

## Практическая работа №8

### Управление двигателем

#### 1. Типы исполнительных механизмов

Исполнительный механизм – конечная часть СУ, непосредственно воздействующая на объект управления (как правило путем механического воздействия).

Исполнительных механизмов множество. Самая удобная классификация этих механизмов – по типу привода. Поведение исполнительного механизма в большинстве случаев определяется управляемостью используемого электродвигателя.

Типы исполнительных микроэлектродвигателей:

- 1) Двигатели постоянного тока;
- 2) Двигатели переменного тока;
- 3) Шаговые двигатели.

Преобразование энергии, которое осуществляется во всех типах двигателей, может быть описано универсальными дифференциальными уравнениями. Тем не менее, у каждого типа двигателя существуют свои особенности управления, которые необходимо помнить при проектировании микропроцессорной системы управления.

*Двигатели постоянного тока*

Содержат коллектор, щетки, якорь, обмотки возбуждения.

Принцип действия – рамка с током в магнитном поле.

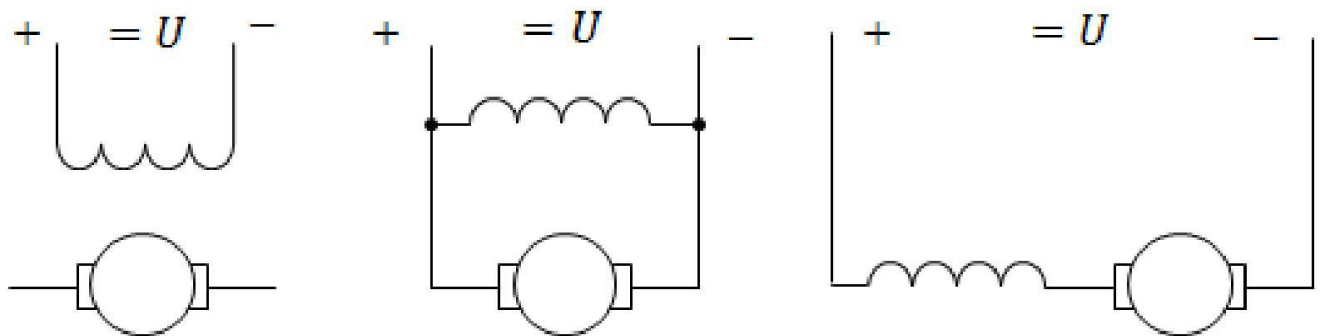


Рис. 1. Примеры двигателей постоянного тока

Ток, протекающий через обмотку возбуждения, зависит от того, в каком режиме работает двигатель.

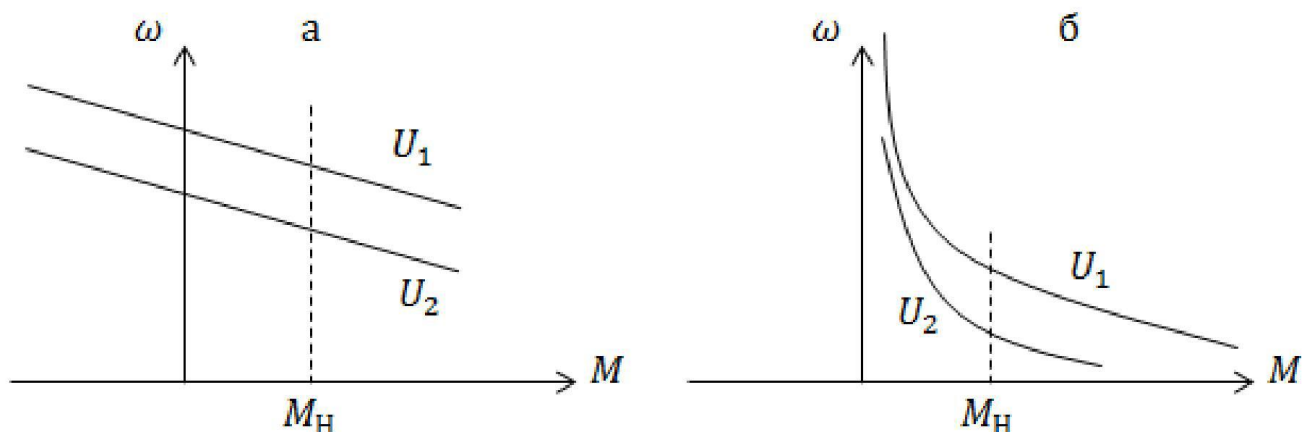


Рис. 2. Характеристики двигателей: а) независимое возбуждение; б) последовательное возбуждение

