

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

д.т.н., профессора Щурова Николая Ивановича

на диссертационную работу Меднова Антона Александровича на тему:  
«Преобразователь параметров электроэнергии на базе полупроводниковых преобразователей и многофункциональных трансформаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

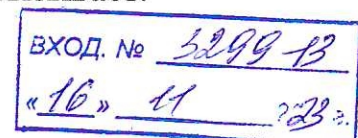
#### 1. Актуальность работы

Промышленные электротехнические комплексы составляют основу эффективного и высокотехнологичного производства. Особую роль среди них играют преобразователи параметров электроэнергии. Данные устройства нашли широкое применение в качестве источников питания ряда промышленных электроустановок, в том числе и электротехнологических.

Для любого вида преобразования энергии важными являются такие характеристики процесса преобразования как доля потерь, равно как его эффективность и КПД, так и качество преобразования. Тенденция на научные исследования и инновации в области обеспечения энергоэффективности электротехнических комплексов поддерживается не только ведущими научными школами, но и институтами государственной власти.

Существенными являются и вопросы обеспечения электромагнитной совместимости. Всё многообразие электротехнических комплексов и систем при совместной работе не обходится без взаимовлияния, выраженного, например, через генерацию электромагнитных помех или искажение формы кривой питающего напряжения при работе на нелинейную нагрузку. Часто такое влияние имеет негативный оттенок, выраженный в ускоренном старении изоляции электрооборудования, преждевременном выходе из строя деталей и узлов электросистемы.

Исходя из приведенных научных задач исследования, актуальность темы диссертационной работы А.А. Меднова сомнений не вызывает.



## **2. Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа Меднова Антона Александровича является законченным научным трудом с целостной структурой.

Во введении кратко представлена область исследования, приведены сведения о ведущих ученых и предприятиях, работающих по этому направлению, поставлены цели и задачи работы, приведены сведения об апробации работы.

Первая глава работы носит обзорный характер по имеющемуся заделу в области преобразователей параметров электроэнергии, определяет недостатки применяемых конструкций. В имеющихся источниках питания для электротехнологических установок, предназначенных для индукционного нагрева, автором выделен ряд проблем, решение которых требует внимания: мультислотный нагрев сложных по конфигурации машиностроительных деталей, регулирование и возможность стабилизации выходной мощности преобразователя частоты, симметрирование нагрузки и снижение потерь электроэнергии, согласование параметров преобразователя частоты с сетью и нагрузкой, обеспечение электромагнитной совместимости. В завершающей части главы подведены краткие итоги обзорной части и определены цели и задачи исследования.

Вторая глава работы направлена на определение математических основ процесса намагничивания магнитных систем ферромагнитных умножителей частоты.

Третья глава работы содержит описание разработанных решений – трансформаторы с гибридным магнитопроводом, с обмоткой, обладающей минимальным потоком рассеяния, с вращающимся магнитным полем. Для ряда решений, например, для гибридной магнитной системы, выполнена оценка её работоспособности и энергоэффективности в специализированном программном комплексе.

Четвертая глава включает описание экспериментального исследования макета трансформатора с гибридным магнитопроводом в составе



трансформаторно-выпрямительного устройства. Также в главе подводятся итоги верификации эксперимента с компьютерной моделью и осуществляется сравнение с ближайшими реализованными аналогами.

Заключение резюмирует результаты проведенных научных изысканий.

### **3. Научная новизна** темы диссертационного исследования:

1. Предложены конструктивные решения трансформаторов, предназначенных для работы на выпрямитель (трансформатор с гибридной магнитной системой, трансформатор с минимальным потоком рассеяния, трансформатор с вращающимся магнитным полем), отличающиеся снижением величины потерь электроэнергии.

2. Представлены разработанные и исследованные математические и имитационные модели магнитной системы многофункционального трансформатора.

3. Предложена методика расчета обмоток трансформатора, отличающаяся наличием критерия минимизации потоков рассеяния.

4. Предложена методика проектирования гибридных магнитных систем входных многообмоточных выпрямительных трансформаторов, отличающаяся подходом к определению соотношения магнитных материалов.

5. Подтверждено применение гибридных магнитных систем в трансформаторах для улучшения их энергетических свойств.

6. Подтверждено повышение энергоэффективности гибридной магнитной системы при регулировании напряженности магнитного поля в гибридной магнитной цепи входного многообмоточного выпрямительного трансформатора.

### **4. Теоретическая и практическая значимость работы:**

1. Разработанные технические решения дают возможность повышения КПД преобразователя частоты и улучшение электромагнитной совместимости за счет повышения качества напряжения на входе источника питания.

2. Математические и имитационные модели позволяют произвести синтез ключевых параметров магнитной системы многофункционального трансформатора.

3. Предложенные методики расчета обмотки трансформатора и расчета гибридной магнитной системы могут быть использованы при проектировании.

#### **5. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Достоверность и обоснованность положений и выводов диссертационной работы подтверждается использованием теоретических положений, опирающихся на классические труды в области теоретической электротехники, корректностью принятых допущений при исследованиях, согласованностью результатов математического и имитационного моделирования с расчетными данными и положительными результатами внедрения полученных автором в рамках диссертационного исследования решений, позволяющих повысить качество электроэнергии и электромагнитную совместимость.

Цель диссертационной работы и вытекающие из нее задачи изложены достаточно корректно, являются практически значимыми и реализуемыми. Теоретической основой диссертационной работы стали труды отечественных и зарубежных ученых в области полупроводниковых преобразователей многофункциональных трансформаторов. По приведенным ссылкам в списке литературы можно сделать вывод о полноте изучения диссертантом рассматриваемых вопросов.

