

## 17-18 Устройство и принцип действия электромагнитных аппаратов



При протекании тока по катушке образуется магнитное поле, которое намагничивает сердечник превращая его в магнит. Если сердечник подвижен и выдвинут из катушки он втягивается в неё.

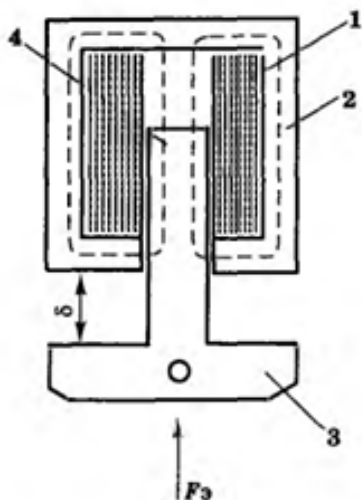


Рис. 3.9. Втягивающий электромагнит

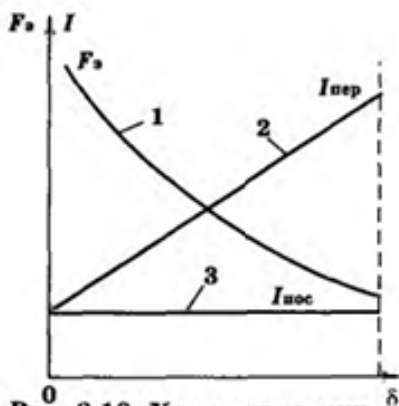


Рис. 3.10. Характеристики электромагнита

Электромагниты предназначены для преобразования магнитной энергии в механическую. Они используются для управления различными устройствами и механизмами как элемент привода аппаратов магнитных пускателей, контакторов, реле, как устройство, создающее силы при торможении движущихся механизмов, для удержания деталей на шлифовальных станках, при подъеме (погрузке-разгрузке металлолома).

Принцип действия втягивающих электромагнитов (рис. 3.9) заключается в следующем. Постоянный или переменный ток, проходя по катушке 1, создает магнитный поток, который замыкается через сердечник 2 и якорь 3. Под воздействием магнитного поля сердечника на якорь последний втягивается в катушку и усилие  $F_3$ , с которым он будет втягиваться, увеличивается с уменьшением зазора  $\delta$  между якорем и сердечником. При  $\delta=0$  усилие  $F_3$  достигает максимального значения. Ток в обмотке электромагнитов по-

стоянного тока остается неизменным, так как он зависит только от активного сопротивления обмотки и напряжения питающей сети, которое не зависит от величины воздушного зазора — характеристика 3 (рис. 3.10).

В электромагнитах переменного тока сила тока с уменьшением зазора  $\delta$  снижается, что видно по характеристике (рис. 3.10). Это объясняется тем, что при наименьшем зазоре индуктивность обмотки, зависящая от величины зазора, будет максимальной. Ток, который определяется активным и индуктивным сопротивлениями, будет минимальным.

