

## **ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВИДОВ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГРЕБНОГО ВИНТА**

### **Богданов Владислав Дмитриевич**

магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического приборостроения, РФ, г. Санкт-Петербург

### **Комендантов Андрей Юрьевич**

магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического приборостроения, РФ, г. Санкт-Петербург

### **Бурдин Роман Александрович**

магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического приборостроения, РФ, г. Санкт-Петербург

### **Давудян Артур Унанович**

магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического приборостроения, РФ, г. Санкт-Петербург

Электрическая двигательная установка для судов должна иметь мощный электродвигатель, который обеспечивает нагрузочные характеристики, которые могут обеспечить большой крутящий момент на низкой скорости.

Электрические машины, установленные во внутренних судовых помещениях, испытывают воздействие атмосферы с высокой влажностью, иногда содержащей пары нефтепродуктов, масел и т.п., а также достаточно высокой температуры окружающей среды. Кроме того, электрические машины, как всякое другое оборудование, установленное на судах, находятся под воздействием вибрации, тряски, качки, кренов и дифферента, а иногда и ударных сотрясений.

Судовые электрические машины наряду с надлежащими рабочими характеристиками должны обладать высокой надежностью в работе, минимально возможными массой, габаритами и стоимостью, максимально возможным КПД, создавать минимальный шум и незначительные помехи радиоприему.

Очень важно, чтобы все электрооборудование на судах отвечало этим требованиям, так как суда длительное время могут находиться в автономном плавании, без захода в порты, где есть ремонтные базы, а возможности ремонта оборудования на самих судах ограничены.

Требование минимальных габаритов машин объясняется необходимостью получения максимально возможных площадей на судне для размещения основного груза, который ему предназначено перевозить. Уменьшение массы оборудования позволит увеличить грузоподъемность судов при данном водоизмещении.

Уровень шума в помещениях сильно сказывается на утомляемости находящихся в них людей. Поэтому очень важно, чтобы работа машин сопровождалась низким уровнем шума с определенным (наименее вредным для человека) диапазоном частот.

# 1. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

## 1.1 Устройство и принцип действия

Само слово «асинхронный» — означает неодновременный или не совпадающий по времени. У таких двигателей частота вращения ротора отстаёт от частоты вращения электромагнитного поля статора.

Асинхронные электрические двигатели бывают двух видов – с фазным ротором и короткозамкнутым ротором. Фазный ротор отличается от короткозамкнутого наличием в его конструкции специальной обмотки с выводом на контактные кольца.

Принцип работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором достаточно прост: электрический ток, подаваемый на обмотки статора, образует вращающееся электромагнитное поле, при вращении которого в статоре образуется собственный электрический ток и электромагнитное поле. Взаимодействие двух этих полей приводит во вращение ротор машины.

Для электродвигателей с фазным ротором принцип тот же. Напряжение подается на статор и на ротор, образуя при этом два вращающихся электромагнитных поля, которые взаимодействуют друг с другом.

## 1.2 Достоинства и недостатки

Основные достоинства и недостатки двигателя с короткозамкнутым ротором:

- достаточно простое в изготовлении устройство, а в следствии имеет меньшую цену по сравнению с другими электродвигателями;
- скорость вращения вала практически не изменяется с увеличением нагрузки;
- хорошая переносимость кратковременных перегрузок;
- возможность подключения трехфазного двигателя в однофазную сеть;
- надежность и возможность эксплуатации практически в любых условиях;
- наличие высокого показателя КПД и коэффициента мощности.

Недостатки:

- невозможно контролировать частоту вращения ротора без потери мощности;
- увеличение нагрузки способствует уменьшению момента;
- маленький пусковой момент по сравнению с другими электродвигателями;
- недогрузка способствует увеличению коэффициента мощности;
- высокое значение пускового тока.

Основные достоинства и недостатки двигателя с короткозамкнутым ротором:

- по сравнению с короткозамкнутыми двигателями, имеет достаточно большой вращающий момент. Что позволяет его запускать под нагрузкой;
- может работать с небольшим перегрузом, при этом частота вращения вала практически не меняется;
- небольшое значение пускового тока;

- возможность применения автоматических пусковых устройств;

Недостатки:

- большие габариты;
- показатели КПД и коэффициента мощности меньше, чем у двигателей с короткозамкнутым ротором;
- необходимость обслуживания щётчного механизма.

## 2. СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

### 2.1 Устройство и принцип действия

Синхронные двигатели получили широкое применение в промышленности для электроприводов, работающих с постоянной скоростью. В последнее время, вследствие появления преобразовательной полупроводниковой техники, разрабатываются регулируемые синхронные электроприводы. Все это существенно расширяет сферу применения синхронных электродвигателей.

Принцип действия синхронного двигателя основан на взаимодействии вращающегося электромагнитного поля якоря и постоянных магнитных полей полюсов индуктора. Обычно якорь расположен на статоре, а индуктор — на роторе. В мощных двигателях в качестве полюсов используются электромагниты, в маломощных — постоянные магниты. Именно конструкция ротора и определяет наиболее существенное отличие синхронных электродвигателей от асинхронных.

### 2.2 Достоинства и недостатки

Достоинства синхронного двигателя:

- возможность получения оптимального режима по реактивной энергии, который осуществляется путем автоматического регулирования тока возбуждения двигателя;
- двигатель может работать, не потребляя и не отдавая реактивной энергии в сеть, при коэффициенте мощности равным единице. В этих условиях работающий синхронный двигатель нагружает сеть только активным током.
- меньшая чувствительность к колебаниям напряжения сети, чем у асинхронных электродвигателей;
- высокая перегрузочная способность. Кроме при этом, перегрузочная способность синхронного двигателя может быть автоматически увеличена за счет повышения тока возбуждения, например, при резком кратковременном повышении нагрузки на валу двигателя;
- скорость вращения синхронного двигателя остается неизменной при любой нагрузке на валу в пределах его перегрузочной способности.

Недостатки синхронного двигателя:

- высокая сложность конструкции;
- сравнительная сложность пуска;
- трудности с регулированием скорости вращения, которое возможно только путем изменения частоты питающего напряжения.

## 3. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

### 3.1 Устройство и принцип действия

Электродвигатели постоянного тока по конструкции подобны синхронным двигателям переменного тока, с разницей в типе тока. Вращающейся частью двигателя служит якорь, на который подается питание через коллектор и щеточный механизм. Он совершает вращательное движение в электромагнитном поле, образованном полюсами статора (корпуса двигателя). Якорь изготавливается из нескольких обмоток, уложенных в его пазах.

### 3.2 Достоинства и недостатки

Достоинства двигателя постоянного тока:

- небольшие габаритные размеры;
- легкое управление;
- простая конструкция.
- возможность применения в качестве генераторов тока;
- быстрый запуск;
- возможность плавной регулировки скорости вращения вала.

Недостатки двигателя постоянного тока:

- для подключения и эксплуатации необходимо приобретать специальный блок питания постоянного тока;
- двигатели невысокой мощности имеют низкий КПД;
- высокая стоимость;
- наличие расходных элементов в виде медно-графитных быстроизнашивающихся щеток и коллектора, что значительно снижает срок эксплуатации, и требует периодического технического обслуживания.

## 4. ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

### 4.1 Устройство и принцип действия

Вентильно-индукторный двигатель (ВИД) – это относительно новый тип электромеханического преобразователя энергии, который сочетает в себе свойства и электрической машины, и интегрированной системы регулируемого электропривода. Как всякий электродвигатель, он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую энергию, передаваемую в нагрузку. Как система регулируемого электропривода, ВИД дает возможность осуществлять управление этим процессом в соответствии с особенностями конкретной нагрузки: регулировать частоту вращения, момент, мощность и так далее.

ВИД представляет собой достаточно сложную электромехатронную систему, в ее состав входят: индукторная машина (ИМ), преобразователь частоты, система управления и датчик положения ротора (ДПР). Функциональное назначение этих элементов ВИД очевидно: преобразователь частоты обеспечивает питание фаз ИМ однополярными импульсами напряжения прямоугольной формы; ИМ осуществляет электромеханическое преобразование энергии, система управления в соответствии с заложенным в нее алгоритмом и сигналами обратной связи, поступающими от датчика положения ротора, управляет данным процессом.

Двигатель состоит из неподвижного статора, на зубцах которого расположена сосредоточенная обмотка, и подвижного зубчатого ротора. Пакеты статора и ротора набраны

из листов электротехнической стали. Обмотка состоит из концентрических катушек, соединенных в группы. Каждая фаза двигателя питается от полумостового инвертора.

В основе принципа действия ВИД лежит изменение индуктивности обмотки в зависимости от углового положения ротора относительно статора. Инвертор фазы ВИД классического исполнения строит по так называемой полумостовой схеме. Такая конфигурация силовой части обеспечивает все требуемые режимы.

#### 4.2 Достоинства и недостатки

Достоинства вентильно-индукторного двигателя:

- сохранение высокого значения КПД двигателя, близкого к номинальному;
- меньшие пульсации электромагнитного момента;
- точность управления моментом, возможность регулирования частоты вращения в широком диапазоне, более качественный плавный пуск;
- простота конструкции магнитопроводов статора и ротора и катушечных обмоток двигателя, не имеющих пересекающихся лобовых частей, обеспечивает высокую технологичность при изготовлении, повышенную надежность и низкое количество отказов, долговечность и ремонтпригодность;
- ротор не имеет обмоток, потери в стали ротора незначительны, поэтому от него не требуется отвода тепла;
- каждая секция может рассматриваться как независимая обмотка;
- секционирование статорной обмотки двигателя существенно повышает надежность электропривода, так как при выходе из строя одного силового канала остальные остаются в рабочем состоянии.

Недостатки вентильно-индукторного двигателя

- сложное управление (работа возможно только с преобразователем частоты);
- высокий уровень шумов и вибраций;
- высокая стоимость.

Вентильно-индукторный двигатель представляет собой относительно новый тип электромеханического преобразователя энергии. Поэтому его продвижение на рынке происходит достаточно медленно. Наиболее целесообразно использовать ВИД в качестве электропривода механизмов, в которых по условиям работы требуется осуществление регулирования в широком диапазоне частоты вращения. Эффективность использования ВИД существенно повышается, если необходимость регулирования частоты вращения сочетается с тяжелыми условиями работы, как это имеет место быть в составе электрического транспорта.

#### Список литературы:

1. «Проектирование электрических машин». И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев – 2005;
2. Пат. 2237338, МКИ 7 Н 02 К 19/06, 1/06. Индукторный двигатель / В.Н. Давыдов, Б.В. Никифоров, А.П. Темиров и др. – зарегистрирован в Государственном реестре изобретений 27.09.2004;

3. Хомяк В.А. Перспективы применения вентильно-индукторных электро- приводов в составе системы электродвижения кораблей и судов / В.А. Хомяк, А.П. Темирев, Нгуен Куанг Кхоа и др. // VIII Международная (XIX Всероссийская) конференция по автоматизированному электроприводу АЭП-2014., г. Саранск, 07-09 октября 2014г./ МГУ им. Н.П. Огарева, 2014. -С. 139-143.