

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента
Певчева Владимира Павловича
на диссертацию **Нейман Людмилы Андреевны**
"ЛИНЕЙНЫЕ СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МАШИНЫ
ДЛЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ УДАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ",
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.09.01 – "Электромеханика и электрические аппараты"

На отзыв представлены:

– диссертация общим объёмом 400 страниц, состоящая из введения, шести глав, заключения, библиографического списка из 244 наименований и четырёх приложений;

– автореферат диссертации на 39 страницах с общей характеристикой работы, кратким изложением основного содержания результатов диссертации, заключения и списка публикаций по теме диссертации из 90 наименований.

1. Актуальность темы диссертации

В связи с внедрением прогрессивных видов технологического оборудования в различных сферах общественного производства значительно возрастают требования к улучшению его потребительских свойств.

Среди подобного оборудования особое место занимают импульсные и виброимпульсные комплексы, содержащие в своей основе линейный электромагнитный двигатель. За длительный период их практического использования получили развитие созданные на основе этого двигателя синхронные машины ударного действия, для которых частота ударных импульсов сил равна или кратна частоте промышленной сети. Одной из особенностей этих машин является возможность работы в режимах, близких к резонансным, что позволяет достигать относительно высоких в своем классе машин значений КПД.

Особое развитие в нашей стране синхронные электромагнитные машины получили в конце 70-ых годов прошлого столетия в качестве механизированного ударного электроинструмента. Со временем подходы по расчёту и проектированию этих машин значительно устарели. В этой связи существующее противоречие между необходимостью практической реализации синхронных машин ударного действия и недостаточно развитыми теорией машин и методами для их анализа является одним из сдерживающих факторов дальнейшего развития и совершенствования машин данного класса.

Задачи, решаемые автором диссертации, касаются вопросов развития этого научного направления, что определяет важность и актуальность темы рассматриваемой работы.

2. Анализ содержания диссертации по разделам и её завершённости в целом

Во введении обоснована актуальность темы работы. Сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены научные положения, выносимые на защиту, и необходимая информация по апробации и публикациям.

В первой главе основное внимание уделено вопросам современного состояния синхронных машин ударного действия и методологии их построения. Рассмотрены возможности практического применения линейных электромагнитных двигателей в приводе этих машин, технические показатели ранее созданных машин и тенденции преимущественного применения вариантов схем этих машин. На уровне изобретения предложены новые технические решения вариантов схем синхронных машин ударного действия и новые способы их управления. Разработаны и развиты подходы оптимального проектирования линейных электромагнитных двигателей, используемых для ударных машин, из условия экономичности расхода материалов, основанные на использовании конечно-элементного моделирования магнитного поля, что повышает качество результатов.

Вторая глава посвящена вопросам энергопреобразования синхронных машин ударного действия с различными способами реализации возвратно-поступательного движения ударной массы бойка. Рассмотрены вопросы реализации рабочих циклов при передаче кинетической энергии бойка. Автором подвергнуты анализу процессы энергопреобразования, как уже известных, так и новых, еще не исследованных, рабочих циклов этих машин. Выполненный анализ существенно дополняет базовые знания фундаментальных положений теории импульсных электромагнитных машин. Исследуются физические явления, лежащие в основе электромеханических преобразователей энергии и составляющие научные основы для их создания и совершенствования.

В третьей главе выполнен анализ режимов работы циклических электромагнитных машин из условия допустимого нагрева. Дана оценка конструктивного совершенства систем охлаждения на основании введенных критериев сравнения. Рассмотрен нагрев циклических электромагнитных машин в переходных режимах. На основании полученных приближенных решений для циклического нагрева представлены методики теплового расчёта с целью оптимизации работы этих машин, обусловленных заданным рабочим процессом, в зависимости от начального перегрева.

В четвертой главе представлены результаты исследований, направленные на решение вопросов, связанных с повышением точности учёта характеристик синхронных машин ударного действия при выполнении динамических расчётов. Дана комплексная оценка сил сопротивления, противодействующим ускорению бойка, и потерям энергии в механической

системе, включая потери энергии при ударном частично-упругом взаимодействии элементов конструкции этих машин.

Разработаны варианты моделей обобщённой магнитной цепи с потерями энергии на вихревые токи в массивном магнитопроводе. Рассмотрены вопросы учёта нелинейных свойств параметров моделей при конечно-элементном моделировании магнитного поля.

В пятой главе представлены результаты исследования по проблеме развития методов расчёта и создания математических моделей многомассовых электромагнитных циклических машин колебательного движения с потерями энергии в упругих связях без учёта ударного взаимодействия в механической подсистеме. Разработаны их компьютерные модели, обеспечивающие широкие возможности для проведения всестороннего анализа методами структурного моделирования. Показано, что для учёта колебательных взаимодействий в многомассовой механической системе целесообразно применять метод Лагранжа. В случае учёта ударных взаимодействий процесс движения рассматривается как результат наложения вынужденных, свободных колебаний и ударных импульсов сил. Приведены результаты анализа четырёхмассовой колебательной системы при возбуждении периодических ударных импульсов сил.

