

Министерство образования и науки Российской Федерации
Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова

В.В. Рузанов, А.А. Кальченко

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МАШИН
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2015

УДК 621.73(075.8)

Рецензенты:

Заместитель директора по научной работе ОАО «Евростандарт»,
кандидат технических наук

Г.А. Щеголев

Директор ООО «Магнитогорсквнешэкономсервис»,
кандидат технических наук

Б.И. Губанов

Рузанов, В.В.

Электрооборудование машин кузнечно-штамповочного производства: учеб. пособие / В.В. Рузанов, А.А. Кальченко. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 54 с.

В учебном пособии описана работа электродвигателей постоянного и переменного тока в режимах пуска, торможения и регулирования скорости. Предложена методика выбора мощности электродвигателей с маховиком и без него при различных режимах работы. Приведены примеры автоматического управления кузнечно-штамповочных машин в функциях пути, времени, тока. Описана работа электрических схем управления кривошипных, гидравлических прессов и горизонтально-ковочных машин.

Пособие может быть использовано при выполнении заданий по данному курсу, а также в курсовом и дипломном проектировании.

Предназначено для обучающихся по специальности 150201.65 «Машины и технологии ОМД», бакалавриата по направлению 150900.62 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и магистров по направлению 150700.68 «Машиностроение».

УДК 621.73(075.8)

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2015

© Рузанов В.В., Кальченко А.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования дипломированный специалист по специальности «Машиностроительные технологии и оборудование» охватывает следующие объекты профессиональной деятельности:

- объекты машиностроительного производства, технологическое оборудование, инструментальная техника, технологическая оснастка и средства автоматизации;
- производственный и технологический процессы, их разработка и освоение новых технологий;
- средства информационного, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения технологических систем для достижения качества выпускаемых изделий;
- нормативно-техническая документация, системы стандартизации и сертификации, методы и средства испытаний и контроля качества изделий машиностроения.

Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки дипломированного специалиста по специальности «Машиностроительные технологии и оборудование» следующие:

- Основные положения и понятия технологии машиностроения.
- Теория базирования и теория размерных цепей как средство достижения качества изделия.
- Закономерности и связи, проявляющиеся в процессе проектирования и создания машины.
- Метод разработки технологического процесса изготовления машины, обеспечивающий достижение её качества, требуемую производительность и экономическую эффективность.
- Принципы построения производственного процесса изготовления машины.
 - Технология сборки.
 - Разработка технологического процесса изготовления деталей.
- Основные технологические процессы в машиностроении; критерии и обеспечение качества изделий; точность изделий; факторы, влияющие на точность обработки.

- Проектирование технологических процессов обработки и сборки; приспособления.
- Технология производства типовых деталей машин и основы САПР.
- Технология изготовления и сборки штампов; стали и твердые сплавы для штампов; применение пластмасс для штампов; технологические процессы изготовления твердосплавных формообразующих деталей штампов.

Инженер по специальности 150201 «Машины и технологии обработки металлов давлением» должен знать: основные технологические процессы в машиностроении; критерии и обеспечение качества изделий; точность изделий; факторы, влияющие на точность обработки; проектирование технологических процессов обработки и сборки; приспособления; технологию производства типовых деталей машин, основы САПР; технологию изготовления и сборки штампов; стали и твердые сплавы для штампов; применение пластмасс для штампов; технологические процессы изготовления твердосплавных формообразующих деталей штампов, электрооборудование и электроавтоматику.

Существующая учебная литература ориентирована на специализированное машиностроительное производство. В пособии информация по электрооборудованию и электроавтоматике КШО ориентирована как на специализированное (массовое) производство, так и на ремонтное производство, существующее в рамках действующих машиностроительных и металлургических предприятий.

В связи с этим пособие может быть полезно студентам высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Машиностроительные технологии и оборудование», «Металлургические машины и оборудование», «Оборудование и технология сварочного производства», «Технологические машины и оборудование», «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является ведущей и важнейшей отраслью народного хозяйства. Область применения продукции машиностроения огромна. Большинство предметов, окружающих нас на производстве и в быту, создаются с помощью несметного количества самых разнообразных станков. Станкостроение является фундаментом машиностроительной индустрии. Решающую роль в выполнении поставленных задач должны сыграть совершенствование технологии, технологического оборудования, автоматизации и механизации производства. Для того чтобы удовлетворить растущие запросы производства, машиностроение на базе новейших достижений науки и техники должно разрабатывать новые технологические процессы. Технология производства кузнечно-штамповочного оборудования и штамповой оснастки является частью большой, общей отрасли науки.

Искусство организации производства и обеспечения его низкой себестоимости заключается в *умении выбрать* такую последовательность комбинации технологических процессов, начиная с заготовительных цехов и кончая механической обработкой и сборкой машин, при которой продолжительность всего цикла производства и общая стоимость машин при их заданном качестве были бы наименьшими.

1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

В зависимости от основного назначения, электрические схемы делятся на структурные, функциональные, принципиальные, схемы соединений, схемы подключений.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов и их соединений и дает полное представление о работе установки.

Основные принципы выполнения электрических схем следующие:

1. Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Пространственное положение элементов не учитывается. Расположение элементов определяется удобством чтения схем.

2. На принципиальной схеме изображаются элементы и все связи между ними. Всем элементам одного и того же аппарата присваиваются только присущие ему буквенно-цифровые обозначения.

3. Схемы изображаются в отключенном состоянии.

4. Силовая часть вычерчивается более толстыми линиями.
5. Схема выполняется в многолинейном или однолинейном изображении.

1.1. Основные условные графические изображения

Условные графические изображения элементов электрических схем показаны на рис. 1.1–1.6.

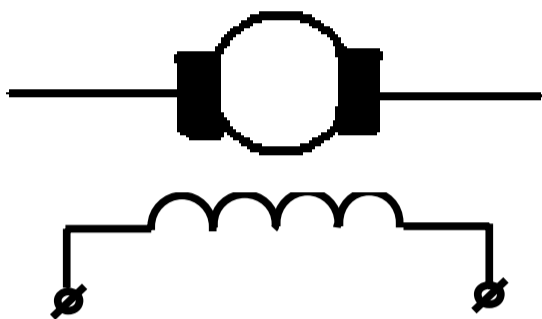


Рис. 1.1. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением



Рис. 1.2. Электродвигатель асинхронный трехфазный с фазным ротором

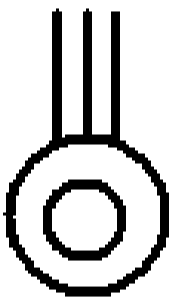


Рис. 1.3. Электродвигатель асинхронный трехфазный с короткозамкнутым ротором

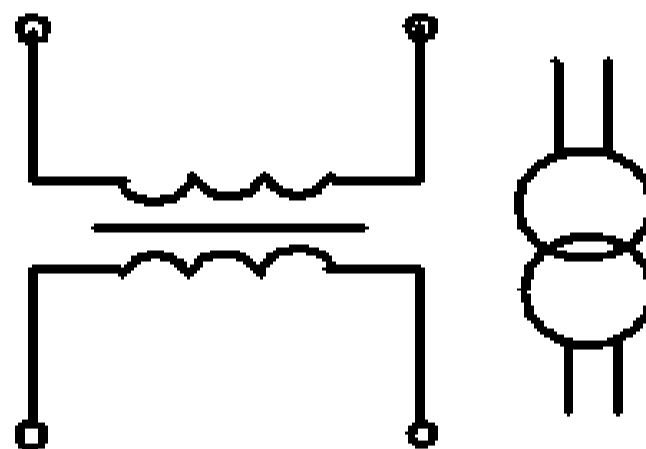


Рис. 1.4. Трансформатор однофазный

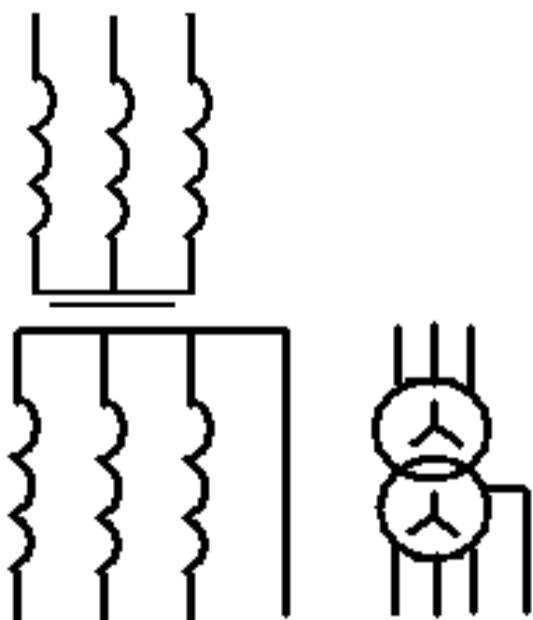


Рис. 1.5. Трансформатор трехфазный

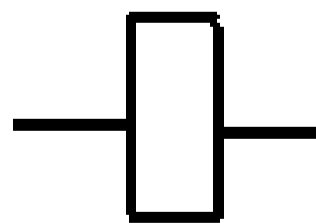


Рис. 1.6. Обмотка реле, контактор или магнитный пускатель

Допускаются также следующие изображения (рис. 1.7-1.9).



Рис. 1.7. Обмотка: а – токового реле; б – реле напряжения



Рис. 1.8. Обмотка контактора

Рис. 1.9. Обмотка теплового реле

Коммутирующие элементы приведены на рис. 1.10-1.13.

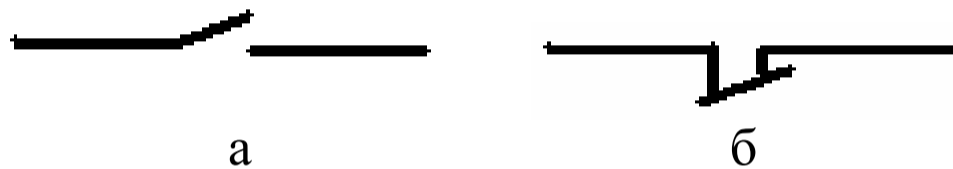


Рис. 1.10. Контакт коммутационного устройства:
а – замыкающий; б – размыкающий

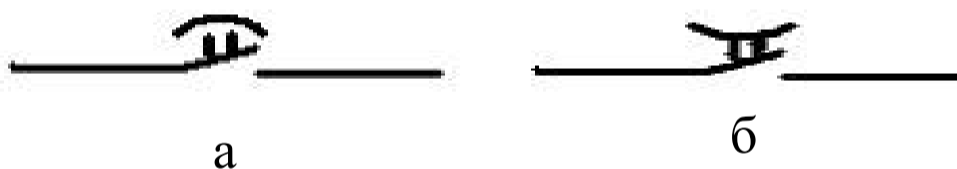


Рис. 1.11. Контакты реле времени:
а – замыкающий с задержкой времени при срабатывании;
б – замыкающий с задержкой времени при отпуске

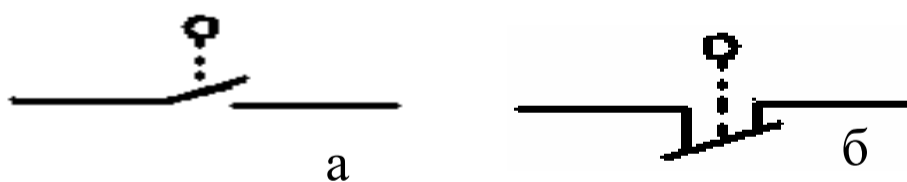


Рис. 1.12. Выключатель концевой:
а – с замыкающим контактом; б – с размыкающим контактом

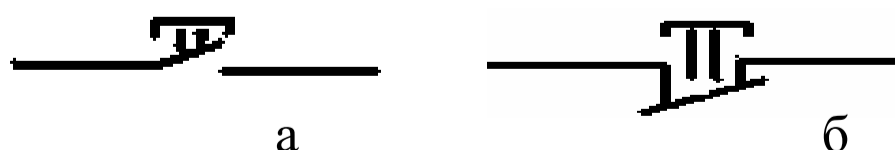


Рис. 1.13. Выключатель кнопочный нажимной:
а – с замыкающим контактом; б – с размыкающим контактом

Кроме того, широко применяются следующие обозначения (рис. 1.14-1.18).



Рис 1.14. Плавкий предохранитель

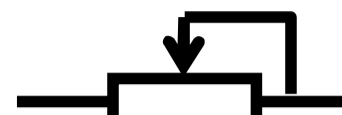


Рис. 1.15. Сопротивление (резистор) и переменное сопротивление



Рис. 1.16. Конденсатор (емкость)



Рис. 1.17. Диод или выпрямитель



Рис. 1.18. Управляемый диод

1.2. Схема командоконтроллера

Принципиальная схема командоконтроллера показана на рис. 1.19. Вертикальные пунктирные линии обозначают фиксированное положение рукоятки командоконтроллера. Зачерненные окружности и сплошные линии между ними показывают, в каком положении разомкнуты контакты.

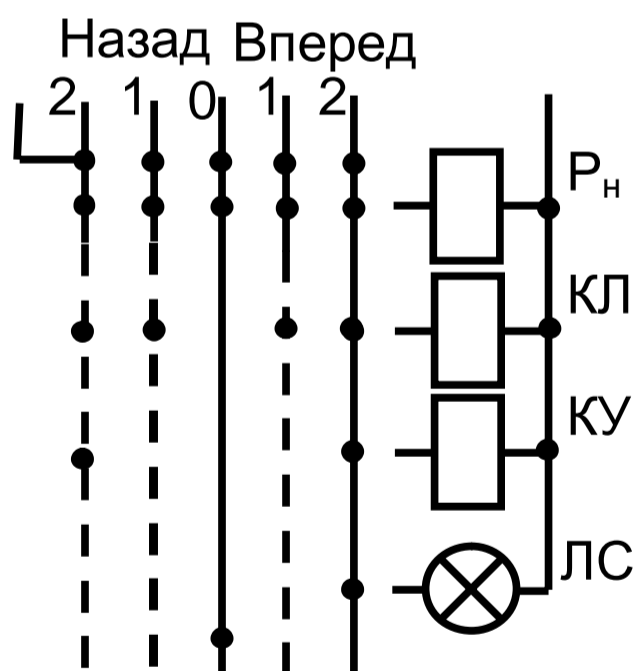


Рис. 1.19. Принципиальная схема командоконтроллера

В нулевом положении срабатывает реле РН и загорается сигнальная лампочка ЛС. В 1-м положении вперед срабатывает линейный контактор КЛ, который остается включенным во 2-м положении. Во 2-м положении срабатывает контактный ускоритель КУ.

2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА

Для выбора двигателя и правильной его эксплуатации необходимо знать, как зависит его скорость вращения от момента. Эта зависимость называется механической характеристикой двигателя:

$$n = f(M). \quad (2.1)$$

Вид механической характеристики зависит от электромеханических свойств двигателя и параметров питающей сети схемы включения.

В зависимости от этого различают естественные и искусственные механические характеристики.

Естественные механические характеристики получаются, если двигатель включают на номинальные параметры сети по нормальной схеме включения и в его цепи отсутствует добавочное сопротивление. Тогда получаемая характеристика $n = f(M)$ называется естественной; если какой-то параметр изменен, то $n = f(M)$ называется искусственной. Для сравнения различных механических характеристик вводится понятие жесткость механической характеристики

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta n}. \quad (2.2)$$

Графически жесткость механической характеристики можно представить в виде графика на рис. 2.1.

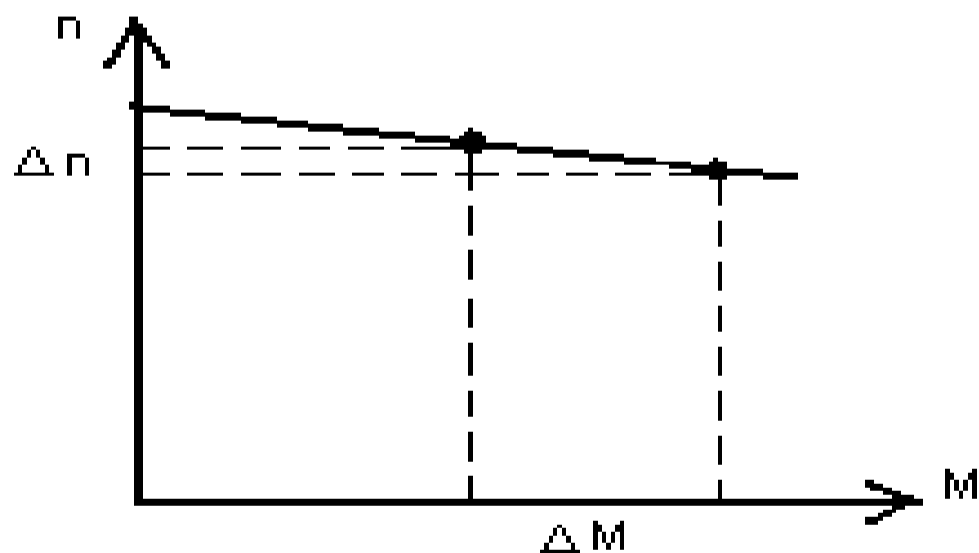


Рис. 2.1. Жесткость механической характеристики

В зависимости от жесткости различают три вида механических характеристик:

1) абсолютно жесткая (величина скорости не зависит от момента) механическая характеристика (рис. 2.2).

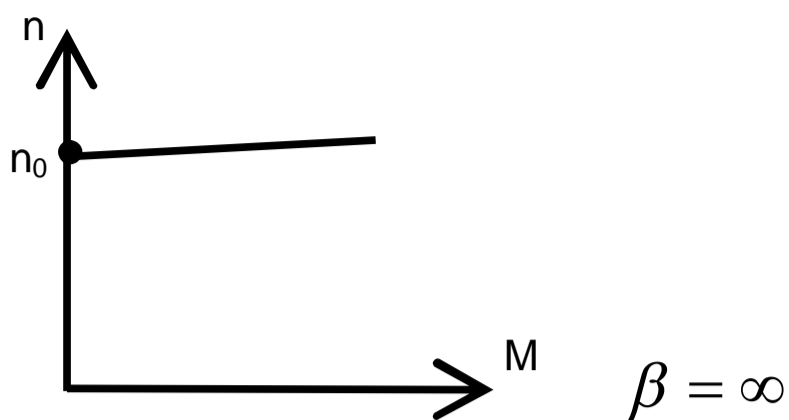


Рис. 2.2. Абсолютно жесткая механическая характеристика

2) жесткая механическая характеристика (рис. 2.3);

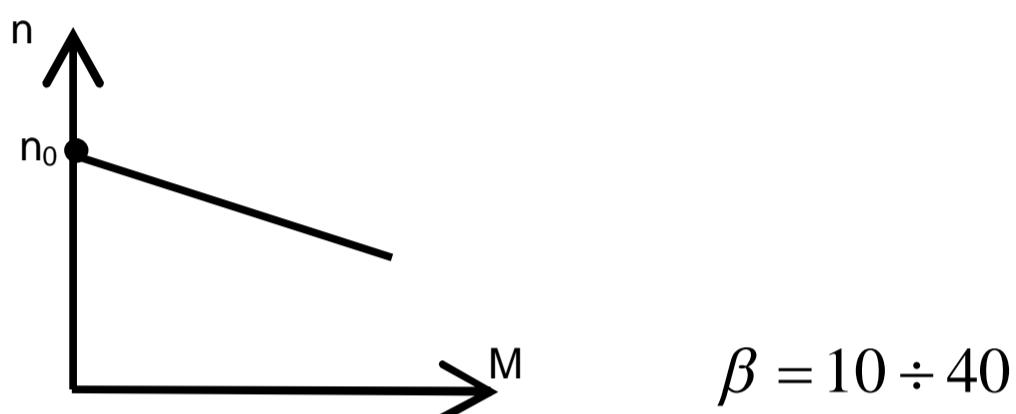


Рис. 2.3. Жесткая механическая характеристика

3) мягкая механическая характеристика (рис. 2.4).

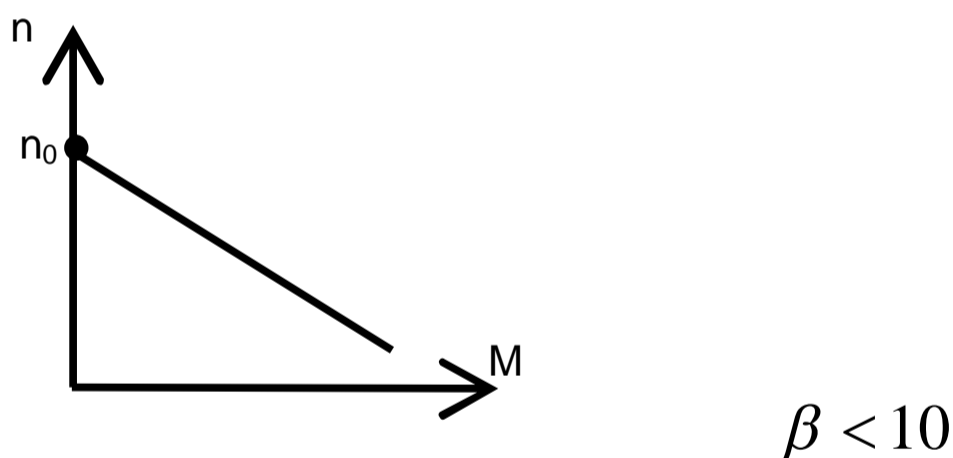


Рис. 2.4. Мягкая механическая характеристика

Момент на валу производственного механизма, обусловленный действием сил полезного и вредного сопротивлений, называется статическим моментом M_C .

Зависимость $M_C = f(n)$ называют механической характеристикой производственного механизма. Статический момент M_C во время работы может быть постоянным или изменяться. На практике встречаются три наиболее распространенных вида (рис. 2.5).

