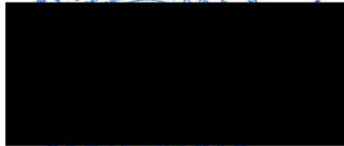


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



Д.Ю. Петров

_____ 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
на диссертационную работу Ануфриева Андрея Сергеевича

**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Актуальность работы. Современный этап развития электроэнергетики характеризуется интенсивным применением возобновляемых источников энергии, среди которых важная роль отводится энергии ветра. При этом прогресс в создании ветроэнергетических установок (ВЭУ) идет не только в направлении мощных (единицы МВт) агрегатов, но и небольших агрегатов, мощностью до 100 кВт.

Одним из основных узлов ветроэнергетической установки является генератор, характеристики которого в значительной степени определяют технико-экономические показатели установки в целом.

В установках малой мощности наиболее часто применяют синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов на основе Nd-Fe-B, обладающих высокой удельной магнитной энергией при относительно

невысокой стоимости. Однако характеристики многих существующих генераторов далеки от оптимальных значений.

Функционирование синхронного генератора с постоянными магнитами в составе ветроэнергетической установке имеет ряд особенностей. Генератор должен иметь минимум потерь мощности и обеспечивать требуемое качество электроэнергии в широком диапазоне изменения ветровой нагрузки. Однако в настоящее время не существует достаточно полных и точных математических моделей и методов проектирования магнитоэлектрических генераторов, учитывающих особенности их функционирования в ВЭУ. Поэтому решение задач, направленных на повышение эффективности магнитоэлектрических генераторов малой мощности, представляется актуальным в научном и практическом планах.

Структура и содержание работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, библиографического списка и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, изложены научная новизна и практическая ценность полученных результатов, представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ современного состояния теории и практики разработки генераторов, используемых в малой энергетике. Определены специфические требования к электрическим машинам маломощных генераторных установок.

Во второй главе проведен анализ конструктивных схем роторов многополюсных синхронных машин с постоянными магнитами. Установлено, что в применении к поставленной задаче, одной из наиболее перспективных схем ротора является радиальная схема с магнитами, расположенными в пазах ротора.

В третьей главе проведено моделирование генераторной установки с различными видами нагрузки в программной среде Ansys Maxwell. Внешняя электрическая цепь набиралась из стандартных пассивных (резисторы, конденсаторы, индуктивности) элементов, значения которых варьировались.

Получены статические (внешние, угловые и токоскоростные) характеристики.

В четвертой главе проанализированы закономерности изменения параметров генератора в зависимости от мощности и частоты вращения. В частности, определены функциональные зависимости потерь и КПД генератора при варьировании значений частоты вращения. Приведены результаты исследования мощности и частоты вращения трех типов ветроколеса от скорости ветра. На основании статистических данных произведен расчет прогнозируемого количества выработки электроэнергии для каждой из этих ВЭУ.

Пятая глава работы посвящена результатам практической реализации и экспериментальным исследованиям разработанных генераторов. На НПО «Шторм» г. Самара при участии автора были изготовлены и переданы заказчику синхронные генераторы с постоянными магнитами серии БРИД четырех типоразмеров с номинальной мощностью 450, 1000, 2000 и 8000 Вт. Все генераторы успешно выдержали заводские испытания.

В заключении отражены основные выводы и результаты диссертации, показана ее практическая значимость.

Основные научные результаты работы.

1. Методом многокритериальной структурной оптимизации, основанном на принципе доминирования Парето, определены объективные количественные параметры сравнения для различных типов генераторов, применяемых в энергоустановках с нестабильной частотой вращения и отдаваемой мощностью.

2. Разработана математическая модель синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов, предназначенная для оптимизационного расчета, отличающаяся от известных совмещением численного расчета магнитного поля с анализом векторных диаграмм рабочего режима.

3. Аналитическим методом и численной параметрической оптимизацией определено рациональное соотношение постоянных и переменных потерь в генераторе, обеспечивающее прирост выработки

электроэнергии за счет более эффективного использования ВЭУ в «неноминальных» по частоте вращения и нагрузке режимах работы.

