

## **Лабораторная работа № 4**

### **“Силовые устройства коммутации. Двигатель постоянного тока”**

#### **Цель работы**

Познакомиться с силовыми устройствами коммутации на примере реле и H-моста. Изучить способы управления двигателем постоянного тока.

#### **Задача**

Познакомиться с теоретическим материалом и выполнить задание по вариантам.

#### **Необходимый материал для выполнения лабораторной работы**

1. Arduino UNO
2. Breadboard
3. Модуль реле
4. Тактовые кнопки
5. Резисторы
6. Монтажные провода
7. Модуль драйвера двигателя на основе H-моста.
8. Двигатель постоянного тока

#### **Содержание отчёта**

1. Цель работы.
2. Задание на работу по варианту.
3. Собранная схема подключения.
4. Блок-схема алгоритма.
5. Код, написанный на языке программирования C.
6. Выводы по работе.

## Теоретическая часть

В данной работе будут рассмотрены двигатель постоянного тока и два типа силовых преобразователей, применяемые для управления им - реле и H - мост.

### ДПТ

Одним из наиболее часто используемых двигателей в робототехнике является двигатель постоянного тока (ДПТ). Это обусловлено относительной простотой электронных схем и программных алгоритмов для управления им. Подробнее об устройстве двигателя постоянного тока и об их классификации рассказано в статье[1]. В данной работе рассматривается двигатель постоянного тока с постоянными магнитами, его условно-графическое обозначение представлено на рисунке 1. Управление скоростью вращения двигателя и направлением его вращения (реверс) осуществляется подачей соответствующего напряжения на его контакты.

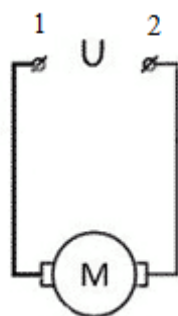


Рисунок 1 - Условное графическое обозначение ДПТ

Так, при подаче положительного потенциала на вывод 1, а отрицательного на вывод 2 двигатель вращается в одну сторону, наоборот - в другую. Регулирование скорости происходит путем варьирования уровня разности потенциалов (напряжения) от 0 В до номинального напряжения на контактах двигателя. При уменьшении напряжения скорость двигателя уменьшается, при увеличении увеличивается. Следует заметить, что для данного типа двигателя возможно регулирование скорости от 0 до номинальной. Номинальные напряжения и скорость указаны в документации на двигатель.

## Сигнальные и силовые цепи.

Цепи электрического тока можно разделить на две группы: сигнальные и силовые. Силовые цепи служат для преобразования электрического тока и питания агрегатов большой мощности, например приводов роботов и элементов автоматизации. По сигнальным цепям передаются информационные и управляющие сигналы, например сигналы с датчиков, сигналы управления открытием транзисторных ключей. Как правило по сигнальным цепям течет малый ток (порядка микро- и миллиампер), по силовым цепям течет ток на порядки больше чем по сигнальным (от ампер до килоампер и выше). При этом замыкание силовых и сигнальных цепей ведет к выгоранию последних. Для того чтобы управлять уровнями напряжения и тока силовых цепей сигналами, приходящими с сигнальных цепей, применяют силовые преобразователи.

## Реле

Реле бывают разных типов [2]. Разберем принцип их работы на примере электромагнитного реле. Схематичное электромагнитного реле изображена на рисунке 1.

