтований на застосування в системах керування електроприводами з асинхронними електродвигунами. На його базі може бути побудована замкнута система керування автоматизованим *ЕП* відповідно до запрограмованого алгоритму роботи.

Вихідний порт контролера містить 6-канальний 12-бітовий *ШИМ*-модуль для здійснення керування 6 ключами інверторів напруги. Зазначений модуль може забезпечувати режими формування *ШИМ*-сигналів, з формуванням паузи для запобігання наскрізних струмів в інверторі, а також здійснювати контроль несправності силових ключів з наступним швидким відключенням виходів *ШИМ*-сигналів.

Крім того, у схемі міститься порт висновку з високою навантажувальною здатністю по струму і 10-канальний, 10-бітовий *АЦП*. У контролері передбачена також можливість формування сигналів індикації стану для інтерфейсу з користувачем.

Перевага даного мікроконтролера полягає в тому, що для організації його роботи потрібно мінімальна кількість зовнішніх компонентів.

Система керування трифазним двигуном змінного струму, заснована на базі мікроконтролера *MC68HC908MR24*, представлена на Рис. 54.

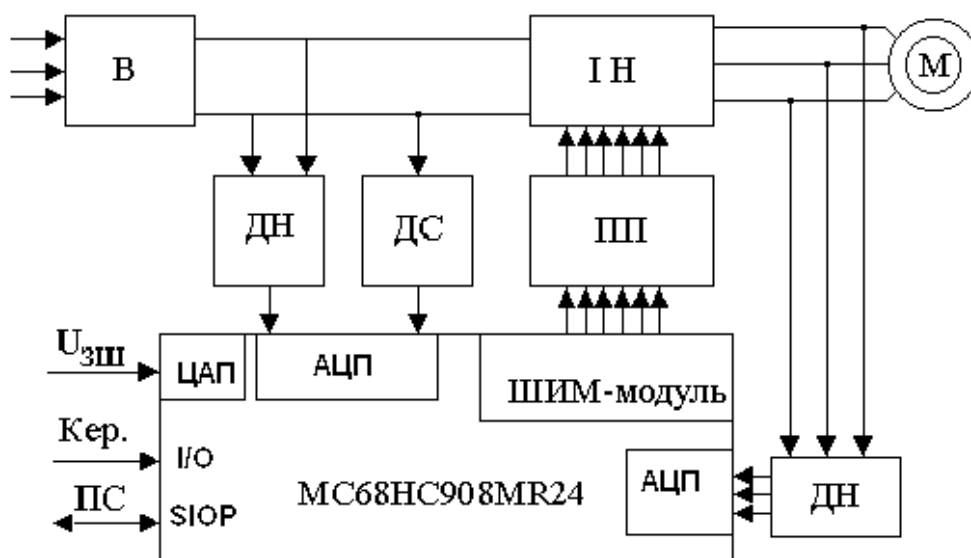


Рис. 54. Функціональна схема *ВІП* з мікропроцесорним керуванням.

Представлена система містить плату мікроконтролера *MC68HC908MR24*, керований випрямлячем *В*, трифазний інвертор напруги *ІН*. У схемі передбачені датчики зворотних зв'язків по швидкості *ДС* із пристроєм узгодження швидкості *ППШ* зворотного зв'язку і перевантаження по струму *ДС*, напрузі *ДН* із гальванічною розв'язкою між силовими ланцюгами і схемою мікроконтролера.

Дана система керування працює таким способом. Сигнал завдання швидкості надходить через комутаційний інтерфейс на вхід контролера, де він порівнюється із сигналом, що надходить з виходу тахогенератора, що безупинно вимірює дійсне значення швидкості обертання. Регулятор швидкості формує задану частоту обертання двигуна на підставі сигналу помилки по швидкості (різниці між заданою і дійсною швидкістю), щоб компенсувати ковзання двигуна. Перетворювач напруга-частота формує напругу, що відповідає частоті. В схемі передбачена широтно-імпульсна модуляція керуючих імпульсів. Потім модуль *ШИМ* генерує шістьох вихідних сигналів для керування силовими ключами інвертора напруги. В результаті в сталому режимі швидкість двигуна дорівнює заданій. Схема передбачає контроль несправності з наступним блокуванням виходів *ШИМ* для захисту силових ключів.