У каждой характеристики свои преимущества:

(а) – линейная зависимость:

$$\omega = f(U_{\text{пит}}) \text{ при } M_{\text{н}} = \text{const}$$

$$\omega = f(M_{\text{н}}) \text{ при } U_{\text{пит}} = \text{const}$$

В замкнутых системах регулирования  $\omega$ ,  $M(I)$ ,  $\phi$  (позиционные системы) легко строить систему управления, так как они описываются простыми уравнениями.

(б) – нелинейная зависимость:

Улучшенные тяговые характеристики (при торможении резко увеличивается момент), однако система не линейна, зависит от напряжения и момента нагрузки.

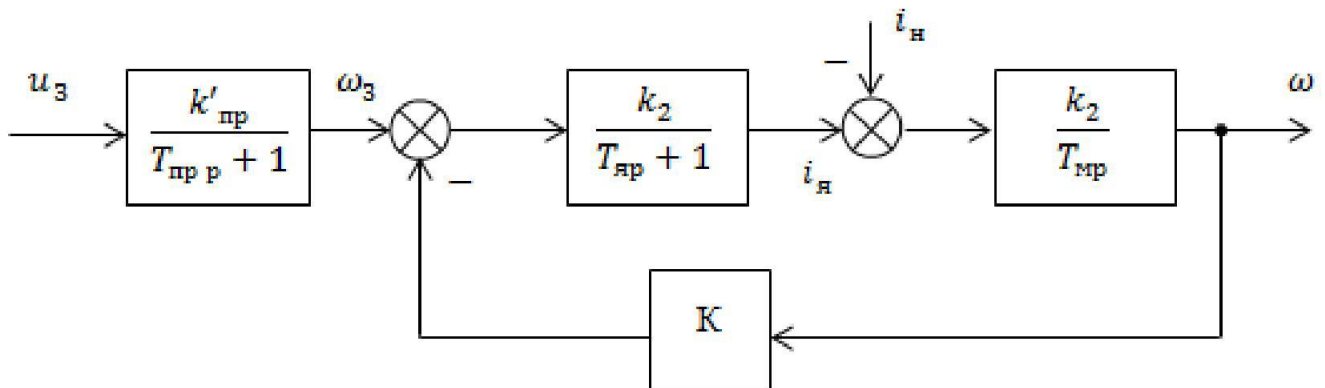


Рис. 3. Один из вариантов представления схемы двигателя постоянного тока

Частный случай двигателя постоянного тока – с постоянным магнитом:

- Самый распространенный в бытовой аппаратуре неспециального применения.
- В недорогой аппаратуре.

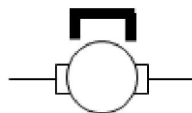


Рис. 4. Двигатель постоянного тока с постоянным магнитом

### *Двигатели переменного тока*

#### 1) Синхронные:

Основаны на взаимодействии поля ротора (неподвижного относительно ротора) и вращающегося поля статора.

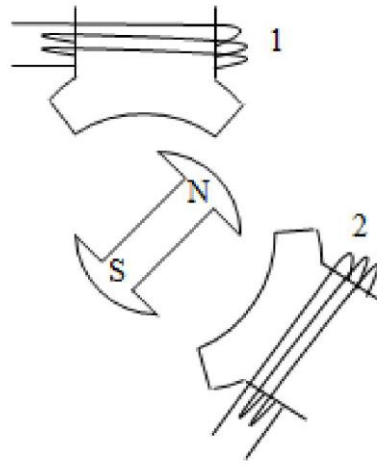


Рис. 5. Синхронный двигатель

Поле ротора может создаваться обмотками или постоянным магнитом.

