

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы: изучение устройства и принципа действия асинхронного двигателя постоянного тока; исследование регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока; исследование зависимости частоты вращения двигателя от нагрузки.

Краткие сведения из теории

Электрические двигатели постоянного тока используются благодаря широким возможностям регулировки частоты вращения. Области применения и диапазон мощности двигателей постоянного тока достаточно широки: от долей ватт (для привода устройств автоматики) до нескольких тысяч киловатт (для привода прокатных станов, шахтных подъемников и других механизмов). Двигатели постоянного тока широко используются для привода транспортных средств, в качестве тяговых двигателей. Основные преимущества двигателей постоянного тока по сравнению с бесколлекторными двигателями переменного тока – хорошие пусковые и регулировочные свойства, возможность получения частоты вращения более 3000 об/мин, а недостатки – относительно высокая стоимость, некоторая сложность в изготовлении и пониженная надежность.

Все эти недостатки двигателей постоянного тока обусловлены наличием в них щеточно-коллекторного узла, который к тому же является источником радиопомех и пожароопасности. Эти недостатки ограничивают применение двигателей постоянного тока.

Основными узлами двигателя постоянного тока (рисунок 1) являются якорь 3 с обмоткой и коллектором 2, щёточно-коллекторное устройство 1, статор 6 с магнитными полюсами 4, содержащими обмотки возбуждения 5.

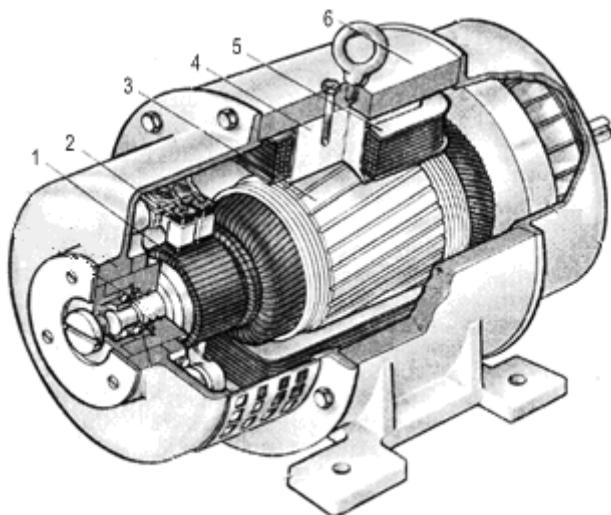


Рисунок 1 – Двигатель постоянного тока

Ротор (якорь) вращается в магнитном поле и, для уменьшения вихревых токов, его сердечник набирают из кольцевых пластин кремнистой электротехнической стали. В пластинах проштампованы пазы, а также круглые отверстия для воздушного охлаждения.

Провода якорной обмотки укладывают в пазы ротора. Якорная обмотка состоит из отдельных секций, подключённых к коллекторным пластинам и образующих общую электрическую цепь. Для подключения якорной обмотки к внешней электрической цепи используют щётки, изготовленные из угля, графита или медно-графитной композиции. Эти материалы не прихватываются к коллекторным пластинам при искрении. Щётки прижаты к коллектору пружинами.

Для того чтобы двигатель работал его нужно возбудить, т. е. создать в нём магнитное поле. Только в микромашинах для этих целей могут быть использованы постоянные магниты. В большинстве случаев магнитный поток создаётся электрическим током. Для этого на полюса укладывается обмотка возбуждения ОВ, по которой пропускают постоянный ток возбуждения I_b . Для усиления магнитного потока станину, полюса и сердечник якоря делают из материалов с большой магнитной проницаемостью, а воздушные зазоры по возможности малыми.

Коллектор собирает отдельные витки (секции обмоток) в общую электрическую цепь – якорную обмотку. Различают несколько типов обмоток: простые (петлевая, волновая) и более сложные. В зависимости от

вида обмотки в ней может быть две, четыре и более параллельных ветвей. При вращении якоря щётки скользят по коллекторным пластинам, при этом секция якорной обмотки, подключённая между этими пластинами, переходит из одной параллельной ветви в другую. Этот процесс называют коммутацией. Коммутация необходима, для того чтобы изменить направление тока в секции якорной обмотки при перемещении от одного полюса к другому.

Проводники якорной обмотки испытывают действие механических сил, которые пропорциональны значению магнитной индукции, силе тока в якорной обмотке и активной длине проводника. Складывая силы, действующие на отдельные проводники и учитывая плечо действия этих сил, т.е. их расстояние до оси вала, можно получить выражение для электромагнитного момента M через значение магнитного потока Φ и силу тока якорной обмотки $I_{\text{я}}$:

$$M = c_{\text{м}} \Phi I_{\text{я}}.$$

Электромагнитный момент пропорционален величине магнитного потока и силе тока якорной обмотки. Коэффициент $c_{\text{м}}$ называют механической постоянной электрического двигателя.

Под действием вращающего электромагнитного момента якорь приходит в движение. Витки якорной обмотки пересекают силовые линии магнитного поля, в каждом из них наводится электродвижущая сила

$$e = vBl,$$

где v – линейная скорость проводника;

B – значение индукции магнитного поля;

l – активная длина проводника.

Результирующая ЭДС якорной обмотки

$$E = c_{\text{е}} n \Phi,$$

где $c_{\text{е}}$ – электрическая постоянная двигателя;

n – частота вращения;

Φ – магнитный поток.

Якорь двигателя разгоняется до тех пор, пока ЭДС его обмотки E не уравновесит приложенного напряжения U за вычетом падения напряжения на сопротивлении якорной цепи $r_{\text{я}}$,

$$E = U - r_{\text{я}} I_{\text{я}}.$$

Выражая ЭДС и ток якоря через магнитный поток, получим:

$$c_e n \Phi = U - \frac{r_{\text{я}} M}{c_{\text{м}} \Phi},$$

откуда выразим частоту вращения двигателя

$$n = \frac{U}{c_e \Phi} - \frac{r_{\text{я}} M}{c_e c_{\text{м}} \Phi^2} = n_0 - \Delta n,$$

где n_0 – частота вращения ротора в условиях идеального холостого хода;

Δn – уменьшение частоты под нагрузкой.

Регулировать частоту вращения можно как путём изменения питающего напряжения, так и за счёт изменения магнитного потока. При увеличении напряжения питания частота вращения двигателя возрастает. При увеличении магнитного потока двигатель замедляет своё вращение, так как требуемое значение ЭДС достигается при меньшей скорости движения проводников. Под нагрузкой двигатель замедляет своё вращение; уменьшение частоты вращения Δn пропорционально моменту нагрузки M .

Измерительные приборы и оборудование

В лабораторной работе используется двигатель постоянного тока малой мощности типа ПЛ–062. В таблице 1 представлены номинальные значения основных параметров двигателя.

Таблица 1 – Номинальные значения основных параметров

Тип	$P_{\text{н}}$, Вт	n , об/мин	$\eta_{\text{н}}$, %	$I_{\text{я}}$, А		$M_{\text{н}}$, Н·м	$U_{\text{н}}$, В
				макс.	мин.		
ПЛ– 062	90	1500	57,0	0,76	0,18	0,573	220

Двигатель имеет независимое возбуждение, относится к категории исполнительных и применяется для привода различных механизмов и аппаратов в продолжительном режиме работы (S1), в том числе для оборудования жизнеобеспечения на железнодорожном транспорте.

Порядок выполнения работы

1 Изучить и собрать схему управляемого выпрямителя для питания якорной обмотки по рисунку 2, а также схему испытания двигателя

постоянного тока по рисунку 3 (места установки переключателей выделены на схеме). В данной работе задействованы два функциональных блока.

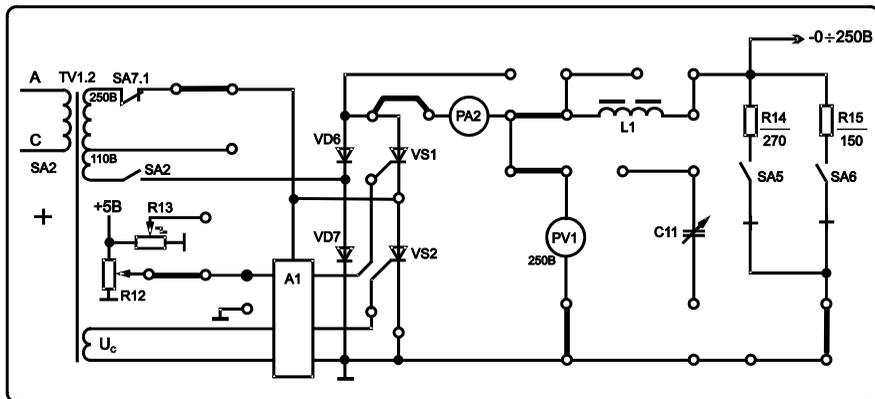


Рисунок 2 – Схема управляемого выпрямителя

2 Включить функциональный блок тумблером SA16. Подключить тумблерами SA18, SA21 измеритель скорости и генератор прямоугольных импульсов (ГПИ) соответственно.

3 Включить функциональный блок тумблером SA2 и SA5. Изменяя напряжение выпрямителя с помощью резистора R12, снять зависимость частоты вращения n от напряжения питания якорной обмотки (U) при отсутствии нагрузки на валу двигателя. Результаты измерений внести в таблицу 2.

Таблица 2 – Исследование двигателя на холостом ходу

U , В						
n , об/мин						

Примечание – Для определения частоты вращения n по показаниям измерителя скорости N использовать формулу

$$n = \frac{N \cdot 3000}{100}.$$

4 Построить график зависимости частоты вращения от напряжения питания.