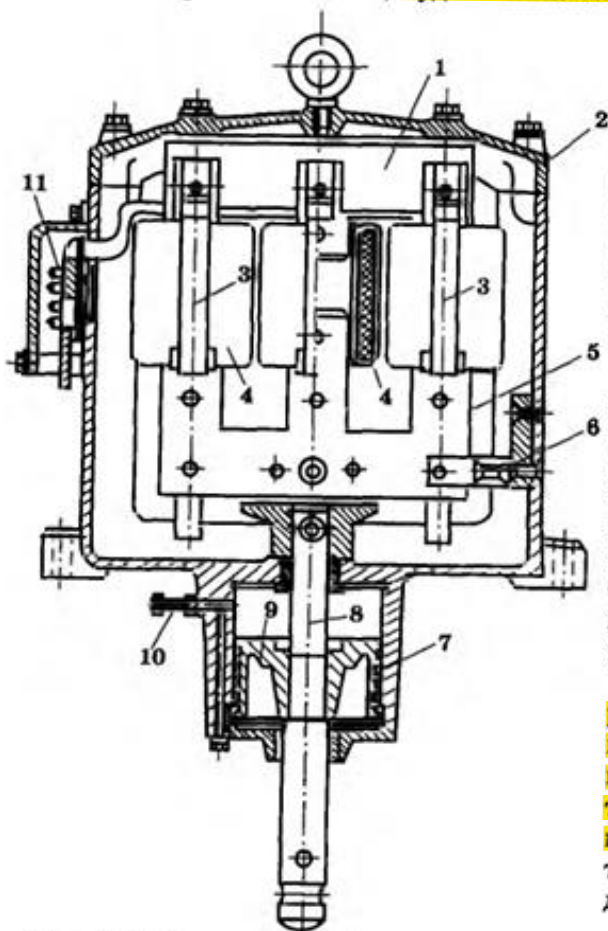


Рис. 3.11. Длинноходовой тягивающий электромагнит типа КМТ

15...250 Н с максимальной длиной хода якоря до 50 мм. В зависимости от тягового усилия масса электромагнитов равняется 1...15 кг.

Важнейшей характеристикой электромагнита является механическая (тяговая) характеристика (рис. 3.10), которая представляет собой зависимость усилия, развиваемого электромагнитом  $F_z$ , от величины воздушного зазора  $\delta$ .

Вид механической характеристики определяется главным образом конструкцией электромагнита; характером изменения зазора  $\delta$ ; жесткостью противодействующей пружины; геометрией магнитной системы.

Электромагниты переменного тока выпускают открытыми и закрытыми, они бывают тянущего и толкающего типа, однофазного и трехфазного тока для длительного и повторно-кратковременного режима работы. Тяговое усилие составляет

На рис. 3.11 показана конструкция длинноходового втягивающего электромагнита трехфазного тока типа КМТ. Магнитная система его сходна с системой сердечника трехфазного трансформатора. В корпусе 2 находится магнитопровод, который состоит из неподвижного ярма 1, закрепленного в верхней части корпуса, и якоря 5. Ярмо и якорь имеют три сердечника. На сердечниках ярма размещены катушки 4, закрепленные держателями 3. Катушки подключены к сети зажимами 11.

Когда ток проходит через катушки, сердечники якоря притягиваются к сердечникам ярма и перемещаются в направляющих 6. К нижнему концу якоря шарнирно прикреплен шток 8. Для смягчения ударов при включении и отключении электромагнита используется демпфирующее устройство, которое состоит из поршня 9, установленного на штоке 8, воздушного цилиндра 7 и регулировочного винта 10.

В момент включения электромагнита возникает ток, который в 10...20 раз больше тока, соответствующего притянутому сердечнику, поэтому допустимое количество включений за 1 ч ограничивается 150 при ПВ=25 %. Тяговое усилие этих электромагнитов зависит от их типа и составляет 350...1400 Н, а максимальный ход якоря равняется 30...80 мм.

Электромагниты постоянного тока изготавливают с катушками последовательного и параллельного включения. Электромагниты серии МП выпускают в расчете на напряжение 110 и 220 В с ходом якоря до 40 мм и тяговым усилием 250...2500 Н при работе в повторно-кратковременном режиме с ПВ=25 %. Эти электромагниты имеют круто возрастающую характеристику тягового усилия.

Электромагниты серии КМП являются длинноходовыми (ход якоря составляет от 40 до 120 мм), тяговое усилие равняется 115...1000 Н при ПВ=25 %. В отличие от электромагнитов серии МП они имеют жесткую характеристику тягового усилия и работают в вертикальном положении.

Электромагниты серии ВМ отличаются от электромагнитов КМП тем, что они защищены от попадания в них влаги.

Для прямолинейного перемещения элементов управления станков и других механизмов производятся специальные электромагниты переменного тока серий МИС и МИС-Е защищенного и открытого исполнения с тяговым усилием 10...300 Н, массой 0,6...12 кг и ходом якоря 5...40 мм.

Для управления гидро- и пневмоаппаратами используют электромагниты серии МТ (маслонаполненные) с тяговым усилием 10...40 Н, массой 0,9...2,45 кг, длиной хода якоря 1...15 мм. Допустимое количество циклов — 600...2400 в час; номинальное тяговое усилие составляет 4, 6, 10, 16, 25, 40, 63, 100 и 160 Н; степень защиты IP00, IP20, IP65; напряжение питания 24, 110, 380 В.