Лекція №17

Тема: Програмне керування електроприводами

Мета: оволодіти знаннями про програмне керування електроприводами

Методи: словесний, практичний, наочний

План:

1 Схема програмного керування електроприводами

2 Призначення та робота елементів схеми

3 Призначення та принцип роботи схеми

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН:

Плакати, картки

Література:

1 Москаленко В.В. Электрический привод – М.: Высш.шк., 1991. – 430с

2 Ключев В.И. Теория электропривода.- М.,Энергоатомиздат, 1998.-704с

3 Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Основы электропривода.- СПб.:
Энергоатомиздат, 1992.- 496с

4 Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М.: Энергоиздат,
1981.- 576с

Якщо система автоматичного керування ЕП діє за заздалегідь заданій програмі, то таке керування називається програмним.

Програма може задаватись різними способами, які суттєво удосконалюються у процесі розвитку ЕП:

- у вигляді заздалегідь виготовлених шаблонів й моделей (у копіювальних верстатах);
- у вигляді стежних ЕП подач у процесі обробки складних деталей;
- у вигляді числових програм за допомогою яких числові дані креслення безпосередньо вводяться в комп'ютер при забезпеченні автоматичної обробки деталі (системи числового програмного керування - ЧПК).

Обладнання з ЧПК має високі техніко-економічні показники, особливо при обробці складних за конфігурацією виробів у дрібносерійному й одиничному виробництвах.

Існують дві групи систем ЧПК в залежності від технологічних умов роботи:

- системи позиціонування (керування положенням), тут необхідно забезпечити положення виробу відносно інструмента у певні дискретні моменти часу, при цьому характер траєкторії переміщення із одного положення в друге не має значення (свердлильні верстати, діркопробивні преси й таке інше);
- системи контурного (безперервного) керування, тут необхідне безперервне керування рухом оброблювальної деталі відносно інструмента (фрезерні верстати для обробки штампів й прес-форм, газорізальні машини й таке інше).

З розвитком цифрового керування грані між названими способами все більше згладжуються. Це у першу чергу пов'язано з застосуванням багатоопераційних верстатів, оброблювальних центрів, де застосовуються так звані універсальні системи ЧПК, що дозволяють використовувати як позиціонування, так і контурне керування.

У цих системах ЧПК програмується не тільки геометрична інформація а й велика кількість технологічних та допоміжних команд (заміна інструменту, змінювання швидкостей, прибирання остружків), що дозволяє повністю автоматизувати цикл обробки деталі на верстаті.

Уведення програми здійснюється на носіях різних типів (перфострічки, перфокартки, магнітні стрічки, магнітні диски (гнучкі або жорсткі), CD-Rom й таке інше).

Спосіб завдання програми залежить від типу носія та типів давачів зворотних зв'язків. Для магнітних носіїв програма задається у вигляді командних імпульсів.

Для цифрового програмного керування невеликих верстатів середньої точності знайшли широке застосування дискретні електроприводи на базі крокових двигунів. У цьому випадку можна використовувати навіть розімкнені системи (без зворотних зв'язків), оскільки КД разом з електронним комутатором безпосередньо перетворює певну послідовність керуючих імпульсів у відповідне механічне дискретне переміщення (як при примусовій комутації обмоток керування, так й при автокомутації) [11].

Системи ЧПК не завжди можуть програмно забезпечувати необхідний режим обробки, особливо із-за впливу різних випадкових факторів. Але у верстатах з ЧПК головного привода й привода подач можна використовувати принцип адаптивного керування, тобто автоматично здійснюється вибір оптимального режиму обробки, підтримки його з забезпеченням при необхідності відповідної корекції.