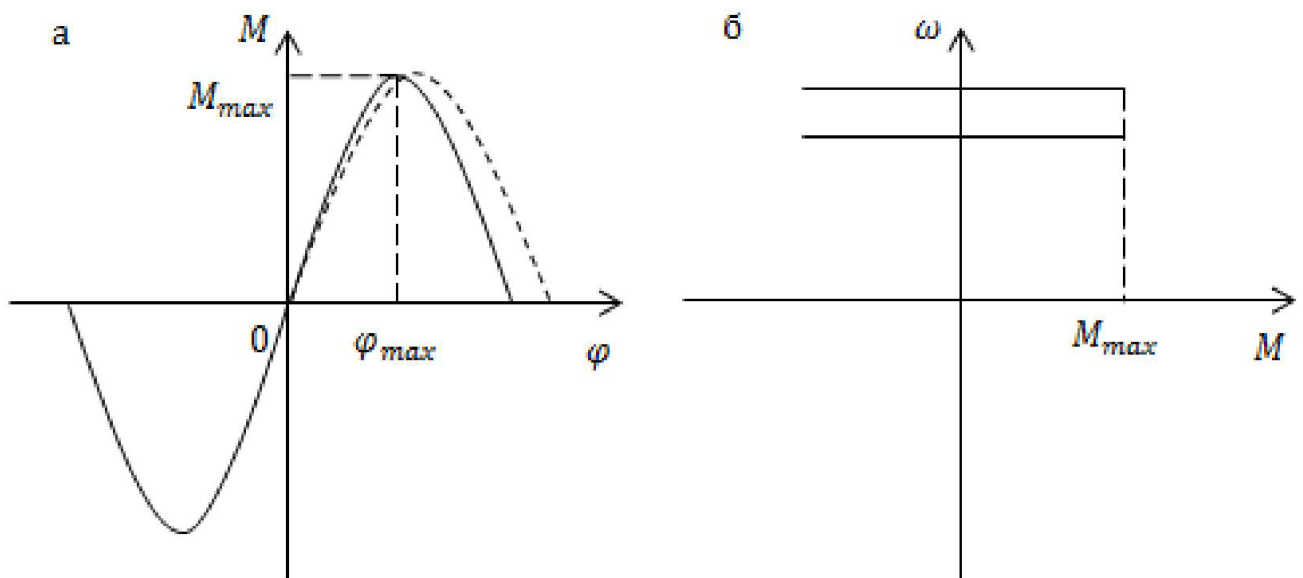


Рис. 6. Угловая (а) и механическая (б) характеристики двигателя

- Идеальное регулирование скорости (при изменении момента  $M_{max}$  изменением частоты питающего напряжения;
- Применяются в системах стабилизации скорости в прецизионных системах – кварцевое задание частоты вращения;
- Система управления дороже, чем у микродвигателей постоянного тока;
- Целесообразно применять в высокочастотных системах.

## 2) Асинхронные:

Тот же принцип, что и у синхронных двигателей, но поле ротора вращается относительно ротора (который сам вращается) с частотой, называемой частотой скольжения.

Ротор выполнен с короткозамкнутыми витками, в них под действием вращающегося поля протекает переменный ток, который и создает вращающееся с частотой скольжения поле:

$$\omega_0 = \omega_{\text{рот}} + \omega_{\text{скольж}}$$

$\omega_0$  – частота, задаваемая частотой сети и числом полюсов: стандартный ряд 750, 1500, 3000.