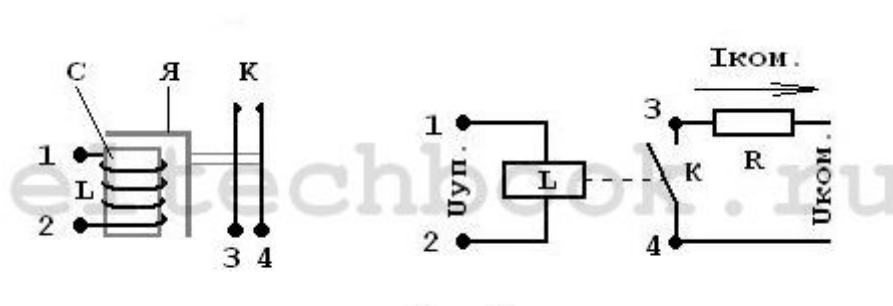


Рисунок 2 - Устройство реле

При подаче сигнала *малой мощности* на управляющие контакты (1,2) по катушке индуктивности начинает течь ток, который притягивает контакт 4 к контакту 3, таким образом замыкая цепь 3-4, по которой может протекать ток *большой мощности*, чем ток протекающий по цепи 1-2. При снятии напряжения с контактов 1 и 2, контакт 3 возвращается в начальное положение и размыкает цепь 3-4. Таким образом происходит управление включением и выключением питания силовой цепи 3-4.

Контакты 3,4 реле могут быть *нормально разомкнутыми* - это означает что в состоянии, когда на контакты 1 и 2 не подано напряжение, цепь 3-4 разомкнута и ток по ней не течет. Также они могут быть *нормально замкнутыми* - это означает, что в состоянии, когда на контакты 1 и 2 не подано напряжение, цепь 3-4 замкнута и по ней не течет ток. Как

правило реле, которые производятся сейчас, имеют оба типа контактов в одном устройстве (обозначаются типы контактов *NC* (Normally closed) - нормально закрытый, *NO* (Normally opened) - нормально открытый). Обозначения контактов на схеме представлено на рисунке

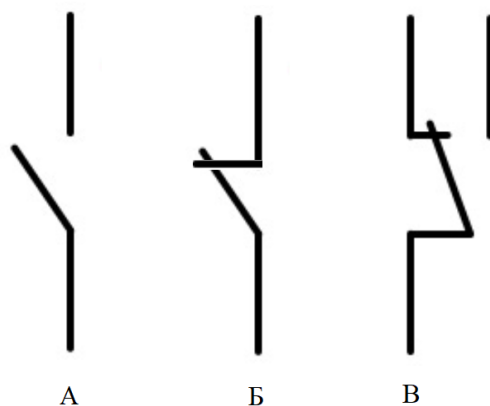


Рисунок 3 - А) нормально открытый контакт, Б) нормально закрытый, В) двойной (общий) контакт

Приведем схемы подключения двигателя с помощью реле (рисунки 4,5).

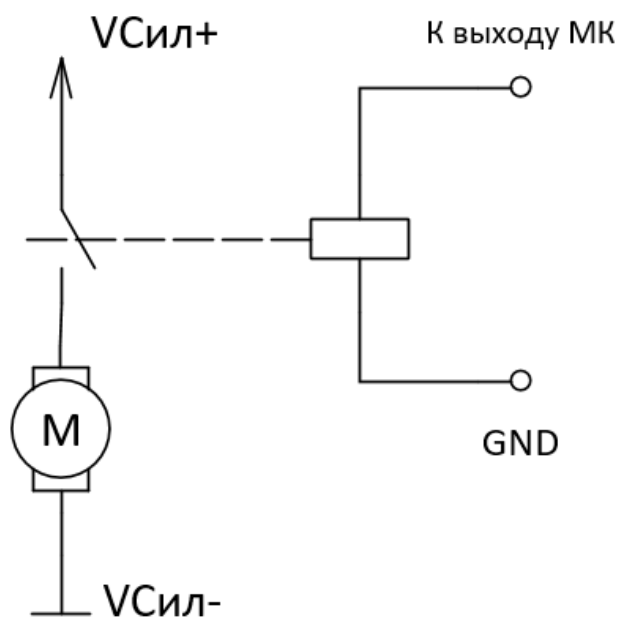


Рисунок 4 - Неревверсивная схема пуска ДПТ с помощью реле.

