

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Аналитический центр при правительстве России: Оптимизация освещения. Бюллетень-2015, 48с.
2. Электронный ресурс «Освещение торговых центров»: <http://www.tdmegaprom.ru>. Дата обращения 04.03.17. Доступ свободный.
3. Электронный ресурс «Интеллектуальная система управления светодиодным освещением»: <https://comptek.ru>. Дата обращения 01.03.17. Доступ свободный.

Научный руководитель: С.Н. Кладиев, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

## СЕРВОДВИГАТЕЛИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

И.В. Никитин

Томский политехнический университет  
ЭНИН; ЭПЭО; группа 5Г4Б

### Актуальность

Технический прогресс и конкуренция приводят к постоянному росту производительности и повышению степени автоматизации технологического оборудования. При этом возрастают требования, предъявляемые к регулируемым электроприводам, по таким параметрам, как диапазон регулирования частоты вращения, точность позиционирования и перегрузочная способность.

Для обеспечения предъявляемых требований разработаны высокотехнологичные устройства современного электропривода — сервоприводы. Это такие системы привода, которые в широком диапазоне регулирования скорости гарантируют высокоточные процессы движения и реализуют их хорошую повторяемость. Сервоприводы являются наиболее высокотехнологичной ступенью электропривода.

### Устройство серводвигателя

Серводвигатель - это вращающийся двигатель с датчиком обратной связи, который позволяет точно контролировать угловое положение, скорость и ускорение исполнительного механизма. Серводвигатель используется в составе сервомеханизма и для работы требует относительно сложную систему управления, которая обычно разрабатывается специально для использования с серводвигателем.

Серводвигатели не являются отдельным классом электродвигателей, несмотря на то, что термин серводвигатель часто используется для указания на электродвигатель, который предназначен для использования в замкнутой системе управления.

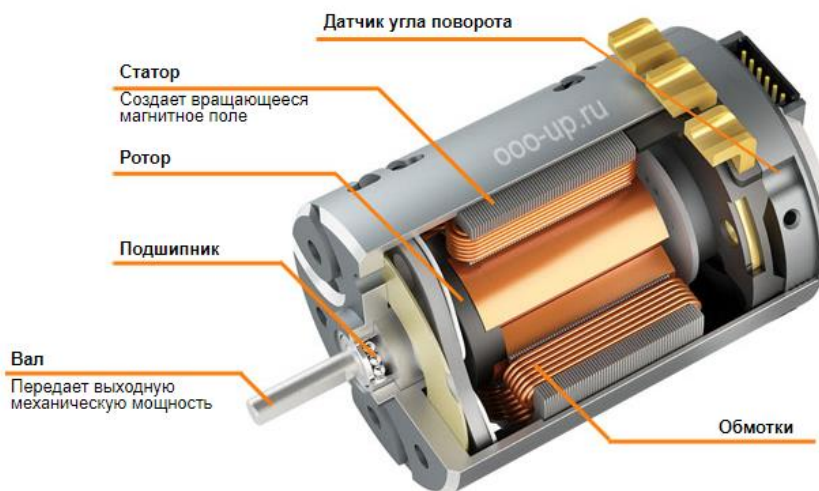


Рис. 1. Стандартная конструкция электрического серводвигателя

К электродвигателям, предназначенным для использования в сервомеханизмах, обычно предъявляются жесткие требования. Ключевую роль при выборе двигателя играет его механическая характеристика, а так же параметры, определяющие динамические характеристики, такие как индуктивность обмоток и момент инерции ротора. Эти параметры в итоге определяют общие параметры сервомеханизма. Большие, мощные, медленно реагирующие замкнутые сервоконтуров могут использовать обычные электродвигатели постоянного и переменного тока. Но в основном в серводвигателях используются СДПМ и СРД так как они имеют лучшие показатели (мощность/объем, момент/инерция) в сравнении с другими двигателями. В сервосистемах широко применяется конструкция электродвигателя с полым ротором, что позволяет улучшить динамические характеристики системы.

Как известно серводвигатели сочетают в себе достаточно большую мощность и компактность. Однако данные моторы могут функционировать, только если в наличии имеется электронный блок. Связка сервомотора и электронного управляющего модуля именуется – сервоприводом. Одно из основных достоинств сервомоторов перед ШД (шаговыми двигателями), это, безусловно, плавностью хода. Присутствие обратной связи создает условия для точного позиционирования положения, а также скорости вращения вала сервомотора.

#### Отличие от шаговых двигателей

Как правило, шаговые двигатели для управления их работой тоже требуют наличия электронных блоков, однако в отличие от сервомоторов они не требуют обратной связи и функционируют в своем дискретном режиме. Непосредственно сам шаговый двигатель – это электродвигатель особой конструкции, который преобразует задающие ему импульсы в дискретное перемещение с определенным количеством шагов.

#### Принцип работы

Основным аспектом функционирования серводвигателей является условия его работы в рамках системы G-кодов, то есть команд управления, содержащихся в специальной программе. Если рассматривать данный вопрос на примере ЧПУ, то сервомоторы функционируют во взаимодействии с преобразователями, которые изменяют величину напряжения на якоре или на возбуж-

дающей обмотке двигателя, исходя из уровня входного напряжения. Обычно управление всей системой производится с помощью стойки ЧПУ. При получении команды из стойки пройти определенное расстояние вдоль координатной оси  $X$ , в субблоке цифрового аналогового преобразователя стойки создается напряжение некоторой величины, которое передается для питания привода указанной координаты. В сервомоторе начинается вращение ходового винта, с которым связан энкодер и исполнительный орган станка. В первом происходит выработка импульсов, подсчитываемых стойкой. Программа предусматривает, что некоторое количество сигналов с энкодера соответствует определенному расстоянию прохождения исполняющего механизма. При получении нужного количества импульсов аналоговый преобразователь выдает нулевое значение выходного напряжения, и сервомотор останавливается. В случае смещения под внешним воздействием рабочих элементов станка на энкодере формируется импульс, обсчитываемый стойкой, на привод подается напряжение рассогласования, и якорь двигателя поворачивается до получения нулевого значения рассогласования. В результате обеспечивается точное удержание рабочего элемента станка в заданном положении.

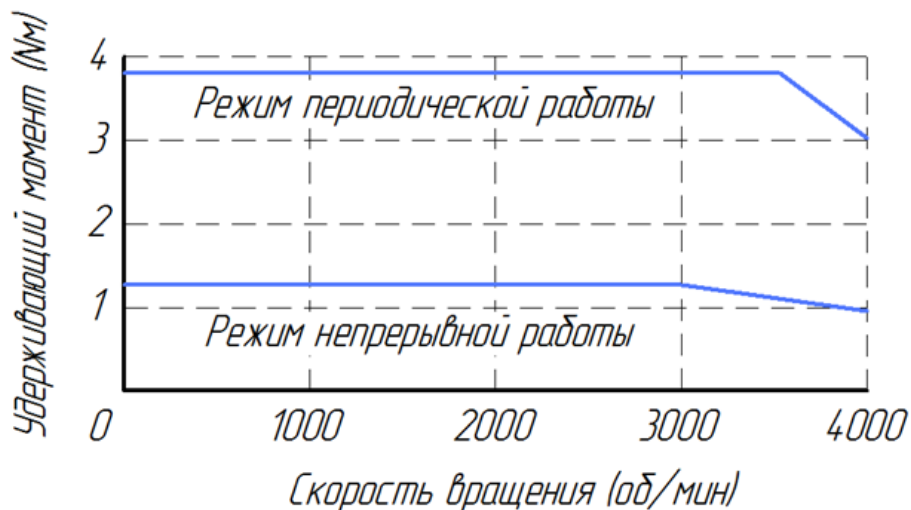


Рис. 2. Механические характеристики серводвигателя

#### Разновидности серводвигателей

Как и другие устройства, серводвигатели представлены в нескольких исполнениях. Такого рода изделия бывают:

1. Коллекторными;
2. Бесколлекторными.

Устройства могут работать на постоянном и переменном токе. Сервомоторы переменного напряжения являются сравнительно дешевыми. Изделия также представлены на рынке в асинхронном и синхронном исполнении. В синхронном варианте в процессе работы изделия перемещение магнитного поля совпадает с вращением ротора, поэтому их направление относительно статора совпадает. Управление асинхронными устройствами производится за счет перемены параметров питающего тока (изменение его частоты с помощью инвертора). Для серводвигателей, которые имеют привод с помощью постоянного тока, предусмотрена маркировка аббревиатурой DC. Такого типа изделия в

большинстве случаев применяются в оборудовании, предназначенном для бесперывной работы, поскольку их отличает большая стабильность при эксплуатации.

#### Преимущества и недостатки серводвигателей

Серводвигатели обладают бесшумностью и плавностью работы. Это надежные и безотказные изделия, благодаря чему их широко используют при создании ответственных исполнительных устройств. Высокая скорость и точность перемещения могут обеспечиваться также и на невысоких скоростях. Такой двигатель может быть подобран пользователем в зависимости от предстоящих разрешаемых задач. К недостаткам следует отнести высокую стоимость модуля, а также сложность его настройки. Производство серводвигателей требует наличия высокотехнологичного промышленного оборудования.

Таким образом, потребители могут приобрести серводвигатели, которые наиболее всего соответствуют условиям предстоящей эксплуатации, создав исполнительное устройство, отличающееся высокой надежностью и функциональностью.

Серводвигатели находят свое применение:

- в станкостроении (фрезерные, токарные станки (привода подач), обрабатывающие центры и др.);
- в системах позиционирования в координатных столах (плазменная, лазерная резка и др.);
- в пищевой промышленности (упаковочные автоматы, системы протяжки, «Летающая пила», «Летающий нож»);
- в машиностроении;
- в деревообрабатывающей промышленности;
- в металлургической промышленности;
- в роботостроении;
- в строительстве («умный дом»);
- в шинной индустрии;
- в медицине;
- в лабораторных установках различных научных институтов и производственных предприятиях.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Техника и человек | О состоянии человеческого духа - инженерии.  
URL: <http://zewerok.ru/servodvigatel/> (дата обращения 07.09.17).
2. Инженерные решения - Интеграция систем контроля, автоматизации и мониторинга  
URL: <http://engineering-solutions.ru/motorcontrol/servomotor/> (дата обращения 07.09.17).
3. "Каменский станкостроительный завод"  
URL: <https://777russia.ru/pages/view/?view=articles&id=34> (дата обращения 07.09.17).

4. Школа для электрика - Использование сервоприводов при автоматизации оборудования, URL: <http://electricalschool.info/main/drugoe/226-ispolzovanie-servoprivodov-pri.html> (дата обращения 07.09.17).

Научный руководитель: С.Н. Кладиев, к.т.н., доцент кафедры ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБМОТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

О.С. Рукавицын

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5ГМ71

### **Актуальность**

В настоящее время асинхронные электродвигатели являются наиболее распространенными и востребованными электрическими машинами. В свою очередь увеличение числа эксплуатируемых машин приводит и к увеличению числа повреждений. Наиболее распространенным повреждением короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя (АД) является обрыв его стержней, что приходится на более чем 80 % всех повреждений обмотки ротора [1]. Дефекты обмотки ротора в настоящее время можно выявить только в период капитальных ремонтов. Ущерб при эксплуатации асинхронного двигателя с поврежденными стержнями обмотки ротора выражается в повышенном потреблении электроэнергии, при этом стоимость перерасхода электроэнергии за год работы АД с дефектом в обмотке ротора нередко превышает его стоимость. Из вышесказанного следует, что существует острая потребность в выявлении повреждений обмотки ротора АД без выведения двигателя из эксплуатации.

### **Оценка ущерба от дефектов асинхронных электродвигателей**

В качестве примера в таблице 1 представлены результаты расчетов токов и энергетических показателей асинхронного двигателя АО-31-4 без повреждений и с повреждениями одного или нескольких стержней [2, 3].

Табл. 1. Энергетические показатели АД при повреждении ротора

Режим работы	Ток фазы, А	Перерасход электроэнергии, %	Потребляемая мощность Р, кВт
Без повреждения	5,3577	-	2,927
При повреждении 1 стержня	5,4646	2,46	2,999
При повреждении 2 стержней	5,6617	6,79	3,126
При повреждении 3 стержней	5,8295	10,35	3,230

При повреждении одного, двух и трех стержней ротора фазный ток увеличивается на 2,00 %, 5,67 % и 8,81 %. При этом расход электроэнергии возрастает на 2,46 %, 6,79 % и 10,35 %. Исходя из полученных результатов дополни-