

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО

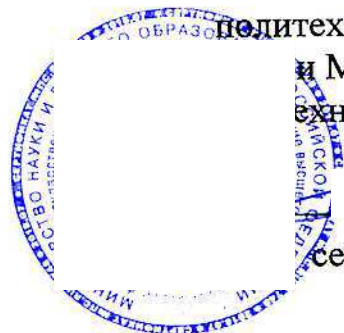
«Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова»

д-р техн. наук, профессор

Разоренов Ю.И.

сентября 2018 г.



### ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» на диссертацию Нейман Людмилы Андреевны на тему «Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Рецензируемая диссертационная работа содержит введение, шесть глав, заключение, библиографический список из 244 наименований и четырех приложений. Общий объем составляет 400 страниц машинописного текста, включает 220 рисунков и 12 таблиц.

#### 1. Актуальность исследования

Большую роль в решении вопросов механизации и автоматизации различных технологических производств в машиностроении, строительстве, горном деле и т.д. как менее энергоемкие занимают электрические виброимпульсные системы, в том числе ударного действия, имеющие линейную траекторию движения рабочих органов, в которых процесс электромеханического преобразования энергии осуществляется непосредственно без промежуточных звеньев. Как наиболее пригодные для привода машин ударного действия распространение получили электрические виброимпульсные системы, содержащие в качестве основной структуры линейный электромагнитный двигатель (ЛЭМД). Среди оборудования на основе ЛЭМД, как обладающего относительно высокими значениями КПД, зарекомендовали себя линейные синхронные электромагнитные машины ударного действия (СЭМУД), в которых частота ударных импульсов сил равна или кратна частоте промышленной сети. Исследования, выполненные в разное время для данного класса



машин, имеют разобщенный характер. Существующие подходы к расчету и проектированию СЭМУД ориентированы в большинстве случаев на статические режимы с использованием упрощенных математических моделей. При такой постановке не всегда удается адекватно выполнить оценку исследуемых процессов, что ограничивает возможности анализа и синтеза СЭМУД, работающих исключительно в переходных режимах, и является одним из сдерживающих факторов развития и совершенствования машин данного класса.

В соответствии с этим создание и совершенствование линейных СЭМУД, развитие общей теории ударных машин, методов их анализа и синтеза, отвечающих современным требованиям проектирования и направленных на повышение эффективности электромеханического преобразования энергии в технологических производственных процессах, является решением актуальной проблемы, представляет научный и практический интерес.

## **2. Научная новизна и значимость результатов проведенных исследований**

Наиболее важными результатами диссертации, обладающими признаками новизны, являются:

– развитие научной концепции, расширяющей представление о силовой электромагнитной импульсной системе, включающей ЛЭМД, устройства для импульсного преобразования и передачи механической энергии бойка с частотой вынужденных колебаний, равной или кратной частоте промышленного однофазного источника;

– предложенный на уровне изобретений комплекс новых технических решений, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик и энергетических показателей электромагнитных машин;

– перспективный метод определения пределов рационального применения разновидностей ЛЭМД для ударных машин по распространенному в практике показателю «конструктивный фактор» с использованием заранее установленных зависимостей между видом тяговой характеристики и конфигурацией исполнения магнитной цепи, полученных с помощью конечно-элементного моделирования магнитного поля;

– результаты анализа процессов электромеханического преобразования энергии для вариантов конструктивных схем СЭМУД, дополняющие базовые знания фундаментальных положений теории импульсных циклических электромагнитных машин;

– установленные зависимости между колебаниями температуры при циклическом нагреве и рабочим циклом СЭМУД, способствующие в решении вопросов управления их тепловой нагрузкой в переходных режимах в зависимости от начального перегрева;

– выработанные рекомендации по повышению точности учета силы одностороннего магнитного притяжения бойка и количественная оценка



компонент этой силы в зависимости от имеющей место магнитной асимметрии;

– численные модели и алгоритмы расчета потерь мощности от вихревых токов в сплошном ферромагнитном магнитопроводе, реализованные методами структурного моделирования;

– новые математические модели многомассовых электромеханических колебательных систем (ЭМКС) с ЛЭМД, обеспечивающие широкие возможности анализа электромеханических процессов в различных режимах, учитывающие нелинейности магнитных характеристик сталей магнитопроводов, потоки рассеяния, степени подвижности инерционных масс, свойства упругих связей, реализованные методами структурного моделирования;

– обобщенный методологический подход к математическому описанию различных по исполнению вариантов схем СЭМУД, наиболее точно отражающий динамическое состояние электромеханической системы с потерями энергии при возбуждении периодических ударных импульсов сил и обеспечивающий широкие возможности для анализа и синтеза моделей методами структурного моделирования, способствующий получению новых результатов по теме диссертации.