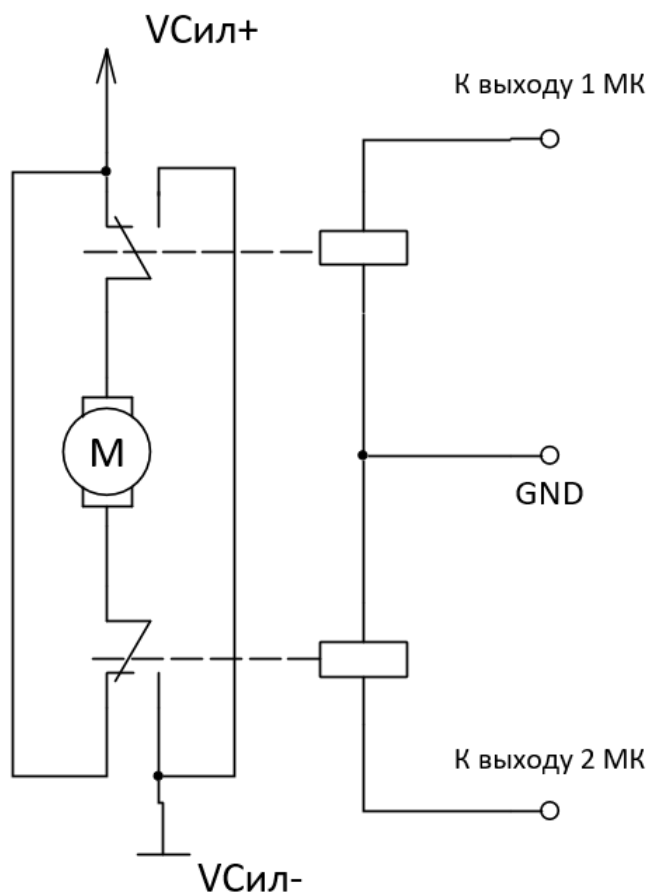


Рисунок 5 - Реверсивная схема пуска ДПТ с помощью реле

Схема, представленная на рисунке 4 не предусматривает *реверс* (изменение направления вращения) двигателя в процессе работы. Контакт GND подключается к выводу GND микроконтроллера, контакт “К выводу МК” подключается к любому свободному цифровому выходу микроконтроллера. При подаче на выход МК логической единицы силовая цепь замыкается двигатель начинает вращение. При подаче логического нуля цепь размыкается - двигатель останавливается.

Схема на рисунке 5 предусматривает реверс двигателя. Зависимость поведения двигателя от комбинации нулей и единиц на выходах МК представлена в таблице 1.

Следует помнить, что данные схемы приведены для пояснения принципа работы реле и не могут использоваться для самостоятельной реализации модулей реле без дополнительной обвязки.

Таблица 1 - Зависимость поведения двигателя от комбинации логических нулей и единиц на выходах МК

Вывод 1 МК	Вывод 2 МК	Поведение двигателя
0	0	Останов
0	1	Вращение в одну сторону
1	0	Вращение в другую сторону
1	1	Останов

### Н-мост

Однако, электромагнитные реле имеют низкую скорость включения/отключения и не могут управляться посредством ШИМ, следовательно с их помощью нельзя регулировать скорость двигателя в диапазоне от 0 до номинальной. Гораздо большей скоростью открытия обладают силовые транзисторы. Линейки силовых транзисторов имеют в своем составе разнообразные виды, в целях обобщения в дальнейшем на схемах будем обозначать их схематически в виде ключей (рисунок 6).



Рисунок 6 - Условно-графическое изображение электрического ключа

Приведем схемы подключения двигателя с использованием транзисторных ключей (рисунки 7 и 8).

