

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Нейман Владимира Юрьевича на диссертацию Каргина Виталия Александровича "ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ АПК ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИН С ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ",
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве"

На отзыв представлены:

- диссертация общим объёмом 377 страниц, состоящая из введения, шести глав, заключения, библиографического списка из 264 наименований и девяти приложений;
- автореферат диссертации на 44 страницах с общей характеристикой работы, кратким изложением основного содержания результатов полученных в диссертации, заключения и списком публикаций по теме диссертации из 49 наименований.

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время внедрение новых технологических процессов и совершенствование существующих технологий в агропромышленном комплексе (АПК) выдвигает перед разработчиком актуальную задачу создания конкурентноспособных технических средств, для их осуществления.

Для реализации данных технологий используются как традиционные электропривода с двигателями вращательного действия, так и специальные электропривода возвратно-поступательного движения, в том числе на базе линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД) импульсного действия.

Перспективность применения подобных электроприводов с ЛЭМД объясняется возможностью упрощения их кинематической схемы, повышения удельных характеристик изделий, улучшения экологичности и достижения ресурсо- и энергосбережения в АПК.

Также следует указать, что конкурентность импульсных машин ЛЭМД во многих технологиях возрастает в связи со значительными достижениями в отрасли производства новых электронных приборов и электротехнических материалов. Имеются перспективы широкого применения специальных электроприводов на основе ЛЭМД за счет повышения энергетической эффектив-

ности, надежности, рациональной структуры и организации взаимодействия элементов электропривода, оптимальное их управление и т.д., что непосредственно связано с решением необходимого комплекса задач, обеспечивающих энергосбережение в технологиях АПК за счет повышения эффективности компонентов системы электропривода.

Развитию этого актуального научного направления посвящена диссертационная работа Каргина В.А.

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

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований. Определен объект и предмет исследований. Отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов, научные положения, выносимые на защиту. Отмечен личный вклад соискателя. Приводятся данные о реализации и апробации результатов.

В первой главе освещены вопросы о состоянии проблемы и направления совершенствования электроприводов на основе ЛЭМД. Сделана оценка преимущественных сторон применения электромагнитных приводов в сельхозпроизводстве и на предприятиях АПК и их конкурентности. Определены технологические процессы преимущественного использования электроприводов с ЛЭМД. Приведена обобщенная структурная схема ЛЭМД-привода для технологий АПК.

Во второй главе дано обоснование магнитной системы ЛЭМД, содержащей в отличие от известных систем сквозной канал. Особое внимание уделено выявлению, с точки зрения, ухудшения выходных характеристик площади сечения сквозного канала ЛЭМД относительно фиксированного размера радиуса втяжной части якоря. Для решения данного вопроса автором используются современные методы имитационного моделирования с использованием специализированных программных средств. Предложены математические модели стационарных и нестационарных тепловых процессов. Дана оценка влияния различных факторов на нагрев элементов ЛЭМД. Сформулированы рекомендации по интенсификации охлаждения ЛЭМД. Кроме того, приведены конструктивные схемы ЛЭМД с самовентиляцией и дана количественная оценка влияния вентиляционных каналов на тепловые режимы ЛЭМД на основе применения приближенных тепловых схем замещения.

В третьей главе предложены новые устройств выводы и передачи механической энергии, интегрированные в конструкцию ЛЭМД. Особое внимание уделено зажимным механизмам, обеспечивающим однонаправленное или двунаправленное перемещение рабочего органа инструмента. Новизна научных технических решений подтверждается шестью патентами на полезные модели и тремя патентами на изобретения. Научную новизну исследований

третьей главы могут представлять разработанные на уровне изобретений конструкции устройств вывода и передачи механической энергии, интегрированные в ЛЭМД, использование которых позволяет улучшить функциональные и эксплуатационные характеристики изделий.

В четвертой главе рассмотрены принципы построения электрических преобразователей приводов с ЛЭМД и разработанные схемы электрических преобразователей, обеспечивающих адаптацию выходных параметров ударных и безударных ЛЭМД к изменению параметров нагрузки. Особое внимание уделено вопросу построения схем преобразователей, получающих питание от автономных источников питания и с емкостными накопителями энергии. Так же рассмотрены вопросы по системам автоматического управления ЛЭМД в функции противодействующего усилия.

В пятой главе представлены результаты исследования физических моделей. Рассмотрены физические модели ЛЭМД и особенности их рабочих процессов. Представлены методика и технические средства эксперимента. Оценка рабочих процессов выполнена для ЛЭМД, питаемых от аккумуляторного источника энергии и емкостного накопителя энергии. Исследовано влияние параметров ударного и безударного режима работы изделий на эффективность процессов энергопреобразования ЛЭМД.

