

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 18.12.2021 15:04:31  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fd456d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники



Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова

2016 г.

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРИВОДА НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по  
дисциплине «Электрические и гидравлические приводы  
мехатронных и робототехнических устройств» для студентов  
направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Курск 2016

УДК 621.(076.1)  
Составители: Мальчиков А.В.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Е.Н. Политов

**Исследование работы привода на базе универсального коллекторного электродвигателя: методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.В. Мальчиков. – Курск, 2016. – 14 с., 8 ил. – Библиограф.: 14 с.**

Содержат сведения по вопросам работы электроприводов на базе универсальных коллекторных электродвигателей. Приводится пример выполнения лабораторной работы, краткие теоретические положения и контрольные вопросы для защиты работы.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим советом по направлениям Мехатроника и робототехника.

Предназначены для студентов направлений направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции  
Подписано в печать 5.08.16, Формат 60x84 1/16  
Усл.печ.л. 0,6 Уч.-изд.л. 0,6 Тираж 20 экз. Заказ .Бесплатно. 050  
Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Содержание

1	Цель и задачи работы .....	4
2.	Краткие теоретические сведения .....	5
2.1.	<i>Устройство универсального коллекторного двигателя.</i>	6
2.2.	<i>Схема подключения обмоток УКД.....</i>	10
2.3.	<i>Достоинства и недостатки универсальных коллекторных двигателей .....</i>	12
2.4.	<i>Неисправности коллекторных двигателе. ....</i>	12
3.	Описание лабораторного стенда .....	13
4.	Ход работы.....	14
	Библиографический список .....	14

## 1 Цель и задачи работы

Цель работы: изучить особенности построения электроприводов на базе универсальных коллекторных двигателей, освоить устройства двигателя, схему подключения, достоинства недостатки УКД, области применения.

Данная работа входит в состав модуля «Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств», выполняется в ходе лабораторного занятия «Исследование работы привода на базе универсального коллекторного электродвигателя».

Выполнение работы ориентировано на формирование у студентов следующих элементов профессиональных компетенций:

ПК-1 – способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники

ПК-11 – способностью производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием

ПК-13 – Готовностью участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний

По итогам выполнения и защиты работы студент должен владеть следующими знаниями, навыками и умениями, представленными в табл. 1

Табл. 1 Уровни сформированности компетенций

<b>Уровни сформированности компетенций</b>		
<b>Пороговый (удовлетворительный)</b>	<b>Продвинутый (хороший)</b>	<b>Высокий (отличный)</b>
<b>знать:</b> основные методы разработки математических моделей приводов на базе УКД	<b>знать:</b> основные методы разработки математических моделей автоматизированных приводов на базе УКД	<b>знать:</b> методы разработки математических моделей и методы численного моделирования автоматизированных приводов на базе УКД
<b>уметь:</b> рассчитать основные параметры электропривода на базе УКД	<b>уметь:</b> рассчитать основные параметры и характеристики электропривода на базе УКД	<b>уметь:</b> определить параметры электропривода на базе УКД и характеристики регулятора
<b>владеть:</b> навыками постановки натурального эксперимента с УКД	<b>владеть:</b> навыками постановки натуральных экспериментов с УКД и их анализа	<b>владеть:</b> навыками проведения натуральных испытаний управляемого электропривода на базе УКД

## **2. Краткие теоретические сведения**

Коллекторные двигатели получили широкое применение не только в электроинструменте (дрели, шуруповёрты, болгарки и т.д), мелких бытовых приборах (миксеры, блендеры, соковыжималки и т.п), но и в стиральных машинах в качестве двигателя привода барабана. Коллекторные моторы более компактные, мощные и простые в управлении. Этим и объясняется их столь массовое применение.

## 2.1. Устройство универсального коллекторного двигателя

Коллекторный двигатель - это однофазный двигатель с последовательным возбуждением обмоток, предназначенный для работы от сети переменного или постоянного тока.

Большинство коллекторных двигателей применяемых в бытовых мехатронных устройствах имеют конструкцию и внешний вид представленный на рисунке 1.

