

Отзыв

официального оппонента на автореферат диссертации **Котова Антона Андреевича** «Проектирование и анализ асинхронизированного синхронного генератора для ветроэнергетических установок большой мощности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01-Электромеханика и электрические аппараты

Актуальность темы

Доля альтернативной энергетики в общем балансе электрогенерации постоянно растет. Использование ветрового потенциала для России является перспективным из-за большой площади ветровых полей. В настоящее время развитие ветроэнергетики идет в основном через закупку импортного оборудования и локализацию производства на территории страны. Это направление развития не может иметь долгосрочной перспективы, поскольку иностранный инвестор не заинтересован в поставках новейших технологий и оборудования. В России необходимо развивать собственную ветроиндустрию и возвращать утраченные передовые позиции, которые она имела ранее. Применение машины двойного питания для ветрогенератора является перспективным направлением, которое решает ряд проблем. Диссертация Котова А.А. посвящена этой теме и по этой причине ее можно считать важной и актуальной.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 157 наименований, 5 приложений. Работа изложена на 173 страницах, из них 139 страниц основного текста, содержит 77 иллюстраций, 104 аналитических выражения, 5 таблиц.

В первой главе автор обосновывает выбор базового варианта для ветроэнергетической установки большой мощности – асинхронизированного синхронного генератора. Этот выбор обусловлен возможностью такой электрической машины решить основную проблему ветроэнергетики – это генерация стандартных выходных параметров по амплитуде, частоте и фазе при изменении параметров ветрового потока по направлению и интенсивности. Решая задачу обеспечения бесконтактности токоподвода к ротору, диссертант предлагает использовать для тихоходных установок аккумуляторную батарею на вращающейся части, которая при этом выполняет функцию накопителя электроэнергии. Такое решение позволяет расширить возможности и функции ветроустановки.

Вторая глава посвящена разработке системы проектирования асинхронизированных синхронных генераторов. Система создается на основе математической модели, которая включается в оптимизационные циклы перебора вариантов и поиска наилучшего по выбранному критерию. Основу математической модели составляют обобщенные переменные, которые имеют ясный физический смысл, определённые границы и в наибольшей степени отражают оптимальное соотношение между размерами. На основе обобщенных переменных диссертант выводит все взаимосвязи, определяющие физические процессы в машине двойного питания. В математической модели учтены ограничения габаритов ротора по критическим резонансным частотам. Модель составила основу подсистемы синтеза.

В третьей главе на основе созданной математической модели разрабатываются алгоритмы оптимального проектирования. При этом задача формулируется в виде многопараметрической однокритериальной оптимизации. Критерии оптимальности в проектной системе могут меняться в зависимости от технического задания и ограничений проекта. Процедура оптимизации разбита на уровни от полной габаритной оптимизации до поверочного расчета. На каждом уровне определяется количество варьируемых и фиксированных параметров. Такой подход позволил сделать проектную систему гибкой и дать возможность разработчику реализовывать различные проектные ситуации в зависимости от требований заказчика.

В четвертой главе разрабатывается подсистема анализа полученных после оптимизации вариантов. Электромагнитный анализ строится на основе метода конечных элементов с применением программного комплекса Ansys Electronics Desktop. Анализ теплового состояния проводится на основе возможностей Matlab Simulink моделировать связанные задачи аэродинамического и теплового расчета. Тепловая модель позволяет рассчитывать как стационарные режимы, так и динамику нагрева при изменении нагрузки.

В заключении диссертации приведены основные результаты и выводы, отражающие содержание работы.

Научная новизна и теоретическая значимость

Разработка проектной системы для ветрогенераторов данного типа является дальнейшим развитием теории машин двойного питания. Диссертант решил вопрос определения габаритов вращающихся частей с учетом ограничения по про-

хождению резонансных частот при разгоне. Им предложена методика проектирования на основе обобщенных переменных. Подсистема синтеза имеет многоуровневую структуру, что является новым решением для машин этого класса. Математические модели электромагнитного анализа и анализа теплового состояния представляют собой цифровые двойники реального генератора, что тоже является развитием теории анализа машин двойного питания.