Для оценки достоверности выводов диссертационной работы автором использованы методы математического и компьютерного моделирования, а также физического эксперимента с достаточно значимым числом выборок энергетических параметров.

Результаты работы диссертанта внедрены в учебный процесс и в работе предприятия АО УНПП «Молния».



## **6. Апробация работы и публикации**

По теме диссертационного исследования опубликовано 49 работ, среди которых 3 в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI, 14 статей в изданиях, включенных в базы данных Scopus и Web of Science, 27 статей в других изданиях. Получено 3 патента на полезную модель и 2 патента на изобретение.

## **7. Положительные стороны диссертационной работы**

1. Стремление автора решать поставленные задачи комплексно, с учетом свойств и особенностей имеющихся для решения технических средств и ресурсов. Для этого в соответствующих разделах работы были последовательно применены методы анализа и синтеза. Такой подход позволяет учесть системные свойства сложных технических систем, к которым, безусловно, относятся статические полупроводниковые и электромашинные преобразователи силовой электроники, используемые для индукционных электротехнологических установок.

2. Автор в ходе решения поставленных задач демонстрирует владение аналитическими методами решения (графоаналитические методики, формулы Бесселя), а также системами компьютерной математики и САЕ системами (MathCAD, ANSYS), что позволяет ему оценивать результаты своих исследований и самостоятельно корректировать пути рационализации и совершенствования предлагаемых преобразователей.

3. Работа отражает в целом корректное владение концептуальными положениями теоретических основ электротехники и электроники, содержит методики научного обоснования технических решений и разработок, соответствующих уровню диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук и профилю научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

## 8. Замечания по диссертационной работе

1. На части рисунков, например, на рисунках 1-8, 1-9 и 1-10, приведенных в материалах диссертации отсутствуют подписи элементов электрических цепей, либо их расшифровка по тексту или в подрисуночных надписях.
2. В главе 2 автором при определении индукций второй и четвертой гармоник производится разбиение периода на 16 равных частей. Целесообразно было бы оценить зависимость изменения получаемой точности расчета по предлагаемой модели при разбиении периода на другое количество частей, например, на 8 и 32.
3. В главе 3 представлено описание конструкции трансформатора, обмотка которого имеет минимальный поток рассеяния, представлено фото его экспериментального образца. При этом не приводятся ни аналитические, ни экспериментальные результаты, подтверждающие снижение величины потока рассеяния или вызванных данным потоком потерь.
4. На рисунке 3-11 представлены результаты моделирования трансформатора, в качестве материалов в магнитопроводе которого используются сплавы 49К2ФА и 1СР. Далее по тексту следует разъяснение преимуществ, получаемых в результате использования разработанной конструкции магнитной системы, однако здесь же при разъяснении на рисунке 3-12 фигурируют сплавы 49К2ФА и АМАГ. Сплавы 1 СР и АМАГ отличаются по своим характеристикам.
5. В формуле (4.2) фигурируют только характеристики магнитного материала. При этом не отмечается, что при реализации изделий нередко на первый план могут выходить не основные технические показатели, а его эксплуатационно-экономические параметры, такие как эксплуатационная экономичность или стоимость материалов, входящих в изделие.
6. Убедительным доказательством возможности получения более высоких электромагнитных характеристик предложенного автором выпрямительного трансформатора на рис.3.4-рис.3.6, конструкция которого формирует



вращающееся магнитное поле, была бы экспериментальная проверка. Однако в работе не приводятся результаты каких-либо экспериментов, или хотя бы расчетов, которые бы прямо свидетельствовали о достижении "... более высоких электромагнитных характеристик...", как это утверждает автор на стр.74.

7. При описании электромагнитных процессов в многофункциональном трансформаторе в разделе 2.2 автору следовало бы уделить дополнительное внимание законам коммутации в цепях УЧФ с индуктивным характером, изображенных на схемах рис.2.4, которые также следует учитывать при коммутации ключей К1-К8.

Сделанные замечания не отражаются на общей положительной оценке работы и не снижают ее научной и практической значимости.

### **Заключение**

Диссертация Меднова Антона Александровича на тему: «Преобразователь параметров электроэнергии на базе полупроводниковых преобразователей и многофункциональных трансформаторов» – законченная научно-квалификационная работа, в которой изложены научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития электротехнической отрасли и промышленных преобразователей частоты для электротехнологических установок, предназначенных для индукционного нагрева, что соответствует п.1, п.3 и п.4 паспорта научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Оппонируемая диссертационная работа обладает научной новизной и практической ценностью. По актуальности темы, объему и содержанию теоретических и экспериментальных исследований данная работа соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства РФ от 24

сентября 2013г. № 842), а ее автор, Меднов Антон Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой

«Электротехнические комплексы»

ФГБОУ ВО «Новосибирский  
государственный технический  
университет»



Щуров Николай Иванович

Адрес: 630073, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20;

тел.: +7 (383) 346-17-88; e-mail: shhurov@corp.nstu.ru

Докторская диссертация Щурова Н.И. защищена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

С обработкой персональных данных согласен.

Подпись Щурова Н.И. заверяю

*Нач. отдела кадров ИИТМ*  
*Бурякова ОУ*  
*30.10.2013*

Должность, ФИО заверяющего



подпись, расшифровка, МП

дата