

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Табачинского Алексея Сергеевича «Повышение энергетической эффективности машин переменного тока и снижение их металлоемкости за счет совершенствования структуры лобовых частей обмотки статора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 — «Электромеханика и электрические аппараты»

На отзыв представлены:

- Диссертация, содержащая введение, четыре главы, заключение, библиографический список из 113 ссылок, общим объемом 154 страницы.
- Автореферат диссертации.

Актуальность темы исследования:

Задаче снижения объема и металлоемкости машин переменного тока повышенной энергоэффективности, как основных электромеханических преобразователей в промышленности, уделяется много внимания. В мировой практике известны несколько путей снижения объема и увеличения энергоэффективности таких машин. Один из них — совершенствование конструкции активных частей машин, а именно сердечников и обмоток статора и ротора.

Машины повышенной энергоэффективности уменьшенных габаритов особенно широко применяются в автономных энергоустановках, где масса машин имеет первостепенное значение. Среди них — приводные и исполнительные двигатели электромобилей, стартер-генераторы гибридных автомобилей и полностью электрифицированных самолетов.

В значительном числе работ по увеличению энергоэффективности снижение потерь в машинах достигается увеличением расхода ресурсов на производство и эксплуатацию таких машин. Снижение потерь в стали сердечников достигается профилированием листов и использованием усложненных структур штампа, а потерь в меди — увеличением сечения проводников обмоток, применением охлаждения жидким азотом. Однако, увеличение сечения проводников приводит к увеличению затрат дорогостоящих проводниковых материалов, в первую очередь, меди.

Отличительной особенностью представленной к защите диссертационной работы является анализ конструкции энергоэффективных машин переменного тока, в которых расход материалов, в том числе меди, снижен. Также, при одновременном увеличении энергоэффективности, в исследуемых машинах сокращены размеры, что может быть жизненно важно во многих случаях, например, в авиации. Описанные особенности таких машин делают исследование их конструкций актуальной задачей.

Оценка структуры и содержания диссертационной работы

Во введении обоснована актуальность, выбраны цель и задачи работы, перечислены научная новизна и практическая значимость, выносимые на защиту положения. Во введении также описана апробация результатов исследования, научные публикации автора по теме диссертации и личный вклад.

В первой главе приведен критический обзор разработок и научных исследований различных типов электрических машин, отличающихся повышенной энергоэффективностью и уменьшенными затратами материалов. В главе также представлен обзор методов исследования процессов в электрических машинах, и обоснован выбор объекта и метода исследований.

Во второй главе подробно описана конструкция машины переменного тока, включающей обмотку статора с усовершенствованной структурой лобовых частей. Конструктивное решение заключается в том, что проводники обмотки не наматываются из круглого проводника или шины — активные и лобовые проводники могут быть разного сечения и соединяются т.н. «перемычками» уменьшенного сечения. Описание особенностей обмотки сопровождается получением выражений для расчёта конструктивных параметров, а также предложением соискателем методик построения нового типа обмоточных схем. Расчетами конструктивных параметров обмотки по методике, предложенной в диссертации, доказано улучшение массогабаритных показателей машин с усовершенствованной обмоткой статора.

Во второй главе рассмотрены области применения машин с такими обмотками. Они могут применяться как генераторы для ветроэлектрических установок, микро-гидроэлектростанций, а также как двигатели и стартер-генераторы для электрического и гибридного автономного транспорта.