Практическая ценность результатов

Основным практическим результатом проведенного исследования следует считать разработку проектной системы по созданию машин этого класса. Разработанные программы позволяют по заданному техническому заданию рассчитать оптимальную геометрию ветрогенератора и на основе цифрового моделирования определить его основные параметры и характеристики. Проектная система может составить основу технологии сквозного проектирования электрических машин этого класса.

Рекомендации по использованию результатов работы

Созданную проектную систему можно использовать в конструкторских подразделениях по созданию асинхронизированных синхронных генераторов. Цифровые модели электромагнитного и теплового анализа можно применять для тестирования различных режимов генератора без натурных испытаний. Методику проектирования асинхронизированных синхронных машин необходимо внедрять в учебный процесс по подготовке инженеров - электромехаников.

Достоверность результатов работы

Применение известных методов анализа, таких как метод конечных элементов, методы нелинейного программирования, метод эквивалентных схем замещения, позволяет доверять полученным результатам и выводам.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация решает проблемы и задачи электромеханики и полностью соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности: соответствуют п. 1 «Анализ и исследование явлений, лежащих в основе функционирования электрических, электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов», п. 3 «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии», п. 5 «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электrome-

ханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов».

Апробация диссертации и публикации

Все главы диссертации представлены в научных изданиях различного уровня, в том числе в научных журналах, рекомендованных ВАК и журналах, входящих в базу мирового цитирования Scopus. Особо следует отметить публикацию главы в Лондонском издании открытого доступа Winding Engineering Intech Open.

Автореферат отражает основное содержание научного исследования и соответствует предъявляемым к нему требованиям по форме и объему.

Вопросы и замечания по работе

1. Поясните, возможно ли разработанную Вами методику определения критических резонансных частот ввести в математическую модель электромагнитного расчета генератора. Если да, то на много ли увеличится компьютерное время такого расчета?
2. В структуре математической модели электромагнитного расчета АСГ задается кривая намагничивания магнитопровода. Есть ли особенности задания этой кривой намагничивания? Поясню: некоторые исследователи задают кривую намагничивания в виде степенного полинома, который обеспечивает удобное дифференцирование и интегрирование в аналитической форме.
3. В подсистеме синтеза требуется дополнительные пояснения по выбору показателей качества проектного варианта. Чем обоснован выбор критерия оптимальности – минимум массы для габаритной оптимизации и критерий оптимальности – максимум мощности для оптимизации в заданных габаритах?
4. Процесс оптимизации разбит на уровни от полной габаритной оптимизации до частных уровней оптимизации. Каковы затраты компьютерного времени на проведение самой сложной габаритной оптимизации с наибольшим числом варьируемых параметров?
5. Имеются ли на разработанные программы авторские права и свидетельства о разработке этих программ? В диссертации нет сведений о патентах на предлагаемые технические решения, которые продекларированы как инновационные.

6. Сквозное проектирование, для которого предназначена проектная система, предполагает автоматизацию построения трехмерных моделей для разработки конструкторской документации. В диссертации ничего не сказано о такой подсистеме и непонятно, как разработанный программный комплекс будет связан с разработкой конструкторской документации.
7. Программный комплекс требует наличия мощного компьютера, наличие лицензионных программных средств для расчетов, а также достаточно высокой квалификации проектировщика. На основе разработанной проектной системы было бы удобно для практики разработать традиционную инженерную методику расчета генератора этого типа. Ее можно внедрить в учебный процесс. Такую работу соискатель не провел.

Заключение по диссертации

Диссертация Котова А.А. на тему «Проектирование и анализ асинхронизированного синхронного генератора для ветроэнергетических установок большой мощности» является законченной научной работой, а ее автор Котов Антон Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент, доктор технических наук (05.09.01 Электромеханика и электрические аппараты), доцент, заведующий кафедрой энергетики и технологии металлов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганский государственный университет»

Мошкин Владимир Иванович

Служебный адрес: г. Курган, ул. Советская, 63, стр.4, Тел.: +7(3522) 65-49-99,
E-mail: wimosh@mail.ru

