

УТВЕРЖДАЮ  
проректор по научной и  
инновационной работе

ФГБОУ ВО Магнитогорский  
государственный технический  
университет им. Г.И. Носова  
Тулупов О.Н.



«13» ноября 2023 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

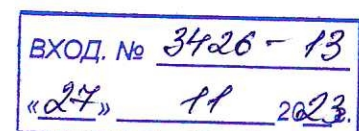
**Меднова Антона Александровича на тему: «Преобразователь параметров электроэнергии на базе полупроводниковых преобразователей и многофункциональных трансформаторов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности**

**2.4.2. Электротехнические комплексы и системы**

### Актуальность работы

Преобразователи электрической энергии находят всё более широкое применение в отечественной промышленности. Многие промышленные электроустановки требуют преобразования параметров электроэнергии для нормального функционирования. В их число входят и электротехнологические установки, обеспечивающие индукционный нагрев. Преобразователи частоты в составе данных электроустановок зачастую включают трансформаторно-выпрямительные устройства, применение которых распространено в источниках питания в различных отраслях промышленности. Поэтому тема диссертации соискателя является актуальной и перспективной.

К трансформаторно-выпрямительным устройствам современных преобразователей частоты предъявляются строгие требования по обеспечению качества выходного напряжения, обеспечению электромагнитной совместимости



с окружающим электрическим и информационным оборудованием, высокой надежности и отказоустойчивости, минимальным значениям показателей массы и габаритов, а также по энергетической эффективности и высокому КПД. В связи с чем работы по обеспечению данных требований с минимальными издержками являются актуальными и востребованными в науке и технике.

### **Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертация изложена на 129 страницах и включает в себя введение, четыре главы с выводами, заключение и список литературы из 95 наименований и 4 приложения.

Диссертация Меднова Антона Александровича изложена грамотным и научным языком, где каждый раздел имеет логическую причинно-следственную связь и законченные выводы.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определены цели, сформулированы задачи и указаны методы их решения.

В первой главе рассмотрено современное состояние науки и техники в области источников питания в РФ и за рубежом. Приведены ключевые требования к преобразователям частоты для электротехнологических установок, обеспечивающих индукционный нагрев. Приведены некоторые современные варианты решения обозначенных проблем и обеспечения указанных требований, проведен их критический анализ.

Во второй главе обоснованы преимущества применения ферромагнитных умножителей частоты (УЧФ) для снижения динамических потерь в полупроводниковых ключах инвертора путем уменьшения количества коммутаций в единицу времени, либо расширением частотного диапазона, возможностью регулирования и стабилизации параметров, обеспечением согласования с нагрузкой и гальванической развязкой.

В третьей главе представлены разработки, обеспечивающие повышение энергоэффективности и качества выходного напряжения. Выполнено компьютерное моделирование разработанных устройств.



В четвертой главе приводится экспериментальное исследование трансформатора с гибридным магнитопроводом, предназначенного для трансформаторно-выпрямительного устройства.

Заключение содержит выводы о проведенных в диссертационной работе исследованиях.

**Научная новизна** полученных результатов диссертационного исследования

Целью диссертационного исследования является совершенствование параметров и характеристик преобразователей электроэнергии в составе электротехнологических установок, включающих индукционный нагрев, для улучшения согласования их с сетью и нагрузкой и повышения энергоэффективности для случая каскадного соединения многофункциональных трансформаторов и полупроводниковых преобразователей.

Для достижения поставленной цели автор разработал конструкции выпрямительных трансформаторов (трансформатор с гибридной магнитной системой, трансформатор с минимальным потоком рассеяния, трансформатор с вращающимся магнитным полем), а для обоснования их работоспособности и эффективности – компьютерные модели.

В диссертации получены следующие результаты, которые могут быть квалифицированы как обладающие научной новизной:

1. Предложена методика расчета обмоток трансформатора, отличающаяся получением минимальных значений потоков рассеяния в трансформаторе.
2. Сформулирована методика проектирования гибридных магнитных систем входных многообмоточных выпрямительных трансформаторов, отличающаяся подходом к определению соотношения магнитных материалов.
3. Разработаны и исследованы математическая и имитационная модели магнитной системы многофункционального трансформатора, отличающиеся методом их формирования.
4. Подтверждена возможность применения гибридных магнитных систем в трансформаторах с целью улучшения их энергетических свойств.