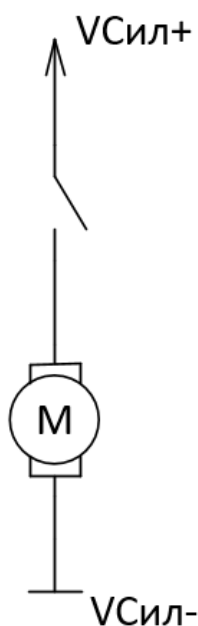


Рисунок 7 - Нереверсивная схема управления ДПТ на основе транзистора

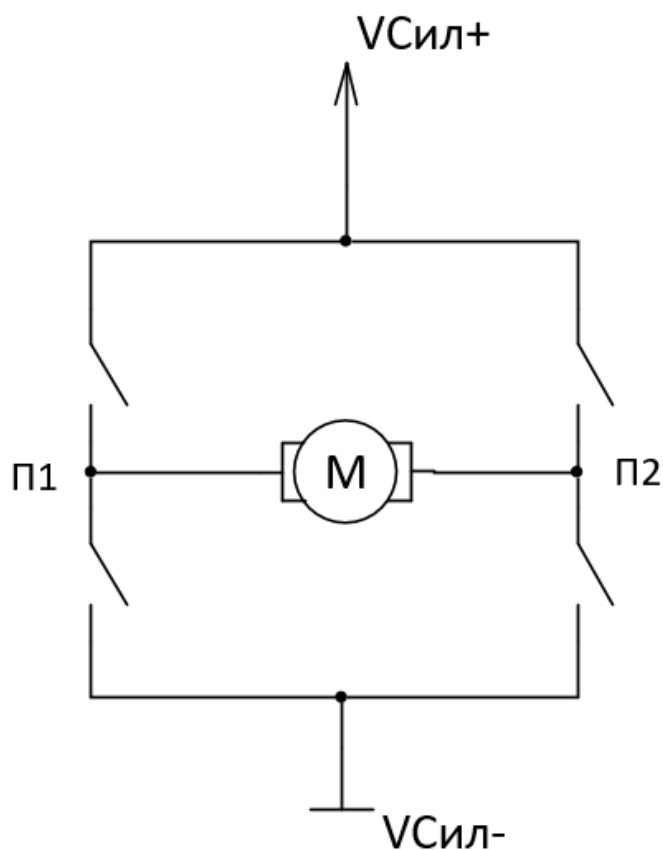


Рисунок 8 - Реверсивная схема управления двигателем (H-мост)

Схема на рисунке 7 не предусматривает реверс двигателя. При включении транзистора на двигатель подается напряжение и он начинает вращение. Здесь возможно применение ШИМ, так как транзисторные

ключи могут работать на больших частотах коммутации. Диапазон регулирования скорости такой схемы включения от 0 до + номинальной.

Схема на рисунке 8 подразумевает реверс и представляет собой схему Н - моста. Мост состоит из двух *плечей*, или *стоек*, П1 и П2. Транзисторы в стойке работают в *комплементарном режиме* (когда верхний ключ открыт, нижний закрыт и наоборот), иначе произойдет *короткое замыкание*. Режимы работы двигателя для комбинации открытия и закрытия ключей приведены в таблице 2. Все остальные комбинации открытия/закрытия ключей *аварийные* и приводят к *короткому замыканию*. Ключи также могут управляться с помощью ШИМ.

Таблица 2 - Комбинации открытия-закрытия ключей моста и соответствующий им режим работы двигателя

Верхний ключ в П1	Нижний ключ в П1	Верхний ключ в П2	Нижний ключ в П2	Режим работы двигателя
О	З	О	З	Останов
З	О	З	О	Останов
О	З	З	О	Вращение в одну сторону
З	О	О	З	Вращение в другую сторону
З	З	З	З	Останов

Следует помнить, что схемы приведены для пояснения принципа работы Н - моста, и не могу использоваться напрямую при самостоятельной реализации преобразователя без дополнения схемы модулем *гальванической развязки* и *защитными диодами*.

**Описание ДПТ, реле и мостовых драйверов применяемых в данной работе.**

Двигатель постоянного тока, используемый в данной работе представлен на рисунке 9.





Рисунок 9 - Мотор-редуктор постоянного тока, используемый в данной работе

Номинальное напряжение питания двигателя 6 В.

В работе используется модули реле и модули драйверов на основе H-моста.

На рисунке приведено изображение модуля реле, используемого в данной работе. Выходы NO - нормально открытый контакт реле, COM - общий контакт реле, NC - нормально закрытый контакт реле. VCC - вывод модуля подключаемый к выходу 5 V МК, GND - к GND, In - к управляющему выводу микроконтроллера. Следует отметить, что данный модуль предусматривает защиту МК от искры, которая может возникать при коммутации реле. В силу особенности схемотехники модуля открывается он логическим нулем, а закрывается логической единицей.

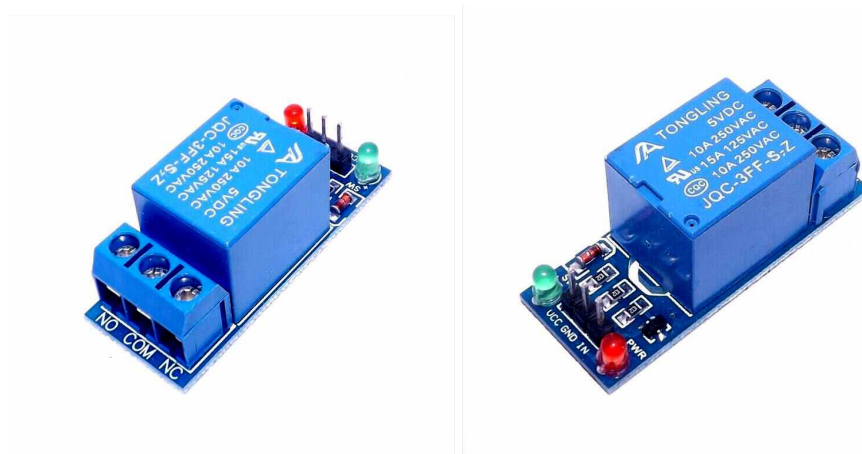


Рисунок 10 - Модуль реле, используемый в данной работе

На рисунке 11 представлено изображение двухканального мостового драйвера двигателя постоянного тока.

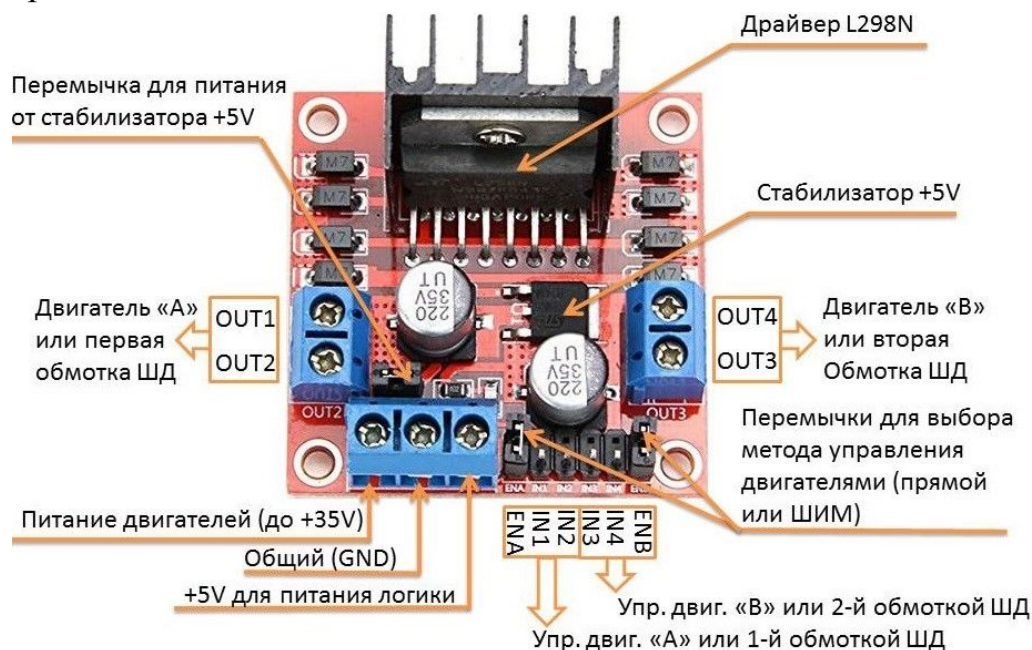


Рисунок 11 - Изображение мостового драйвера, используемого в данной работе

OUT1 и OUT2 – разъёмы для подключения первого ДПТ;