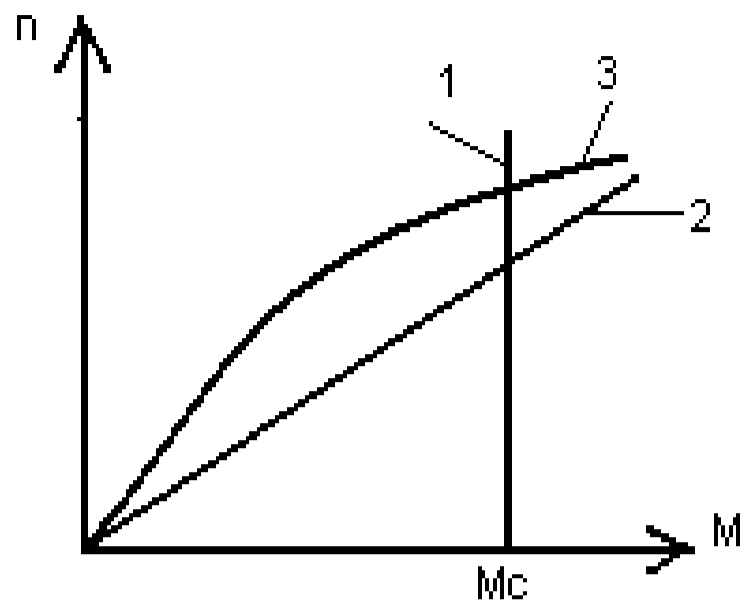


Рис. 2.5. Варианты зависимости статического момента:
 1 – статический момент не зависит от скорости вращения;
 2 – M_C пропорционален $f(n)$; 3 – M_C пропорционален $f(n)^2$
 (вентиляторная характеристика)

Обычно M_C препятствует движению, однако в некоторых случаях он способствует движению.

В связи с этим M_C подразделяется на две категории:

а) реактивный M_C (трение изменяет свой знак с изменением направления движения) (рис. 2.6);

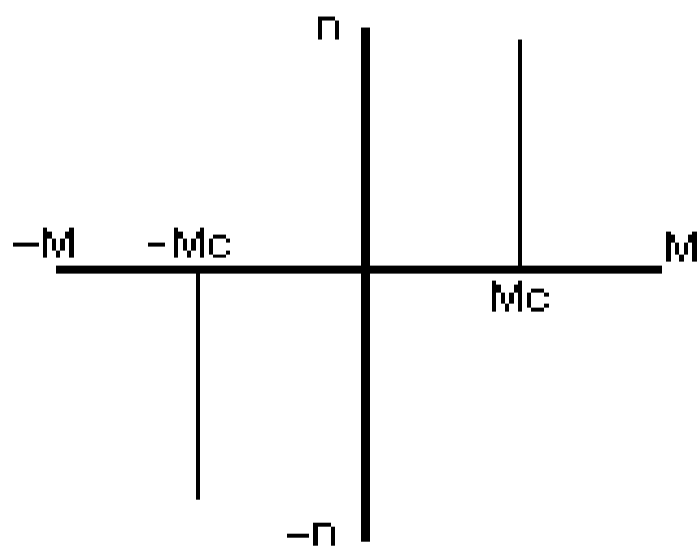


Рис. 2.6. Реактивный статический момент

б) активный M_C (трение не изменяет свой знак при изменении направления движения) (рис. 2.7).

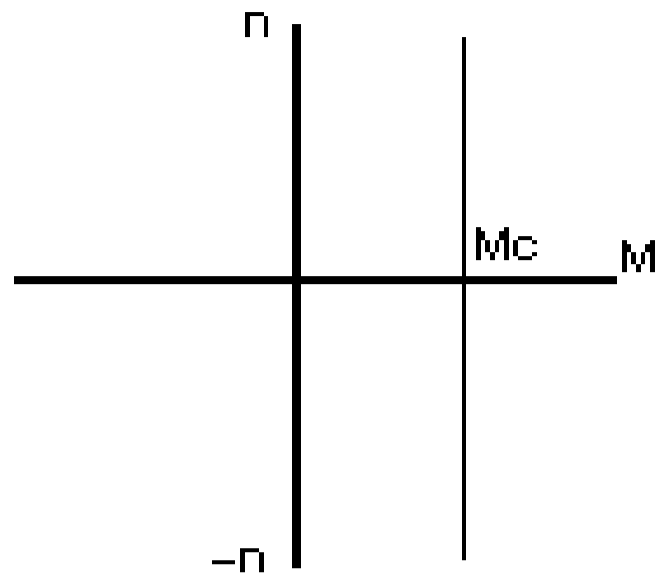


Рис. 2.7. Активный статический момент

2.1. Механические характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением

Принципиальная схема подключения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением показана на рис. 2.8.

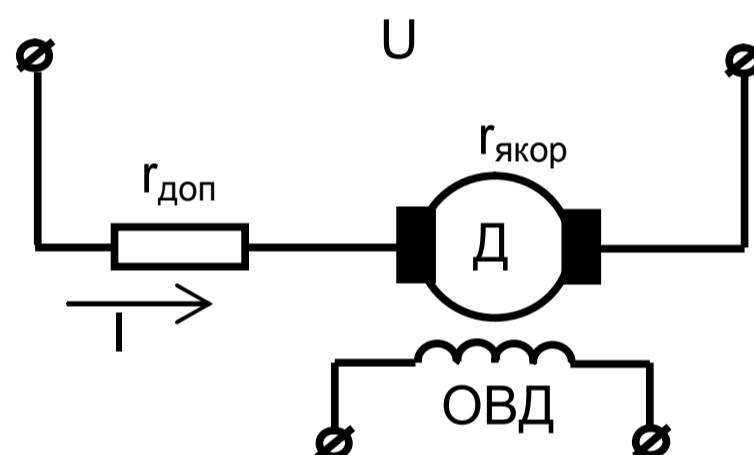


Рис. 2.8. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением

Процесс, описывающий работу двигателя, представляется зависимостью

$$U = IR + E, \quad (2.3)$$

где I – ток якоря;

R – полное сопротивление якорной цепи,

$$R = r_d + r_y; \quad (2.4)$$

E – ЭДС, определяемая зависимостью

$$E = k_e \Phi_n, \quad (2.5)$$

где k_e – постоянная двигателя;

Φ – величина магнитного потока;
 n – скорость вращения.

В результате преобразований получаем зависимость

$$U = IR + k_e \Phi n. \quad (2.6)$$

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - I \frac{R}{k_e \Phi} \Rightarrow n = f(I) \text{ – скоростная характеристика}$$

двигателя.

$$M = k_m \Phi I, \quad I = \frac{M}{k_m \Phi}. \quad (2.7)$$

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{MR}{k_e k_m \Phi^2}. \quad (2.8)$$

Если $M = 0$, то $n = \frac{U}{k_e \Phi} = n_0$ – скорость идеального холостого хода (рис. 2.9).

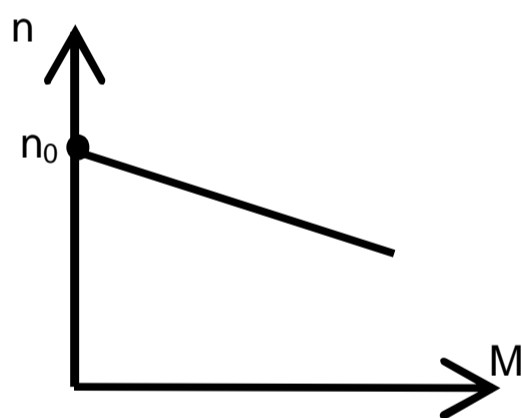


Рис. 2.9. Скорость идеального холостого хода ($n = n_0 - \Delta n$)

Регулирование скорости можно производить:

- 1) изменением напряжения (в сторону уменьшения $U_3 < U_2 < U_1 < U_{ном}$), как показано на рис. 2.10;
- 2) изменением сопротивления ($R_3 > R_2 > R_1$), как показано на рис. 2.11;
- 3) изменением магнитного потока ($\Phi_H > \Phi_1 > \Phi_2$), как показано на рис. 2.12.

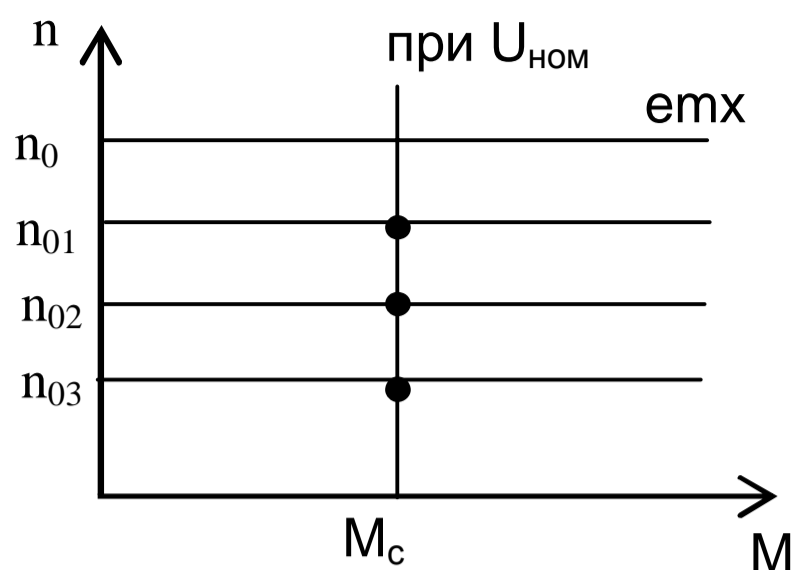


Рис. 2.10. Регулирование скорости изменением напряжения

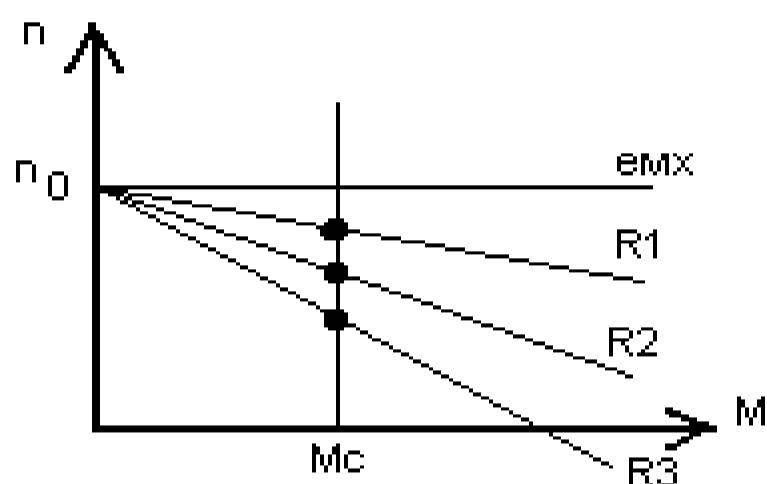


Рис. 2.11. Регулирование скорости изменением сопротивления

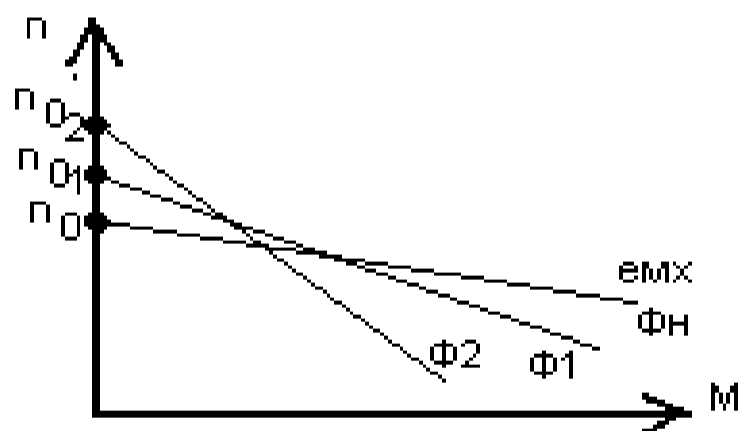


Рис. 2.12. Регулирование скорости изменением магнитного потока

2.1.1. Пуск двигателя

При подаче напряжения на якорь стоящего двигателя процесс описывается следующими зависимостями:

$$U = IR + E ; \quad (2.9)$$

$$U = IR + k_e \Phi_n ; \quad (2.10)$$

$$k_e \Phi_n = 0 ; \quad (2.11)$$

$$U = IR . \quad (2.12)$$

Пусковые токи достигают 20 А и более от $I_{НОМ}$, а двигатель рассчитан на $2-3 I_{НОМ}$, поэтому на время пуска:

- 1) вводится добавочное сопротивление, чтобы ограничить пусковой ток;
- 2) плавно повышают подводимое напряжение, как показано на принципиальной схеме (рис. 2.13) и графике (рис. 2.14).

$$R = r_d + r_1 + r_2 + r_3; R_1 = r_d + r_2 + r_3; R_2 = r_d + r_3; R_3 = r_d.$$

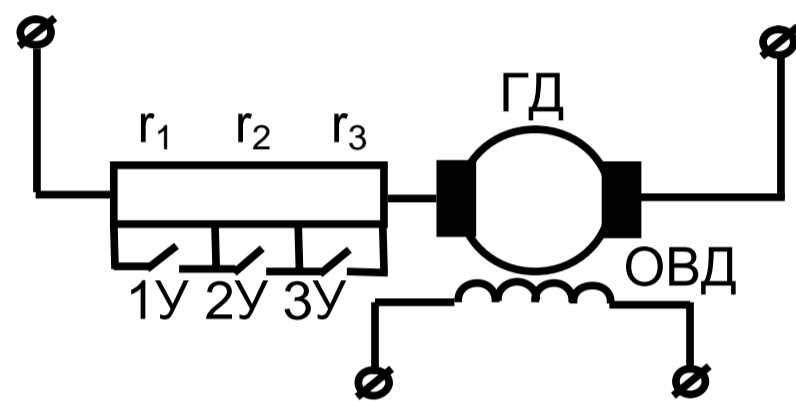


Рис. 2.13. Принципиальная схема подключения двигателя с плавным введением сопротивления

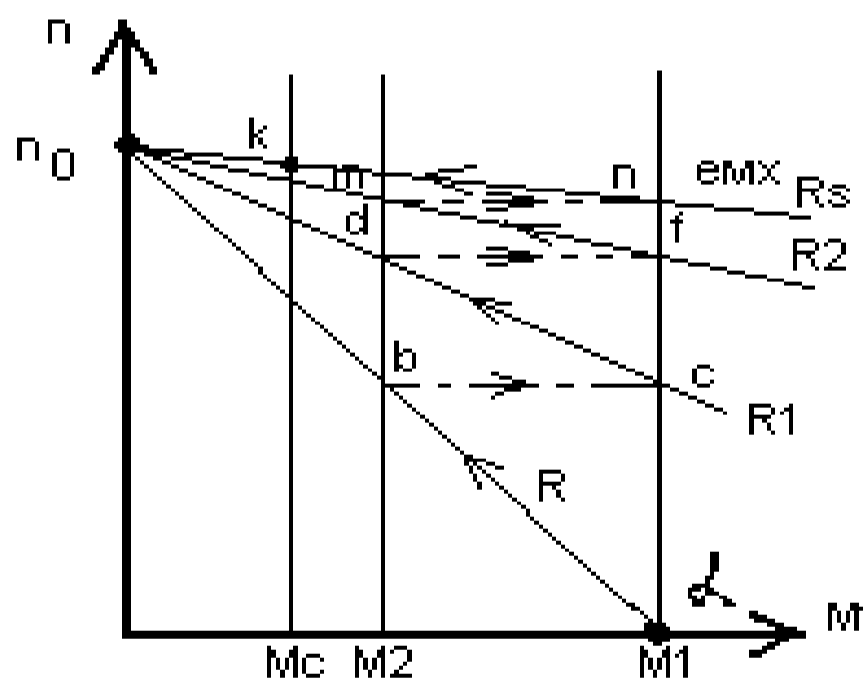


Рис. 2.14. График подключения двигателя с плавным введением сопротивления

2.1.2. Тормозные режимы

Для значительного числа приборов, особенно имеющих частые пуски, режим торможения является более ответственным, чем режим пуска, поскольку для остановки механизма используют торможение.

На практике используют три вида торможения:

1. Рекуперативное (генераторное) торможение происходит с отдачей энергии в сеть. Оно осуществляется, когда включенный в сеть двигатель под действием исполнительного механизма разгоняется до скорости, превышающей скорости холостого хода n_0 .

Процесс описывается следующими зависимостями:

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - M \frac{R}{k_e k_m \Phi^2}; \quad (2.13)$$

$$n = n_0 - \Delta n; \quad (2.14)$$

$$n_0 = \frac{U}{k_e \Phi}; \quad (2.15)$$

$$U = k_e \Phi_n; \quad (2.16)$$

$$n \geq n_0; \quad (2.17)$$

$$E > U, E = k_e \Phi_n. \quad (2.18)$$

Рекуперативное торможение можно визуально представить на графике рис. 2.15.

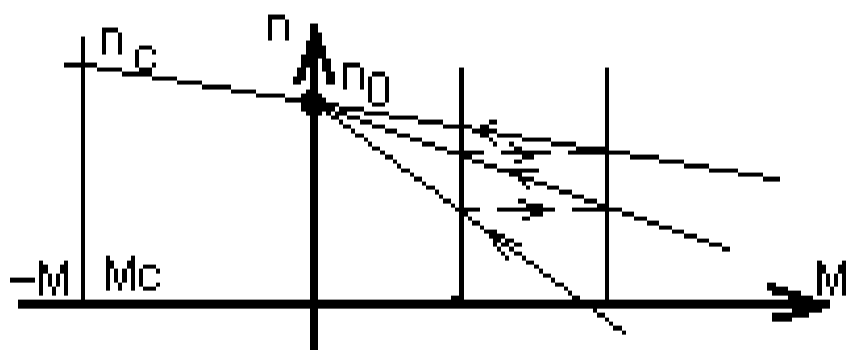


Рис. 2.15. График рекуперативного торможения ($M_c = M_d$)

Например, двигатель, включенный на спуск груза, разгоняется в две ступени, а дальше разгон осуществляется под действием груза. Под действием груза разгоняем и превышаем скорость n_0 . В этот момент двигатель начинает работать генератором, то есть создается тормозной момент и энергия торможения отдается в сеть. Двигатель разгоняется до скорости n_c , в этот момент $M_c = M_d$ и начинается равномерный тормозной спуск груза.

Достоинства такого вида торможения:

- высокая экономичность;
- энергия торможения поступает в сеть.

2. Торможение противовключением происходит в том случае, когда двигатель включен на одно направление вращения, вращается исполнительным механизмом в противоположную сторону.

Этот режим подразделяется на:

а) Момент статический активный M_C , как показано на рис. 2.16.

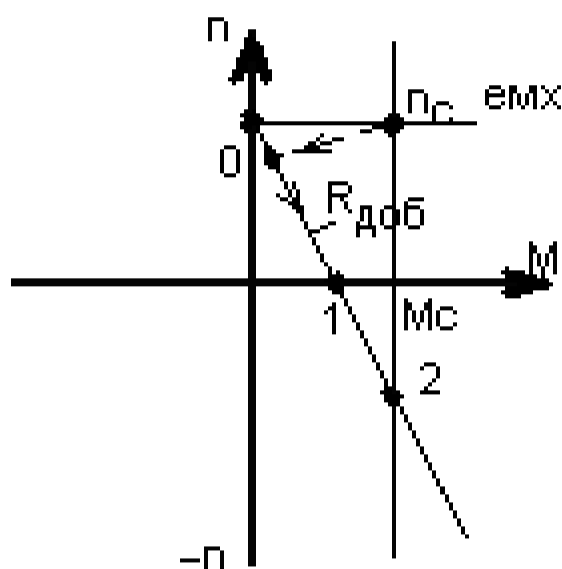


Рис. 2.16. Торможение противовключением с активным статическим моментом ($M_C = M_D$)

Осуществляем подъем груза, работаем в точке n_C со скоростью n_C , в этот момент в цепи якоря вводится большое дополнительное сопротивление $R_{доб}$. Механическая характеристика становится мягкой. Так как скорость мгновенно изменяться не может, то мы переходим на работу в точке O (в этом случае $M_C > M_D$), поэтому мы начинаем тормозиться и в точке 1 $n = 0$. Если этот режим нужен для остановки, то двигатель необходимо отключить от сети и наложить механические тормоза, в противном случае мы разгоняемся в противоположную сторону до точки 2, где $M_C = M_D$ и начнется равномерный спуск груза.

б) Момент реактивный, как показано на графике (рис. 2.17).

Работаем в установленном режиме точки 1. Чтобы осуществить режим торможения, меняем полярность на якоре двигателя и вводим тормозное сопротивление; так как скорость мгновенно изменяться не может, мы переходим в точку 2, характеристика

$n_0 - 2$. Начинается процесс торможения в точке 3 (скорость $n = 0$). Если этот режим нужен для остановки в этой точке, необходимо двигатель отключить от сети и наложить механические тормоза; если нет, то мы разгоняемся в противоположную сторону до точки 4, где $M_c = M_\delta$.

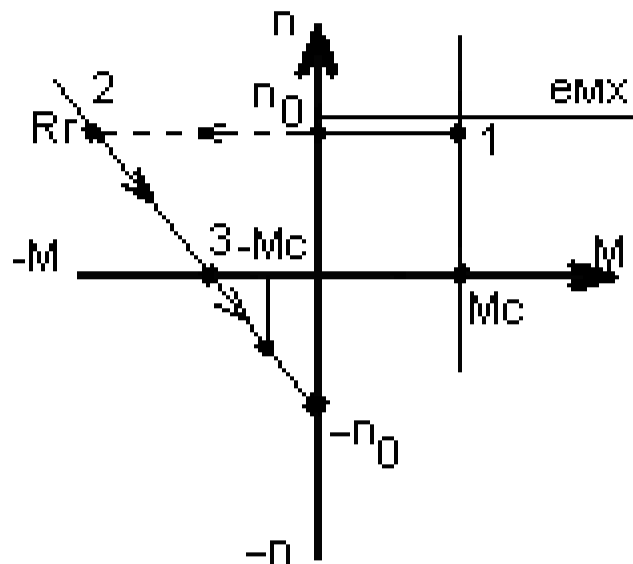


Рис. 2.17. Торможение противовключением с реактивным моментом ($-M_c = M_c$)

Процесс описывается зависимостями (2.19) – (2.21):

$$I = \frac{U - E}{R}; \quad (2.19)$$

$$U = IR + E; \quad (2.20)$$

$$I = \frac{U + E}{R}. \quad (2.21)$$

Чтобы ограничить тормозной ток в пределах допустимого, при торможении необходимо вводить тормозное сопротивление, примерно равное двум тормозным пускам:

$$R_1 \approx 2R_{\text{пуск}}. \quad (2.22)$$

Достоинство этого режима в том, что это самый эффективный способ торможения. Недостаток – не экономичен.