В шестой главе разработан единый методологический подход к математическому описанию различных вариантов схем синхронных машин ударного действия, учитывающих ударные взаимодействия в механической системе и различного рода потери энергии. Особое внимание уделено разработке компьютерных моделей с использованием методов и средств структурного моделирования пакета программ Matlab Simulink. Приведены результаты анализа рабочих процессов и верификация моделей. Представлены результаты создания обобщённых моделей исследуемых машин. Рассмотрены проблемы и перспективы развития устройств, созданных на их основе.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы.

В приложениях приведены примеры приближённого теплового расчёта, справки и акты о внедрении результатов диссертационного исследования.

Исходя из анализа содержания диссертационной работы Нейман Л.А., можно заключить, что диссертация написана доступным для понимания языком, а по своему объёму, структуре и направленности полученных результатов является законченным исследованием.

Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам исследований.

Указанная цель работы в полной мере реализована в рамках представленной диссертационной работы.

Диссертация соответствует критериям п. 10 положения ВАК "О порядке присуждения учёных степеней" (*Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842*): диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выносимые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации сделаны необходимые ссылки на источники заимствования материалов и авторов, отмечены результаты использования научных работ, выполненных соискателем лично или в соавторстве.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и отражает её основные результаты. Следует отметить высокое качество иллюстративного материала.

3. Соответствие работы паспорта научной специальности 05.09.01 – "Электромеханика и электрические аппараты"

Тема и содержание диссертации Нейман Л.А. соответствуют паспорту научной специальности 05.09.01 – "Электромеханика и электрические аппараты":

По формуле специальности: "... объединяющей исследования по физическим и техническим принципам создания и совершенствования силовых устройств для взаимного преобразования электрической энергии ... с целью повышения энергетической эффективности преобразователей ..."

По области исследований:

- п. 1. Анализ и исследование физических явлений, лежащих в основе электромеханических преобразователей энергии и электрических аппаратов;
- п. 2. Разработка научных основ создания и совершенствования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов;
- п. 3. Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии;
- п. 5. Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надёжность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов.

По отрасли наук: технические науки.

4. Новизна полученных автором научных результатов

Новизна полученных Нейман Л.А. научных результатов состоит:

1. В развитии научной концепции синхронной электромагнитной импульсной системы в классе ударных машин, взаимодействующих с деформируемой средой.

2. В разработке методики сравнения вариантов цилиндрических линейных электромагнитных двигателей одинакового объёма, в основе которой используются результаты моделирования магнитного поля.

3. В обосновании перспективности использования известного метода определения пределов рационального применения цилиндрических линейных электромагнитных двигателей применительно для привода синхронных машин ударного действия по распространённым в практике значениям показателя "конструктивный фактор", полученным с помощью конечно-элементного моделирования магнитного поля, что расширяет возможности и границы метода и повышает качество результатов в задачах проектирования.

4. В развитии принципов построения вариантов схем синхронных машин ударного действия. В разработке новых рабочих циклов и новых технических решений, направленных на повышение их надёжности, производительности, энергии удара и КПД, новизна которых подтверждается патентами на изобретения.

5. В исследованиях физических явлений, лежащих в основе энергопреобразовательных процессов различных вариантов синхронных машин ударного действия, поясняющих закономерности процессов взаимного преобразования электрической, магнитной, кинетической и потенциальной энергии и дополняющих базовые знания фундаментальных положений теории импульсных электромагнитных машин.

6. В разработке методик приближенного расчёта синхронных машин ударного действия, способствующих управлению их тепловой нагрузкой в переходном процессе нагрева в зависимости от его начального значения в рабочем цикле.

7. В результатах исследований и оценки силы одностороннего магнитного притяжения сопрягаемых некоаксиальных элементов конструкции электромагнитного двигателя и отдельных составляющих этой силы; в рекомендациях по учёту и повышению точности расчёта этой силы относительно установленных ограничений по эксцентриситету.

8. В разработке алгоритмов расчёта методами структурного моделирования и вариантов моделей по учёту в нестационарных режимах потерь мощности от вихревых токов в массивном магнитопроводе в зависимости от насыщения ферромагнитных участков и закона формирования напряжения на входе.

9. В разработке математических моделей многомассовых колебательных систем с линейными электромагнитными двигателями и методологического подхода к математическому описанию различных вариантов схем синхронных машин ударного действия, сопровождаемых различного рода потерями энергии, а также реализованных на их основе компьютерных моделей, обеспечивающих широкие возможности для решения задач анализа и синтеза.

5. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в том, что доказаны положения, расширяющие представления о силовой электромагнитной

импульсной системе, использующей в своем составе линейный электромагнитный двигатель, как устройства для преобразования и передачи кинетической энергии бойка с частотой ударных импульсов сил, равной или кратной частоте промышленной сети переменного тока 50 Гц.