Длинноходовые электромагнитные серии ЭД однофазного переменного тока напряжением до 380 В тянущего и толкающего исполнений имеют номинальное усилие 4...160 Н; ПВ — 15, 40, 100 %; допустимое количество циклов — 150, 600, 1200, 2400 в час; максимальный ход якоря — 10, 15, 25, 30 мм, степень защиты — IP00, IP65.

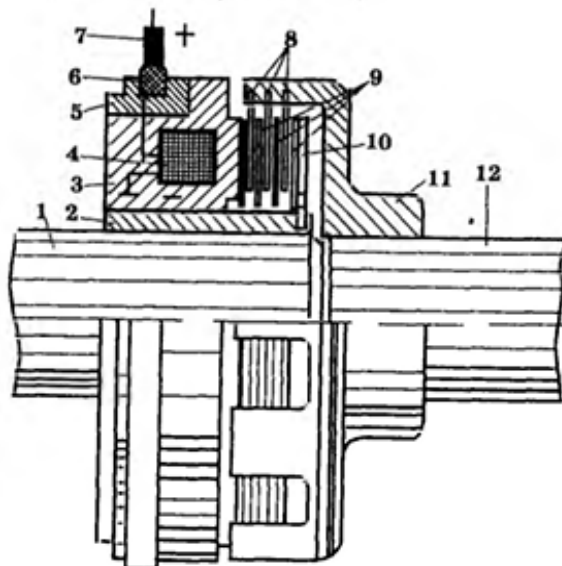


Рис. 3.12. Электромагнитная муфта типа ЭТМ

электромагнитная муфта нормального исполнения (рис. 3.12) состоит из корпуса 3, внутри которого находится катушка 4, пакет фрикционных дисков 8 и 9, нажимного диска 10, поводка 11. Эти части муфты объединены втулкой 2, изготовленной из немагнитного материала. На корпусе 3 закреплено кольцо из изоляционного материала 5, в которое запрессовано контактное кольцо 6, соединенное с одним концом катушки. Второй конец катушки присоединен к корпусу станка. Ток к кольцу подводится через контактную щетку 7.

При подаче напряжения на катушку возникает магнитное поле, которое, замыкаясь через фрикционные диски, создает усилие, притягивающее нажимной диск 10 к корпусу 3. Фрикционные диски 8, 9 при этом сцепляются. Два вала соединяются между собой за счет того, что диски 8 связаны с входным валом 1 через втулку 2, а диски 9 — с выходным валом 12 через поводку 11. После отключения катушки нажимной диск под действием пружинящих фрикционов отталкивается и валы расцепляются.

В отличие от муфт нормального исполнения у быстродействующих муфт фрикционные диски находятся за пределами маг-

Электромагнитные муфты используются в станкостроении для переключения кинематических цепей в передачах вращательного движения, например в коробках скоростей и передач, а также для пуска, реверсирования и торможения приводов станков. Широкое распространение получили электромагнитные многодисковые муфты типа ЭТМ, которые подразделяются на муфты нормального исполнения и быстродействующая

нитной системы. Якорь расположен перед фрикционными дисками, и весь магнитный поток замыкается через него. Материал магнитопровода имеет малые потери на размагничивание, а катушка муфты допускает форсировку возбуждения. Фрикционные диски быстродействующих муфт имеют покрытия из металлокерамики, которая вместе со сталью дает высокий коэффициент трения. Все это позволяет уменьшить время срабатывания муфты.

Муфты типа ЭТМ могут быть контактного (рис. 3.13, а) и бесконтактного (рис. 3.13, б) исполнения.

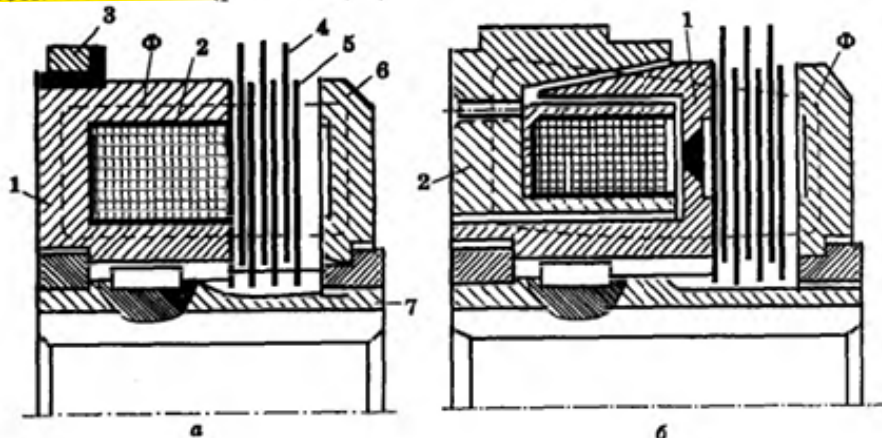


Рис. 3.13. Электромагнитная муфта:

а — контактного исполнения; б — бесконтактного исполнения

Муфты с контактным токопроводом отличаются невысокой надежностью из-за наличия скользящего контакта, поэтому в наиболее ответственных приводах используют муфты с неподвижным токопроводом. Они имеют дополнительные воздушные зазоры.

Муфта контактного исполнения состоит из корпуса 1 с катушкой 2 и токопроводящим кольцом 3, пакета фрикционных магнитопроводящих дисков 4, 5, работающих со смазкой, якоря 6 и общей втулки 7. Внутренние диски 4 расположены на эвольвентных втулках 7, наружные диски 5 имеют пары для зацепления с поводком. При подаче напряжения на катушку 2 рабочий поток замыкается по контуру Ф. Якорь и пакет дисков притягиваются к полюсам корпуса 1, и между сжатыми дисками устанавливается фрикционное сцепление. Момент передается по цепи: втулка — внутренние диски — наружные диски — поводок. Расцепление фрикционного пакета при отключении муфты обеспечивается упругими наружными дисками. Ток подводится с помощью щеткодержателя.

Муфты бесконтактного исполнения отличаются наличием составного магнитопровода, образуемого корпусом 1 и катушкодержателем 2, которые разделены так называемыми балластными зазорами. Катушкодержатель смонтирован неподвижно, при этом исключаются элементы контактного токопровода. За счет зазора снижается теплопередача от фрикционных дисков к катушке, что повышает надежность муфты в тяжелых режимах работы.

Кроме электромагнитных сцепных муфт используются электромагнитные муфты скольжения и порошковые муфты.

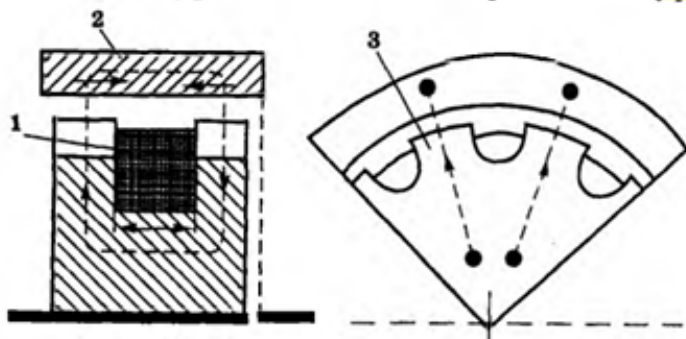


Рис. 3.14. Электромагнитная муфта скольжения

Электромагнитная муфта скольжения (рис. 3.14) состоит из якоря 2 и индуктора 3 с катушкой возбуждения 1. При вращении индуктора и подаче напряжения на катушку возникает магнитный поток, замыкающийся через зубья в радиальном направлении и якорь. Этот поток индуктирует в якоре вихревые токи. При взаимодействии магнитного потока и индуктированных вихревых токов в якоре возникает вращающий момент. Якорь начинает вращаться, но частота его вращения будет меньше частоты электродвигателей, ротор отстает от магнитного поля статора. Изменяя ток возбуждения катушки индуктора, можно изменять частоту вращения якоря, т.е. ведомого вала.

Электромагнитные муфты скольжения имеют ряд недостатков: низкий коэффициент полезного действия при малых скоростях, малый передаваемый момент, низкая надежность при резком изменении нагрузки и значительная инертность.

У электромагнитных порошковых муфт соединение между ведущей и ведомой частями осуществляется за счет повышения вязкости смесей, заполняющих зазор между поверхностями сцепления муфт при увеличении магнитного потока в этом зазоре. Главным компонентом таких смесей являются ферромагнитные порошки, например карбонильное железо. Для устранения механического разрушения частиц железа из-за сил трения или их слипания добавляют специальные наполнители. Они могут быть

жидкими (синтетические жидкости, индустриальные масла) или сыпучими (оксиды цинка или магния, кварцевый порошок). Такие муфты обладают высокой скоростью срабатывания, однако эксплуатационная надежность их является недостаточной для широкого применения в станкостроении.

**Электромагнитные тормозные устройства.** Тормозные устройства предназначены для фиксации положения механизма при отключенном электродвигателе, например для сокращения выбега при остановке механизма передвижения или удержания груза в поднятом состоянии на грузоподъемных кранах и подъемниках. Для этих целей используются колодочные, дисковые и ленточные тормозные устройства, которые затормаживают механизм при отключении приводного электродвигателя. При включении электродвигателя вал механизма растормаживается тормозными электромагнитами, электрогидравлическими толкателями или специальными двигателями.

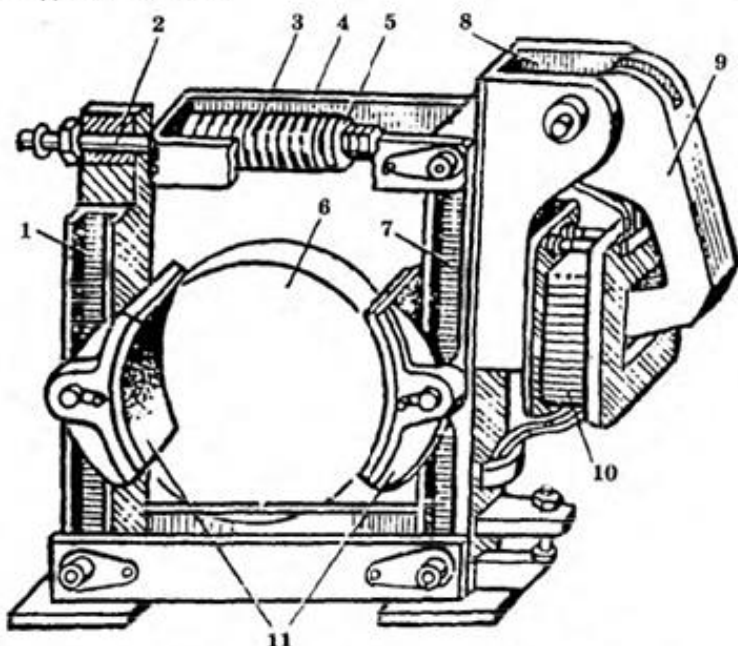


Рис. 3.15. Электромагнитный тормоз

Схема устройства электромагнитного тормоза показана на рис. 3.15. Тормозной шкив 6, укрепленный на валу электродвигателя, охватывает тормозные колодки 11, которые находятся на рычагах 1, 7. На рычаге 7 жестко закреплен магнитопровод 8 электромагнита. При отключенной катушке 10 электромагнита разжимающая пружина 3, которая расположена на стержне 2,

одним концом оказывает давление на упорную шайбу 5 стержня, а другим — на скобу 4, шарнирно соединенную с рычагом 7. Верхние концы рычагов 1, 7 стягиваются, а тормозные колодки сжимают шкив. При включении двигателя получает питание и катушка электромагнита. Его якорь 9 поворачивается и сдвигает стержень 2. Пружина 3 сжимается, вследствие чего рычаги 1, 7 разводятся, а следовательно, и тормозные колодки 11 и освобождают шкив 6.

**Тормозные электромагниты отличаются рабочим напряжением, относительной продолжительностью включения (ПВ) катушки, ходом подвижной части — якоря, тяговым усилием (или моментом), допустимым включением в час.**

В зависимости от хода якоря **тормозные электромагниты** разделяются на **длинноходовые**, имеющие ход якоря до нескольких десятков миллиметров и развивающие относительно малое тяговое усилие, и **короткоходовые**, которые развивают сравнительно большое тяговое усилие при малом ходе якоря (доли или единицы миллиметра).

