

*Суходуева М.О., Чистякова Н.С. Электродвигатели, основанные на технологии осевого потока // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №12 (декабрь). – АРТ 572-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>*

**РУБРИКА: ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 004**

**Суходуева Мария Олеговна**

студентка 2 курса магистратуры группы АЭМм-17  
факультет «Электроснабжения промышленных предприятий»  
Магнитогорский Государственный Технический Университет  
им. Г.И. Носова  
Россия, г. Магнитогорск  
e-mail: [mkoot@mail.ru](mailto:mkoot@mail.ru)

**Чистякова Наталья Сергеевна**

студентка 2 курса магистратуры группы АПОм-17  
факультет «Бизнес информатики и информационных технологий»  
Магнитогорский Государственный Технический Университет  
им. Г.И. Носова  
Россия, г. Магнитогорск  
e-mail: [tsepesh.n@yandex.ru](mailto:tsepesh.n@yandex.ru)

**ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ОСНОВАННЫЕ НА ТЕХНОЛОГИИ  
ОСЕВОГО ПОТОКА**

*Аннотация:* В статье описан принцип действия электродвигателей, работающие с осевым потоком. Представлены преимущества его использования.

*Ключевые слова:* электродвигатели, радиальный поток, осевой поток, электропривод.

**Sukhodeeva Maria Olegovna**

2nd year student of the master's group AEMm-17

Faculty "Power supply of industrial enterprises"

Magnitogorsk State Technical University

them. G.I. Nosova

Russia, Magnitogorsk

**Chistyakova Natalia Sergeevna**

2nd year undergraduate student of the APOm-17 group

Faculty "Business Informatics and Information Technologies"

Magnitogorsk State Technical University

them. G.I. Nosova

Russia, Magnitogorsk

**ELECTRIC MOTORS BASED ON AXIAL FLOW TECHNOLOGY**

*Abstract:* The article describes the advantages of using electric motors that operate with an axial flow.

*Keywords:* electric motors, radial flow, axial flow, electric drive.

Сегодня большинство электрических машин работают с радиальным потоком (RF). Поскольку данные двигатели обеспечивают высокую мощность и момент при малых габаритах, но в условиях постоянной конкуренции и развития технологий, а также новых требований данный тип двигателей уже не способен удовлетворить рынок где габариты, малый вес и высокая мощность и момент крайне необходимы. Подобными отраслями является как развивающаяся робототехника, электромобили так и военные и космические направления.

Однако компания Magnaх предлагает новую концепцию - машину, которая работает с осевым потоком (AF). На рисунке 1 представлено сравнение технологий RF и AF.

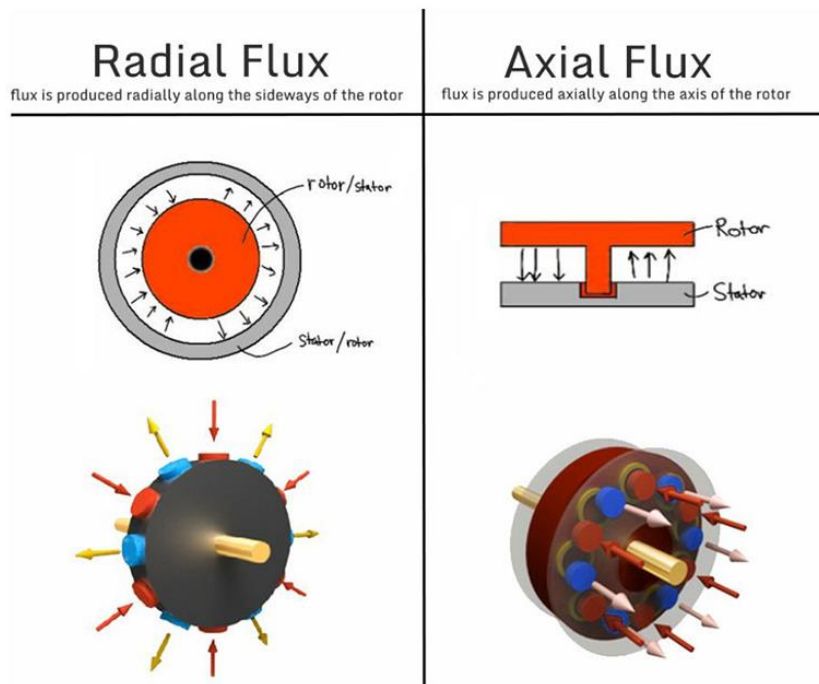


Рисунок 1. Сравнение машин с радиальным и осевым потоком.

Компания Magnaх обращает внимание, что ключом к высокой плотности мощности является бесфокусная конструкция двигателя с двумя роторами на каждой стороне двигателя. Двигатели AF имеют более короткий путь потока, а постоянные магниты находятся дальше от оси, что приводит к большей эффективности и рычагу вокруг центральной оси. Кроме того, благодаря конструкции с осевым потоком очень мало расходуется меди на нависающие петли на обмотках. Двигатели имеют нулевой вылет, то есть 100% обмоток активны.

Технология масштабируется от небольших двигателей, например, электромобилей до крупных ветрогенераторов.

По данным компании, генератор постоянного магнита с осевым магнитным потоком (AFPM) мощностью 100 кВт для ветровой турбины среднего размера предлагает следующие преимущества:

- Повышенная эффективность (+ 96%, до 97% для более крупных генераторов).
- Уменьшенная длина (в 5–8 раз короче, чем у традиционных ветровых турбин).
- Уменьшенная масса (в 2–5 раз легче, чем у редукторов или традиционных редукторов с прямым приводом).
- Снижение требований к ресурсам (требуется  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{1}{3}$  материалов по сравнению с традиционными высокочастотными генераторами с прямым приводом, что также приводит к снижению затрат).
- Конструктивные особенности осевого флюса Magnax включают в себя:
  - Двойные роторы с постоянными магнитами для максимально возможного отношения крутящего момента к весу.
  - Медный провод прямоугольного сечения, для 90% возможного коэффициента заполнения меди.
  - Концентрированные обмотки для наименьших возможных потерь в меди
  - Высокоэффективная текстурированная электротехническая сталь, снижающая потери в сердечнике на 85%.
  - Запатентованная система охлаждения обмоток для самых низких температур статора.

- Вся производственная цепочка основана на недорогих и легко масштабируемых производственных процессах.

Двигатели АФРМ хорошо работают при очень широком диапазоне скоростей вращения, что делает их пригодными для применений с высокой скоростью, низким крутящим моментом и низкой скоростью, с высоким крутящим моментом.



Рисунок 2. Сравнение мотора BMW I3 и Magnax AXF225.

Двигатели АФ более компактны, потому что они более эффективны с электромагнитной точки зрения, чем двигатели РФ, что часто имеет решающее значение для встроенных приложений, например, в транспортных средствах. Тонкая и легкая конструкция обеспечивает более высокую мощность и крутящий момент. Хорошим примером является сравнение двигателя BMW I3, который имеет вес 41 кг для пиковой мощности 125 кВт, и Magnax AXF225, который имеет вес 14 кг для пиковой мощности 170 кВт (рис. 2).

В настоящее время в решениях для электрических машин преобладают комбинации стандартных асинхронных двигателей и коробок передач. Эти асинхронные двигатели имеют типичный максимальный КПД ниже 90% при полной нагрузке и ниже при частичной нагрузке. Они также часто производят длинные, массивные приводы.

В новых концепциях машин используются постоянные магниты для генерации постоянного магнитного поля и, следовательно, для создания потока. В результате плотность мощности и динамические характеристики машин с постоянными магнитами выше, чем у машин с индукционным или электрическим возбуждением, где магнитное поле должно создаваться посредством электрического тока.

Радиальные (RF) двигатели с прямым приводом (DD) являются альтернативным решением для преодоления проблем эффективности и надежности традиционных решений, связанных, прежде всего, с коробками передач. Двигатели DD устраняют коробку передач и подключают генератор или двигатель, подключенный непосредственно к нагрузке. Чтобы это решение было эффективным, двигатель / генератор должен быть в состоянии обеспечить необходимый крутящий момент привода напрямую и на низкой скорости, что требует совершенно новой конструкции двигателя / генератора.

Принципиально другой подход к прямому приводу заключается в размещении двух комплектов магнитов параллельно друг другу, перпендикулярно оси вращения. Эта топология с осевым потоком обеспечивает приводы, которые являются менее широкими и тяжелыми, чем приводы RF DD. Будучи более компактными, двигатели AF DD могут достигать более высокой эффективности, чем их аналоги RF DD.

Обмотки в приводах AF расположены глубоко внутри статора и между двумя дисками ротора, что представляет собой большую проблему с точки зрения охлаждения, чем для конструкции RF DD. Компания Magnax разработала и запатентовала новую концепцию, в которой алюминиевые элементы окружают сердечники и отводят тепло непосредственно наружу двигателя. В результате нет необходимости проталкивать жидкости через сердечники (которые могут генерировать локальные турбулентности и пузырьки воздуха, а также снижать прочность конструкции). Снаружи охлаждение осуществляется с помощью ребер охлаждения или установки водяной рубашки.

В электроприводах Magnax Axial Flux для своей сердцевины используется высокоэффективная зернисто-ориентированная электротехническая сталь (GOES) ThyssenKrupp. Зерноориентированная сталь не может использоваться с машинами RF, потому что пути потока в этих машинах следуют нелинейному 2D пути. В топологии Magnax AF зерна стали ориентированы в том же направлении, что и пути потока. Низкие потери и превосходная проницаемость материала с зернистой структурой в направлении качения (в осевом направлении) приводят к тому, что машина с 85% сниженными потерями в сердечнике статора и небольшим увеличением электромагнитного момента.

Концепция AF Magnax используется для электромоторов для электронной мобильности, где вес и размер должны быть сведены к абсолютному минимуму, обеспечивая при этом большое количество мощности и крутящего момента. В транспортных системах вес двигателя имеет решающее значение и должен быть сведен к минимуму. Двигатели AF используются для трансмиссии с плотностью мощности до 15 кВт / кг.

Пиковая эффективность этих машин может достигать 98% и остается очень высокой при частичных нагрузках.

Двигатели АФ могут быть объединены с коробками передач в различных конфигурациях трансмиссии, на шасси или в колесе. Некоторые приложения электронной подвижности требуют концепции двигателя с прямым приводом. Безредукторный дизайн значительно снижает сложность и требования к обслуживанию. Эти двигатели уже обеспечивают номинальный крутящий момент при 0 об / мин и имеют очень компактную конструкцию, поэтому они хорошо подходят для конфигураций с прямым приводом (в колесе). Для таких приложений они гарантируют, что отображение эффективности оптимизировано для более низких диапазонов оборотов (обычно скорость вращения колеса составляет 500-2000 об / мин). Конфигурации с опережением позволяют снизить вес еще больше.

Таким образом электроприводы основанные на технологии осевого потока АФ позволяют существенно снизить габариты и вес электроприводов, обеспечить их высокую встраиваемость в существующие и новые разработки, а так же снизить стоимость самих приводов в связи с меньшим расходом меди, железа и редкоземельных металлов. позволяют существенно снизить габариты и вес электроприводов, обеспечить их высокую встраиваемость в существующие и новые разработки, а так же снизить стоимость самих приводов в связи с меньшим расходом меди, железа и редкоземельных металлов.



**Список использованной литературы:**

1. newatlas.com – Официальный сайт New Atlas [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://newatlas.com/magnax-axial-flux-electric-motor/54821/> , свободный.
2. www.powerelectronics.com – Официальный сайт Power Electronics [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.powerelectronics.com/automotive/axial-flux-motors-and-generators-shrink-size-weight> , свободный.

*Дата поступления в редакцию: 11.12.2018 г.*

*Опубликовано: 17.12.2018 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018*

*© Суходуева М.О., Чистякова Н.С., 2018*