В шестой главе представлены результаты создания ударных и безударных приводов ЛЭМД, применяемых в изделиях для технологий АПК. Приведены результаты производственных испытаний изделий на основе ЛЭМД. Дана технико-экономическая оценка результатов внедрения некоторых изделий с ЛЭМД.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты работы, подведены итоги проведенных исследований.

В приложениях приведены программы, примеры расчётов, описания схем и устройств, таблицы анализа случайных погрешностей, акты испытаний и внедрений результатов диссертационного исследования.

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

В основном 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, облада-

ет внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку, содержатся сведения о практическом использовании автором диссертации научных результатов.

В диссертации сделаны необходимые ссылки на источники заимствования материалов и авторов. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и отражает её основные результаты.

3. Соответствие работы паспорта научной специальности 05.20.02 – "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве"

Тема и содержание диссертации Каргина В.А. соответствуют паспорту научной специальности 05.20.02 – "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве":

По формуле специальности: "... разрабатывающая теорию, методы и технические средства использования электрических и магнитных процессов в сельскохозяйственном производстве, включающая технологические процессы, специальные электротехнические установки, управление ими и их эксплуатацию, ... содержит научные и технические исследования и разработки в области производства, хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов и материалов ... с целью совершенствования теории, методов и технических средств оптимального использования энергоресурсов и электроэнергии для повышения продуктивности, качества и производительности труда в сельскохозяйственном производстве, создания энергосберегающих и экологических технологий ...".

По отрасли наук: технические науки.

4. Достоверность и новизна полученных автором научных результатов

Достоверность полученных результатов определяется корректностью постановки задач, обоснованностью принятых допущений и адекватностью моделей, применением высокоточной измерительной аппаратуры и приборов, стандартных методик исследований, обработкой экспериментальных данных методами математической статистики, сходимостью результатов теоретического и экспериментального исследований рабочих процессов и характеристик изделий на основе приводов с ЛЭМД, их подтверждением при практической реализации разработок в лабораторных и производственных условиях.

Новизна полученных автором научных результатов состоит:

1. В разработке имитационных моделей цилиндрического двухзазорного электромеханического преобразователя на основе ЛЭМД с магнитной системой выполненной со сквозным осевым каналом;
2. В разработке моделей для исследования процессов нагрева, охлаждения и способов интенсификации теплообмена в ЛЭМД с комбинированным якорем и двумя рабочими зазорами;
3. Исследования энергопреобразовательных режимов ударных и безударных приводов с ЛЭМД, определяемые совокупностью функциональных компонентов и способами питания электропривода;
4. В полученных автором результатах экспериментальных исследований полноразмерных установок и физических моделей электроприводов с ЛЭМД ударного и безударного действия.

Также *считаю необходимым* пятым пунктом научной новизны по теме диссертации дополнительно включить:

5. Разработанные на уровне изобретений конструкции устройств для вывода и передачи механической энергии, интегрированные с ЛЭМД, использование которых позволяет в разной степени улучшить функциональные и эксплуатационные характеристики изделий для процессов и технологий АПК.

5. Теоретическая и практическая значимость и реализация результатов

Теоретическая значимость работы заключается: в разработке имитационной модели магнитной системы ЛЭМД со сквозным осевым каналом, позволяющей с допустимой точностью определять статические и динамические характеристики ЛЭМД при варьировании конструктивных и режимных параметров; в обосновании функциональных схем устройств вывода и передачи механической энергии «двигатель – исполнительный орган» и разработке, на уровне изобретений, конструктивных схем устройств интегрированных с ЛЭМД, обеспечивающих при ограничениях хода якоря совершать неограниченное одно- или двунаправленное перемещение исполнительного органа изделия; в обосновании рекомендаций по выбору системы охлаждения ЛЭМД с учетом его конструктивных и режимных параметров; в разработке управляющих устройств с адаптацией выходной механической энергии приводов с ЛЭМД в зависимости от свойств нагрузки; в применении результатов исследований в учебном процессе образовательных заведений по вопросам проектирования специальных линейных электроприводов.