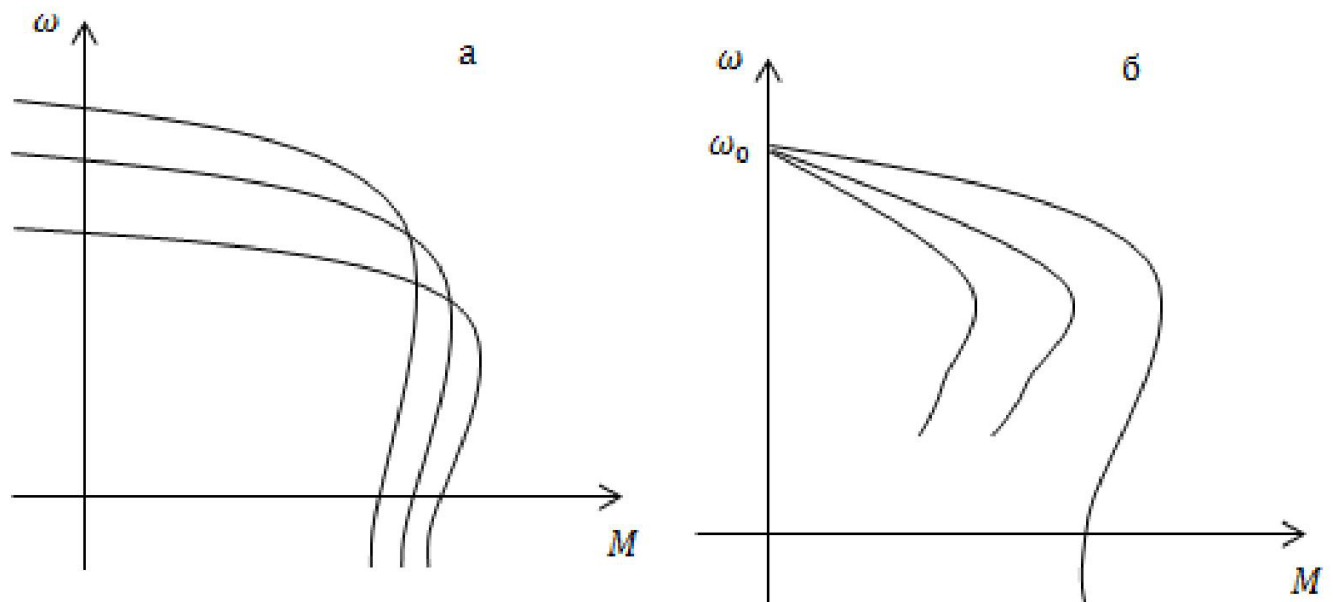


Рис. 7. Регулировочные характеристики: (а) – регулирование изменением частоты; (б) – регулирование изменением напряжения

- Регулирование асинхронных двигателей производится изменением частоты. При этом получаются хорошие регулировочные характеристики;
- В замкнутых системах регулирования – не хуже синхронных двигателей;
- Дешевые, но как микродвигатели в исполнительных механизмах применяются реже, чем двигатели постоянного тока;
- Системное управление сложнее.

#### *Шаговые двигатели*

Основаны на тех же принципах, что и синхронные двигатели.

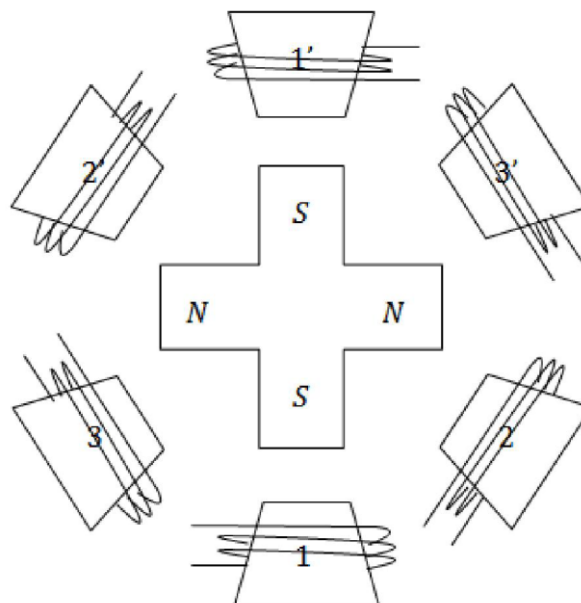


Рис. 8. Традиционный шаговый двигатель

Сначала подается напряжение на обмотки 1-1', потом 2-2', далее 3-3'.

Обычно напряжение подается прямоугольными импульсами. При этом вал двигателя поворачивается на 1 шаг и остается в этом положении до прихода следующего импульса на другую пару обмоток.

### Характеристики ШД:

- Частота прямолинейности – частота импульсов, при которой не происходит потери шага при работе с номинальной нагрузкой;
- Величина шага в градусах (обычно кратная 3, но не обязательно).

Для увеличения точности разрешения ШД встраиваются волновые редукторы – величина шага – 0,5° (то есть всего 720 шагов).