3. Динамическое торможение осуществляется так же при генерированном режиме, но в отличие от первого способа якорь отключен от сети и подключен на тормозное сопротивление. Обмотка возбужденного двигателя (ОВД) остается включенной в сеть. В этом случае энергия торможения превращается в электрическую

энергию, но не отдается в сеть, а тратится на нагрев обмоток и тормозных сопротивлений.

Процесс описывается следующими зависимостями:

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - M \frac{R}{k_e k_m \Phi^2}; \quad (2.23)$$

$$\frac{U}{k_e \Phi} = 0 \Rightarrow n = -M \frac{R}{k_e k_m \Phi^2}. \quad (2.24)$$

На рис. 2.18 показана принципиальная схема подключения двигателя в режиме динамического подключения с графическим изображением процесса (рис. 2.19).

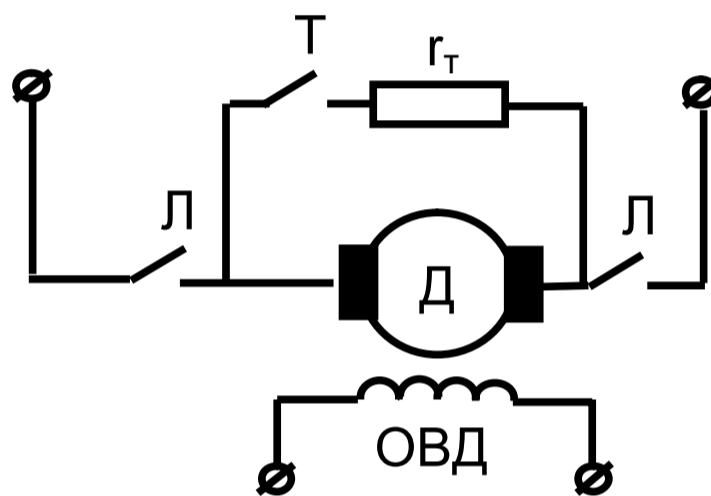


Рис. 2.18. Принципиальная схема подключения двигателя с динамическим торможением

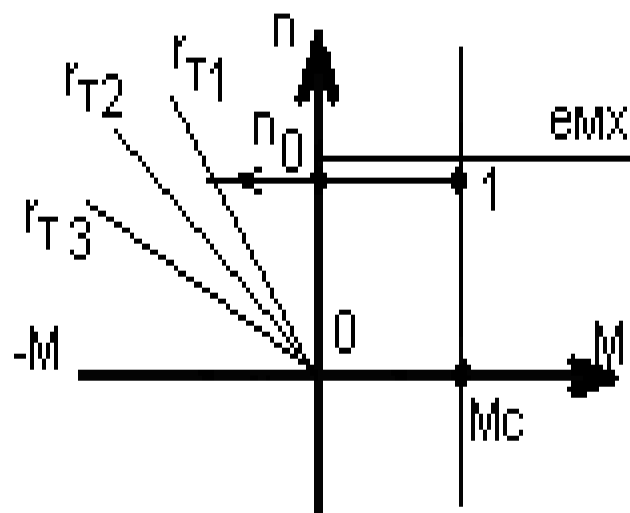


Рис. 2.19. График работы двигателя с динамическим торможением

Работая в точке 1 установленного режима, в это время выключается якорь от сети, Л разрывается и включаются контакты Т, якорь двигателя подключается на тормозное сопротивление. Скорость мгновенно изменяться не может, а ток и момент изменяются практически мгновенно и мы из точки 2 тормозимся до нулевой

скорости в точке О, здесь необходимо наложить необходимые тормоза.

2.2. Механические характеристики асинхронного двигателя

Принцип действия асинхронного двигателя основан на использовании вращательного магнитного поля. При питании обмотки статора трехфазным переменным током образуется вращательный магнитный поток, который пересекает обмотки ротора (наводит в них ЭДС). Под действием ЭДС в обмотке ротора протекает ток. Взаимодействие тока ротора с вращающимся магнитным полем создает моменты и двигатель начинает вращаться. Скорость вращения магнитного потока

$$n_0 = \frac{60f}{P}. \quad (2.25)$$

Ротор всегда отстает от скорости вращения магнитного потока, где учитывается, что коэффициент скольжения

$$S = \frac{n - n_0}{n}. \quad (2.26)$$

Асинхронный двигатель бывает двух конструкций:

а) с фазным ротором (ротор имеет трехфазную обмотку с тем же числом пар полюсов, что и статор (в обмотку ротора можно включить сопротивление);

б) с короткозамкнутым ротором (не имеет выводов, и естественное сопротивление включить нельзя).

Работа асинхронного двигателя показана на рис. 2.20.

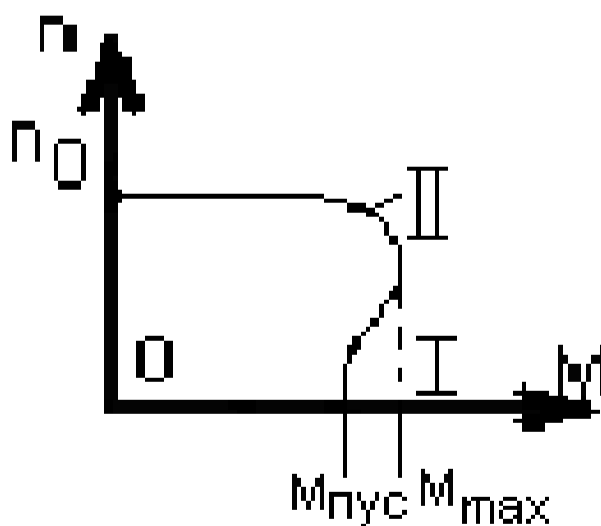


Рис. 2.20. График работы асинхронного двигателя

2.2.1. Пуск двигателя

Прямой пуск (подключение двигателя непосредственно к сети) применяется для асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором малой мощности. Недостаток – большие пусковые токи.

Пуск при пониженном напряжении применяется для АД с короткозамкнутым ротором средней и большой мощности.

Пониженное напряжение можно достичь следующим образом:

а) путем переключения обмотки статора нормальной схемы треугольника на звезду. При этом фазовое напряжение уменьшается в $\sqrt{3}$, также уменьшается ток по окончании пуска – звезда переключается в треугольник;

б) путем включения в цепь статора на период пуска дополнительных активных или реактивных сопротивлений (рис. 2.21);

в) путем подключения двигателя к сети через понижающий автотрансформатор (рис. 2.22);

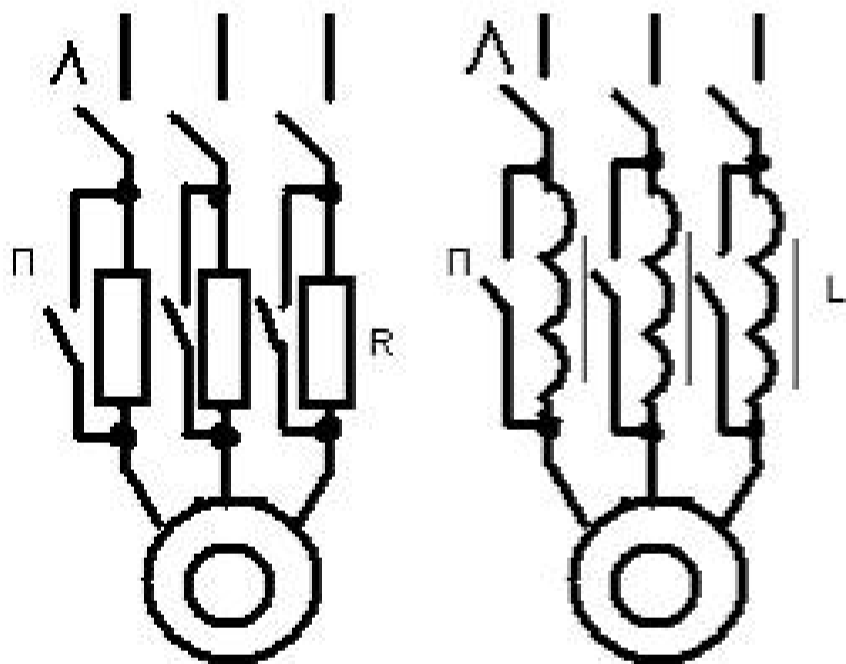


Рис. 2.21. Принципиальная схема включения асинхронного двигателя через сопротивления

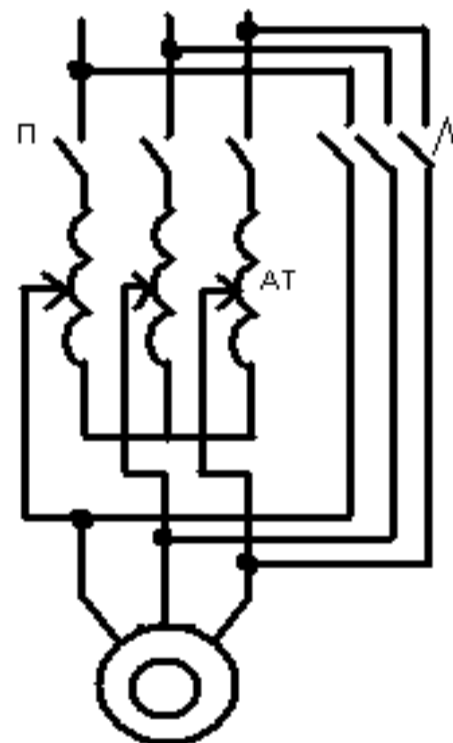


Рис. 2.22. Принципиальная схема включения асинхронного двигателя через понижающий автотрансформатор

г) подключением к обмотке ротора пусковых сопротивлений. Применяется для двигателя с фазным ротором.

2.2.2. Тормозные режимы

Рекуперативный с отдачей энергии в сеть (рис. 2.23).

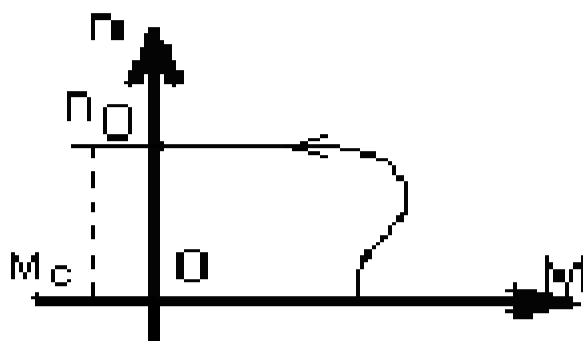


Рис. 2.23. График рекуперативного торможения

Торможение *противовключением*:

а) момент активный (не меняет свой знак при изменении направления вращения) (рис. 2.24);

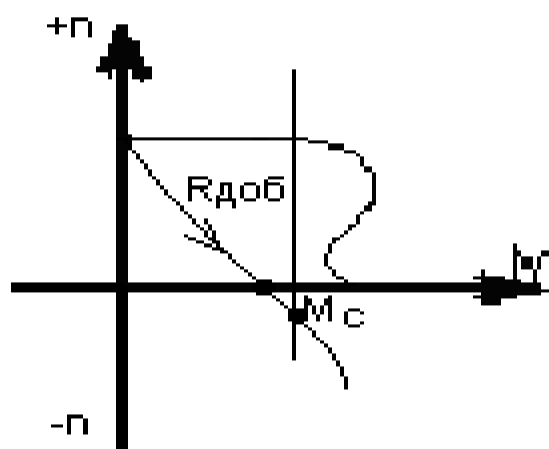


Рис. 2.24. График торможения противовключением с активным моментом

б) момент реактивный (для осуществления режима противовключения нужно как минимум две фазы поменять местами) (рис. 2.25).

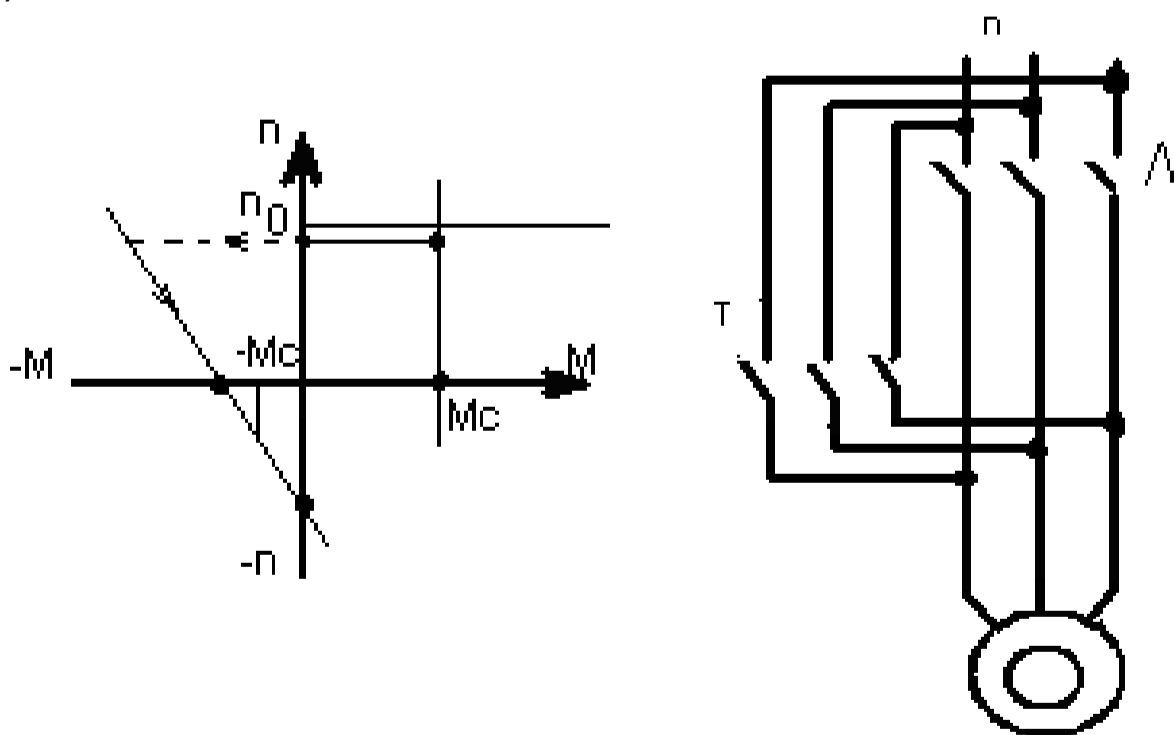


Рис. 2.25. График торможения противовключением с реактивным моментом

Динамическое торможение (статор отключен от сети и в две фазы подается постоянный ток) (рис. 2.26).

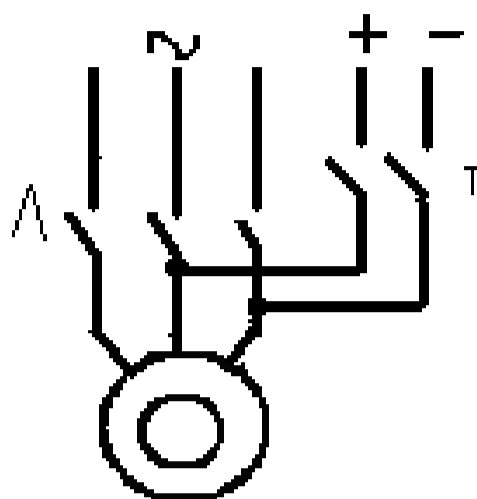


Рис. 2.26. График динамического торможения

2.2.3. Регулирование скорости

Осуществляется тремя способами:

1. Введением добавочного сопротивления в цепь ротора (рис. 2.27).

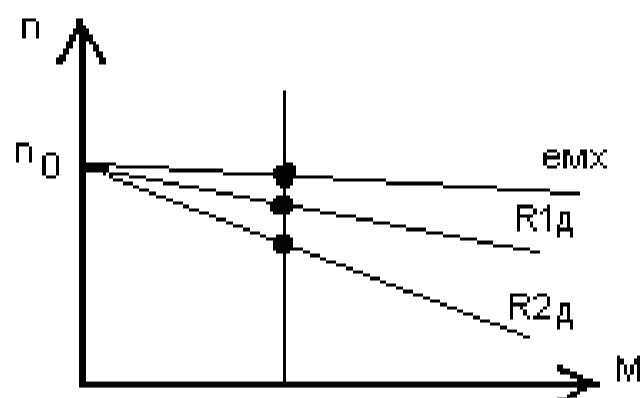


Рис. 2.27. Регулирование скорости сопротивлением ($R_2 > R_1$)

2. Изменением числа пар полюсов (рис. 2.28).

$$n_0 = \frac{60f}{P}. \tag{2.27}$$

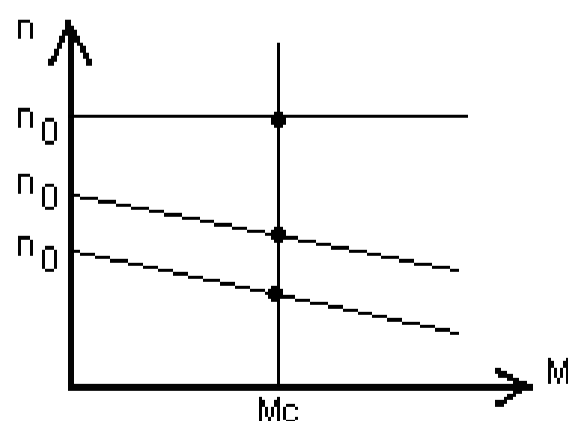


Рис. 2.28. Регулирование скорости изменением числа полюсов

Двигатели, у которых регулирование скорости осуществляется данным методом, называются многоскоростными.

Недостатки такого способа: скорость изменяется ступенчато, данные двигатели имеют большой вес и габариты.

3. Изменением частоты сети, питающей двигатель. Так как частота в сети постоянна, то для реализации этого способа необходим преобразователь частоты (рис. 2.29).

$$f_H > f_1 > f_2 > f_3.$$

Наиболее эффективный способ, но требует дорогостоящего оборудования, необходимо $\frac{U}{f} = const$.

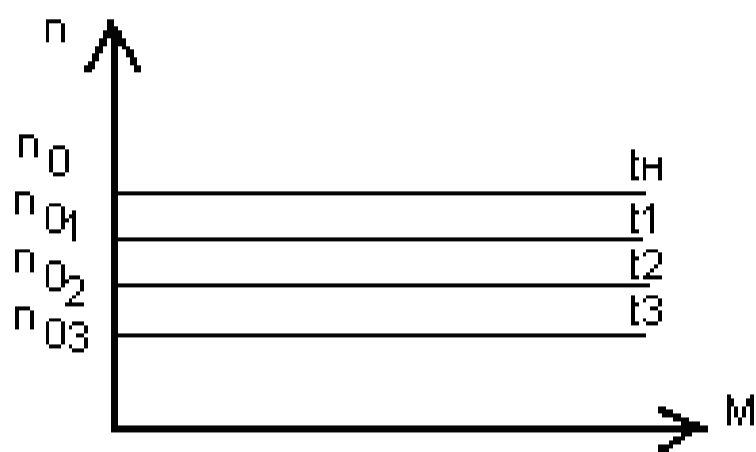


Рис. 2.29. Преобразователь частоты

3. ВЫБОР МОЩНОСТИ ПРИБОРА КШМ

3.1. Нагревание электрического двигателя при нагрузке

Загрузка двигателей характеризуется нагрузочной диаграммой (рис. 3.1), которая может быть

$$P = f(t); M = f(t); I = f(t). \quad (3.1)$$

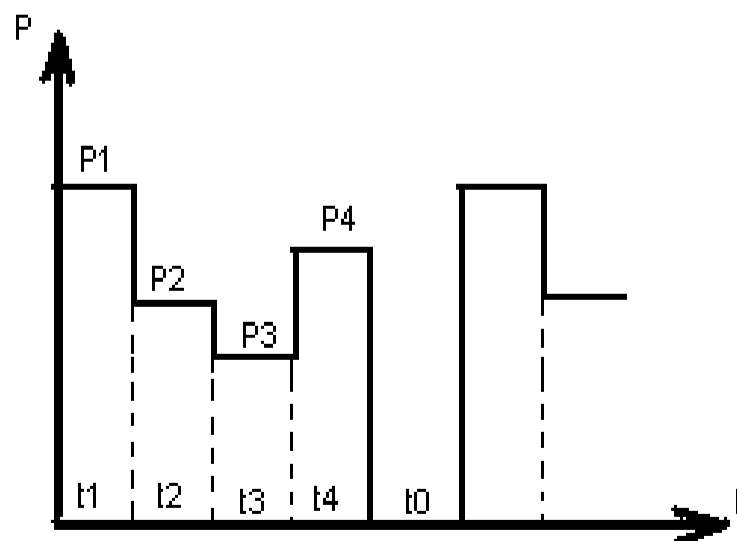


Рис. 3.1. График нагрузочной диаграммы

Для обеспечения нормальной работы двигателя нужно придерживаться следующих требований:

- 1) развивать наибольшую мощность, требуемую по технологическим соображениям;
- 2) электрический двигатель не должен перегреваться выше нормы.

Нагрев двигателя обуславливается потерей мощности, возникающей во время работы.

К этим потерям относятся:

- нагрев обмоток при прохождении тока;
- нагрев магнитопровода от гистерезисных и вихревых токов;
- нагрев от потери мощности в подшипниках;
- нагрев от трения о воздух.