В третьей главе приведены результаты исследования электромагнитного и теплового полей в торцевых зонах асинхронного генератора с компактной обмоткой статора. Так, соискателем поставлена и решена задача распределения тока в объеме проводников обмотки статора, связанная с особенностями предложенной конструкции машины. Приведены рекомендации по снижению максимальной плотности тока в проводниках и сокращению объема меди обмотки статора. При исследовании особенностей электромагнитного поля в торцевых зонах машины, соискателю удалось применить 2D моделирование. Исследование влияния вихревых токов, создаваемых магнитными полями лобового рассеяния обмотки статора в стали торцевых зон исследуемых машин, на потери в стали показало, что в большинстве случаев им можно пренебречь. Достаточно интересны приведенные в третьей главе исследования тепловых процессов торцевых зон машин с компактной обмоткой. Интерес связан с очевидным повышенным нагревом участков обмотки статора с уменьшенным поперечным сечением. В результате расчетов теплового поля торцевых зон сделан обоснованный вывод о незначительном увеличении температуры этих участков при вдвое уменьшенном их сечении. Показано, что упомянутое уменьшение сечения, при выполнении зазора между сталью и плоскими лобовыми частями обмотки статора, приводит к некоторому увеличению температуры всей обмотки. Можно признать перспективной рекомендацию соискателя о расположении лобовых частей обмотки вплотную к сердечнику статора, возможную только для машин с компактной обмоткой.

Таким образом, результаты исследований, приведенные в третьей главе, позволили соискателю дать рекомендации, приводящие к экономии

активных материалов и снижению температуры торцевых зон машин переменного тока с компактной обмоткой.

В четвертой главе приведены предложенные соискателем методики расчета электрических параметров машин с усовершенствованной обмоткой статора, и приведен пример расчета параметров конкретных машин. Соискатель приводит несколько методик для расчета активного сопротивления фазы компактной обмотки статора машин, отличающихся длиной сердечника. Расчет индуктивного сопротивления компактной обмотки статора предлагается проводить, основываясь на моделировании полей торцевых зон, по выражению, аналогичному применяемому при расчете параметров короткозамкнутой обмотки ротора. Сравнение результатов расчета параметров машин с компактной обмоткой, проведенных по предложенными методиками, с численным МКЭ-моделированием показало допустимую погрешность.

Представляет значительный интерес расчет энергоэффективности исследованных в диссертации машин, который доказывает названные выше преимущества усовершенствованной конструкции обмотки. В разделе приведен расчет потерь и КПД для асинхронного генератора с компактной обмоткой, а также для тягового асинхронного двигателя. Показано, что для тягового двигателя на 60 кВт снижение активных потерь в обмотке статора приводит к увеличению КПД на 0,3% в номинальном режиме. Снижение активных потерь в обмотке статора асинхронного генератора на 650 Вт достигает 8,5%, что приводит к увеличению КПД в номинальном режиме на 0,6%. Для указанного генератора, усовершенствованная конструкция лобовых частей позволила сократить вылет лобовых на 75%, а массу меди статора на 24%.

Главы диссертации структурированы четко, согласно тематике. Язык диссертации и терминология соответствуют требованиям к научной и научно-технической литературе.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научно специальности 05.09.01 — «Электромеханика и электрические аппараты» согласно пунктам 2 — «Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов» и 3 — «Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии».

Методы исследования

При решении задач исследования, соискателем были использованы методы общей теории электрических машин. Моделирование процессов в машине с усовершенствованной обмоткой было проведено с помощью аналитических и численных методов, реализованных в компьютерных программах МКЭ-моделирования.

Научная новизна результатов

1. Разработаны конечно-элементные модели электромагнитного и теплового полей в машинах с усовершенствованной обмоткой статора, в которых учтены неравномерное распределение тока в проводнике фазы и расположение лобовых частей над активной частью машины.
2. Разработана методика расчёта конструктивных параметров машин с усовершенствованной обмоткой, которая показывает улучшение массо-габаритных показателей машин.
3. Разработана методика расчёта активного и индуктивного сопротивления фаз компактной обмотки статора машины с учетом неравномерной плотности тока в проводниках обмотки и размеров лобовых частей усовершенствованной обмотки, которые используют результаты моделирования электромагнитного и теплового полей.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

1. Для проектирования машин с усовершенствованной обмоткой статора разработаны твердотельные модели сердечников и обмоток таких машин.

2. По результатам теплового анализа даны рекомендации по снижению температуры обмотки посредством изменения конструкции лобовых частей.

3. Рассмотрены способы применения машин с усовершенствованной обмоткой и доказана их перспективность для микро-ГЭС, ветроустановок, и электрического и гибридного транспорта.