### 2. Система управления двигателем постоянного тока

На рис. 9 представлена схема управления двигателем постоянного тока. В качестве элемента управления используется МК MCS51.

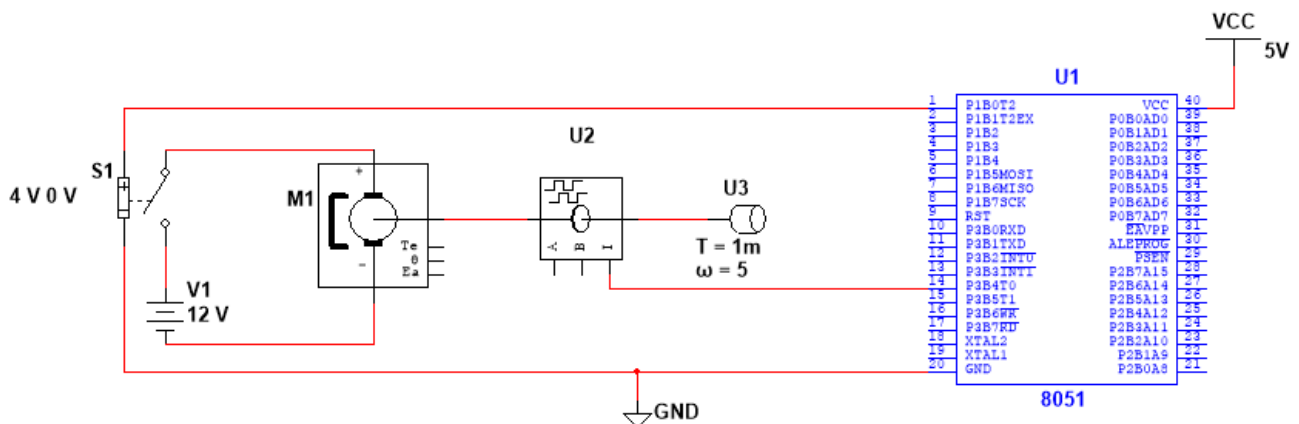


Рис. 9. Схема управления двигателем постоянного тока

Элемент U2 представляет собой инкрементальный оптический энкодер. Энкодер / преобразователь угловых перемещений - устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота.

Инкрементальные энкодеры предназначены для определения угла поворота вращающихся объектов. Они генерируют последовательный импульсный цифровой код, содержащий информацию относительно угла поворота объекта. Если вал останавливается, то останавливается и передача импульсов. Основным рабочим параметром датчика является количество импульсов за один оборот. Мгновенную величину угла поворота объекта определяют посредством подсчёта импульсов от старта. Для вычисления угловой скорости объекта процессор в тахометре выполняет дифференцирование количества импульсов во времени, таким образом показывая сразу величину скорости, то есть число оборотов в минуту. Выходной сигнал имеет два канала, в которых идентичные последовательности импульсов сдвинуты на 90° относительно друг друга (парафазные импульсы), что позволяет определять направление вращения.

В модели энкодера в Multisim следующее назначение выводов:

A	Последовательность импульсов, сдвинутая на 90° относительно B
B	Последовательность импульсов
I	Выход нулевой отметки. На этом выходе генерируется импульс, когда угловое положение кратно $2\pi$

Например, при десяти импульсах на оборот, на выходах энкодера будут сформированы последовательности, показанные на рис. 10.