Переменные потери

$$\Delta P = bI^2 . \quad (3.2)$$

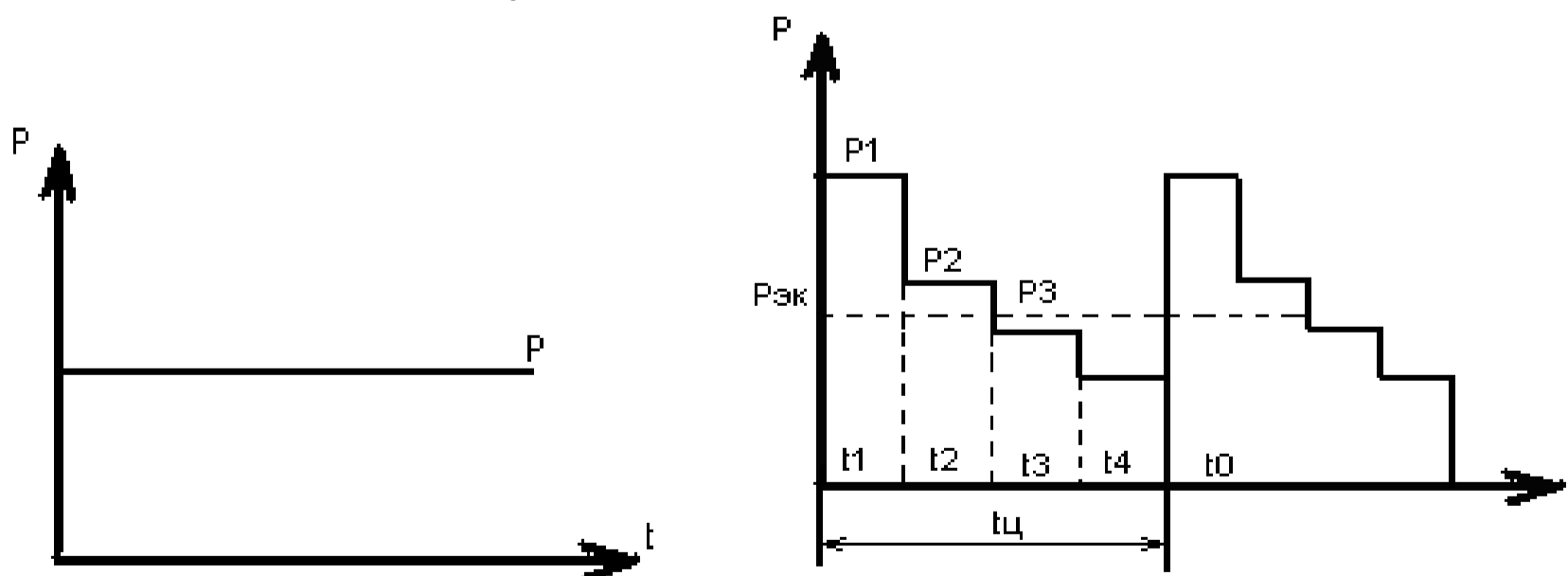
Все остальные потери незначительно изменяют свою величину при изменении нагрузки и поэтому называются постоянными. Допустимый нагрев двигателя обусловлен стойкостью изоляции.

Перегрев двигателя определяется по формуле

$$\tau = t_{д}^0 - t_{ос} . \quad (3.3)$$

3.2. Определение мощности электрического двигателя при постоянной и переменной продолжительных нагрузках

Продолжительный режим работы характеризуется длительным включением двигателя при постоянных и переменных нагрузках, когда он нагревается до установившегося перегрева (рис. 3.2 и 3.3).



$$P_{дв} = (1,1 - 1,3)P$$

Рис. 3.2. График зависимости нагрузки от времени

Рис. 3.3. График работы двигателя

Необходимо найти такой продолжительный режим постоянной по величине нагрузки, который бы в отношении нагрева двигателя был эквивалентен режиму переменной нагрузки, то есть

$$Q_e t_y = Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + \dots + Q_n t_n.$$

$$(\Delta P_e + b) t_y = (\Delta P_1 + b) t_1 + (\Delta P_2 + b) t_2 + \dots + (\Delta P_n + b) t_n. \quad (3.4)$$

$$I_e^2 t_y = I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n.$$

Формула эквивалентного тока

$$I_e = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_n^2 t_n}{t_{ц}}}; \quad (3.5)$$

$$I_e = \sqrt{\frac{\int_0^t I^2(t) dt}{t_{ц}}}; \quad (3.6)$$

$$I_e = I_{\partial в}. \quad (3.7)$$

Для двигателя постоянного тока $M \equiv I$.

$$M_c = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_y}}. \quad (3.8)$$

Если скорость вращения во время работы изменяется незначительно, то можно использовать формулу эквивалентной мощности:

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_y}} \quad (3.9)$$

или

$$P_e = \sqrt{\frac{\int_0^t P^2 dt}{t_y}}; \quad (3.10)$$

$$P_e = P_{\partial в}. \quad (3.11)$$

Выбранный двигатель проверяем на перегрузочную способность.

3.3. Определение мощности двигателя при повторно-кратковременном режиме

Повторно-кратковременный режим (ПК-режим) характеризуется короткими периодами нагрузки, в течение которых двигатель не нагревается до установленного режима. Происходит короткая пауза, в течение которой он не остывает до температуры окружающей среды (рис. 3.4).

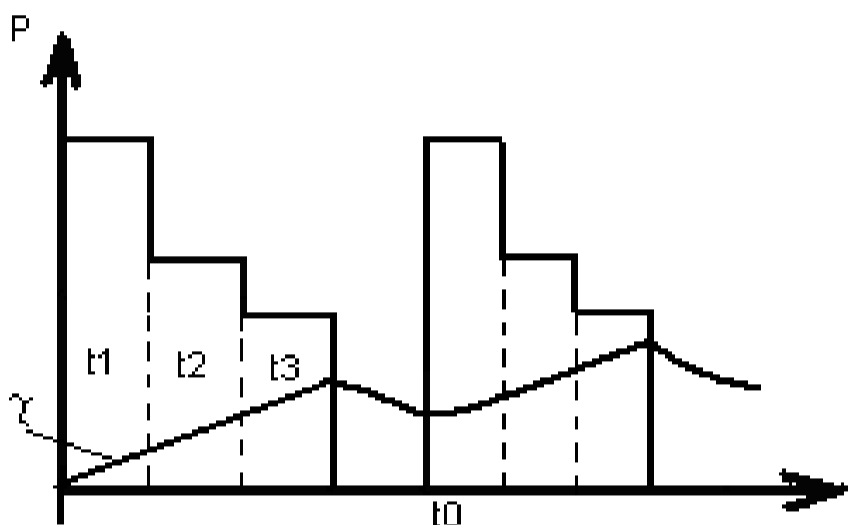


Рис. 3.4. График работы двигателя при ПК-режиме

Практически все КШМ работают в данном режиме. Выбор двигателя осуществляется по формулам продолжительного режима, но вводится коэффициент, учитывающий ухудшение охлаждения при пуске, торможении и паузе (рис. 3.5).

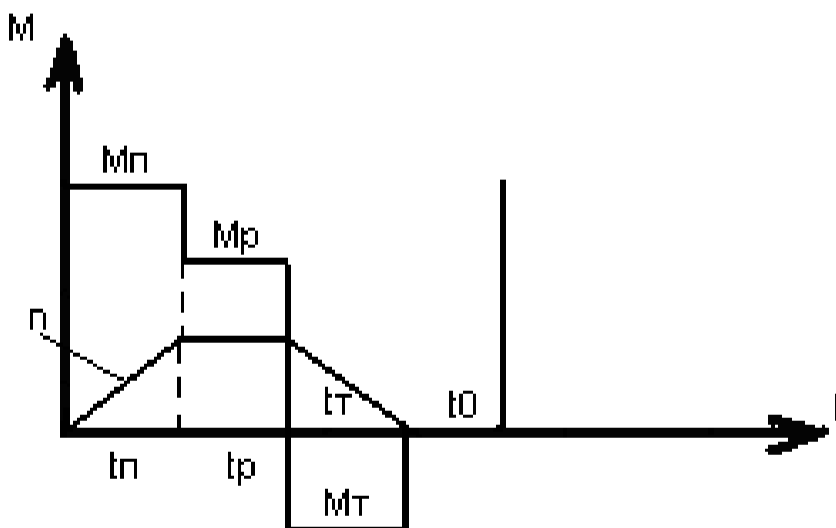


Рис. 3.5. График работы двигателя при ПК-режиме с учетом коэффициентов

$$M_e = \sqrt{\frac{M_n^2 t_n + M_p^2 t_p + M_T^2 t_T}{\beta_n t_n + t_p + \beta_T t_T + \beta_0 t_0}}, \quad (3.12)$$

где β_0 – ухудшение условия охлаждения при паузе (зависит от конструкции двигателя и условия охлаждения).

$$\beta_T = \beta_n = \frac{1 + \beta_0}{2}. \quad (3.13)$$

Выбранный двигатель проверяется на перегрузочную способность.

3.4. Определение мощности двигателя при кратковременном режиме работы

Этот режим характеризуется нагрузкой, в течение которой двигатель не нагревается до установленного режима (нагрев характеризуется паузой, в течение которой двигатель остывает до температуры окружающей среды) (рис. 3.6). Мощность двигателя выбирается только исходя из перегрузочной способности.

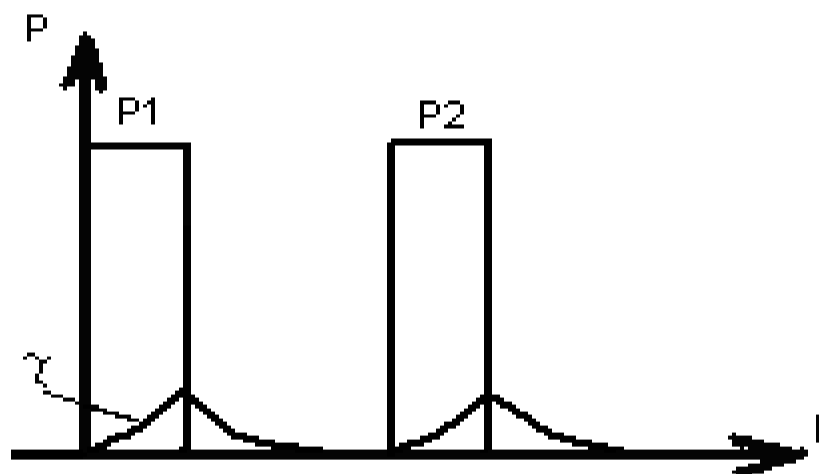


Рис. 3.6. График мощности при кратковременном режиме работы

3.5. Выбор мощности двигателя при работе с маховиком

Работа КШМ характеризуется приложением ударной нагрузки, чередующимися паузами. Систематическая ударная нагрузка неблагоприятно отражается на двигателе и требует применения завышенной мощности. Поэтому на практике для преодоления пиков нагрева практически всегда применяют маховики, которые являются аккумуляторами механической энергии. При снижении скорости маховик отдает энергию (рис. 3.7).

$$A = \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2). \quad (3.14)$$

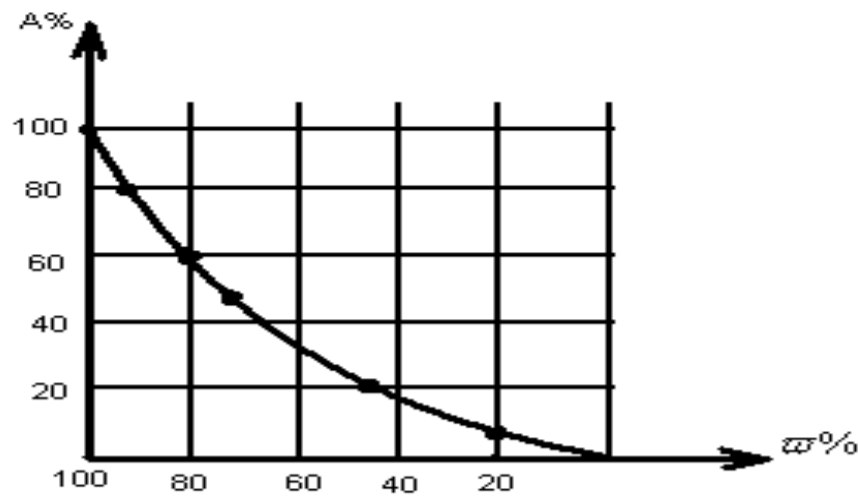


Рис. 3.7. График работы двигателя при работе с маховиком

При снижении скорости U на 10% маховик отдает 20% энергии. При снижении на 25% – 50%. На практике не допускают снижения скорости U на 20–25%. Для выбора мощности двигателя при работе с маховиком необходимо иметь (рис. 3.8.):

- 1) график диаграммы нагрузки;
- 2) график скорости вращения двигателя.

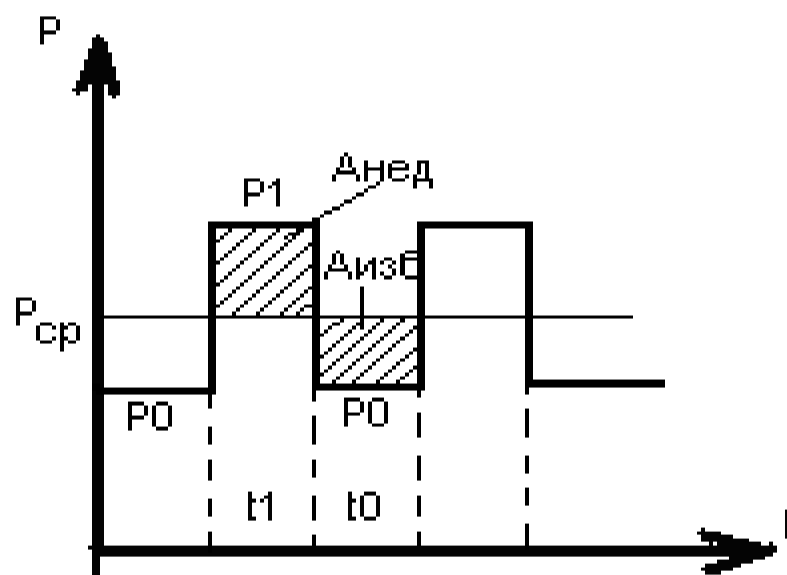


Рис. 3.8. График скорости вращения двигателя

$$P_{cp} = \frac{P_1 t_1 + P_0 t_0}{t_1 + t_0}. \quad (3.15)$$

$$A_{изб} = A_{нед}.$$

$$P_{дв} = (1,1 \div 1,3) P_{cp}. \quad (3.16)$$

$$I = \frac{2A_{изб}}{\omega_1^2 - \omega_2^2}.$$

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

Основным видом электроаппаратуры в КШМ является релейно-контакторная, то есть состоящая из различных реле и контакторов.

4.1. Реле

Реле – это устройство, у которого при плавном изменении входной величины (увеличение напряжения на катушке) от 0 до X срабатывания выходная величина остается неизменной (контакты разомкнуты). При достижении их срабатывания выходная величина изменяется скачком до y_{\max} (контакты разомкнуты). Реле имеет петлеобразную характеристику (рис. 4.1).

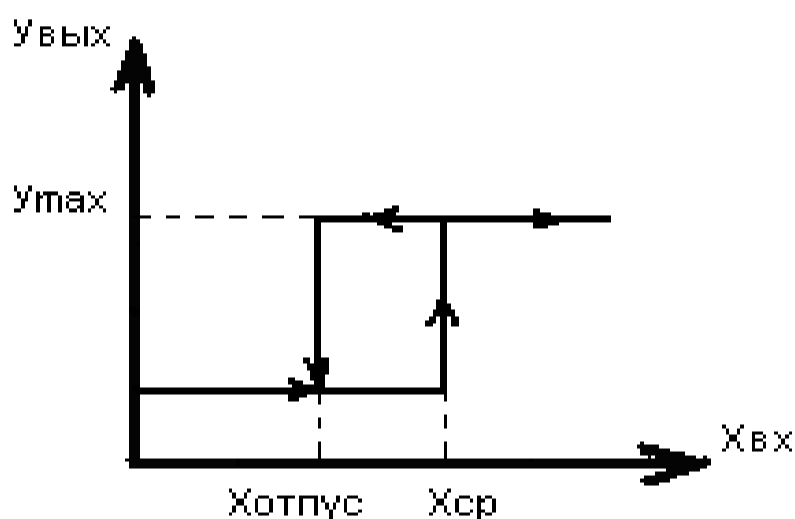


Рис. 4.1. Характеристика реле

В зависимости от того, какая величина подается на вход, реле бывают:

- 1) электрические;
- 2) тепловые (реагируют на количество тепла);
- 3) механические (рис. 4.2).

По быстродействию различают:

- 1) имеющие специальные устройства для ускорения срабатывания;
- 2) не имеющие таких устройств;
- 3) имеющие устройство для замедления срабатывания или отпускания (реле времени).

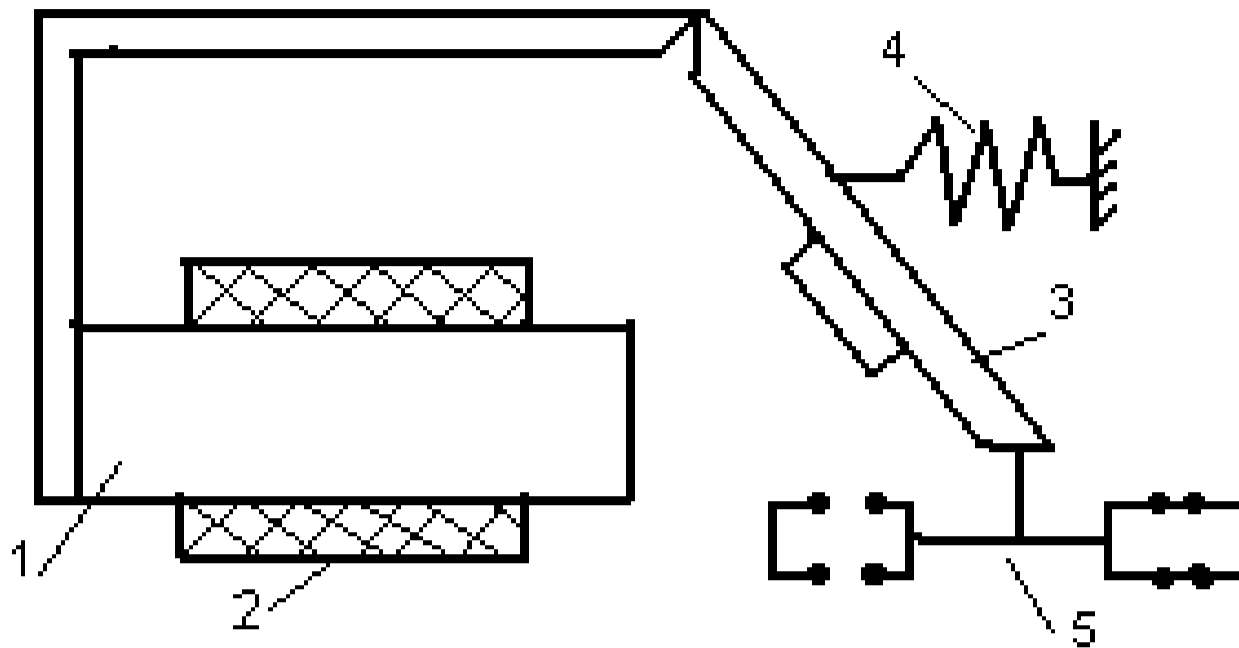


Рис. 4.2. Схема реле:
 1 – сердечник; 2 – катушка; 3 – якорь;
 4 – пружина; 5 – контакторная система

4.2. Контакторы

Принцип действия такой же, как у реле, но в отличие от него имеют мощную контактную систему для переключения в силовых цепях. Контакторы бывают постоянного и переменного тока:

- постоянного тока (110 или 220 В) имеют 1 или 2 главных контакта и несколько блок-контактов;
- переменного тока (220 или 380 В) имеют 2 или 3 главных контакта и несколько блок-контактов.

4.3. Контроллеры и команда контроллеров

Контроллер представляет собой аппарат, посредством которого осуществляется переключение в силовых цепях (переключение осуществляется вручную). Команда контроллеров по принципу действия не отличается от контроллера, но служит для переключения в цепях управления.

Существует два вида контроллеров:

1. Барабанного типа (рис. 4.3).
2. Кулачкового типа (рис. 4.4).

Подвижный контакт 2 крепится на рычаге 3, который может поворачиваться вокруг оси 4; при повороте вала 8 кулачок 7 своей выступающей частью наезжает на ролик 6, рычаг 3 поворачивается, следовательно, контакт разрывается.