Практическая ценность полученных результатов.

1. Полученные теоретические результаты позволяют обоснованно выбирать тип и конструктивную схему генератора малой мощности для ВЭУ и микро ГЭС;

2. Предложенное перераспределение постоянных и переменных потерь в генераторе позволяет повысить эффективность использования природных ресурсов и увеличить годовую выработку электроэнергии ВЭУ.

3. Рекомендации по проектированию синхронных генераторов с постоянными магнитами, предложенные автором диссертационной работы использованы при разработке и проектировании синхронных генераторов мощностью от 0,45 до 8 кВт для ВЭУ малой мощности.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением строгих математических методов, экспериментальной проверкой и сравнением их с теоретическими и экспериментальными результатами других авторов.

Автореферат по содержанию соответствует диссертации и достаточно отражает методы исследования и полученные в диссертации результаты.

Полнота опубликованных результатов.

Основные результаты исследования представлены в 9 печатных работах, в том числе в 4 статьях из Перечня ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК РФ, и одной статье, индексируемой в международной базе данных Scopus.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В ВЭУ малой мощности нагрузкой генератора является преобразователь частоты, входная часть которого выполнена как неуправляемый выпрямитель с емкостным фильтром. Из-за этого каждая фаза генератора работает с перерывами, и переключение токов фаз сопровождается процессами коммутации. Это приводит к появлению дополнительных потерь в генераторе и в конечном итоге к снижению мощности генератора по сравнению с мощностью идентичного генератора

переменного тока. Целесообразно было бы оценить величину этих потерь в общей структуре потерь генератора.

2. Параграф 1.2 называется «Требования к электрическим машинам маломощных генераторных установок». Фактически речь идет о структурных схемах выполнения ВЭУ. Целесообразно было бы этот параграф назвать «Особенности эксплуатации электрических машин в маломощных генераторных установках».

3. Из текста диссертации не ясно как выбирались геометрические размеры мостиков насыщения в роторе с магнитами в пазах сердечника и проводилась ли их оптимизация (если да, то по какому критерию).

4. В диссертации упоминается ветродвигатели с вертикальным ротором Дарье. Известны три разновидности данного типа: ротор Дарье, ротор Дарье типа Н и геликоидный тип ротора Дарье. Общий недостаток ВЭУ с перечисленными роторами – малый пусковой момент, поэтому они или не могут самостоятельно начать раскручиваться или скорость трогания у них начинается со скорости ветра более 5 м/с. Необходимо было бы указать, о каком типе ротора Дарье говорит соискатель в диссертационной работе.

5. При исследовании динамических и аварийных режимов работы желательно математическую модель ВЭУ строить совместно с типом ротора, генератором и инвертором. Это связано с тем, что динамические характеристики каждого из блоков оказывают значительное влияние на характер и величину механических и электрических параметров ВЭУ.

6. Имеются чисто технические погрешности оформления, например, на страницах 58-59.

Заключение.

Указанные выше замечания не снижают научную и практическую ценность работы. Диссертационная работа Ануфриева А.С. на тему «Повышение эффективности магнитоэлектрических генераторов малой мощности для ветроэнергетических установок» является завершенной научно-квалификационной работой, которая выполнена на высоком теоретическом и методическом уровне. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней»,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор **Ануфриев Андрей Сергеевич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Диссертационная работа Ануфриева А.С., автореферат диссертации, а также отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Электроснабжение и электротехнология» СГТУ имени Гагарина Ю.А. «16» ноября 2018 г., протокол № 7.

Заведующая кафедрой

«Электроснабжение и электротехнология»,

д.т.н., доцент



С.Г. Калганова

Профессор кафедры

«Электроснабжение и электротехнология»,

д.т.н., профессор



И.И. Артюхов

Профессор кафедры

«Электроснабжение и электротехнология»,

д.т.н.



С.Ф. Степанов

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Почтовый адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Тел.: +7(8452)998811

e-mail: sstu_office@sstu.ru