5. Подтверждена возможность повышения энергетической эффективности и энергоемкости гибридной магнитной системы за счет регулирования напряженности магнитного поля в магнитной цепи входного многообмоточного выпрямительного трансформатора.

#### **Теоретическая и практическая значимость результатов работы:**

Значимость результатов для науки определяется тем, что:

1. Разработанные математические и имитационные модели позволяют осуществлять синтез ключевых параметров трансформатора и его магнитной системы, в частности.

2. Разработанные технические решения позволяют проектировать преобразователи параметров электроэнергии с более высоким КПД и улучшенным качеством выпрямленного напряжения.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для практики состоит в том, что разработанные методики расчета обмоток трансформатора и расчета гибридной магнитной системы могут быть применены в процессе инженерного проектирования, а трансформатор с гибридной магнитной системой был внедрен в состав электрооборудования испытательного стенда на одном из ведущих предприятий республики Башкортостан.

#### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность полученных в диссертационной работе Меднова А.А. научных положений, подтверждается верификацией данных, полученных с использованием математических и имитационных моделей, посредством экспериментальных исследований, а также использованием современных исследовательских методов. Достоверность положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

- публикацией результатов исследования в изданиях, входящих в перечень Scopus и Web of Science, а также в журналах, входящих в перечень ВАК.



- докладами о результатах проведенных исследований на конференциях международного и российского уровней;
- наличием запатентованных схемных и конструктивных решений;
- наличием актов внедрения результатов диссертационной работы в учебный и производственный процессы ФГБОУ ВО «УГАТУ» и АО УНПП «Молния» соответственно.

### **Апробация работы и публикации**

По теме диссертационного исследования опубликовано 49 трудов, 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. В числе опубликованных работ 5 печатных трудов написаны Медновым А.А. без соавторов.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты проведенного диссертантом исследования можно рекомендовать к внедрению в образовательных организациях, обучающих специалистов в области электромеханики и силовой преобразовательной техники, а также в промышленных предприятиях, деятельность которых связана с разработкой и изготовлением преобразователей электроэнергии на базе полупроводниковых элементов и трансформаторов.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. При вычислении индукции второй и четвертой гармоники происходит деление на 16 частей. А обоснования, почему, нет.

2. Из текста диссертации остается непонятным диапазон частот и мощностей, на которых возможно применение ферромагнитных умножителей частоты.

3. Во второй главе диссертации автором рассмотрены возможные варианты полупроводниковых источников питания ЭТУИН, на выходе которых образуется

синусоидальная или прямоугольная форма кривой напряжения. Однако, существуют источники питания, на выходе которых возможно получение, например, трапецеидальной или треугольной формы выходного напряжения. По тексту диссертации нет упоминания о том, почему они не приняты к рассмотрению.

4. В разделе 3 на рисунках 3-4, 3-5 и 3-6 диссертации приводится разработка трансформатора с вращающимся магнитным полем, но по каким характеристикам она превосходит разработку, представленную на рисунке 1-20, не описано.

5. В диссертации имеются неоконченные предложения, например, математическая модель чего; модель с вращающимся магнитным полем?

Указанные замечания не снижают общую ценность диссертационного исследования и не влияют на его положительную оценку.

### **Заключение**

Диссертация Меднова Антона Александровича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой. В работе изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки в области преобразовательной техники, представляющие теоретическую и практическую значимость для науки и техники.

Диссертационная работа «Преобразователь параметров электроэнергии на базе полупроводниковых преобразователей и многофункциональных трансформаторов» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842), а ее автор Меднов Антон Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв обсужден на заседании кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники федерального государственного бюджетного образовательного



учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» от 10 ноября 2023г., протокол № 4.

Отзыв составили:

к.т.н., доцент

Николаев Александр Аркадьевич

Заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.09.03

«Электротехнические комплексы и системы»

E-mail: aa.nikolaev@magtu.ru

Тел.: +7 (3519) 22-45-87

10.11.2023  подпись, дата

д.т.н., профессор

Сарваров Анвар Сабулханович


Профессор кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники

Докторская диссертация защищена по специальности 05.09.03

«Электротехнические комплексы и системы»

E-mail: anvar@magtu.ru

Тел.: +7 (3519) 22-45-87

 10.11.2023. подпись, дата

Адрес организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина д.38.

тел.: +7 (3519) 29-84-02,

e-mail: [mgtu@magtu.ru](mailto:mgtu@magtu.ru)

Подписи Николаева А.А. и Сарварова А.С. заверяю.

