**Название проекта:** Разработка научно-технических основ и исследование реактивных индукторных машин нового класса

**Номер** 18-79-00130

**Проект поддержан** Российским научным фондом

**Срок выполнения** 07.2018 - 06.2020

1 этап 07.2018-06.2019

2 этап 07.2019-06.2020

**Руководитель** Гребенников Николай Вячеславович, Кандидат технических наук

**Конкурс** 2018 года по мероприятию «Проведение инициативных исследований молодыми учеными» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными

**Область знания, основной код классификатора** 09 - Инженерные науки, 09-601 - Теория, методы проектирования и эффективность функционирования технических систем

**Ключевые слова** реактивная индукторная машина, энергосбережение, энергоэффективность, электропривод

**Код ГРНТИ** 44.29.00

**Статус** Успешно завершен

**Аннотация результатов, полученных в 2019-2020 году**

На втором этапе выполнения проекта разработана компьютерная модель, с учетом потерь, электропривода с реактивной индукторной машиной с сильным взаимным электромагнитным влиянием фаз. Модель выполнена в среде MATLAB/Simulink, но она принципиально отличается от стандартного блока SRM, входящего в библиотеку SimPowerSystems. Модель учитывает электромагнитное взаимодействие между соседними фазами и потери в магнитопроводе. На этапе инициализации модели осуществляется расчет зависимости фазного тока в функции четырех переменных по имеющимся данным потокосцепления в функции токов и углового положения. Для преобразования массива используются методы интерполяции и экстраполяции тока в функции двух переменных для каждой страницы токов соседних фаз. После чего формируется окончательный 4-D массив данных. Метод совместного использования двух пакетов программ FEMM, для расчета электромагнитных процессов, и MATLAB/Simulink для проведения исследований в динамических и переходных режимах позволяет существенно ускорить проектирование и исследование реактивных индукторных машин с сильным взаимным электромагнитным влиянием фаз. На построенной компьютерной модели было проведено моделирования электромагнитных процессов РИМ мощностей 4, 45, 90, 150 кВт. В результате получены зависимости фазных токов от углового положения, электромагнитного момента, механической мощности на валу. Анализ полученных зависимостей фазных токов показал, что форма фазного тока отличается от формы токов классических РИМ, особенно это заметно, когда к фазе приложено напряжение обратной полярности (спадающий участок кривой тока). Замедление спада фазного тока обусловлено, отключением следующей фазы (n+1), что ведет к резкому изменению магнитного потока. Изменение (снижение) магнитного потока в фазе (n+1) приводит к наведению ЭДС в рассматриваемой фазе n, в результате чего спад фазного тока в фазе n замедляется. Данный процесс в целом носит негативный характер и требует межфазной оптимизации параметров управления РИМ, что является новым поисковым исследованием в области управления РИМ с сильным взаимным влиянием фаз. Положительное влияние заключается в поддержании фазного тока, когда к фазе приложено напряжение прямой полярности. Отключение предыдущей фазы (n-1) ведет к резкому изменению магнитного потока. Изменение (снижение) магнитного потока в фазе (n-1) приводит к наведению ЭДС в рассматриваемой фазе n, в результате чего фазный ток в фазе n поддерживается на высоком уровне. В результате чего положительный эффект от взаимного взаимодействия фаз больше, так как он возникает при высоких значениях тока. Для анализа количества энергии были построены годографы движения рабочей точки РИМ, в результате взаимного влияния фаз, количество энергии, преобразованное фазой, увеличивается. В результате работы получены зависимости изменения мощности и КПД от параметров управления. Параметры управления (углы опережения, углы проводимости, заданное значение фазного тока) определены с использованием программных методов моделирования режимов работы РИМ. Обобщение результатов исследований произведено в методике проектирования реактивных индукторных машин с сильным взаимным электромагнитным влиянием фаз для диапазона мощностей от 1 до 150 кВт.

**Публикации за весь период выполнения проекта**

**В изданиях, в базе данных Scopus**

**1.** Гребенников Н.В., Талахадзе Т.З., Кашуба А.В. **Equivalent Magnetic Circuit for Switched Reluctance Motor with Strong Mutual Coupling between Phases** Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), - (год публикации - 2019).

**2.** Н.В. Гребенников **Calculation of Core Losses in Switched Reluctance Motor with Strong Mutually Coupling Between Phases** IEEE (2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)), - (год публикации - 2019).

**3.** Н.В. Гребенников, М.В. Чавычалов, Т.З. Талахадзе **Computer Model for Analyzing Electromagnetic Processes in Switched Reluctance Machines with Strong Mutual Inter-Phase Electromagnetic Influence** IEEE (Proceedings - 2019 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2019 ) (год публикации - 2019).

**4.** Чавычалов М.В., Гребенников Н.В., Тринц Д.В. **SRM simulation with reduced amount of initial information** 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), - (год публикации - 2020).

**В изданиях из перечня ВАК**

**5.** Н.В. Гребенников **Математическая модель для анализа электромагнитных процессов в реактивных индукторных машинах с сильным взаимным влиянием фаз** Известия Петербургского университета путей сообщения., Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2019. – Т. 16, вып. 2. – С. 315–321. (год публикации - 2019).

**В изданиях, цитируемых в базе данных РИНЦ**

**6.** Н.В. Гребенников **Исследование реактивных индукторных машин нового класса** Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство», Том 4. Технические и естественные науки. Рост. гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д, 2019. 29-32 с. (год публикации - 2019).

**7.** Гребенников Н.В. **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТИВНЫХ ИНДУКТОРНЫХ МАШИН С СИЛЬНЫМ ВЗАИМНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВЛИЯНИЕМ ФАЗ** Транспорт: наука, образование, производство. сборник научных трудов. Ростовский государственный университет путей сообщения, С. 84-88. (год публикации - 2020).