

31-32 Лабораторная работа №2 Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

Цель работы

Изучить конструкцию двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, схему подключения, рабочие характеристики и способы регулирования частоты вращения

Краткие сведения из теории

29.2. Двигатели постоянного тока независимого и параллельного возбуждения

Если напряжение возбуждения U_v отличается от напряжения U , подведенного к цепи якоря, то применяют *независимое* возбуждение. В этом случае обмотка возбуждения ОВ не имеет электрической связи

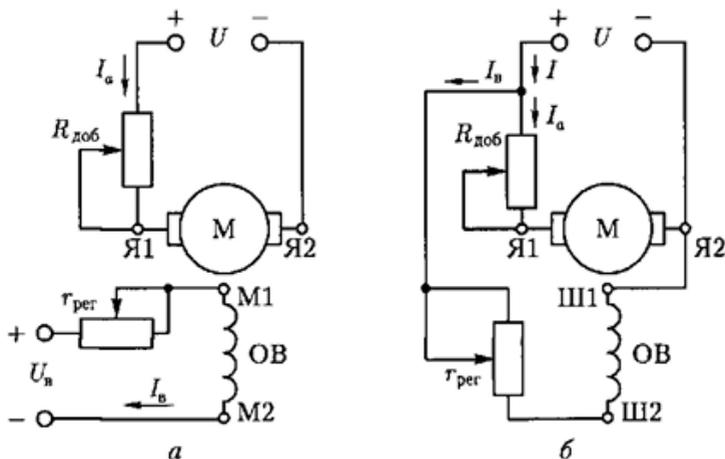


Рис. 29.2. Принципиальные схемы включения двигателей постоянного тока независимого (а) и параллельного (б) возбуждения

с обмоткой якоря (рис. 29.2, а). Если же эти напряжения равны, то применяют *параллельное* возбуждение, т. е. обмотку возбуждения ОВ подключают параллельно обмотке якоря (рис. 29.2, б). Применение в двигателе независимого или параллельного возбуждения определяется схемой электропривода. Свойства двигателей постоянного тока при независимом или параллельном возбуждении одинаковы. Эксплуатационные свойства двигателей постоянного тока определяются их рабочими и механическими характеристиками.

Рабочие характеристики. Представляют собой зависимость частоты вращения n , тока I_a в обмотке якоря, полезного момента M_2 от полезной мощности двигателя P_2 при неизменных значениях напряжения питания U и тока в обмотке возбуждения I_b (рис. 29.3).

Характеристика $n = f(P_2)$ имеет вид кривой, наклоненной к оси абсцисс. Такая форма характеристики объясняется тем, что с ростом нагрузки двигателя P_2 увеличивается ток якоря I_a , следовательно, возрастает падение напряжения в цепи якоря $I_a \sum r$. В итоге уменьшается числитель (29.5), что ведет к снижению частоты вращения. Одновременно с ростом нагрузки усиливается реакция якоря (см. 26.2); это уменьшает основной магнитный поток Φ , что способствует увеличению частоты вращения. В двигателях малой мощности с небольшим магнитным насыщением размагничивающее влияние реакции якоря невелико и характеристика $n = f(P_2)$ имеет вид кривой, слабо наклоненной к оси абсцисс. В двигателях мощностью в несколько киловатт и более реакция якоря проявляется значительно, и с ростом нагрузки в определенном диапазоне частота вращения двигателя будет возрастать и двигатель начнет работать неустойчиво. Для преодоления этого недостатка двигатели снабжаются легкой (несколько витков) *стабилизирующей* обмоткой, включенной последовательно в цепь якоря, чтобы ее МДС $F_{ст}$ была направлена согласно с МДС обмотки возбуждения F_b . При увеличении нагрузки одновременно с усилением реакции якоря увеличивается МДС стабилизирующей обмотки $F_{ст}$, которая компенсирует размагничивающее действие реакции якоря.