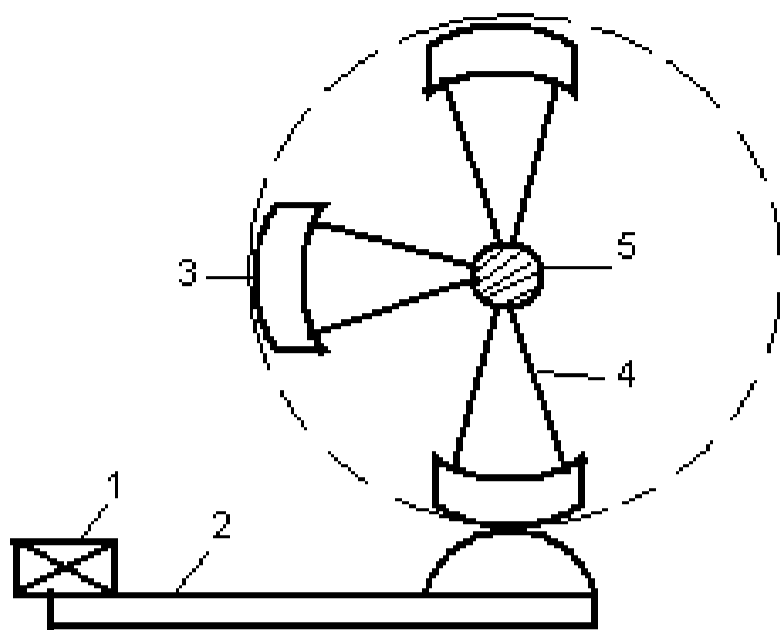


Рис. 4.3. Схема контроллера барабанного типа:

- 1 – изолирующая рейка;
- 2 – неподвижный контакт;
- 3 – подвижный сегмент;
- 4 – сегментодержатель;
- 5 – вал барабана

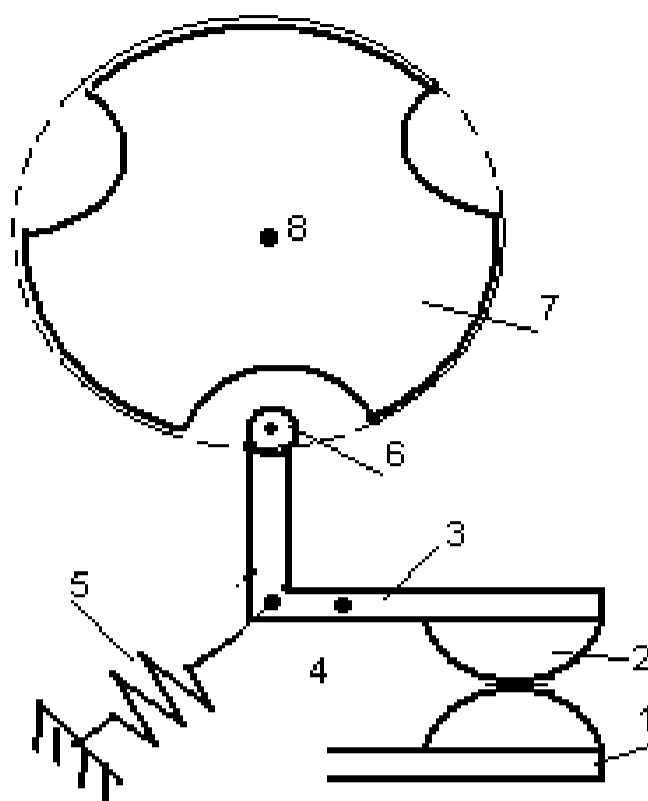


Рис. 4.4. Схема контроллера кулачкового типа

4.4. Магнитные пускатели

Комплекты аппаратуры контакторного управления, осуществляющие включение, отключение и реверс, называются магнитными пускателями. Они бывают реверсивные (рис. 4.5) и нереверсивные (рис. 4.6).

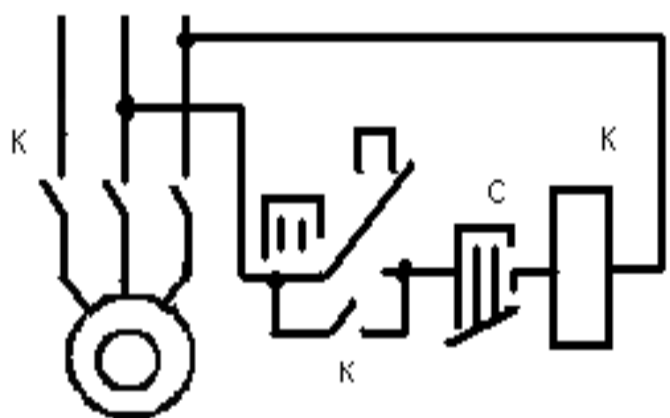


Рис. 4.5. Схема реверсивного пускателя

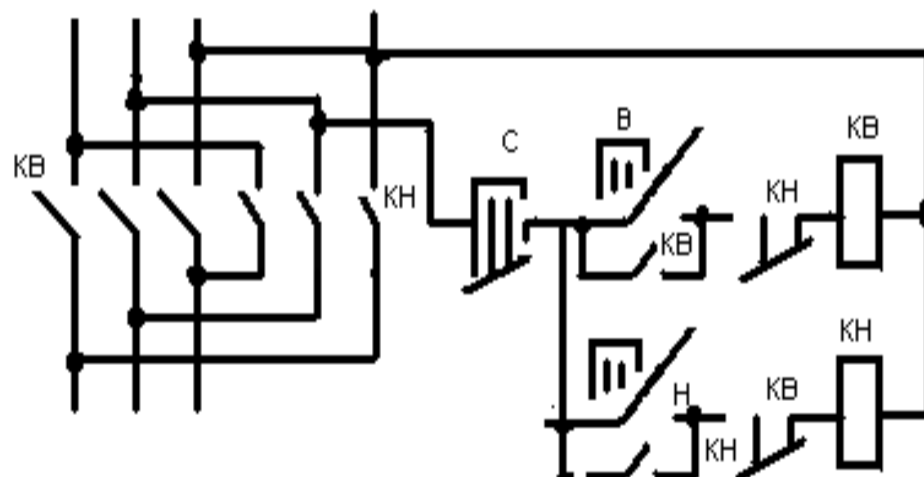


Рис. 4.6. Схема нереверсивного пускателя

4.5. Электромагниты

В КШП широкое распространение носят электромагниты переменного тока, называемые соленоидами (рис. 4.7).

$F_T = f(l)$ - тяговая характеристика электромагнита.

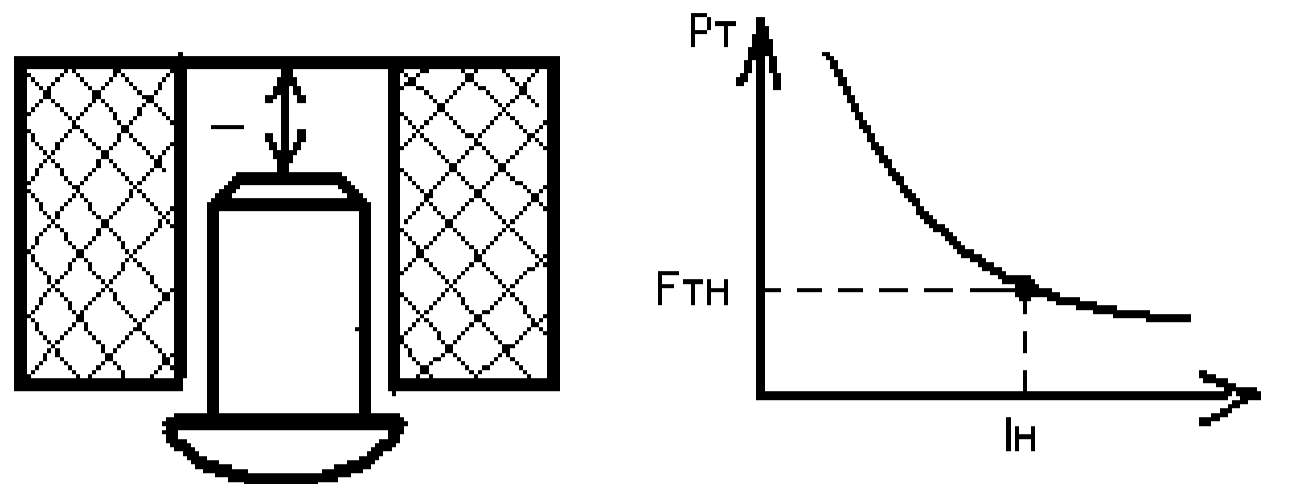


Рис. 4.7. Схема работы электромагнита с его характеристикой

Максимальный ход якоря и соответствующее ему усилие называется номинальным и приводится в паспорте.

Широкое распространение нашли для переключения в гидравлических и пневматических прессах. Также электромагниты нашли широкое применение в системе торможения электрических двигателей (рис. 4.8).

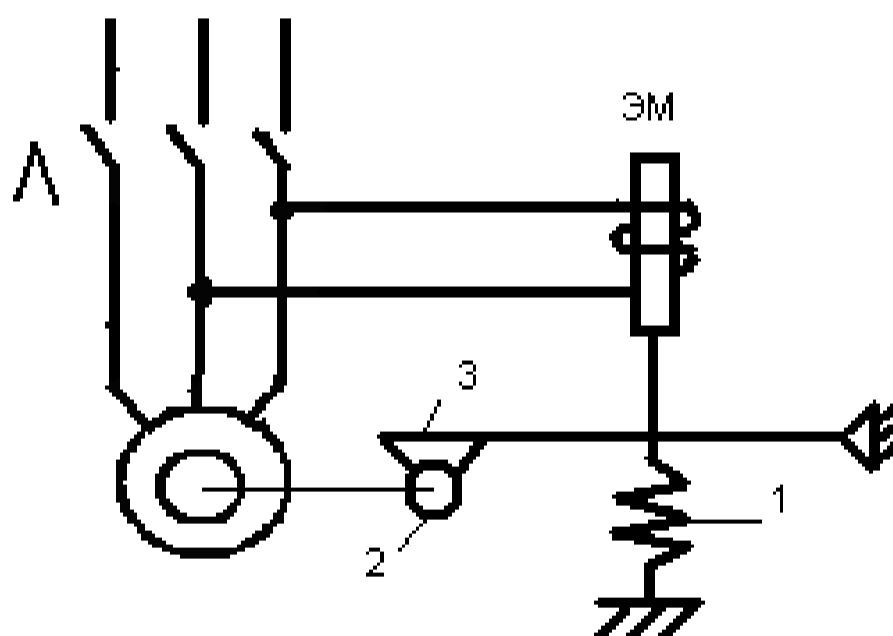


Рис. 4.8. Схема применения электромагнита при торможении электродвигателя:

1 – пружина; 2 – тормозной; 3 – тормозная колодка

4.6. Аппаратура защиты

Чтобы исключить возможность аварии, двигатель необходимо отключить от сети при коротком замыкании, не допускать больших перегреваний, перегрева при длительных небольших перегрузках, при значительных скачках напряжения и др. Для этого и служит аппаратура защиты.

1. Плавкие предохранители – для защиты приемника от токов короткого замыкания. Основным элементом является вставка из легкоплавких материалов. При больших токах она расплавляется и отключается приемник от сети.

2. Тепловые реле – предназначены для защиты двигателей от перегрева при длительных перегрузках. Вследствие тепловой инерции они не защищают от токов короткого замыкания (рис. 4.9).

Нагревательный элемент 1 включается в цепь двигателя. Вблизи нагревательного элемента располагается следующая биметаллическая пластина, состоящая из двух полос разных металлов 2 и 3, сваренных друг с другом. Коэффициент линейного расширения этих металлов подобран таким образом, что при нагревании они загибаются вверх. При длительном перегреве пластина загибается вверх и освобождает рычаг 4, который под действием пружины 5 поворачивается и размыкает контакты 6; идет команда на отключение двигателя. Для восстановления исходного положения необходимо нажать кнопку 7 после того, как двигатель остыл и пластина тоже.

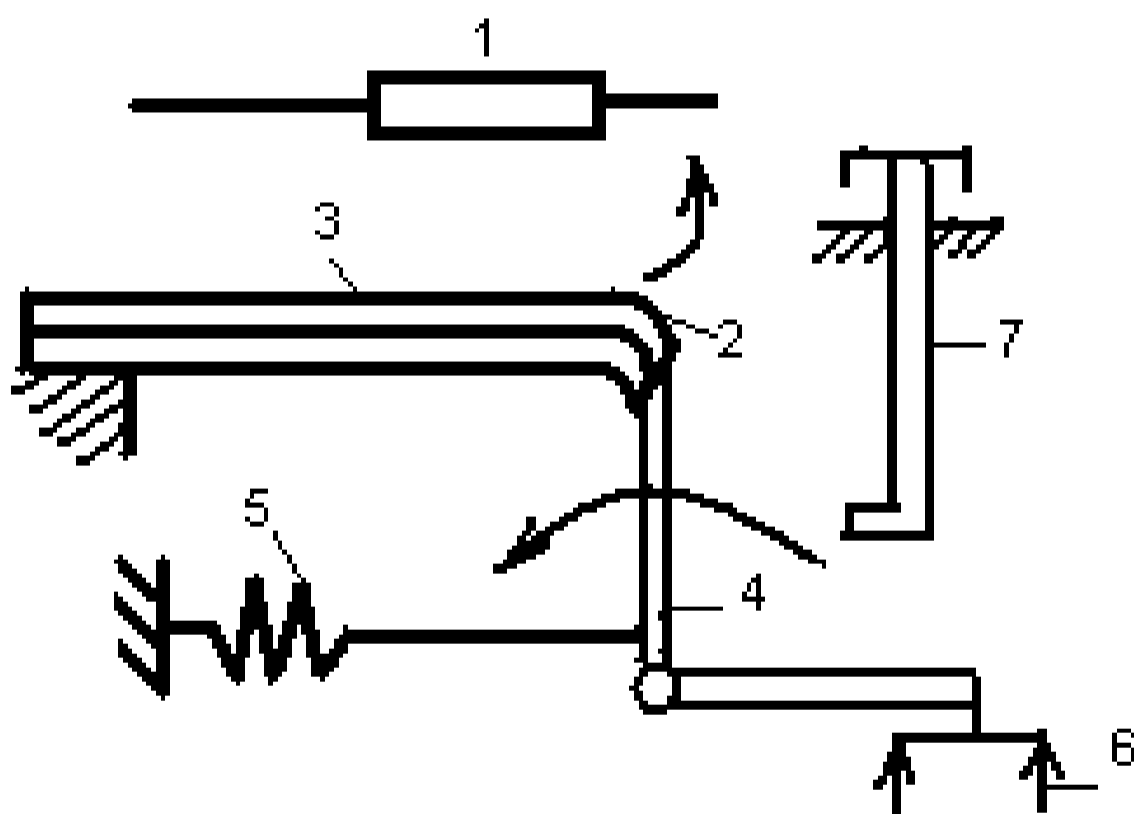


Рис. 4.9. Схема теплового реле

3. Максимальное (токовое) реле – защищает электрический двигатель от максимальных перегрузок. Представляет собой обычное реле, катушка которого включена в цепь двигателя и сила притяжения якоря преодолевает силу пружины при максимальных токах (рис 4.10).

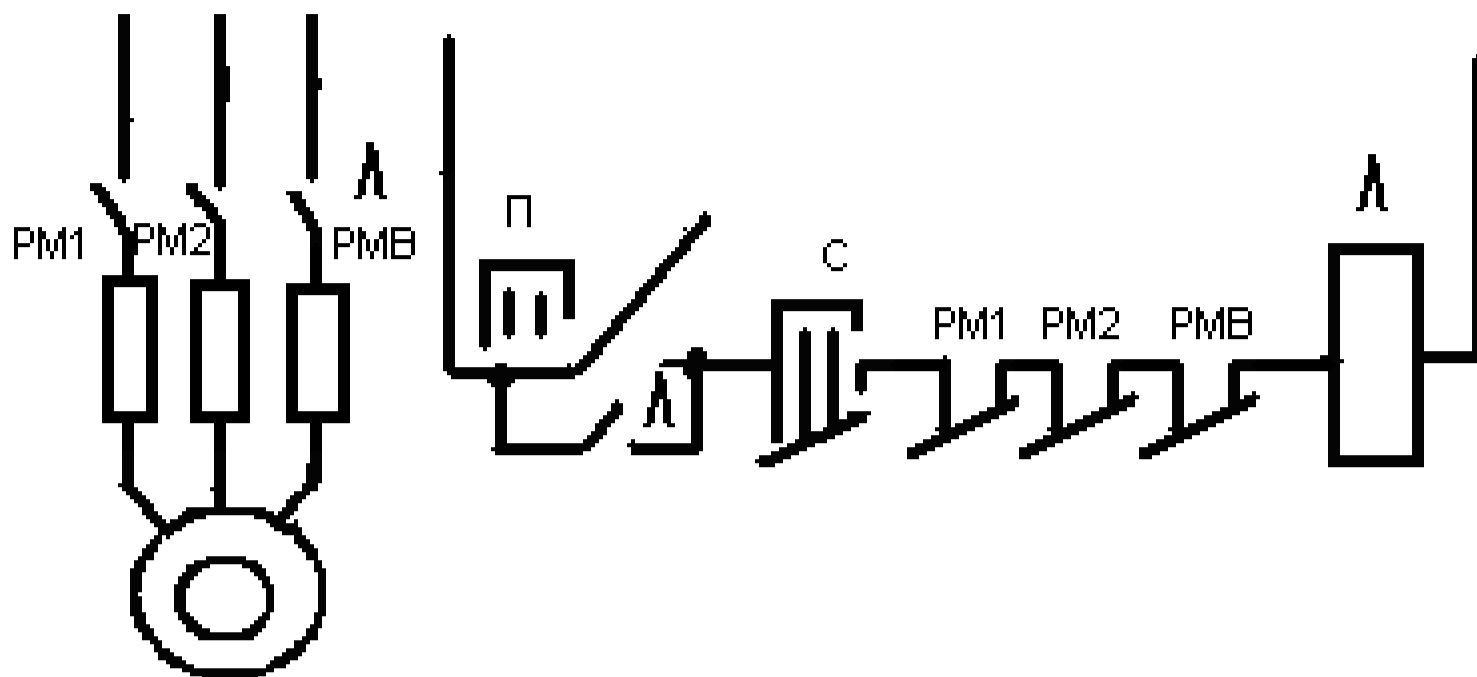


Рис. 4.10. Схема максимально-токового реле

4. Автоматы (автоматический воздушный выключатель) – предназначены для защиты от токов короткого замыкания, перегрева, а также уменьшения или исчезновения напряжения.

5. БЕСКОНТАКТНОЕ ЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КШМ

Последнее время все более широкое распространение получают бесконтактные элементы дискретного действия, называемые бесконтактными логическими управлениями (БЭЛ). Они не имеют контактных и быстроизнашиваемых механических частей. Время быстрогодействия и их срок службы выше, чем у контакторно-релейных. Каждый элемент имеет один или несколько входов, обозначаемых a, b, c, d , и один выход ($X; Y; Z$). Входы и выход имеют два состояния: есть напряжение или отсутствует, или двоичная алгебра 1(0).

Если подать сигнал на вход БЭЛа и это вызовет появление сигнала на выходе, то такой элемент называется повторителем (рис 5.1).

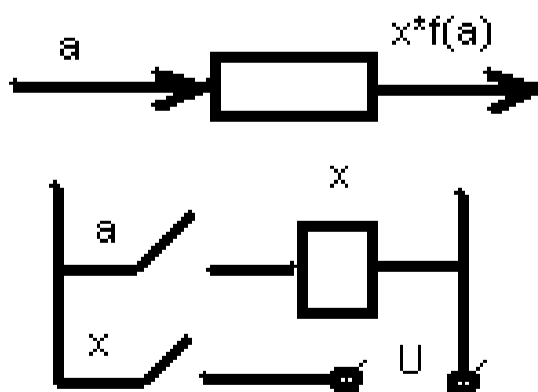


Рис. 5.1. Схема повторителя

Если при подаче сигнала на вход БЭЛа и на его выходе сигнал исчезает, то такой элемент называется элементом НЕ или инвертором (рис 5.2).

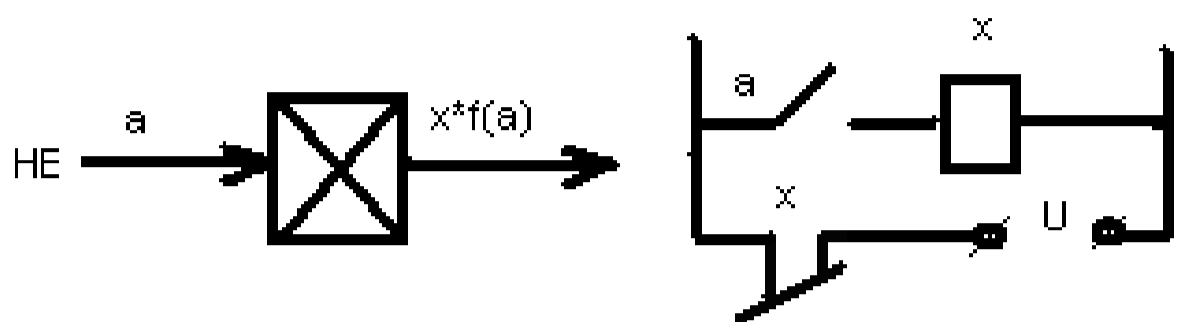


Рис. 5.2. Схема 1 управления БЭЛ

У элементов ИЛИ выходной сигнал появляется при наличии сигнала на одном или на другом входе (рис 5.3).

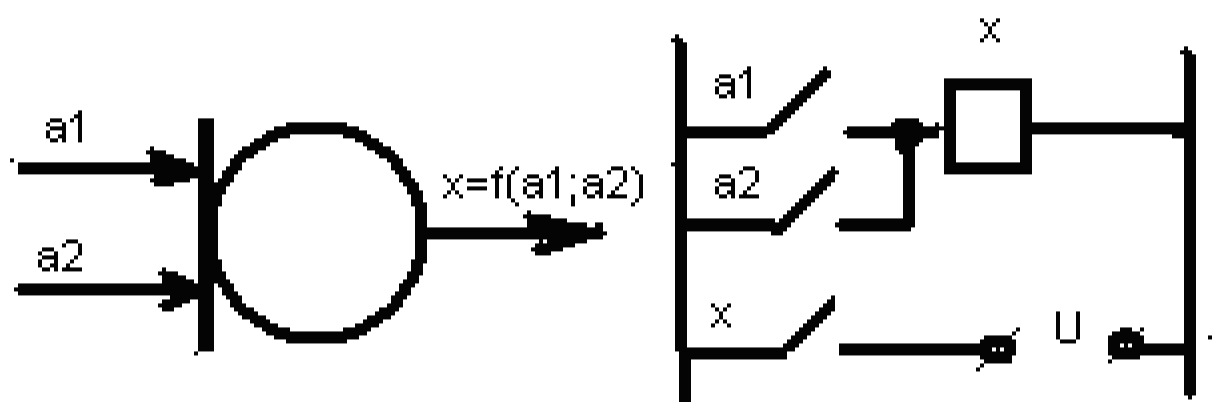


Рис. 5.3. Схема 2 управления БЭЛ

У элемента И выходной сигнал появляется при одновременном появлении сигналов на первом и втором входах (рис 5.4).