### **3. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов**

Достоверность научных положений и полученных в работе результатов и выводов основана на корректности постановки задач исследования и обоснованности принятых допущений. Достоверность подтверждается адекватностью используемых математических моделей и удовлетворительным соответствием полученных результатов экспериментальным данным, исследованиями других авторов, достаточно широкой публикацией результатов исследований, их обсуждением на научных конференциях различного уровня.

### **4. Практическая ценность диссертационной работы и рекомендации по использованию и внедрению ее результатов**

Основные практические результаты заключаются в следующем:

– получили развитие принципы построения конструктивных схем СЭМУД. На уровне изобретений разработан комплекс новых технических решений, направленный на улучшение эксплуатационных и энергетических показателей синхронных электромагнитных ударных машин;

– предложены подходы при решении вопросов оптимального проектирования ЛЭМД для приводов СЭМУД, наиболее полно отражающие тенденции преимущественного выбора из условия экономичности в расходовании активных материалов;

– разработаны инженерные методики расчета параметров рабочего процесса СЭМУД, обеспечивающие решение вопросов управления их тепловой нагрузкой с учетом начального перегрева в рабочем цикле машины;



– предложена система практических рекомендаций, моделей и алгоритмов расчета потерь мощности и сил сопротивления, противодействующих ускорению бойка, магнитной и механической природы;

– разработан комплекс математических и компьютерных моделей (в Matlab Simulink) конструктивных схем СЭМУД, внедрение которых в практику проектирования позволяет сократить сроки выполнения проектных работ и повысить их качество.

Научные и практические результаты диссертационного исследования можно рекомендовать к использованию предприятиями, научно-исследовательскими и проектными организациями, специализирующимися на разработке и внедрении силовых виброимпульсных систем на базе ЛЭМД, а также в учебном процессе образовательных организаций при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

### **5. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности и установленным критериям Положения о присуждении ученых степеней**

Содержание диссертации и автореферата, объект и предмет исследования соответствуют областям исследования паспорта научной специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты:

– анализ и исследование физических явлений, лежащих в основе электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов;

– разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов;

– разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии;

– разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации в составе рабочих комплексов.

Диссертационная работа Л.А. Нейман соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней:

– по п. 9. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, направленная на повышение эффективности процесса электромеханического преобразования и передачи энергии посредством ударного взаимодействия, имеющая важное хозяйственное значение;

– по п.10. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выносимые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе автора



диссертации в науку. В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных в работе научных результатов, в частности, в рамках реализуемой программы стратегического развития НГТУ при выполнении проекта по направлению «Энергоэффективность и энергосберегающие технологии». В рамках выполнения тематического плана НИР НГТУ. Практическое использование научных результатов подтверждается наличием актов о внедрении ФГБОУ ВО НГТУ, от ЗАО «ЭРАСИБ» и ИГД СО РАН (г. Новосибирск). Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;

– по п. 11, 13. Основные результаты по теме диссертационной работы в достаточной степени опубликованы в 90 печатных работах, в том числе: 37 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 8 патентов на изобретения, 1 патент на полезную модель, 9 статей опубликованы в журналах и материалах конференций, входящих в международные базы SCOPUS и WoS, 35 публикаций в других изданиях;

– по п.14. В диссертации сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов. В диссертации отмечены обстоятельства использования результатов научных работ, выполненных лично соискателем или в соавторстве.

## **6. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации и отражает основные результаты в процессе ее выполнения.

## **7. Основные вопросы и замечания по работе**

1. На рис. 1.39 (с. 5) приведены кривые относительных значений тяговых усилий ЛЭМД с различным профилем магнитной цепи, однако характер их поведения не поясняется.