Практическая значимость результатов работы представляет собой новые научно-технические решения, рекомендации, методики, компьютерные модели и алгоритмы расчёта, направленные на решение проблемы повышения эффективности процесса преобразования энергии, внедрение которых в практику проектирования синхронных машин ударного действия вносит значительный вклад в развитие электротехнической отрасли.

Полученные в работе результаты реализованы при непосредственном участии автора в виде разработок макетных образцов, методик и компьютерных моделей, а также внедрены: в ЗАО "ЭРАСИБ", ИГД СО РАН (г. Новосибирск) и в учебном процессе при разработке учебных курсов в ФГБОУ ВО "Новосибирский государственный технический университет".

6. Апробация работы и подтверждение опубликованных основных положений работы

Основные теоретические положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях различного уровня.

По теме диссертационного исследования опубликовано 90 печатных работ, из которых 37 научных статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 8 патентов на изобретения и 1 патент на полезную модель, 9 статей в журналах и материалах конференций, входящих в международные базы Scopus и Web of Science.

7. Достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность полученных результатов определяется корректностью постановки задач, обоснованностью принятых допущений и адекватностью используемых математических моделей, сравнением результатов расчёта с данными физического моделирования и исследований других авторов.

8. Общие замечания и вопросы по диссертационной работе

1. При выполнении структурного анализа в первой главе (таблица 1.2, стр. 38 и выводах) следовало указать достигнутый уровень основных показателей по удельной энергии удара или ударной мощности для рассмотренных вариантов синхронных машин ударного действия.

2. Для учёта аналогов механических характеристик многомассовой колебательной системы автор использует упрощенную линейную модель сил сопротивления, обусловленных вязким трением в упругих связях и пропорционально зависящих от обобщённых скоростей. Требуется пояс-

нить, чем обосновано применение линейной модели для учёта сил сопротивления от вязкого трения.

3. Не отражено в явном виде влияние потерь от гистерезиса в стальных элементах конструкции линейных электромагнитных двигателей. Требуется пояснить, как производится учёт данного вида потерь при реализации компьютерных моделей.

4. При исследовании вариантов схем синхронных машин ударного действия не представлены режимы с укорочением импульсов тока за счёт задержки включения вентилей системы электропитания, что легко реализуемо в вариантах, использующих несколько полувольт напряжения сети.

5. По тексту диссертации и в автореферате применяются такие термины, как "установившийся режим", "квазиустановившийся режим", "переходной квазиустановившийся режим" работы без пояснения, в чем принципиальная разница в этих режимах. Требуется пояснить на примере функционирования исследуемых машин.

6. При описании полученных систем дифференциальных уравнений (стр. 206, 209, 317, 328, 339 и стр. 28 автореферата) некорректно использован термин "импульс силы" соударения вместо термина "среднее значение силы" (стр. 281).

7. Полагая идентичность в записи выражений баланса энергий электромеханической системы для некоторых интервалов времени рабочих циклов исследуемых машин (глава 2, стр. 83–122), было бы целесообразно воспользоваться более информативной табличной формой представления результатов и не повторять их при каждом упоминании заново.

9. Заключение

Оценивая работу в целом, считаю, что указанные замечания не снижают общей положительной оценки результатов исследования.

Диссертация Нейман Л.А. "Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий" является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение в области создания и совершенствования электромеханических преобразователей электрической энергии и повышения их энергетической эффективности. Диссертация соответствует научной специальности 05.09.01 – "Электромеханика и электрические аппараты", обладает внутренним единством и является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему. Считаю, что работа полностью соответствует критериям п. 9, 10, 11, 13, 14, которым должны отвечать диссертации на соискание учёных степеней в соответствии с положением "О порядке присуждения учёных степеней", утверждённом

Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842, а её автор Нейман Людмила Андреевна заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 – "Электромеханика и электрические аппараты".

Официальный оппонент,
профессор кафедры "Промышленная электроника"
ФГБОУ ВО "Тольяттинский государственный
университет" доктор технических
наук (специальность 05.09.01), доцент

Певчев
Владимир Павлович

Сведения:

Полное название организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тольяттинский государственный университет" (ФГБОУ ВО ТГУ).

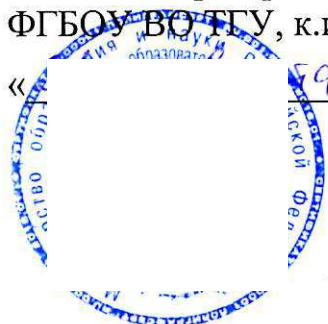
Почтовый адрес: 445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 14.
Телефон: +7 (8482) 54-64-02, факс: +7 (8482) 53-95-22.

E-mail: v.pevchev@tltsu.ru

Подпись д.т.н., доцента Певчева Владимира Павловича удостоверяю:
Учёный секретарь Учёного совета
ФГБОУ ВО ТГУ, к.и.н., доцент

Т.И. Адаевская

« 19 2018 г.



Отзыв получен 17.09.18 МЗ / Дыбко М.А.

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