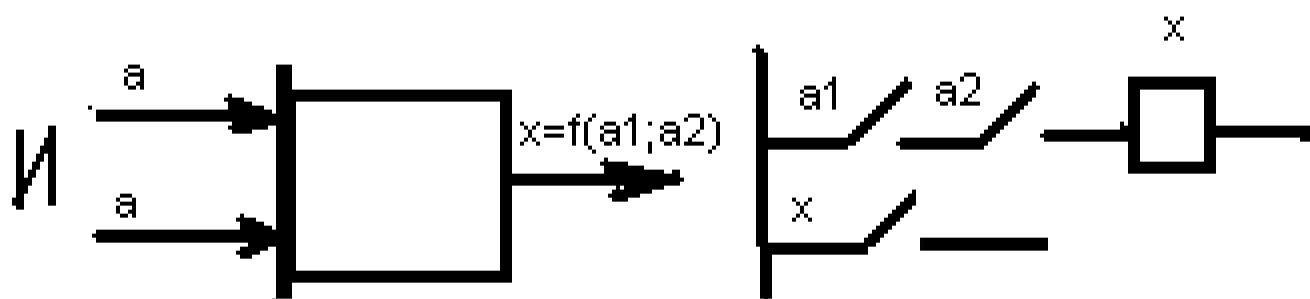


Рис. 5.4. Схема 3 управления БЭЛ

Из вышперечисленных элементов может быть составлена логическая схема, заменяющая любую релейно-контакторную.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ КШМ

Электрооборудование каждой КШМ должно обеспечить:

- 1) выполнение необходимых технологических операций;
- 2) безопасность и удобство работы;

- 3) требующую производительность оборудования при высоком качестве продукции;
- 4) высокую надежность в эксплуатации.

Все электрооборудование должно располагаться в металлических шкафах, кроме того, еще находиться непосредственно на машине. Электрооборудование должно обеспечивать у каждой КШМ три режима работы:

а) одиночный ход – совершив один ход, машина автоматически останавливается; чтобы совершить следующий ход, необходимо снова нажать кнопку или педаль;

б) непрерывный ход (автоматический) – КШМ совершает ходы для остановки нажатием кнопки или педали;

в) наладочный (толчковый) режим. Для управления, как правило, используют двухкнопочные режимы. На крупных КШМ используется несколько пультов управления. С любого пульта управления должна обеспечиваться остановка. На всех пультах должны быть световые сигналы режима, на которых мы работаем. У кривошипных прессов должна исключаться возможность самопроизвольного включения фрикционной муфты. Торможение коленчатого вала, независимо от режима, должно быть в пределах не более 15° поворота. На крупных механических прессах, где используется отдельная станция смазки, пуск пресса разрешается после рабочего давления смазки. На гидравлических и пневматических прессах используется реле давления, которое дает разрешение на пуск оборудования.

7. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ КШМ

Автоматическое управление функции пути является самым распространенным видом автоматизации в КШМ. Основным элементом является путевой переключатель. Если он предназначен для ограничения хода и стоит в конце пути, то он называется концевым или конечным переключателем (рис. 7.1).

Концевой выключатель моментального действия показана на рис. 7.2.

Машина выступающей частью наезжает на ролик 1, поворачивая рычаг 2; через набор ленточных пружин начинает поворачивать поводок 4, при этом шарик 9 начинает перекачиваться по планке 7. При достаточно большом угле поворота защелка 6 освобождает планку и она под действием пружины 10 поворачивается, производя при этом замыкание и размыкание контактов.

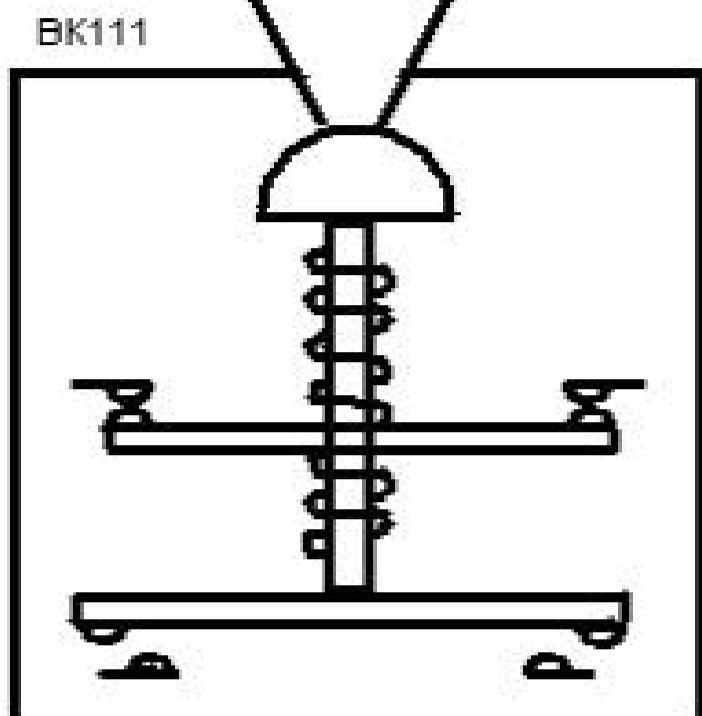


Рис. 7.1. Схема путевого выключателя

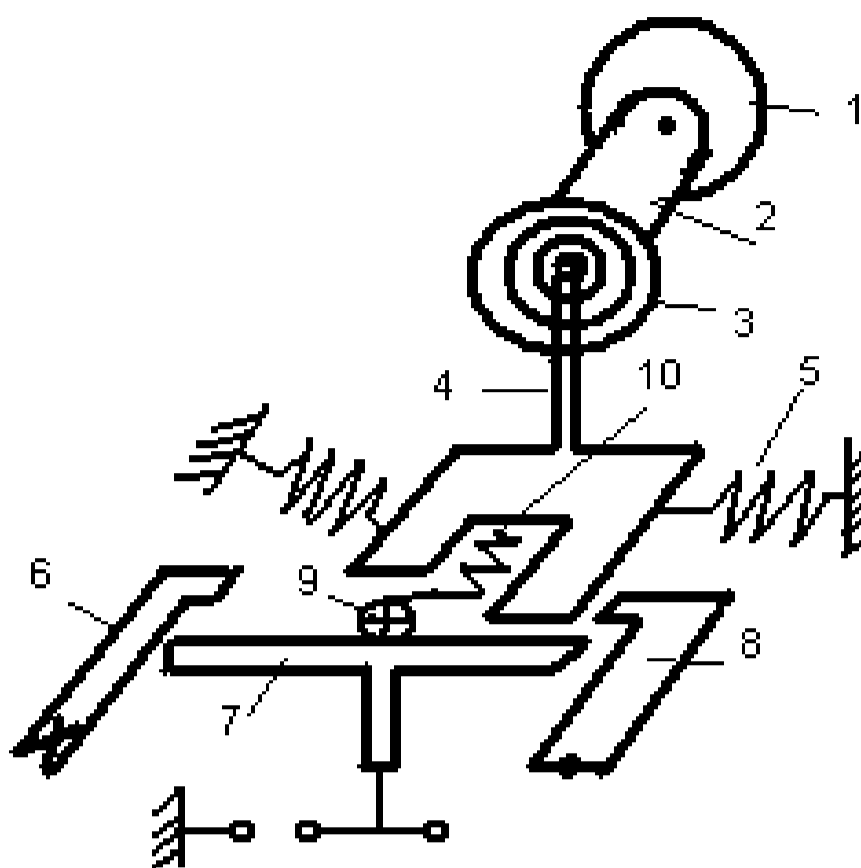


Рис. 7.2. Схема выключателя моментального действия

Также нашли широкое распространение микропереключатели. Их достоинства – малые габариты и малое усилие нажатия. В последнее время вместо концевого переключателя используют индуктивные.

Автоматическое управление функции пути принимается для управления фрикционной муфты.

Схема управления фрикционной муфтой прессов малой и средней мощности показана на рис. 7.3.

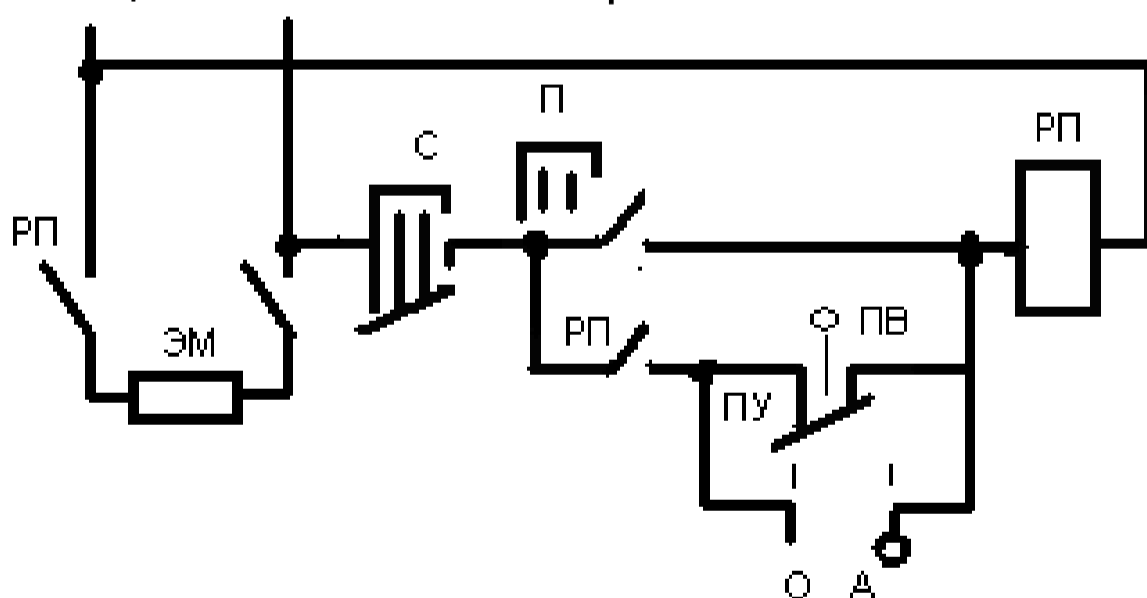


Рис. 7.3. Схема управления фрикционной муфты прессов малой и средней мощности

Пресс имеет два режима работы: одиночный и автоматический ходы. Одиночный ход поворачивает ключ ПУ влево, цепочка ключа оказывается разомкнутой, нажимаем кнопку П, срабатывает реле РП, которое:

- 1) самоблокируется;
- 2) включается электромагнит (ЭМ).

Электромагнит произвольно переключается в пневмосистеме, включается фрикционная муфта, ползун пошел вниз. Совершив работу в крайнем верхнем положении, нажимаем путевой выключатель (ПВ) и размыкаем контакт; отключаем реле РП, отключаем ЭМ, отключаем фрикционную муфту. Для следующего хода необходимо снова нажать кнопку П.

Автоматический ход – ключ поворачивают ПУ вправо, при этом замыкают цепь ключа и выводят из работы контакт ПВ. Теперь при нажатии кнопки П пресс будет совершать ходы, пока не нажмем кнопку стоп С.

Схема управления фрикционной муфтой крупных прессов показана рис. 7.4.

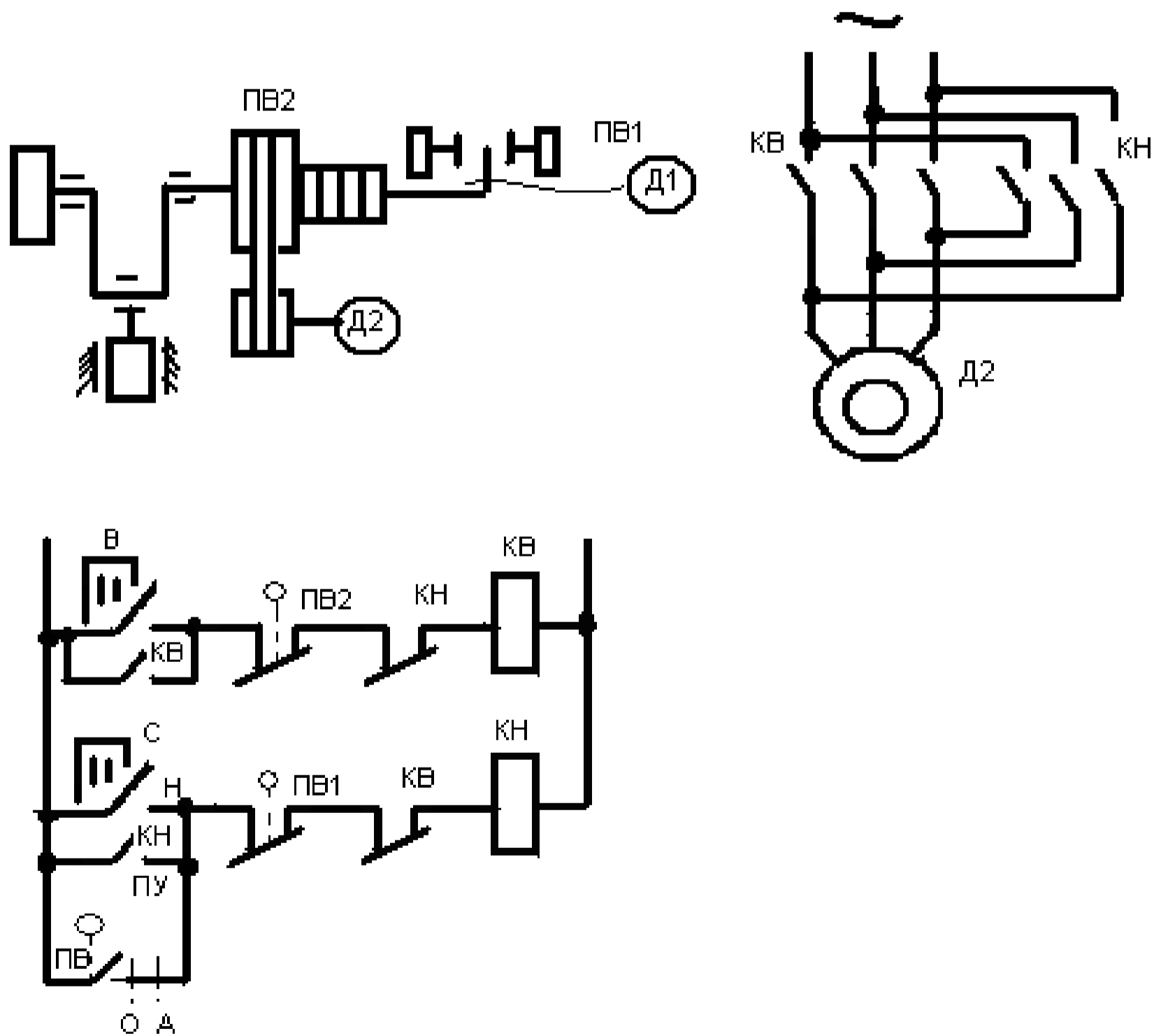


Рис. 7.4. Схема управления фрикционной муфтой крупных прессов

Схема работает в двух режимах – одиночный и автоматический ходы.

1. Одиночный ход – ключ ПУ поворачиваем влево, нажимаем кнопку П, срабатывает контактор КВ, который: а) самоблокируется; б) разрывает свой контакт в цепи контактора КН электрической блокировки; в) своими главными контактами подключает электромагнит.

Ключ D_2 начинает перемещать рычаг включения после включения фрикционной муфты. Нажатие $ПВ_2$ разрывает свой контакт и отключает КВ. КВ отключает двигатель от сети. Ползун пошел вниз. Совершив работу в КВП, срабатывается ПВ, которое замыкает свой контакт и сработанный контактер КН совершает: а) самоблокирование; б) электрическую блокировку; в) включение двигателя на противоположное вращение. Двигатель начинает перемещать рычаг, отключая фрикционную муфту. Отключая муфту, нажимаем $ПВ_1$, который разрывает свой контакт, и отключаем КН. КН отключает D_2 от сети. Ползун остается в КВП. Для следующего хода необходимо снова нажать кнопку В.

2. Автоматический ход – поворачивают ключ вправо, цепочка ключа остается разорванной и поэтому ПВ не оказывает влияния на работу схемы. Включение аналогично одиночному ходу, но ползун будет совершать ходы, пока не нажмем кнопку С.

8. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИЕЙ ВРЕМЕНИ

Во время работы КПМ иногда требуется выдержка времени, в течение которой не одна из движущих электрических машин не работает. Обычно это происходит при изготовлении детали из горной пластмассы.

Необходимо остановиться в нижнем положении для затвердевания пластмассы. Здесь, кроме путевых переключателей, применяют реле времени.

Реле времени – это аппарат, который через определенный промежуток времени после перехода командного сигнала замыкает или размыкает свои контакты. Существуют разнообразные конструкции реле времени – это пневматические (рис. 8.1), маятниковые, электромагнитные, электрические и часовые.

Пневматическое реле времени обеспечивает выдержку времени от 0,4 до 180 с. При замыкании УК через катушку 1 протекает ток, якорь 2 втягивается с ним, опускается упор 3, растягивая пружину 16. Колодка 5 под действием пружины 7 начинает опускаться вниз, с ней начинает двигаться поршень 8 с грибообразной рези-

новой мембраной 9. Над мембраной образуется разряженное пространство, куда поступает воздух через отверстие 13, суконный фильтр 12 и канал 11. В конце хода рычаг 6 нажимает микропереключатель 4. Возврат в исходное положение осуществляется за счет пружины 16, воздух над мембраной выталкивается через канал 15, поднимая клапан 14. Уставка реле регулируется винтом 10, который изменяет поперечную площадь канала 11.

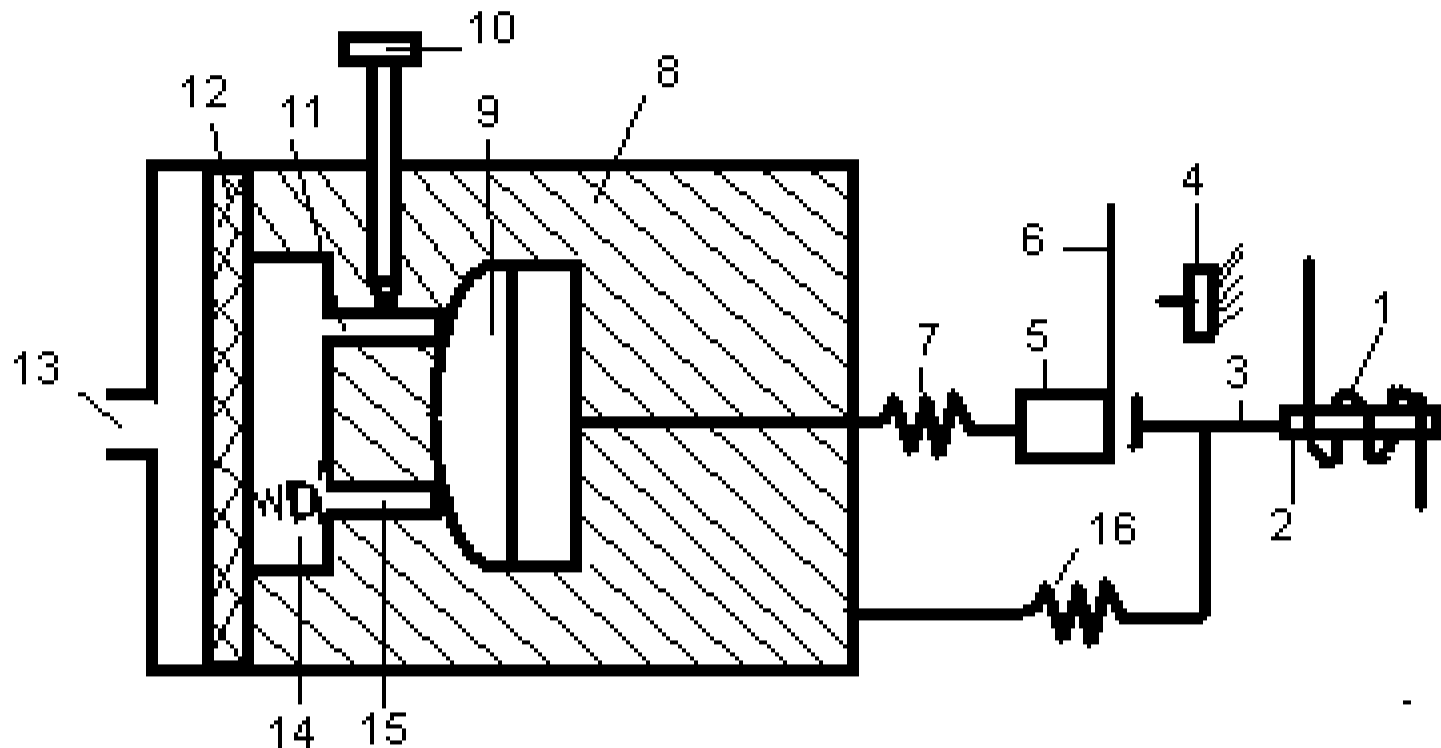


Рис. 8.1. Пневматическое реле времени

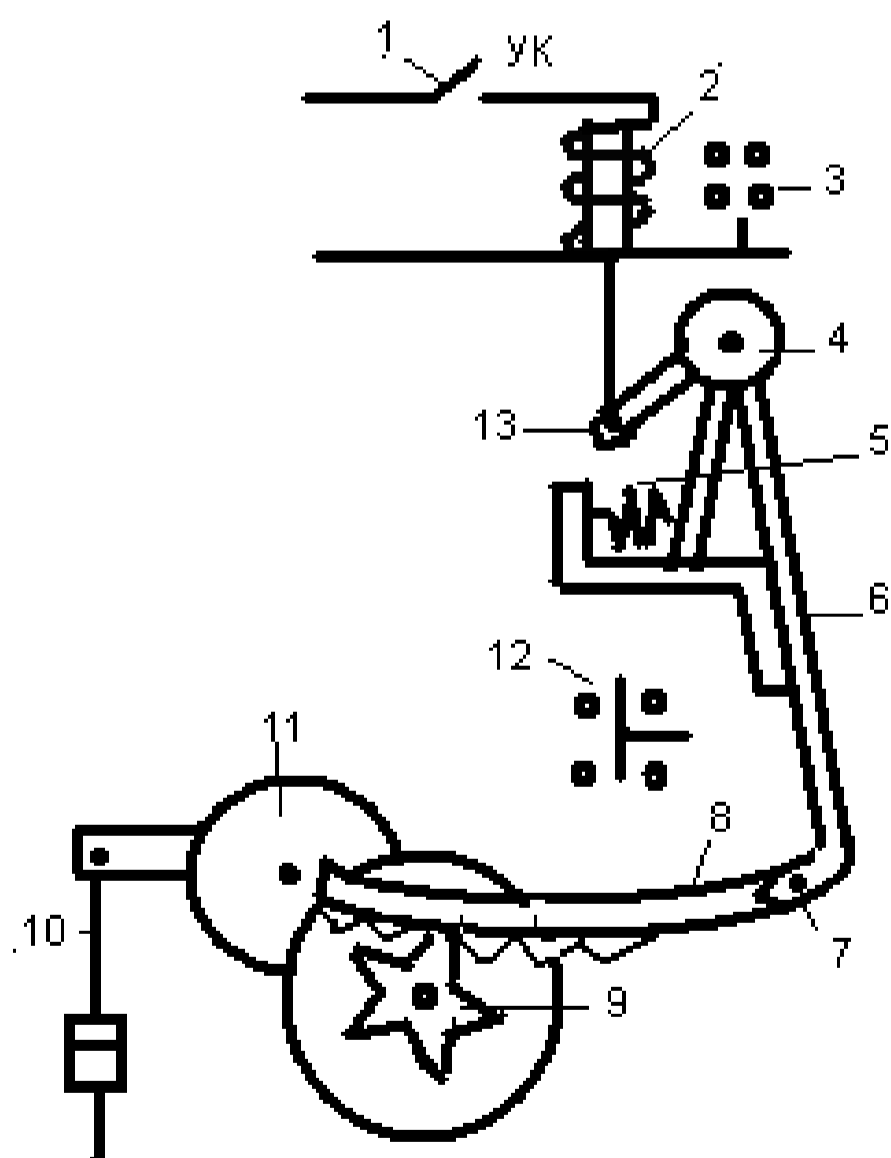


Рис. 8.2. Реле маятникового типа

Реле маятникового типа (рис. 8.2) обеспечивает выдержку времени от 2 до 10 с. При замыкании УК ток протекает через катушку и втягивает якорь 2; втягиваясь, якорь рычагом замыкает контакты мгновенного действия 3 и поворачивает командный рычаг 13 относительно оси 4, начинает сжиматься пружина 5, под действием этой пружины поворачивается рычаг 6 с зубчатым сектором 8. Этот зубчатый сектор поворачивает колесо 9 и через си-

стему зубчатых передач вращается анкерное колесо 11, которое поворачивается на один зуб при колебании маятника 10. Пройдя путь, рычаг 6 нажимает на контактную систему 12. Уставка реле регулирует длину маятника и длину зубчатого сектора.