**Электрогидротолкатели.** Недостатками тормозных электромагнитов являются резкое включение, вызывающее удар якоря о магнитопровод, большие броски тока включения у электромагнитов переменного тока, возможность перекоса рычагов. **Электрогидротолкатели** лишены этих недостатков, поэтому они **получили широкое распространение в тормозных устройствах кранов.** Они отличаются высокой надежностью в процессе эксплуатации, позволяют регулировать быстродействие и плавность торможения, могут создавать значительные тормозные моменты, **ими легко управлять.**

Электрогидравлический толкатель типа ТГ (рис. 3.16) состоит из корпуса 1, внутри которого в нижней части находится лопастный масляный гидронасос. Он приводится в действие асинхронным электродвигателем 7 с короткозамкнутым ротором. В верхней внутренней части корпуса 1 расположен поршень со штоком 6. При включении электродвигателя насос перекачивает масло из нижней полости корпуса 1 под поршень. Поршень движется вверх, и его шток поворачивает рычаг 5, который, преодолев усилие пружины 2, через систему тяг разводит рычаги 3 и 4 с тормозными колодками. При отключении электродвигателя насос останавливается, поршень со штоком опускается вниз, и пружина 2 вновь зажимает тормозные колодки.

Для привода тормозов используются электрогидравлические толкатели типа ТГ-50, ТГ-80, ТГ-160 с рабочим усилием 500, 800, 1600 Н, а также толкатели ТЭГ-16, ТЭГ-25, ТГМ-50 и ТГМ-80 с рабочим усилием 160, 250, 500 и 800 Н. Количество включений равняется 700...2000. **Время срабатывания электрогидротолкателей составляет 0,6—1,5 с.**



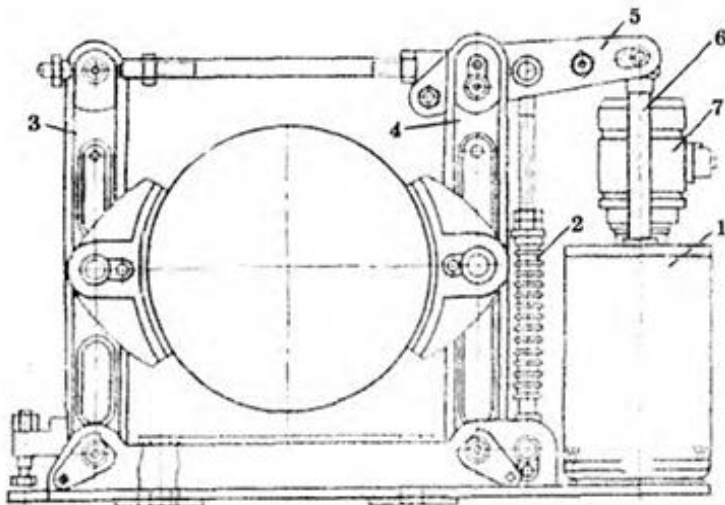


Рис. 3.16. Электрогидравлический толкатель типа ТГ

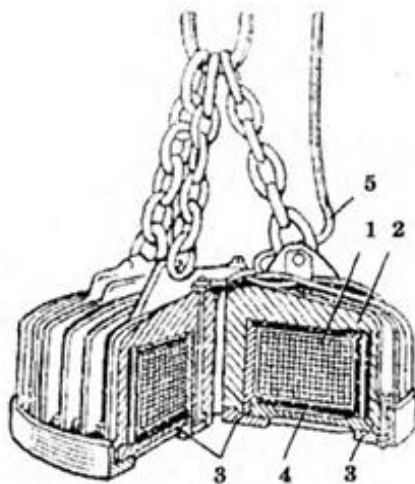


Рис. 3.17. Грузоподъемный электромагнит типа М-42

Электромагнит подвешивают к крюку грузоподъемного механизма цепями, им управляют из кабины крана.

**Грузоподъемные электромагниты.** Использование грузоподъемных электромагнитов позволяет облегчить и сократить погрузку-разгрузку ферромагнитных материалов при транспортировке. Электромагнит типа М-42 (рис. 3.17) имеет стальной корпус 2, внутри которого находится катушка 1, залитая компаундной массой. К корпусу болтами крепятся полюсные башмаки 3. Снизу катушка защищена кольцами 4 из немагнитного материала. Ток подводится с помощью гибкого кабеля 5, который в процессе работы автоматически наматывается на кабельный барабан при подъеме и сматывается при спуске.