Характеристика момента $M_2 = f(P_2)$ определяется выражением полезного момента (момента на валу) (Н·м):

$$M_2 = P_2 / \omega = 9,55 P_2 / n, \quad (29.6)$$

где n — частота вращения якоря, об/мин.

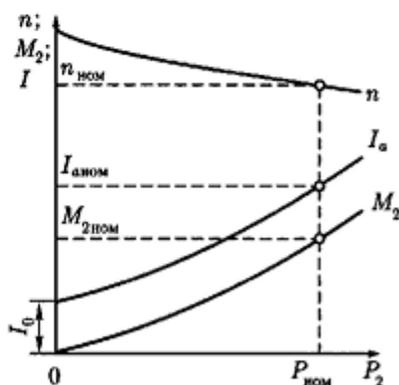


Рис. 29.3. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока независимого и параллельного возбуждения

Если $n = \text{const}$, то график $M_2 = f(P_2)$ представляет собой прямую линию, выходящую из начала осей координат. Однако с ростом нагрузки двигателя частота вращения уменьшается, что приводит к нелинейности рассматриваемой характеристики.

Характеристика тока якоря $I_a = f(P_2)$ не выходит из начала осей координат, так как в режиме холостого хода ($P_2 = 0$) двигатель потребляет из сети ток холостого хода I_0 и развивает момент холостого хода M_0 , обусловленный механическими и магнитными потерями в двигателе.

Механическая характеристика. Механическая характеристика двигателя представляет собой графически выраженную зависимость частоты вращения якоря n от электромагнитного момента M при неизменных напряжении питания ($U = \text{const}$) и сопротивлении реостата в цепи возбуждения ($r_{\text{пер}} = \text{const}$).

Подставив в (29.5) значение тока якоря $I_a = M/(c_M \Phi)$, получим

$$n = \frac{U}{c_e \Phi} - \frac{M \sum r}{c_e c_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n, \quad (29.7)$$

где

$$n_0 = \frac{U}{c_e \Phi}$$

— частота вращения двигателя при идеальном холостом ходе ($M = 0$, $I_a = 0$);

$$\Delta n = \frac{M \sum r}{c_e c_M \Phi^2}$$

— перепад частоты вращения якоря, вызванный действием статического нагрузочного момента рабочей машины M_c .

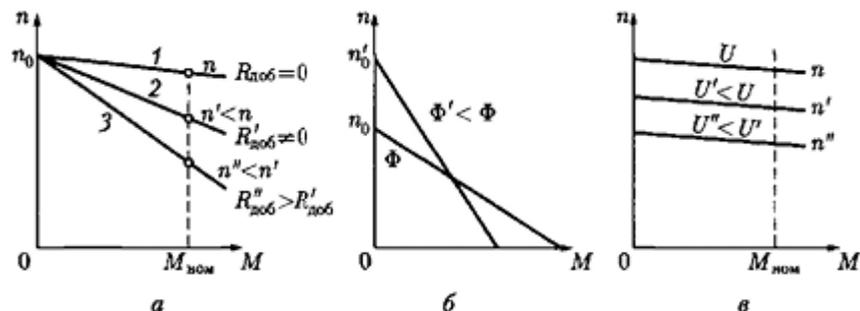


Рис. 29.4. Механические характеристики двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения

Если пренебречь размагничивающим действием реакции якоря и принять магнитный поток в двигателе неизменным, то механическая характеристика двигателя независимого (параллельного) возбуждения примет вид прямой, наклоненной к оси абсцисс (рис. 29.4, а, график 1). Эта характеристика называется *естественной*.

Естественная механическая характеристика двигателя независимого (параллельного) возбуждения «жесткая», так как при увеличении нагрузки на валу двигателя до номинальной частота вращения при сравнительно небольшом падении напряжения в цепи якоря изменяется незначительно (на 5—10 %).

Если же в цепь якоря двигателя ввести добавочное сопротивление $R_{доб}$ (см. рис. 29.2), то получим *уравнение механической характеристики двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения*:

$$n = \frac{U}{c_e \Phi} - \frac{M(\sum r + R_{доб})}{c_e c_M \Phi^2} = n_0 - \Delta n. \quad (29.8)$$

Из этого уравнения следует, что с увеличением нагрузки на вал двигателя M частота вращения идеального холостого хода n_0 [см. (29.7)] останется неизменной, так как ее величина от нагрузки двигателя не зависит, а величина Δn увеличивается, что, как это следует из (29.8), ведет к уменьшению частоты вращения n . При этом угол наклона механической характеристики к оси абсцисс увеличивается (рис. 29.4, а, графики 2 и 3). Полученные таким образом механические характеристики называют *искусственными*. При этом чем больше сопротивление резистора $R_{доб}$, тем мягче механические характеристики.

На форму механических характеристик влияет основной магнитный поток Φ , при уменьшении которого увеличиваются как частота вращения идеального холостого хода n_0 , так и перепал частоты вращения Δn , вызванный нагрузкой двигателя. При этом если n_0 обратно пропорциональна магнитному потоку Φ , то Δn обратно пропорционально Φ^2 . Такая зависимость слагаемых выражения (29.8) от магнитного потока Φ приводит к резкому изменению жесткости механической характеристики (рис. 29.4, б).

При изменении напряжения U , подводимого к цепи якоря, частота вращения идеального холостого хода n_0 изменяется пропорционально изменению этого напряжения. Что же касается величины перепада частоты вращения Δn , то она от напряжения U не зависит и при изменении U остается неизменной. В итоге наклон механических характеристик («жесткость») не меняется, и они смещаются вдоль оси ординат, оставаясь параллельными друг другу (рис. 29.4, в).

В последнее время всё больше распространяется так называемое **импульсное регулирование скорости** двигателей постоянного тока. При этом цепь якоря двигателя питается от источника постоянного тока с постоянным напряжением через тиристоры или транзисторы, которые периодически включаются и отключаются. Напряжение на зажимах якоря в этом случае практически постоянно и пропорционально отношению времени включения тиристоров или транзисторов к времени продолжительности цикла.

Таким образом, импульсный метод позволяет регулировать частоту вращения двигателя при его питании от источника с постоянным напряжением в широких пределах без реостата в цепи якоря и практически без дополнительных потерь энергии. Таким же образом, без пускового реостата и без дополнительных потерь, может производиться пуск двигателя. Импульсный способ регулирования в экономическом отношении весьма выгоден для управления двигателями, работающими в режимах переменной скорости вращения с частыми пусками.

Содержание отчёта

- 1 Наименование и цель работы
- 2 Схема двигателя с параллельным возбуждением (рис.29.2 б)
- 3 Рабочие характеристики двигателя (рис. 29.3)
- 4 Механические характеристики при регулировке частоты вращения добавочным сопротивлением (рис. 29.4 а)
- 5 Механические характеристики при регулировке частоты вращения ослаблением магнитного потока (рис. 29.4 б)
- 6 Механические характеристики при регулировке частоты вращения изменением напряжения (рис. 29.4 в)
- 7 Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

- 1 Опишите схему подключения двигателя параллельного возбуждения.
- 2 Что представляют собой рабочие характеристики?
- 3 Почему зависимость момента от мощности слегка нелинейна?
- 4 Почему характеристика тока якоря поднята над осью P?
- 5 Что значит «жёсткая» механическая характеристика?
- 6 Как изменить частоту вращения сопротивлением в цепи якоря?
- 7 Как изменить частоту вращения ослаблением магнитного потока?
- 8 Как изменить частоту вращения уменьшением напряжения?
- 9 Что такое импульсное регулирование скорости двигателя?
- 10 В чём преимущества импульсного регулирования скорости?