Если $E \equiv n$, то **автоматическое управление функции ЭДС** есть частотный случай автоматизированной функции скорости. Применяются для пуска и торможения двигателей.

9. ПУСК ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Схема пуска двигателя постоянного тока показана на рис. 9.1.

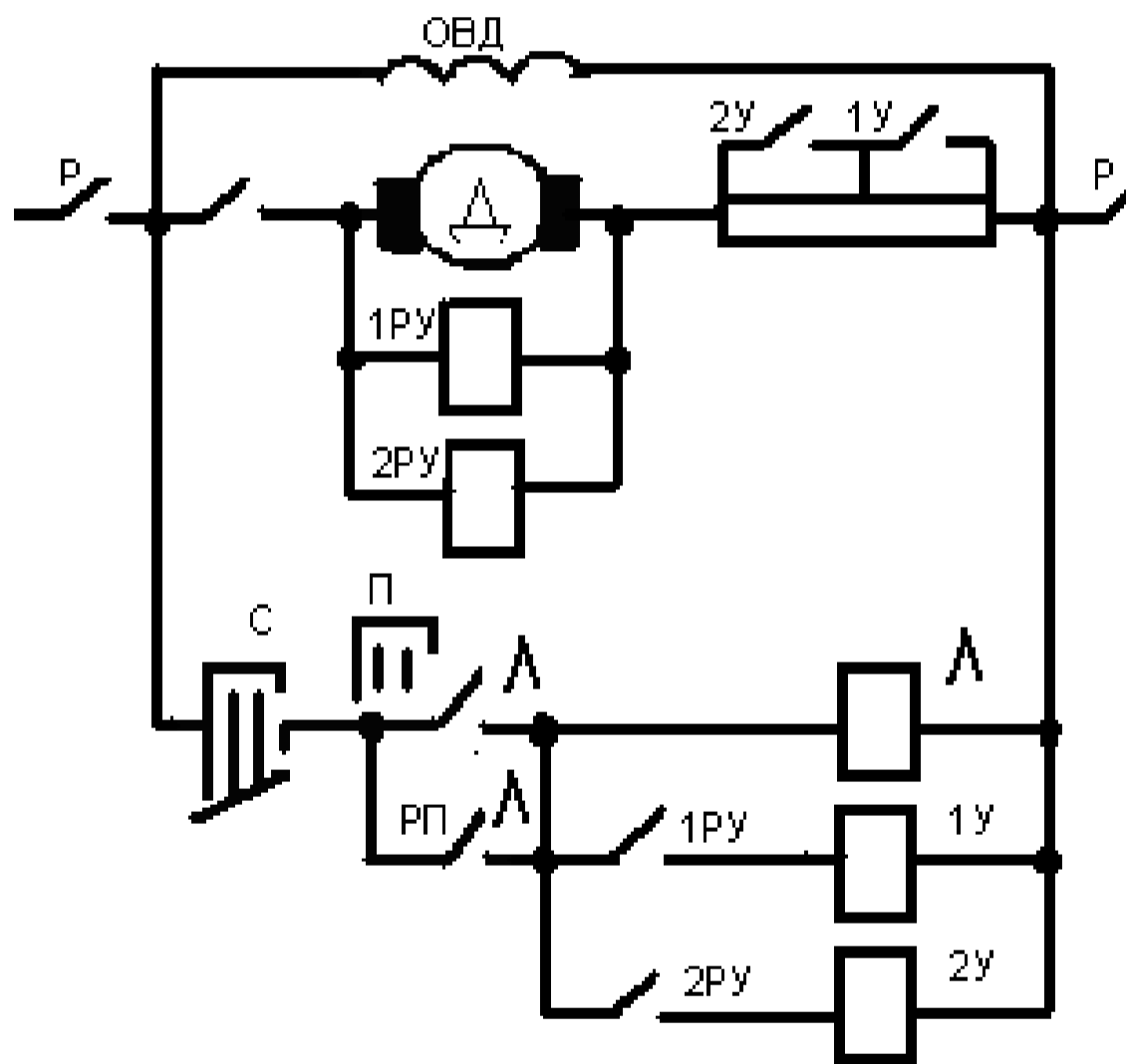


Рис. 9.1. Схема пуска двигателя постоянного тока

Перед началом работы замыкают рубильник Ф, питание получают ОВД и схема управления. Далее нажимают кнопку П, срабатывает контактор Л, который:

- 1) самоблокируется;
- 2) своим главным контактом подключает двигатель к сети с полностью введенными пусковыми сопротивлениями.

Двигатель начинает разгоняться, ЭДС растет. При этом срабатывает первое релейное устройство 1 РУ, которое настроено на

меньшее напряжение. Оно замыкает свой контакт и начинает срабатывать контактор 1У, который выводит из работы первую ступень сопротивления. Разгон продолжается. Ближе к концу разгона срабатывает второе релейное устройство 2РУ, которое включает контактор 2У. Этот контактор выводит из работы вторую ступень сопротивления. Двигатель начинает работать по естественным механическим характеристикам. На этом разгон заканчивается, а для остановки двигателя нажимается кнопка стоп С. Данная схема управления имеет следующие недостатки:

1) на работу схемы влияет напряжение сети. Если оно повышено, то пуск осуществляется с повышенными токами. Если пониженное напряжение, то есть вероятность, что может не сработать второе релейное устройство 2РУ;

2) на работу схемы влияет величина нагрузки;

3) на работу схемы влияет температура окружающей среды. Исходя из этих недостатков, данный вид пуска применяется редко. Гораздо чаще этот вид применяют для торможения двигателя.

Схема управления динамическим торможением функции ЭДС показана на рис. 9.2.

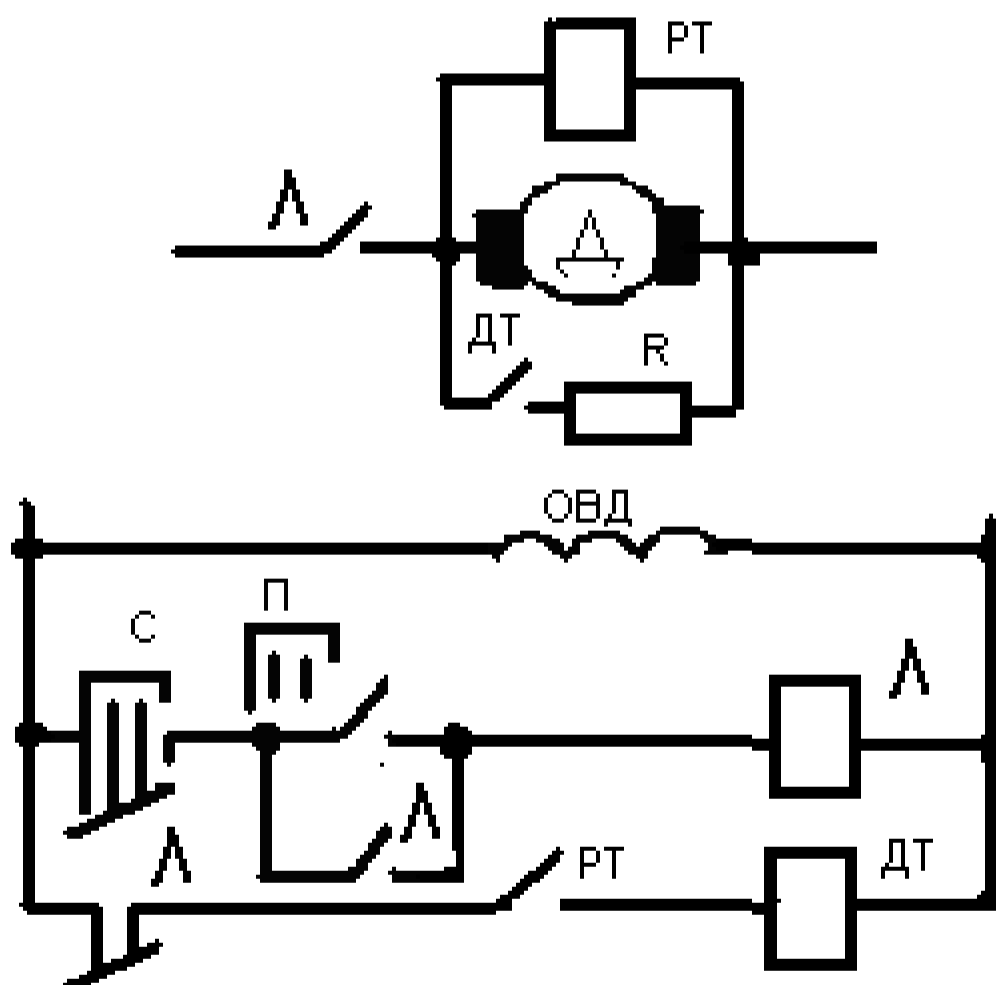


Рис. 9.2. Схема управление динамическим торможением функции ЭДС

При нажатии кнопки П срабатывает линейный контактор Л, который:

1) самоблокируется;

- 2) подключает двигатель к сети;
- 3) разрывает свой контакт в цепи ДТ.

Двигатель начинает разгоняться, ЭДС растёт, срабатывает РТ, которое замыкает свой контакт в цепи ОТ, тем самым подготавливая его к включению, на этом пуск заканчивается. Для остановки двигателя нужно нажать кнопку стоп С, при этом отключится контактор Л, который отключает двигатель от сети и включает ОТ. ДТ замыкает якорь двигателя сопротивлением R, идет динамическое торможение. При скорости, близкой к нулю, ЭДС становится маленькой и РТ отключается, отключается и ДТ. На этом торможение заканчивается.

10. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНЫМИ МАШИНАМИ

10.1. Схема управления горизонтально-ковочными машинами с контролем нагрева заготовки посредством реле тока

Схема управления горизонтально-ковочными машинами с контролем нагрева заготовки посредством реле тока показана на рис. 10.1.

При работе ГКМ особое значение имеет температура нагрева заготовки. При подаче недогретой заготовки возможна недопустимая нагрузка машины, а также выпуск брака по размерам.

Для контроля используют изменения тока и скорости вращения двигателя при возрастании нагрузки, а также упругой деформации станины.

Управление в 1-м случае осуществляется посредством реле тока, во 2-м – тахогенератора, в 3-м – с помощью точных электроконтактных головок замыкают и размыкают свои контакты, когда упругая деформация станины достигает соответствующего значения.

Когда все сопротивления введены, то есть ПР – пусковой реостат – находится в пусковом положении, замыкается путевой переключатель ИПВ. При нажатии П -> К-> Двигатель ГКМ. После того когда пусковые сопротивления выведены, замыкается 2 ПВ подключается нижняя часть схемы, обеспечивающая отключение недогретой заготовки.

При обработке недогретой заготовки усилие деформации возрастает и возрастает ток двигателя. Сначала срабатывает 1МР, имеющий меньшую уставку. Включает реле 1ПР, которое самоблокируется и включается РВ1, ПР включает сигнальную лампу. При-

мерно через 10 с срабатывает РВ, отключает 1ПР и лампа гаснет. Если ток большой, то повторяется. При достижении предельно допустимой нагрузки реле 2МР включает контроллер 2К и он замыкает цепь ЭМ, управляет подачей сжатого воздуха и фрикционная муфта отключается, кроме того, 2К разрывает цепь 1К и двигатель останавливается.

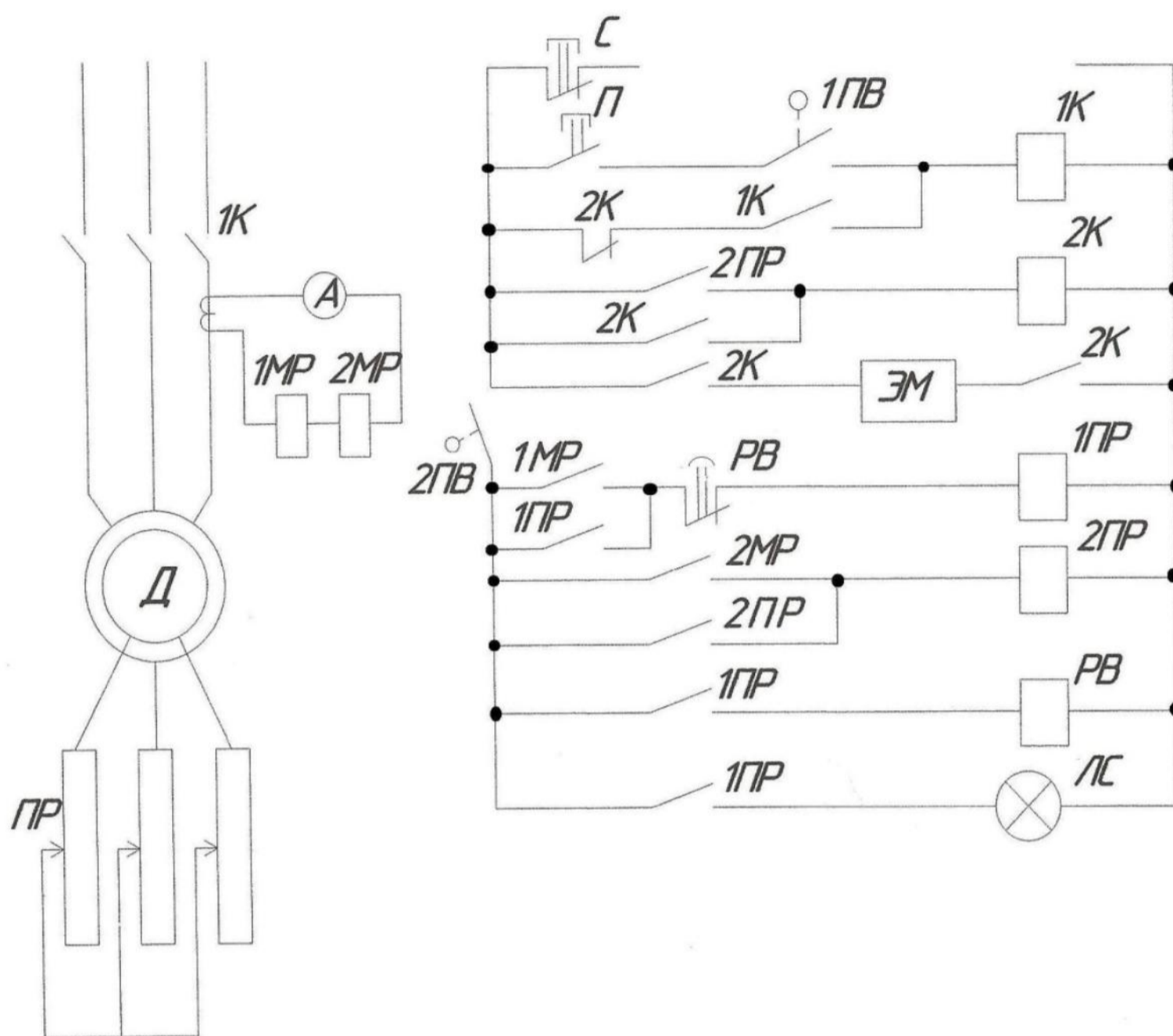


Рис. 10.1. Схема управления ГКМ с контролем нагрева заготовки посредством реле тока

10.2. Схемы индукционного и электронагрева по методу сопротивления пресс-форм гидравлических прессов

Схемы индукционного и электронагрева по методу сопротивления пресс-форм гидравлических прессов показаны на рис. 10.2, 10.3.

В целях предотвращения остывания металла в гидравлических прессах применяют электронагревательное устройство. Наиболее часто используют индукционный нагрев. Реже применяют нагрев по принципу печей сопротивления. Преимуществом ин-

дукционного нагрева является выделение тепла непосредственно в нагреваемом теле.

Пресс-контейнер этого пресса представляет цилиндрический стакан, в который поступает нагретый металл, выдавливаемый затем пресс-штемпелем в матрицу пресса. Чтобы металл не охлаждался в прессе длительного прессования, его подогревают в контейнере, используя индукционный нагрев.

Однофазная нагрузочная обмотка Н присоединяется на вторичной обмотке трансформатора 400 кВт с первичным 6000 В. Вторичный может быть 220, 180, 160, 140, 120 В.

Поддержание температуры нагреваемой обмотки на каком-то уровне может осуществляться вручную или автоматически с помощью электронного регулятора температуры (ЭРТ). Контроль температуры осуществляется с помощью хромель-никелевой термопары.

Управление температурой: влево – ручное управление; вправо – автоматическое.

Для автоматического управления при повышении температуры свыше допустимой замыкается ЭР-2, включается электромагнит ЭМО, отключающий масляный выключатель.

При понижении температуры контейнера замыкается ЭР-1, включается контактор КМВ, замыкает ЭМВ, включается масляный выключатель.

Схема нагрева по методу сопротивления пресс-формы гидравлического пресса ПР 4575 показана на рис. 10.2.

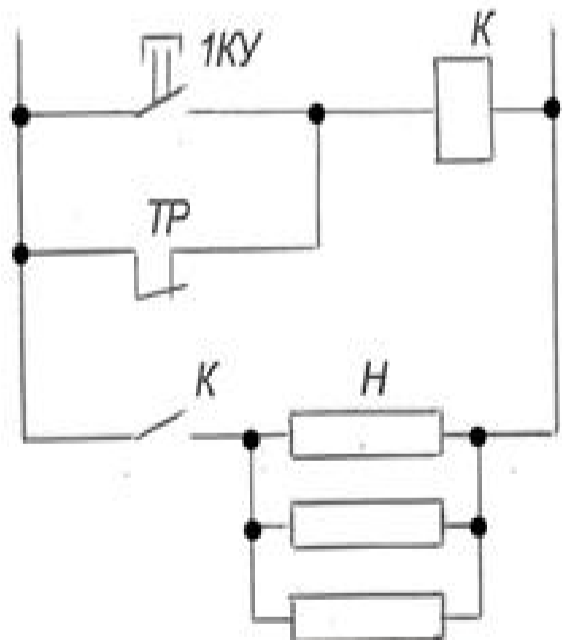


Рис. 10.2. Схема нагрева по методу сопротивления пресс-формы гидравлических прессов

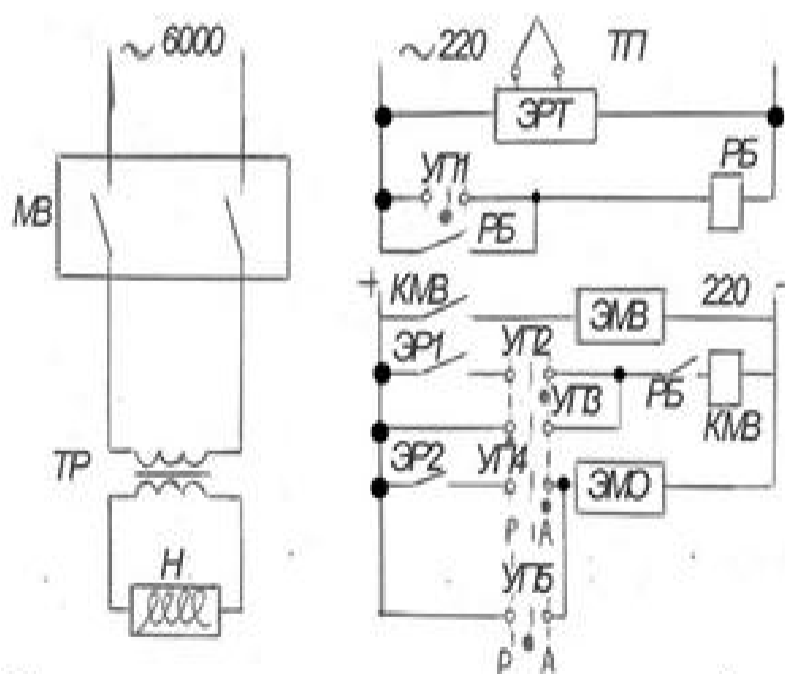


Рис. 10.3. Схема индукционного нагрева пресс-форм гидравлического пресса

Нагреватели Н включают параллельно, $U=127$ В. Включение происходит посредством контактора К, цепь которого включается терморегулятором ТР, когда температура повысится до определенной величины, которое ТР размыкает и нагреватели охлаждаются. При понижении температуры ТР снова замыкается. Кнопка 1КУ – проверка исправности.