OUT3 и OUT4 – разъёмы для подключения второго ДПТ;

VSS – вход для питания двигателей (максимальный уровень +35V);

GND – общий провод для питания логики и питания приводов;

Vs – вход для питания логики +5V. Через него непосредственно запитывается сама микросхема L298N. Есть ещё второй способ питания, при котором 5V для L298N берётся от встроенного в модуль стабилизатора напряжения. В таком случае на разъем подается только питание для двигателей (Vss), контакт Vs остается неподключенным, а на плате устанавливается перемычка питания от стабилизатора, который ограничит питающее моторы напряжение до приемлемых 5V.

IN1, IN2 – контакты управления первым ДПТ.

IN3, IN4 – контакты управления вторым ДПТ.

ENA, ENB – контакты для активации/деактивации первого и второго ДПТ.

Подача логической единицы на эти контакты разрешает вращение двигателей, а логический ноль – запрещает. Для изменения скорости вращения моторов постоянного тока на эти контакты подается ШИМ-сигнал.

### **Задания:**

- 1) Реализовать пуск/останов двигателя с помощью кнопки. Если после пуска двигателя, кнопка не нажимается 10 секунд, двигатель останавливается автоматически. Использовать нереверсивное реле.
- 2) С помощью трех кнопок реализовать пуск, останов, реверс двигателя. Использовать реверсивное реле.
- 3) По приему 1 через последовательный порт осуществить пуск двигателя, по приему 0 его останов, если 0 не приходит 10 секунд, двигатель останавливается автоматически. Использовать нереверсивное реле.
- 4) По приему 2 через последовательный порт осуществить пуск двигателя, по приему 0 останов, по приему 1 реверс. Использовать реверсивное реле.
- 5) Принимать через последовательный порт значение скважности для канала управления двигателем. Реверс осуществлять по нажатию кнопки.
- 6) С помощью двух кнопок увеличивать и уменьшать скорость двигателя. Реверс осуществлять с помощью третьей.
- 7) С помощью двух кнопок увеличивать и уменьшать скорость двигателя в диапазоне от -номинальной до + номинальной скорости, при переходе через 0 должен происходить реверс.
- 8) С помощью потенциометра задавать скорость вращения двигателя от 0 до номинальной. При нажатии кнопки должен происходить реверс.
- 9) Считывать значения двух потенциометров, разностью их показаний менять скорость двигателя от - номинальной до + номинальной.
- 10) С помощью двух кнопок увеличивать и уменьшать скорость двигателя. При зажимании еще двух кнопок обеспечить прямое и реверсивное вращение двигателя.
- 11) По приему символа "+" из СОМ-порта осуществить увеличение скорости двигателя, по приему "-" - уменьшение. Обеспечить изменение скорости двигателя от 0 до + номинальной, реверс осуществить с помощью кнопки.
- 12) По приему символа "+" из СОМ-порта осуществить увеличение скорости двигателя, по приему "-" - уменьшение. Регулировать в диапазоне от - номинальной до + номинальной. При переходе через 0 происходит реверс.

## **Литература**

1. Электродвигатели постоянного тока. Устройство и работа. Виды [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/elektrodvateli-postoiannogo-toka/> (Дата обращения 27.04.2021).
2. Виды реле и применение. Работа и назначение. Особенности. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/rozetki-vykljuchateli/vidy-rele-i-primenenie/> (Дата обращения 27.04.2021).