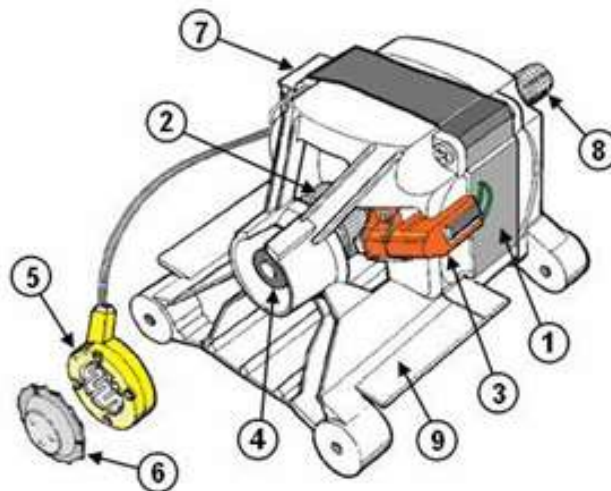


Рис. 1 Коллекторный электродвигатель стиральной машины: 1 – статор, 2 – коллектор, 3 – щетка коллекторного узла, 4 – магнитный ротор тахогенератора, 5 – обмотки тахогенератора, 6 – стопорная крышка тахогенератора, 7 – клеммная колодка двигателя, 8 – шкив, 9 – корпус двигателя.

Данный двигатель имеет ряд таких основных частей как: статор (с обмоткой возбуждения), ротор, щетка (скользящий контакт, всегда применяются две щётки), тахогенератор (магнитный ротор которого крепится к торцевой части вала ротора, а катушка тахогенератора фиксируется стопорной крышкой или кольцом). Все составные части скрепляются в единую конструкцию двумя алюминиевыми крышками, которые образуют корпус двигателя. На клеммную колодку выводятся контакты обмоток статора, щёток, тахогенератора необходимые для подключения к электрической схеме. На вал ротора запрессован шкив, через который посредством ременной передачи приводится в движение барабан стиральной машины.

Чтобы в дальнейшем лучше понять как работает коллекторный двигатель, давайте рассмотрим устройство каждого из его основных узлов.

## Ротор УЖД



Рис.2 Ротор (якорь) коллекторного двигателя

Ротор (якорь) - вращающаяся (подвижная) часть двигателя (Рис.2). На стальной вал устанавливается сердечник, который для уменьшения вихревых токов изготавливают из наборных пластин электротехнической стали. В пазы сердечника укладываются одинаковые ветви обмотки, выводы которых прикреплены к контактным медным пластинам (ламелям), образующие коллектор ротора. На коллекторе ротора в среднем может быть 36 ламелей располагающихся на изоляторе и разделённые между собой зазором. Для обеспечения скольжения ротора, на его вал запрессовываются подшипники, опорами которых служат крышки корпуса двигателя. Так же, на вал ротора запрессован шкив с проточенными канавками для ремня, а на противоположной торцевой стороне вала есть отверстие с резьбой в которое прикручивается магнитный ротор тахогенератора.

## Статор УКД



Рис.3 Статор коллекторного двигателя (вид с торца)

Статор - неподвижная часть двигателя (Рис.4). Для уменьшения вихревых токов, сердечник статора выполнен из наборных пластин электротехнической стали образующих каркас, на котором уложены две равные секции обмотки соединённые последовательно. У статора почти всегда есть только два вывода обеих секций обмотки. Но в некоторых двигателях применяется так называемое секционирование обмотки статора и дополнительно имеется третий вывод между секциями. Обычно это делается из-за того, что при работе двигателя на постоянном токе, индуктивное сопротивление обмоток оказывает меньшее сопротивление постоянному току и ток в обмотках выше, поэтому задействуются обе секции обмотки, а при работе на переменном токе включается лишь одна секция, так как переменному току индуктивное сопротивление обмотки оказывает большее сопротивление и ток в обмотке меньше. В универсальных коллекторных двигателях стиральных машин применяется тот же принцип, только секционирование обмотки статора необходимо для увеличения количества оборотов вращения ротора двигателя. При достижении определённой скорости вращения ротора, электрическая схема двигателя коммутируется таким образом, чтобы включалась одна секция обмотки статора. В результате индуктивное сопротивление



снижается и двигатель набирает ещё большие обороты. Это необходимо на стадии режима отжима (центрифугирования) в стиральной машине. Средний вывод секций обмотки статора применяется не во всех коллекторных двигателях.

### **Щеточный узел УКД**



Рис.4 Щётка коллекторного двигателя

Щётка - это скользящий контакт, является звеном электрической цепи обеспечивающим электрическое соединение цепи ротора с цепью статора. Щётка крепится на корпусе двигателя и под определённым углом примыкает к ламелям коллектора. Применяется всегда как минимум пара щёток, которая образует так называемый щёточно-коллекторный узел. Рабочая часть щётки - графитовый брусок с низким удельным электрическим сопротивлением и низким коэффициентом трения. Графитовый брусок имеет гибкий медный или стальной жгутик с припаянной контактной клеммой. Для прижима бруска к коллектору применяется пружина. Вся конструкция заключена в изолятор и крепится к корпусу двигателя. В процессе работы двигателя, щётки из-за трения о коллектор стачиваются, поэтому они считаются расходным материалом.

### **Тахогенератор**

Часто для поддержания необходимой частоты вращения работа ЭКД используется датчик частоты вращения – тахогенератор, установленный в корпусе электродвигателя.



Рис.5 Тахогенератор

Тахогенератор (от др.-греч.  $\tau\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma$  - быстрота, скорость и генератор) - измерительный генератор постоянного или переменного тока, предназначенный для преобразования мгновенного значения частоты (угловой скорости) вращения вала в пропорциональный электрический сигнал. Тахогенератор предназначен для контроля скорости вращения ротора коллекторного двигателя. Ротор тахогенератора крепится напрямую к ротору двигателя и при вращении в обмотке катушки тахогенератора по закону взаимной индукции наводится пропорциональная электродвижущая сила (ЭДС). Значение переменного напряжения, считывается с выводов катушки и обрабатывается электронной схемой, а последняя в конечном итоге задаёт и контролирует необходимую, постоянную скорость вращения ротора двигателя.

Иногда в коллекторных двигателях вместо тахогенератора применяется датчик Холла.

## **2.2. Схема подключения обмоток УКД**

Коллекторный двигатель стиральной машины имеет последовательную схему подключения обмоток.

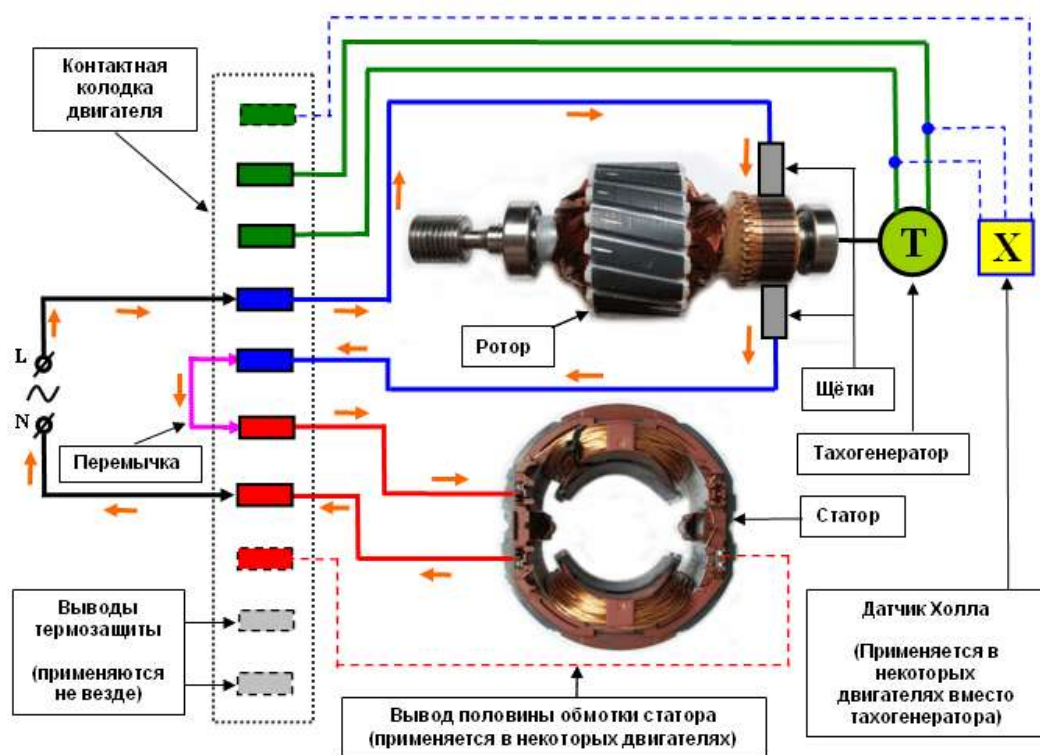


Рис.6 Схема подключения коллекторного двигателя

На схеме, жирными стрелочками условно показано направление тока по проводникам и обмоткам двигателя. От фазы (L) ток идёт через одну из щёток на коллектор, проходит по виткам обмотки ротора и выходит через другую щётку и через переключку ток последовательно проходит по обмоткам обеих секций статора доходя до нейтрали (N). Такой тип двигателя независимо от полярности подаваемого напряжения вращается в одну сторону, так как за счёт последовательного соединения обмоток статора и ротора смена полюсов их магнитных полей происходит одновременно и результирующий момент остаётся направленным в одну сторону. Для того, чтобы двигатель начал вращаться в другую сторону, необходимо лишь изменить последовательность коммутации обмоток.

Пунктирной линией обозначены элементы и выводы, которые задействованы не во всех двигателях. Например датчик Холла, выводы термозащиты и вывод половины обмотки статора. При запуске коллекторного двигателя напрямую, подключаются только обмотки статора и ротора (через щётки).

### ***2.3. Достоинства и недостатки универсальных коллекторных двигателей***

К достоинствам можно отнести: компактные размеры, большой пусковой момент, быстроходность и отсутствие привязки к частоте сети, возможность плавного регулирования оборотов (момента) в очень широком диапазоне — от нуля до номинального значения — изменением питающего напряжения, возможность применения работы как на постоянном, так и на переменном токе.

Недостатки - наличие коллекторно-щёточного узла и в связи с этим: относительно малая надёжность (срок службы), искрение возникающее между щётками и коллектором из-за коммутации, высокий уровень шума, большое число деталей коллектора.

### ***2.4. Неисправности коллекторных двигателей***

Самая уязвимая часть двигателя - коллекторно-щёточный узел. Даже в исправном двигателе, между щётками и коллектором происходит искрение, которое довольно сильно нагревает его ламели. А при стачивании щёток до предела и вследствие их плохого прижима к коллектору, искрение порой достигает кульминационного момента представляющего электрическую дугу. В этом случае ламели коллектора сильно перегреваются и иногда отслаиваются от изолятора, образуя неровность, после чего, даже заменив изношенные щётки, двигатель будет работать с сильным искрением, что приведёт его к выходу из строя.

А иногда происходит межвитковое замыкание обмотки ротора или статора (значительно реже), что так же проявляется в сильном искрении коллекторно-щёточного узла (из-за повышенного тока) или ослаблении магнитного поля двигателя, при котором ротор двигателя не развивает полноценный крутящий момент.

Щётки в коллекторных двигателях при трении о коллектор со временем стачиваются. Поэтому большая часть всех работ по ремонту двигателей сводится к замене щёток. Стоит отметить, что надёжность коллекторного двигателя во многом зависит от того, насколько качественно и грамотно производители подходят к технологическому процессу его изготовления и сборки.

### 3. Описание лабораторного стенда

Структурная схема лабораторного стенда показана на рис. 7.

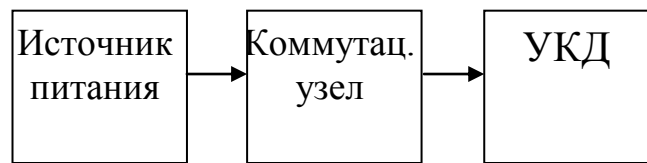


Рис. 7 Схема лабораторного стенда

Внешний вид стенда покажем на рис. 8.

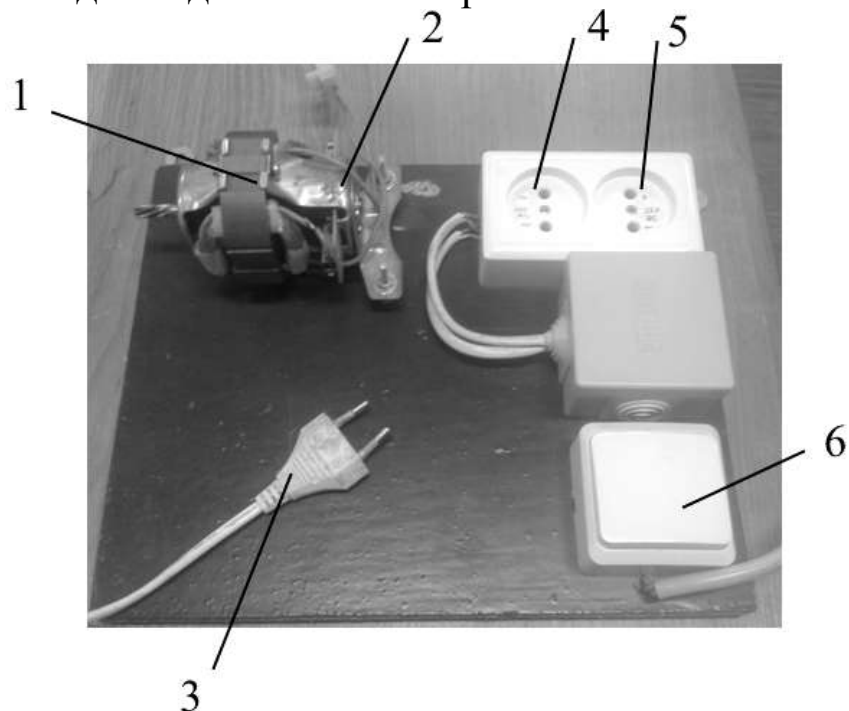


Рис. 8. Внешний вид лабораторного стенда

Стенд состоит из следующих основных элементов:

- 1 – универсальный коллекторный двигатель;
- 2 – коллекторный узел;
- 3 – вилка подключения УКД к разъемам питания;
- 4 – разъем питания постоянного тока
- 5 – разъем питания переменного тока
- 6 – выключатель двигателя УКД

#### **4. Ход работы**

1. Изучить теоретические основы устройства и принципа работы УКД.
2. Используя лабораторный стенд, определить расположение конструктивных узлов электродвигателя.
3. Подключить лабораторный стенд к сети.
4. Запустить электродвигатель от переменного тока.
5. Измерить ток обмоток с помощью цифрового амперметра, записать показания.
6. Подключить электродвигатель от постоянного тока.
7. Измерить потребляемый ток, сравнить со значениями полученными ранее.
8. Отключить стенд от сети.
9. Подготовить отчет с объяснением полученных результатов.

#### **Библиографический список**

1. Беспалов В.Я. Электрические машины: учебник. М. Академия, 2013.
2. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М.: Издательский центр “Академия”, 2004.
3. Ключев В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1998.
4. Хорьков К.А., Хорьков А.К. Электромеханические системы. Томск, Изд-во ТПУ, 1999.
5. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных устройств: Учеб. пособие. — М. : Станкин, 1998. — 126 с.
6. Егоров. Конструирование мехатронных модулей. — М.: ИЦ МГТУ Станкин, 2004.
7. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода. М.: Инфра-м, 2004.