2. Неясно (с. 56), с какой целью автором уточняется степень влияния температуры нагрева, объема ЛЭМД и его главных соотношений размеров на абсолютные значения конструктивного фактора?

3. Приведенное выражение (1.4), с. 57, относительно мощности, рассеиваемой в обмотке, справедливо только для случая питания обмотки постоянным током, в то время как ЛЭМД питается пульсирующим током, это относится и к другим выражениям раздела 1.4.1.

4. В рамках принятых допущений (раздел 3.2, с. 146) не установлены пределы изменения погрешностей при выполнении расчетов с использованием полученного приближенного решения для циклического процесса нагрева ЛЭМД.

5. По результатам исследований первой главы (раздел 1.4) границы пределов рационального применения разновидностей ЛЭМД, выполненные на основе моделирования магнитного поля, окончательно не установлены.



Для большей убедительности целесообразно было привести примеры такого расчета и сравнить их с уже имеющимися данными по методу Ротерса.

6. Следовало бы указать количественные значения показателей по эффективности использования новых рабочих циклов СЭМУД и новых способов управления при питании от промышленных источников электроэнергии. Неясно, на чем основан вывод об улучшении показателей электромагнитной совместимости.

7. Существенно улучшить энергетические показатели электромагнитного двигателя, наряду с совершенствованием его конструкции, позволяет возможность управлять током или напряжением обмотки. Однако в работе не рассмотрены особенности управления и не представлены схемные решения по формированию управляющих воздействий, улучшающих энергетику двигателя.

8. На рис. 4.1 (с. 188) и 4.2 (с. 189) представлены картины магнитного поля расчетной области модели электромагнита в двухмерной, плоскопараллельной постановке, что не согласуется с конструкцией соленоидного электромагнита, имеющего традиционную, цилиндрическую осесимметричную конструкцию. Правильно ли следует понимать, что при выполнении расчетов (раздел 4.2.1) автором рассматривается магнитная система электромагнита соленоидного типа с С-образным магнитопроводом и призматическим якорем с квадратным сечением, а не традиционная цилиндрическая конструкция. Если это так, то как принятое допущение относительно конструкции электромагнита и выводы по данному разделу повлияют на результаты дальнейших исследований, использующих в своей основе соленоидные цилиндрические магнитные системы.

9. В диссертации не представлены результаты по расчету экономической эффективности при использовании СЭМУД, что только бы повысило значимость решаемой комплексной проблемы.

10. По тексту диссертации имеют место стилистические ошибки, так например:

– на с. 58, нижний абзац: «Оба выражения записи отражают температурный режим.....» – не совсем ясно, о чем конкретно здесь идет речь;

– на с. 60 также нижний абзац: «Так как все элементы конструкции – цилиндрические тела с одним центром относительно оси симметрии ЛЭМД, которая .....» – следует уточнить, о каком центре здесь идет речь?

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки результатов работы.

## 8. Заключение

Диссертационная работа Нейман Л.А. на тему «Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий» соответствует паспорту научной специальности 05.09.01 – Электромеханика и



электрические аппараты, выполнена на актуальную тему и обладает внутренним единством.

Результаты и выводы, полученные в работе, свидетельствуют о том, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, направленная на повышение эффективности процесса электромеханического преобразования и передачи энергии посредством ударного взаимодействия, имеющая важное хозяйственное значение.

Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, в том числе пунктам 9–11,13,14, а ее автор Нейман Людмила Андреевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Диссертация, автореферат и отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры электромеханики и электрических аппаратов в ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», протокол № 1 от 6 сентября 2018 г.

Заведующий кафедрой  
электромеханики и электрических аппаратов  
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова»,  
д-р техн. наук, профессор

Павленко  
Александр Валентинович

6 сентября 2018 г.

**Сведения о ведущей организации:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

Адрес: 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
Телефон: +7 (8635) 25-56-60, E-mail: rektorat@npi-tu.ru.

Подпись д-ра техн. наук, профессора

веряю:

*Новожилов У.П.*

Иванченко Г.Г.

*Отзыв получен 19.09.18 от Иванченко Г.Г.*

*С отзывом ознакомлена 25.09.18г. Нейман Л.А. / Нейман Л.А.*