Полученные в работе результаты подтверждены производственными испытаниями и внедрены в производство при непосредственном участии автора: в ООО «МСК ЭНЕРГО» (г. Саратов); АО «Лысогорская птицефабрика» (р.п. Лысые Горы, Саратовская обл.), ОАО «Знак Хлеба» (г. Саратов), ООО «ИспЭК» (г. Уфа, республика Башкортостан), ООО «Кетовская агрохимия» (Кетовский район, Курганская обл.), ООО «ЭлектроСила Монтаж» (г. Саратов), ИП «Глава КФХ «Пасечный Андрей Иванович» (р.н. Лысые Горы, Саратовская обл.).

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 опубликованы в 96 печатных работах, из которых 22 научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 9 патентов на изобретения и на полезные модели, 10 статей в журналах и материалах конференций, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science и одна монография.

7. Общие замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Во вводной части диссертации и автореферата следовало сформулировать область исследования в соответствии с паспортом научной специальности.

2. Второй и четвертый пункты научной новизны сформулированы декларативно, следовало их расширить с помощью применения ограничительных или отличительных признаков по отношению к признакам, известным ранее.

3. Дискуссионными представляются структура и приведенный материал первой главы. По моему мнению, не следовало акцентировать много внимания на оценках преимущества применения приводов с ЛЭМД на предприятиях АПК. Основной упор следовало сделать на существующие противоречия, определяющие научную проблему, решаемую в диссертации, а также необходимости в формулировке задач исследований, направленных на решение указанной проблемы с последовательным критическим анализом работ в данном направлении, в том числе относительно работ своих предшественников.

4. Обобщенная структурная схема привода ЛЭМД на рис. 1.28 избыточно формализована. В том, что она «... помогает оценить достигнутый уровень и определить наиболее важные задачи по созданию и дальнейшему совершенст-

вованию ... в технологиях АПК» (стр. 54) из самой структурной схемы не следует, а следует только из субъективных комментариев самого автора.

5. Выводы по первой главе ограничены общей количественной оценкой преимуществ в использовании приводов с ЛЭМД без привязки к технологическим операциям и в них отсутствует информация к дальнейшим действиям.

6. Выражение (2.19, стр. 71), определяющее производную тока по времени, содержит различия в размерностях левой и правой частях данного выражения. Данное несоответствие используется далее в структурной схеме рис. 2.11 для расчета динамики. Неясно как это в дальнейшем отражается на погрешности расчетов?

7. Выражение полной производной для тока по времени (формула 2.16), представленное через алгебраическую сумму полных производных по времени отдельных составляющих токов, следовало аргументировать, а не ограничиваться их формальными представлениями.

8. Расчетная область осесимметричной модели магнитной системы ЛЭМД (рис. 2.2, а) и пример расчетной области модели при наложении сетки конечных элементов (рис. 2.2, б) содержат некоторые различия в конструкциях магнитных систем.

9. В диссертационной работе моделирование динамических процессов выполнялось методами имитационного моделирования в Matlab Simulink. Однако, кроме приведенных структурных схем, подтверждающих применение программного продукта, графические иллюстрации изменяющихся во времени мгновенных величин и методики проведения экспериментов в работе не приведены. Также не ясно как выполнялась верификация созданной имитационной модели.

10. В работе следовало отразить целостную математическую модель динамики ЛЭМД, а не ограничиваться только фрагментарными представлениями уравнений (2.16) – (2.20), поясняющих алгоритм расчета динамических характеристик электропривода.

11. Ссылка (стр. 73) на разработанную математическую модель ЛЭМД, представленную на рис. 2.7, не совсем соответствует указанной модели, а лишь является развернутой структурной схемой в программе Simulink для анализа динамики работы ЛЭМД.

12. Ссылка, применяемая к выражению (2.6) базисного размера радиуса якоря, не соответствует заявленному первоисточнику [149].

13. Результаты выполненных автором исследований параграфа 2.3 (стр. 78) по оптимизации ЛЭМД, не нашли своего отражения не в научной новизне, не в выводах по главе 2, не в заключении по работе. Непонятно в чем их оригинальность и для чего их следовало тогда приводить в диссертации?

Аналогичный вывод возникает в отношении параграфа 2.5 второй главы диссертации. Также дискуссионным следует считать вопрос наличия данного параграфа в общей структуре второй главы диссертации.

14. Уравнения (2.53) – (2.59) отражают стационарный процесс нагрева. Непонятно, каким образом осуществляется переход к нестационарному процессу нагрева, представленному в виде зависимости $\theta = f(t)$ на рис. 2.20 для кратковременного режима работы?

15. Следует согласиться с автором (параграф 2.4, стр. 85), что в настоящее время расчет температурных полей ЛЭМД «... успешно реализуется на персональном компьютере с использованием современного комплекса программ...». Однако без дополнительных аргументаций для решения поставленных им задач нагрева автор ограничивается использованием приближенных тепловых схем замещения и применением цепных методов для их расчета. Чем вызвано данное обстоятельство автор в работе не поясняет.

16. Рисунок рис. 2.22 не является графиком изменения температуры по сечению ЛЭМД в зависимости от времени нагрева, а реально отражает изменение температуры по сечению для фиксированных моментов времени работы ЛЭМД.

17. Не совсем ясно, что принимается в качестве основополагающего уравнения температурного поля при построении зависимости распределения данной температуры по сечению ЛЭМД (рис. 2.24, стр. 96).

18. Следует согласиться с автором о необходимости и важности постановки задачи 4 и 5 исследований (стр. 9, диссертации и стр. 5, автореферата), обеспечивающих достижение заявленной цели диссертационной работы, и для решения которых им отведена целая глава (Глава 3). Однако, не совсем понятно, для чего следовало решать столь необходимые и важные задачи (задачи 4 и 5), если для автора они не представляют предмета научной новизны исследований и не используются в качестве положений, выносимых на защиту.

В этой связи считаю необходимым ввести новый пункт научной новизны работы в следующей редакции:

– разработанные на уровне изобретений конструкции устройств вывода и передачи механической энергии, интегрированные в ЛЭМД, использование которых позволяет улучшить функциональные и эксплуатационные характеристики изделий для процессов и технологий АПК.

19. Выводы по третьей главе выглядят достаточно скромно по отношению к общему объему решаемых задач исследований (задача 4 и задача 5). В выводах следовало дать более расширенную информацию по их выполнению с использованием количественных оценок.

20. По тексту диссертации и автореферата также имеется ряд вопросов и замечаний принципиального характера:

– неудачно применена формулировка «... законы электромеханики ...» (стр. 10) – возникает естественный вопрос, в чем отличия данных законов от законов электротехники?

– непонятное использование формулировки «теоретическая имитационная модель» (стр. 10). Почему бы просто не использовать «имитационная модель»? Это же относится к формулировке «теоретическая модель» (стр. 11). Почему бы не использовать «математическая модель»?

– выводы по второй главе нуждаются в серьезной редакции;

– график на рис. 2.20 (стр. 89) по оси абсцисс содержит сдвиг;

– в тексте работы используются неудачные термины: «нагревания – охлаждения», «неударный», следовало применять «нагрева – охлаждения» и «безударный»;

– использование обозначений одних и тех же величин с разными индексами, например, температура окружающей среды – $\theta_{\text{окр}}$ (стр. 84) и – $\theta_{\text{о.с}}$ (стр. 88);

– одинаковость в обозначениях индуктивности (стр. 65) и длины троса (стр. 79);

– формула (4.10) на стр. 180 содержит некорректность в обозначении действующего значения тока;

– таблицы приложений П. 21 – П. 2.20 не совсем понятно организованы относительно используемых обозначений параметров и соответствия их численных значений величин, расположенных в ячейках;

– в диссертации и автореферате имеются пронумерованные формулы, ссылки на которые по тексту не используются;

– в работе встречаются неизбежные орфографические и стилистические ошибки, например (стр. 88) в слове «Кирхгофа»;

– следовало давать более точные названия рисункам, например, рис. 2.4 и рис. 2.5 в реальности отражают зонную картину поля;

– пропуски слов в названии первоисточника, например, [177] и т.д.

8. Заключение

Оценивая работу в целом, считаю, что указанные замечания не снижают общей положительной оценки результатов исследования. Диссертация Каргина В.А. "Повышение эффективности технических средств для процессов и технологий АПК использованием машин с линейным электромагнитным приводом" 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 силовых электромагнитных ударных и безударных приводов маши обеспечивающих энергосбережение для технологий АПК. Диссертация соответствует научной специальности 05.20.02 – "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве", обладает внутренним единством и является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему. Считаю, что работа 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 сентября 2013 г., №842, а ее автор Каргин Виталий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.02 – "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве"

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники Новосибирского государственного технического университета

Нейман Владимир Юрьевич

«22» апреля 2020 г.

Сведения об оппоненте:

Диссертация защищена по специальности: 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Адрес организации: 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Телефон рабочий: +7(383) 346-04-42; e-mail: nv.nstu@ngs.ru.

Подпись Неймана В.Ю., д.т.н., профессора, заведующего кафедрой теоретических основ электротехники Новосибирского государственного технического университета заверяю: *кал ок кт*

К. Густовалова