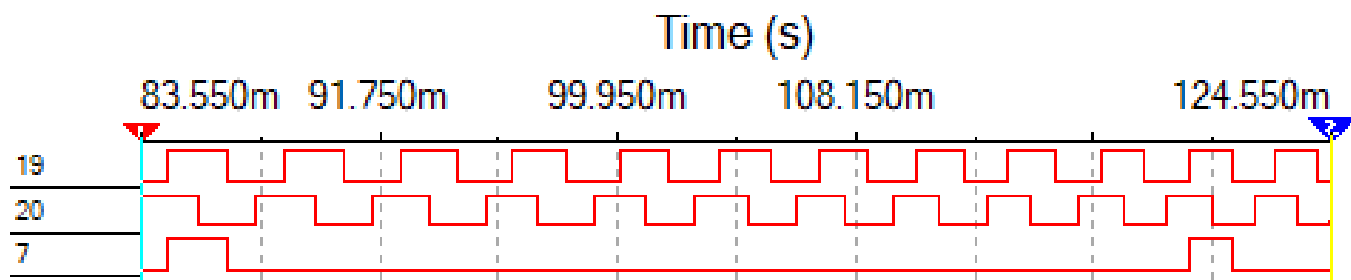


Рис. 10. Последовательности на выходе энкодера при 10 импульсах на оборот: (19) – последовательность на выходе А; (20) – последовательность на выходе В; (7) – последовательность на выходе I

В данном примере контроллер считает количество импульсов поступающих с выхода I энкодера, т.е. вычисляет сколько раз двигатель пересечет нулевое положение. С некоторой погрешностью (при включении двигатель может находиться не в нулевом положении, т.е. совершит не полный оборот) это значение будет равно числу оборотов. Как только двигатель совершит 4 оборота подается сигнал на управляемый ключ S1, он размыкается и двигатель выключается.

Для подсчета количества импульсов на выходе I используется таймер/счетчик T0. Он используется в режиме счетчика, т.е. считает количество перепадов с 1 на 0 на входе T0 (P34). Элемент U3 имитирует нагрузку.

```
#include <8051.h>
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    P10 = 1; //замыкание ключа S1 (включение двигателя)
```

```
    TMOD=0x04; //настройка таймера T0 в режим счетчика
```

```
    TL0 = 0x00; //обнуление регистров таймера
```

```
    TH0 = 0x00;
```

```
    TR0 = 1; //включение таймера
```

```
    while(TL0!=0x04); //ожидание, пока не будет совершено
```

4 оборота

```
    TR0 = 0; //выключение таймера
```

```
    P10 = 0; //размыкание ключа S1 (выключение двигателя)
```

```
    while(1);
```

```
}
```

Из-за инерционности при включении скорость вращения двигателя увеличивается постепенно, и при выключении постепенно затухает. График изменения скорости вращения двигателя приведен на рис. 11.

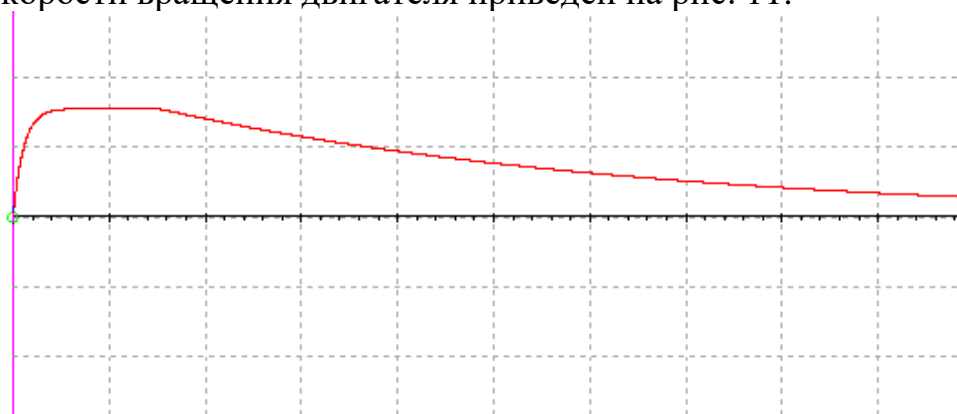


Рис. 11. Изменении скорости сращения двигателя

### 3. Задание на практическую работу

Соберите схему, приведенную на рис. 12 и напишите программу для МК. МК должен считать количество оборотов двигателя, при достижении N количества оборотов выключать двигатель. На LCD должно отображаться текущее значение количества оборотов во время счета. Параметры элементов задайте в соответствии с вариантом (табл. 1).

Энкодер находится в группе элементов Electro\_Mechanical -> Sensors -> Incremental\_Encoder.

Нагрузка: Electro\_Mechanical -> Mechanical\_Loads -> Arbitrary\_Load

Ключ S1: Basic -> Switch -> Voltage\_Controlled\_SPST\_Animated.