5 Установить номинальную частоту вращения ($N = 50$ или 100). Установить SA17 в положение «Y». Подключить нагрузку тумблером SA20 и изменяя её с помощью автотрансформатора TV2, начиная с напряжения равного 0, снять зависимость частоты вращения n от тока якорной обмотки I_a . Результаты измерений внести в таблицу 3.

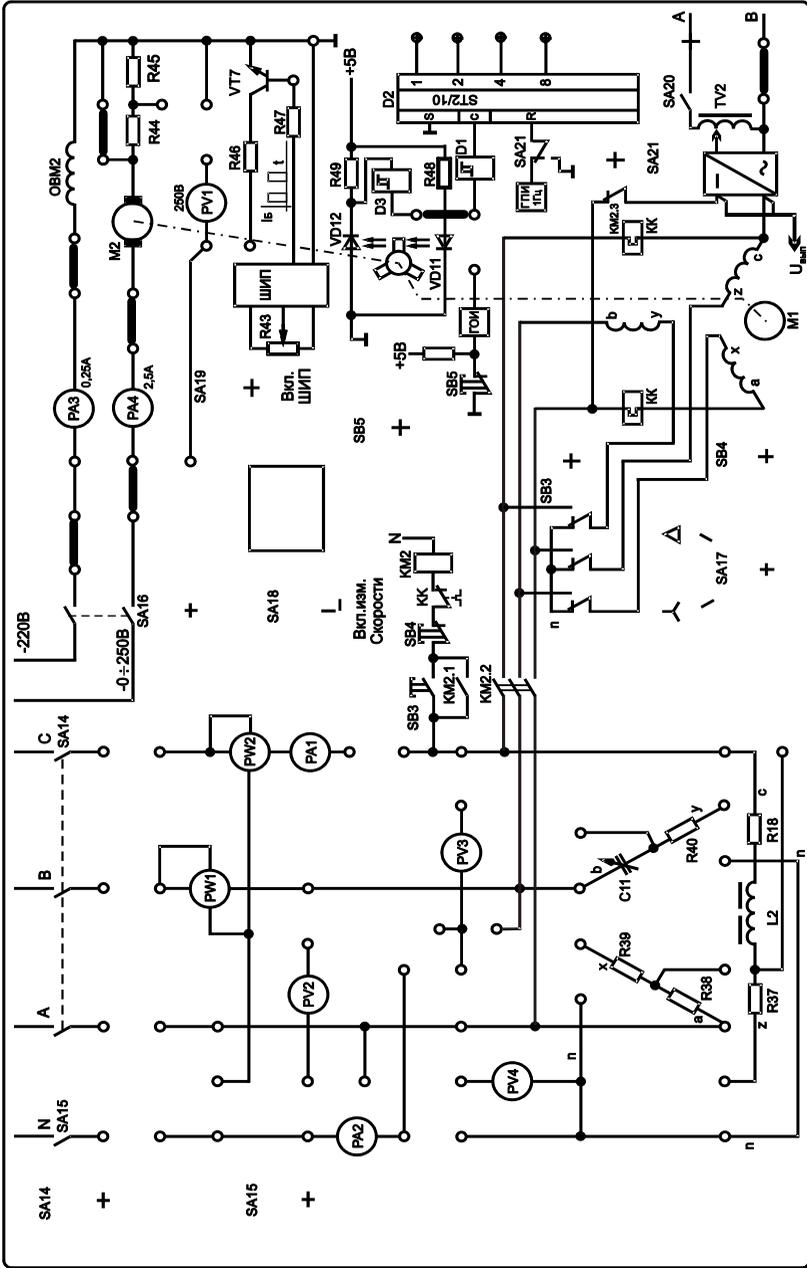


Рисунок 3 – Схема исследования двигателя постоянного тока

Примечание – При измерении тока якорной обмотки с помощью миллиамперметра РА4, кнопку выбора пределов измерения **не нажимать**.

Таблица 3 – Исследование двигателя под нагрузкой

$I_{я}, \text{мА}$						
N						
$n, \text{об/мин}$						

5 Построить график зависимости частоты вращения от тока якоря.

Содержание отчета

Наименование и цель работы; схемы исследования; таблицы результатов измерений; графики зависимости частоты вращения от напряжения питания и от тока якорной обмотки; заключение.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные достоинства и недостатки двигателей постоянного тока.
- 2 Назовите элементы конструкции двигателя постоянного тока.
- 3 Опишите устройство двигателя постоянного тока.
- 4 Что такое «возбуждение» электрического двигателя?
- 5 Принцип действия двигателя постоянного тока.
- 6 Запишите формулу вращающего момента.
- 7 Запишите формулу ЭДС якорной обмотки.
- 8 Запишите формулу частоты вращения якоря.
- 9 Какими способами можно изменять частоту вращения якоря?
- 10 Как зависит частота вращения якоря от нагрузки двигателя?