10.3. Электрические механические некривошипные кузнечно-правильные машины. Схема управления реечным прессом (АД с фазным ротором)

При подаче напряжения включается контактор КТ, который замыкает тормозную ступень реостата (рис. 10.4).

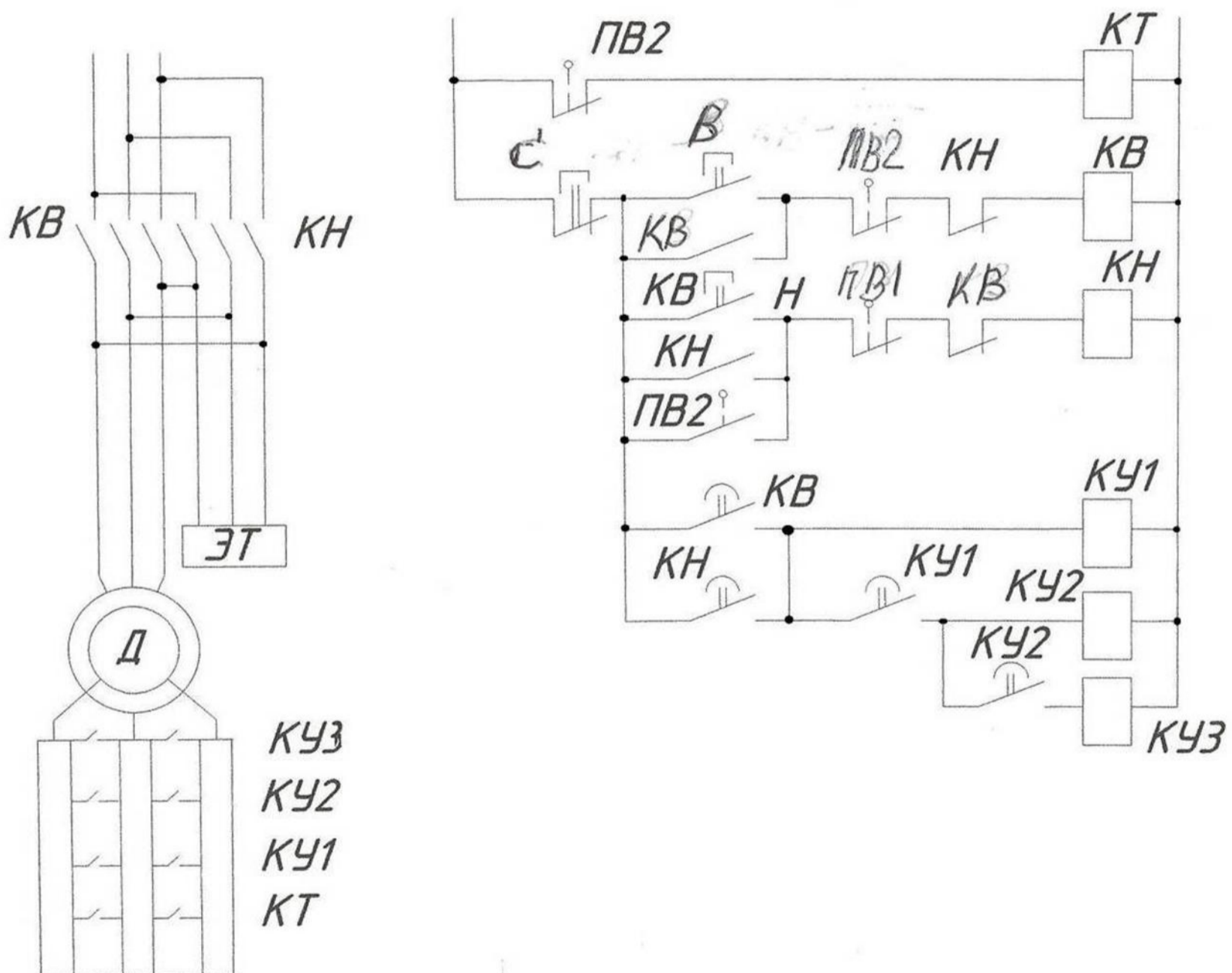


Рис. 10.4. Схема управления реечным прессом

При нажатии кнопки В срабатывает КВ (включается двигатель и ЭТ), КВ самоблокируется. Двигатель посредством зубчатой рейки начинает перемещать двигатель вниз. К катушке КВ при-

строено маятниковое реле времени. По истечении времени уставки контакт КВ включает КУ1, замыкающий накоротко первую секцию реостата. После этого через определенный промежуток времени контакт реле времени КУ1 замыкается. Включается КУ2, выводится 2-я секция, через определенное время замыкается КУ2 - включается КУ3, выводится последняя ступень, двигатель выходит на естественную механическую характеристику.

В конце хода вниз нажимается ПВ2, отключается КВ->двигатель, КВ отключает контакты ускорения КУ1-КУ3, вводятся все три ступени, а вторым контактом ПВ2 отключается КТ и вводится тормозная ступень 3 контактным ПВ2, включается КН и возникает торможение противовключения-3 пуск + тормозная ступень.

Через некоторое время замыкается контакт КН реле времени, встроенного в контакт КН, и начинается постепенное отключение секции, как это было описано выше.

В крайнем верхнем положении отключается ПВ1, отключается двигатель от сети и электромагнитный тормоз.

С – аварийная остановка ползуна.

10.4. Электрооборудование гидравлических прессов

Основной формой автоматизации гидравлических прессов является электроуправление в функции пути.

Для обеспечения выдержки времени изделия под давлением, что необходимо, например, при прессовании пластмасс, широко используется реле времени.

Электрооборудование обычно обеспечивает все управление прессом. На гидросистему возлагают лишь исполнительные силовые функции.

Для управления гидравлическими прессами широко применяют золотники перемещением одним или двумя электромагнитами.

При одном электромагните золотник возвращается в исходное положение под воздействием сжатой пружины. Таким образом, он имеет два положения.

При двух электромагнитах золотник снабжается двумя пружинами: при отключении они устанавливают золотник в среднем положении, таким образом, заготовка имеет три положения.

Широко используют также перемещение золотников посредством кулачков и рукояток.

Рассмотрим принцип электросхемы гидравлического пресса усилием 250 т (рис. 10.5).

Пресс обслуживает 2 АД с короткозамкнутым ротором 20 кВт для привода насоса, другой 1,7 кВт для перемещения передвижного стола.

При нажатии кнопки П включается привод насоса, для осуществления рабочего хода поворачивают рукоятку, которая нажимает на ВК1. Включается реле РП, которое включает электромагниты 1 ЭМ и 2 ЭМ.

Эти электромагниты перемещают золотник, и ползун начинает перемещаться вниз.

После окончания работы поворачивают рукоятку, ВК1 размыкается, РП отключает электромагниты и начинается подъем ползуна.

Контроллеры К1 и К2 для управления двигателем стола показаны на рис. 10.6.

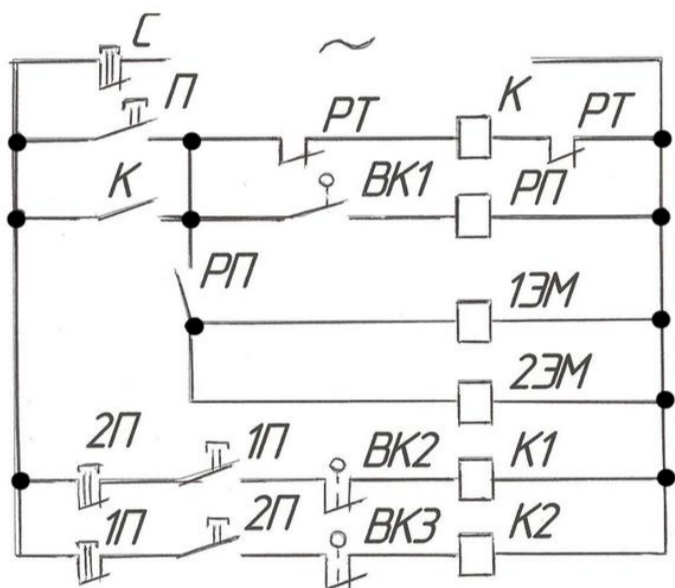


Рис. 10.5. Схема управления гидравлическим прессом усилием 2500 кН

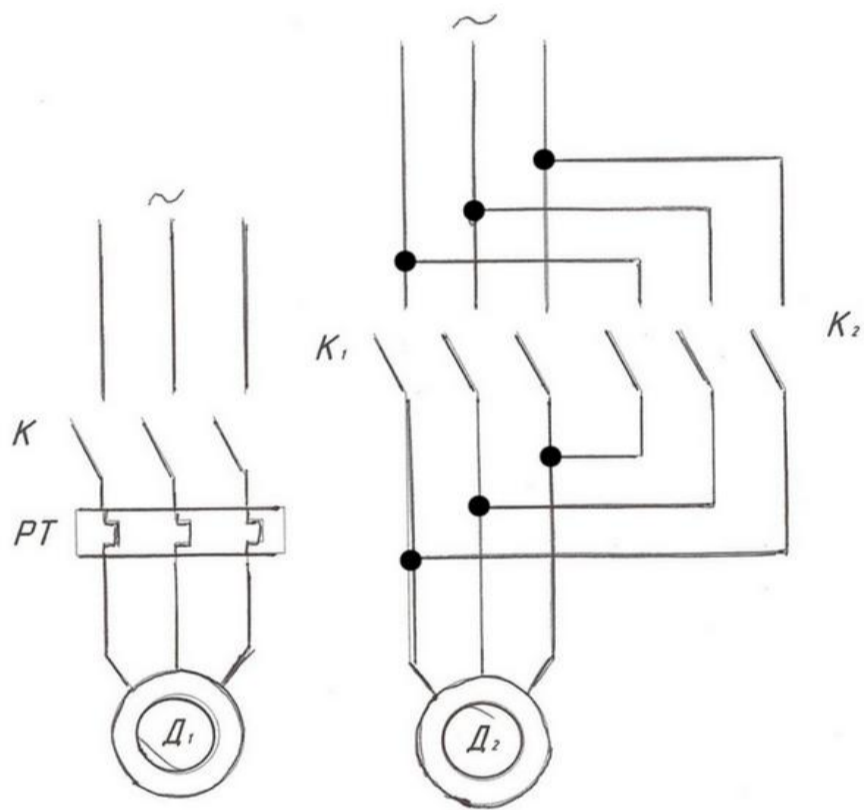


Рис. 10.6. Контроллеры К1 и К2 для управления двигателем стола

Перемещение стола ограничивается путевыми выключателями ВК2 и ВК3.

10.5. Намоточные аппараты с электромагнитными муфтами

Когда допуски по изменению натяжения проволоки при намотке весьма жестки, применяют схемы с плавным регулированием скорости двигателя намоточного аппарата, то есть схемы, поддерживающие натяжение проволоки в процессе намотки в определенных, наперед заданных пределах. Это схемы с двигате-

лем постоянного тока и электромагнитными муфтами. Благодаря определенным преимуществам наибольшее распространение получили схемы с применением асинхронных муфт скольжения.

Асинхронные муфты скольжения состоят из двух полумуфт, одна из которых устанавливается на валу двигателя, а другая на валу производственного механизма. Муфта скольжения выполняется таким образом, что на одной из полумуфт располагаются полосы с обмоткой постоянного тока, по которой протекает ток возбуждения. Другая полумуфта представляет собой по существу один из вариантов ротора асинхронной машины. Она может быть выполнена в виде сплошного диска, ротора типа беличьей клетки, ротора с глубокими пазами и как обычный ротор с контактными кольцами.

Возможен и обратный вариант исполнения, когда полумуфта с полюсами постоянного тока будет находиться внутри полумуфты с обмоткой переменного тока.

Работа асинхронной муфты скольжения в какой-то мере аналогична работе асинхронного двигателя, с той только разницей, что в асинхронном двигателе вращающееся магнитное поле создается трехфазным током, а в муфте – вращающейся магнитной системой, возбужденным постоянным током.

Нарисуем естественные характеристики асинхронной муфты скольжения и характеристику намоточного аппарата.

При сопоставлении характеристик асинхронной муфты скольжения и намоточного аппарата нетрудно определить, что характер их изменения одинаков и что естественная характеристика асинхронной муфты скольжения весьма близка к характеристике намоточного аппарата. Поэтому на практике в большинстве случаев она применяется как передаточный орган от двигателя к намоточной катушке без дополнительных регулирующих устройств и только в намоточных аппаратах с весьма высокими требованиями по изменению натяжения проволок (для проволоки 0,1-0,4 мм) применяются специальные схемы управления.

Рассмотрим схему управления намоточным аппаратом с асинхронной муфтой скольжения, работающей на естественной характеристике (рис. 10.7).

Защита двигателя намоточного аппарата, тормозного электромагнита и муфты скольжения осуществляется предохранителями ПР1-ПР4 и тепловым реле 1РТ1-2РТ2.

Постоянный ток на возбужденную муфту скольжения (обычно $U = 12$ и 24 В) подается от сети через трансформатор и выпрямитель В. Первоначальная установка величины натяжения осуществляется регулятором с изменением тока возбуждения.

Пуск осуществляется нажатием кнопки пуск КП. При этом срабатывают контакторы Л и Т. Контактор Л своими главными контактами подключает двигатель к сети, а замыкающими блок-контактами шунтирует кнопку КП и подготавливает цепь включения контактора В. Контактор Т включает электромагнитные тормоза, контактор В, реле времени РВ и блокировочное реле 2РБ. Контактор В включает цепь питания постоянным током муфты скольжения и одновременно через контакт блокировочного реле 2РБ муфта скольжения включается на форсированный режим шунтированием С. Через определенную выдержку времени, необходимую для создания требуемого натяжения, реле РВ включает блокировочное реле 1РБ. Реле 1РБ самоблокируется и отключает реле 1РВ и 2РБ, и муфта скольжения входит в нормальный режим. Выключение двигателя из режима динамического торможения осуществляется нажатием кнопки КС.

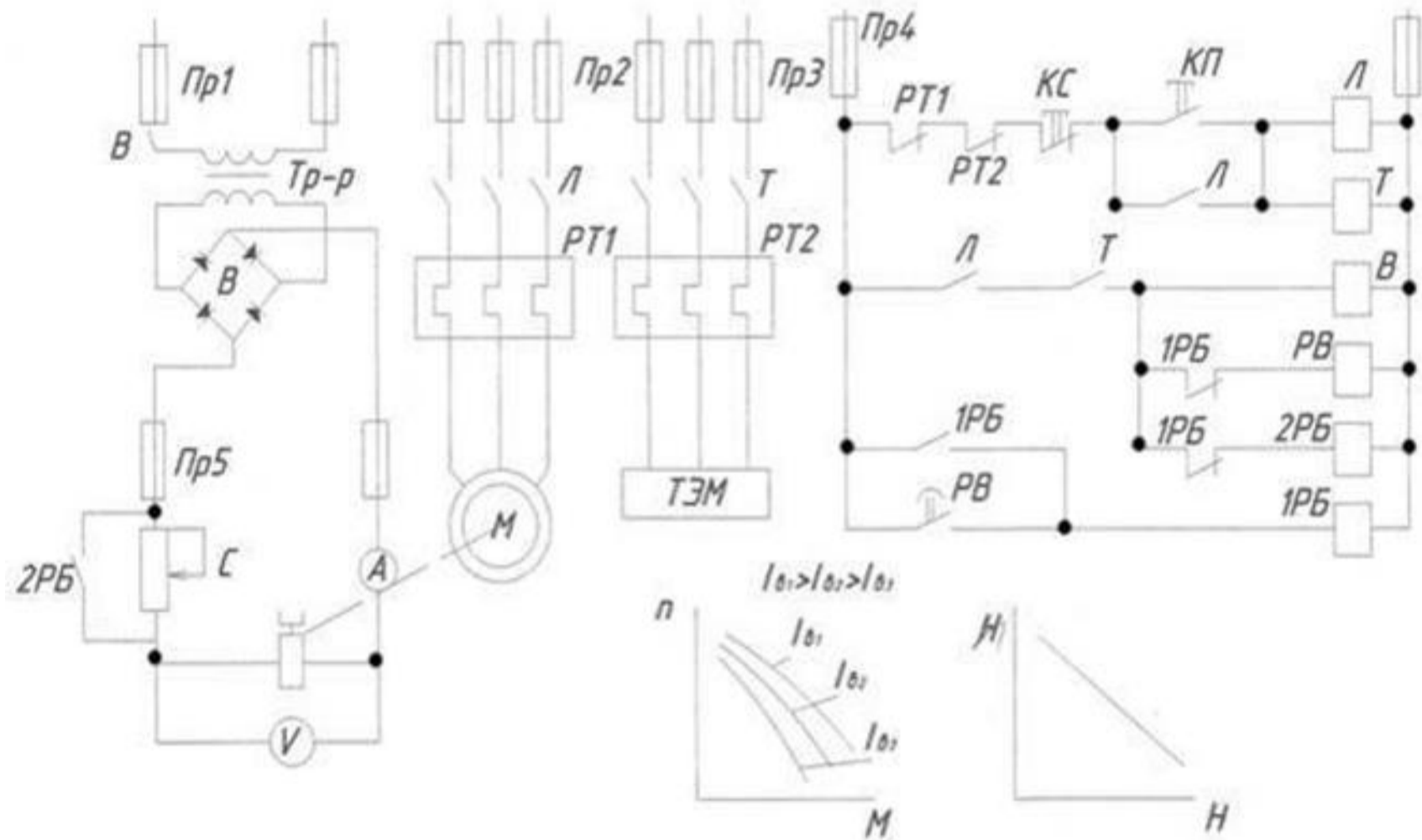


Рис. 10.7. Схема управления электроприводом намоточного аппарата с асинхронной муфтой скольжения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фотиев М.М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов: учеб. пособие. М.: Металлургия, 1990 .
2. Рузанов В.В., Беляев А.И. Электрооборудование и системы управления кузнечно-штамповочных машин: учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ | 5 |
| 1.1. Основные условные графические изображения | 6 |
| 1.2. Схема командоконтроллера | 8 |
| 2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА | 9 |
| 2.1. Механические характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением | 12 |
| 2.1.1. Пуск двигателя | 14 |
| 2.1.2. Тормозные режимы | 15 |
| 2.2. Механические характеристики асинхронного двигателя | 20 |
| 2.2.1. Пуск двигателя | 21 |
| 2.2.2. Тормозные режимы | 22 |
| 2.2.3. Регулирование скорости | 23 |
| 3. ВЫБОР МОЩНОСТИ ПРИБОРА КШМ | 24 |
| 3.1. Нагревание электрического двигателя при нагрузке | 24 |
| 3.2. Определение мощности электрического двигателя при постоянной и переменной продолжительных нагрузках | 25 |
| 3.3. Определение мощности двигателя при повторно-кратковременном режиме | 27 |
| 3.4. Определение мощности двигателя при кратковременном режиме работы | 28 |
| 3.5. Выбор мощности двигателя при работе с маховиком | 28 |
| 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА | 30 |
| 4.1. Реле | 30 |
| 4.2. Контактторы | 31 |
| 4.3. Контроллеры и команда контроллеров | 31 |
| 4.4. Магнитные пускатели | 32 |
| 4.5. Электромагниты | 32 |
| 4.6. Аппаратура защиты | 33 |
| 5. БЕСКОНТАКТНОЕ ЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КШМ | 35 |
| 6. ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ КШМ | 36 |
| 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ КШМ | 37 |
| 8. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИЕЙ ВРЕМЕНИ | 40 |
| 9. ПУСК ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА | 42 |
| 10. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНЫМИ МАШИНАМИ | 44 |

| | |
|--|----|
| 10.1. Схема управления горизонтально-ковочными машинами с контролем нагрева заготовки посредством реле тока..... | 44 |
| 10.2. Схемы индукционного и электронагрева по методу сопротивления пресс-форм гидравлических прессов..... | 45 |
| 10.3. Электрические механические некривошипные кузнечно-правильные машины. Схема управления реечным прессом (AD с фазным ротором)..... | 47 |
| 10.4. Электрооборудование гидравлических прессов | 48 |
| 10.5. Намоточные аппараты с электромагнитными муфтами ... | 49 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 52 |

Учебное издание

Владимир Васильевич РУЗАНОВ
Александр Андреевич КАЛЬЧЕНКО

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МАШИН
КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Редактор Н.П. Боярова
Оператор компьютерной верстки Е.А. Назарова

Подписано в печать 19.06.2015. Рег. №11-15. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 3,5. Тираж 50 экз. Заказ 453.



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГТУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГТУ»