

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ

Рассматривается система управления электрического двигателя транспортного средства.

ВВЕДЕНИЕ

Системы управления электрическими двигателями стали ключевой технологией в различных областях применения, от электромобилей до промышленного оборудования. Позволяя точно контролировать скорость и крутящий момент электродвигателей, эти системы предлагают ряд преимуществ по сравнению с традиционными механическими системами, включая повышение эффективности, улучшение рабочих характеристик, сокращение технического обслуживания и снижение воздействия на окружающую среду.

В целом, разработка и внедрение систем управления электрическими двигателями представляет собой важный шаг на пути к более устойчивому и эффективному использованию энергии, и имеет потенциал для революционного изменения наших представлений о транспорте и промышленных процессах в будущем.

I. ТИПЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Электрические двигатели используются в самых разных областях, начиная от электромобилей и заканчивая промышленным оборудованием. Для управления работой электродвигателей используются различные типы систем управления. Наиболее распространенными типами систем управления электрическими двигателями являются:

1. Управление асинхронным двигателем переменного тока

Асинхронный двигатель переменного тока является наиболее широко используемым типом электродвигателя благодаря своей высокой эффективности, надежности и низкой стоимости. Асинхронные двигатели переменного тока управляются инвертором, который преобразует постоянное напряжение в переменное. Существует два типа инверторов, используемых для управления асинхронными двигателями переменного тока:

1.1 Инвертор с источником напряжения (VSI)

Инвертор с источником напряжения - это наиболее распространенный тип инвертора, используемый в управлении асинхронными двигателями переменного тока. Он преобразует постоянное напряжение от батареи или источника питания в переменное напряжение с переменной частотой и амплитудой. VSI широко используется

в электромобилях, промышленном оборудовании и бытовой технике.

1.2 Инвертор с источником тока (CSI)

Инвертор с источником тока - это еще один тип инвертора, используемый в управлении асинхронными двигателями переменного тока. Он преобразует напряжение постоянного тока в напряжение переменного тока с постоянной амплитудой и переменной частотой. CSI используется в мощных приложениях, где требуется высококачественная энергия, например, в тяговых приводах и ветряных турбинах.

2. Управление бесщеточными двигателями постоянного тока

Бесщеточные двигатели постоянного тока все чаще используются в электромобилях, беспилотниках и промышленных приложениях благодаря своей высокой эффективности, низкому уровню обслуживания и точному управлению скоростью. Бесщеточные двигатели постоянного тока управляются с помощью электронной коммутации, которая заменяет механическую коммутацию, используемую в щеточных двигателях постоянного тока. Существует два типа электронной коммутации, используемой в управлении бесщеточными двигателями постоянного тока:

2.1 Шестиступенчатая коммутация

Шестиступенчатая коммутация - это самый основной тип электронной коммутации, используемый в управлении бесщеточными двигателями постоянного тока. Она использует шесть переключателей для управления направлением и скоростью двигателя. Шестиступенчатая коммутация проста и надежна, но ей не хватает точности и эффективности.

2.2 Синусоидальная коммутация

Синусоидальная коммутация - это более продвинутый тип электронной коммутации, используемый в управлении бесщеточными двигателями постоянного тока. Она использует синусоидальную форму волны для управления скоростью и моментом двигателя. Синусоидальная коммутация обеспечивает более высокую точность, эффективность и плавность работы, чем шестиступенчатая коммутация, но является более сложной и дорогой в реализации.

II. ФУНКЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Системы управления электрическими двигателями выполняют целый ряд функций, кото-

рые имеют решающее значение для эффективной и надежной работы электродвигателей. Основными функциями систем управления электрическими двигателями являются:

1. Регулирование скорости

Регулирование скорости является наиболее важной функцией систем управления электрическими двигателями. Она позволяет двигателю работать с определенной скоростью, которая требуется для конкретного применения. Существует два типа регулирования скорости, используемых в системах управления электрическими двигателями:

1.1 Управление с открытым контуром

Управление с разомкнутым контуром - это самый простой тип управления скоростью, используемый в системах управления электрическими двигателями. Оно включает в себя установку скорости двигателя с помощью заданного напряжения или частоты. Управление по разомкнутому контуру не учитывает никаких возмущений или изменений нагрузки, поэтому оно менее точное, чем управление по замкнутому контуру.

1.2 Управление с замкнутым контуром

Управление с замкнутым контуром - это более совершенный тип управления скоростью, используемый в системах управления электрическими двигателями. В нем используется система обратной связи для регулировки скорости двигателя на основе фактической скорости двигателя. Управление с замкнутым контуром является более точным и аккуратным, чем управление с разомкнутым контуром, и используется в тех областях, где требуется высокая точность, например, в робототехнике и точном производстве.

2. Управление крутящим моментом

Управление крутящим моментом - еще одна важная функция систем управления электрическими двигателями. Она позволяет двигателю производить определенное количество крутящего момента, которое требуется для конкретного применения. Существует два типа управления крутящим моментом, используемых в системах управления электрическими двигателями:

2.1 Прямое управление крутящим моментом (DTC)

Прямое управление моментом - это тип управления моментом, используемый в асинхронных двигателях переменного тока. Он включает в себя контроль тока и напряжения статора двигателя и регулировку крутящего момента путем управления напряжением и частотой двигателя. DTC обеспечивает быстрое и точное управление моментом и широко используется в промышленных приложениях.

2.2 Управление, ориентированное на поле (FOC)

Управление с ориентацией на поле - это еще один тип управления моментом, используемый в

асинхронных двигателях переменного тока. Оно включает в себя управление током и напряжением двигателя таким образом, чтобы выровнять магнитное поле ротора с магнитным полем статора. ВЕК обеспечивает высокую точность и эффективность управления моментом и используется в высокопроизводительных приложениях, таких как электромобили и аэрокосмическая промышленность.

3. Рекуперативное торможение

Рекуперативное торможение - это уникальная функция систем управления электрическими двигателями, которая позволяет двигателю работать в качестве генератора и преобразовывать кинетическую энергию движущегося транспортного средства в электрическую энергию, которая может быть запасена в аккумуляторе. Существует два типа рекуперативного торможения, используемых в системах управления электрическими двигателями:

3.1 Торможение звеном постоянного тока

Торможение звеном постоянного тока - это тип рекуперативного торможения, используемый в двигателях постоянного тока и некоторых типах двигателей переменного тока. Оно предполагает перенаправление энергии, вырабатываемой двигателем во время торможения, на конденсатор звена постоянного тока, который используется для зарядки аккумулятора. Торможение звеном постоянного тока обеспечивает эффективное торможение и помогает продлить срок службы батареи в электромобилях.

3.2 Рекуперативное торможение переменным током

Рекуперативное торможение переменного тока - это тип рекуперативного торможения, используемый в асинхронных двигателях переменного тока. Оно предполагает преобразование кинетической энергии движущегося транспортного средства в переменное напряжение и подачу его обратно в электросеть. Рекуперативное торможение переменного тока помогает снизить потребление энергии и повысить эффективность электросети.

III. ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Электрические системы управления двигателем обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными механическими системами, что сделало их популярными в различных областях применения. Некоторые из ключевых преимуществ электрических систем управления двигателем включают:

1. Повышенная эффективность

Электрические системы управления двигателем более эффективны, чем традиционные механические системы. Они позволяют точно контролировать скорость и крутящий момент двигателя, что снижает потери энергии и повышает

ет эффективность. Кроме того, рекуперативное торможение может быть использовано для рекуперации энергии, которая в противном случае была бы потеряна при торможении. Повышение эффективности приводит к снижению затрат на электроэнергию и увеличению срока службы аккумуляторов в электромобилях.

2. Улучшенные эксплуатационные характеристики

Системы управления электрическим двигателем обеспечивают более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с традиционными механическими системами. Они обеспечивают точный контроль над скоростью вращения двигателя и крутящим моментом, что позволяет осуществлять более точные и аккуратные движения в робототехнике и точном производстве. Кроме того, электрические двигатели могут создавать высокий крутящий момент на низких скоростях, что делает их идеальными для использования в тяжелых машинах и оборудовании.

3. Уменьшенное техническое обслуживание

Системы управления электрическими двигателями требуют меньшего обслуживания, чем традиционные механические системы. Они имеют меньше движущихся частей, что означает меньший износ системы. Кроме того, электродвигатели не требуют замены масла или другого планового обслуживания, которое необходимо для двигателей внутреннего сгорания. Такое сокращение объема технического обслуживания приводит к снижению затрат и уменьшению времени простоя для технического обслуживания и ремонта.

4. Меньшее воздействие на окружающую среду

Системы управления электрическими двигателями оказывают меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные механические системы. Они не производят выбросов во время работы, что помогает уменьшить загрязнение воздуха и улучшить его качество. Кроме того, рекуперативное торможение может использоваться для рекуперации энергии, которая в противном случае была бы потеряна при торможении, что помогает снизить потребление энергии и выбросы парниковых газов. Это делает электрические системы управления двигателем более устойчивым и экологичным вариантом для различных областей применения.

IV. ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Хотя электрические системы управления двигателем имеют ряд преимуществ перед традиционными механическими системами, они также представляют определенные трудности. К таким проблемам относятся:

1. Стоимость

Электрические системы управления двигателем могут быть более дорогими, чем традиционные механические системы. Они требуют сложных электронных компонентов, таких как датчики, контроллеры и инверторы, которые могут быть дорогостоящими. Кроме того, стоимость электродвигателей обычно выше, чем стоимость двигателей внутреннего сгорания. Однако по мере совершенствования технологии и ее широкого распространения ожидается снижение стоимости.

2. Сложность

Системы управления электрическими двигателями более сложны, чем традиционные механические системы. Они требуют более высокого уровня квалификации и специальных знаний для проектирования, установки и обслуживания. Кроме того, для эффективной работы электродвигателей требуются сложные алгоритмы управления, которые может быть трудно реализовать и протестировать.

3. Совместимость с другими системами автомобиля

Системы управления электрическими двигателями должны быть совместимы с другими системами автомобиля, такими как аккумулятор, силовая электроника и трансмиссия. Обеспечение совместимости может быть сложной задачей, поскольку каждый компонент может иметь уникальные требования и спецификации. Кроме того, интеграция систем управления электрическими двигателями с существующими механическими системами может быть затруднена и потребовать значительных модификаций.

4. Тепловое управление

Системы управления электрическими двигателями выделяют тепло во время работы, что может вызвать проблемы, если не управлять ими должным образом. Перегрев может привести к выходу из строя компонентов, снижению производительности и эффективности. Поэтому для обеспечения надежной работы систем управления электрическими двигателями очень важно правильное управление тепловым режимом. Для этого могут потребоваться дополнительные системы охлаждения или использование специальных материалов и конструкций для эффективного отвода тепла.

V. ВЫВОДЫ

Системы управления электрическими двигателями обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными механическими системами, включая повышенную эффективность, улучшенные эксплуатационные характеристики, сокращение объема технического обслуживания и меньшее воздействие на окружающую среду. Однако, они также представляют некоторые проблемы, такие как стоимость, сложность, совме-

стимость с другими системами автомобиля и тепловое управление.

Несмотря на эти проблемы, системы управления электрическими двигателями становятся все более популярными в различных областях применения, включая электромобили, робототехнику и точное производство. Ожидается, что по мере совершенствования и широкого распространения технологии преимущества будут перевешивать трудности, делая системы управления электрическими двигателями еще более привлекательным вариантом для широкого круга приложений.

В целом, разработка и внедрение систем управления электрическими двигателями представляет собой важный шаг на пути к более устойчивому и эффективному использованию энергии, и имеет потенциал для революционного изменения нашего представления о транспорте и промышленных процессах в будущем.

1. Bose, B. (2019). Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends. IEEE Industrial Electronics Magazine, 13(4), 4-16.

Шабанович Роман Александрович, магистрант кафедры информационных технологий автоматизированных систем, shabanovich.r.a@gmail.com.

Научный руководитель: Захарьев Вадим Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, zahariev@bsuir.by.

2. Haque, M. E. (2018). Electric Vehicle Motor Control and Simulation: A Case Study of Tesla Model S. IEEE Transactions on Industry Applications, 54(2), 1615-1625.
3. Jansen, R., Van den Bossche, P., Vyncke, T., Belmans, R. (2018). Electric Vehicle Propulsion System Architectures: A Survey. IEEE Transactions on Transportation Electrification, 4(1), 103-119.
4. Kim, J. H., Kim, H. J. (2017). Design of Electric Vehicle Control System Based on Brushless DC Motor. International Journal of Automotive Technology, 18(3), 421-427.
5. Kojima, H., Nakamura, K. (2019). Control and Simulation of Electric Vehicle Drive System. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 66(3), 1883-1893.
6. Lee, C. H., Jung, H. (2019). Development of a High-Efficiency Brushless DC Motor Drive System for Electric Vehicles. Energies, 12(7), 1334.
7. Song, Z., Fang, Y., Zhang, C., Chen, X., Wang, Y. (2019). A Review of Electric Vehicle Motor Control. Energies, 12(19), 3616.
8. Wang, X., Bae, J. (2017). Design and Control of an Integrated Motor Drive and Battery Charger for Electric Vehicles. IEEE Transactions on Power Electronics, 32(3), 2406-2417.