4. Результаты научной работы были использованы на производстве, что подтверждается актом внедрения.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов

Обоснованность и достоверность положений и выводов диссертации подтверждается использованием общепринятых допущений, применением известных выражений общей теории электрических машин, применением сертифицированных пакетов программ конечно-элементного анализа для расчёта полей. Корректность результатов и выводов согласуется с аналогичными результатами и выводами, опубликованными другими авторами.

Апробация работы и научные публикации

Результаты исследований опубликованы в 3 научных работах в журналах из перечня ВАК, 12 научных работах в изданиях, индексируемых научометрическими базами Scopus и Web Of Science, в сумме опубликовано 24 работы. Результаты интеллектуальной деятельности защищены в одном патенте на изобретение.

Результаты исследований и положения диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных конференциях, среди которых: «Международная научно-техническая конференция «Пром-Инжиниринг» (Челябинск, Санкт-Петербург, ЮУрГУ, 2016, 2017), «Международная IEEE научно-техническая конференция «Динамика систем, механизмов и машин» (Омск, ОмГТУ, 2017), «Международная научно-техническая конференция «Электроприводы переменного тока – ЭППТ»

(Екатеринбург, УрФУ, 2018), «Международная научно-техническая конференция «Автоматизация – RusAutoCon» (Сочи, ЮУрГУ, 2018), «IEEE Power Electronics, Drives and Energy Systems Conference – PEDES-2018» (Ченнаи, Индия, Indian Institute of Technology Madras, 2018). Макетный образец предмета исследований был представлен на международной выставке «Энергетика» (Самара, 2019), промышленной выставке «Hannover Messe 2019» (Ганновер, Германия, 2019) и международной выставке-конференции «CoilTech 2019» (Порденоне, Италия, 2019).

Оценка автореферата

Автореферат отражает содержание диссертации. Диссертация и автореферат выполнены с соблюдением требований ВАК Министерства науки и высшего образования РФ. Ссылки на результаты работ третьих лиц оформлены корректно.

Замечания по диссертации

1. Не приведено описание возможных технологий изготовления компактных обмоток.

2. Не описано, что обозначено линиями между выводами одноименных фаз на рис. 2.12., изображающем развернутую торцевую схему компактной обмотки статора.

3. Не полно описана конструкция на рис. 3.6, что затрудняет понимание сравнения изменений плотности тока в компактных обмотках разных конструкций на стр. 90.

4. В выводе раздела 4.1 сказано, что был проведен расчет для конструкции обмотки без немагнитного зазора. Однако, в табл. 4.2 с параметрами обмотки немагнитный зазор равен 2.5 мм.

5. Одним из преимуществ машин с компактной обмоткой, результаты исследования которых приведены в диссертации, является возможность изменять зазор между лобовыми проводниками и сердечником. Однако не проведена количественная оценка влияния этого зазора на параметры схемы замещения машины, рассчитанные в главе 4.

6. Имеются некоторые орфографические и пунктуационные ошибки по тексту диссертации.

Заключение

Указанные недостатки не снижают научной ценности представленной диссертации.

Диссертационная работа выполнена в полном объеме, представляет собой законченное исследование на актуальную тему. Объект и предмет исследований данной работы, а также научная новизна и выносимые за защиту положения соответствуют паспорту специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты. Практическая значимость результатов работы не вызывает сомнений. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, п. 9 «Положения о порядке присуждения степеней» к кандидатским диссертациям. Соискатель Табачинский Алексей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Официальный оппонент

ведущий научный сотрудник, доцент кафедры «Электромеханика»
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Уфимский государственный
авиационный технический университет», кандидат технических наук, доцент

|||

Вавилов Вячеслав Евгеньевич

7

Кандидатская защищена по специальности 05.09.03 –

Электротехнические комплексы и системы

Адрес: 450007 Уфа, ул. К. Маркса, д. 12

Телефон: +7 347 273-77-87; электронная почта: vavilovv@ugatu.su



и архива