

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Нугуманова Раушана Римовича «Совершенствование привода жерновой мельницы применением плоского линейного асинхронного двигателя»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

в диссертационный совет Д220.061.03 на базе

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет

имени Н.И.Вавилова» по специальности

05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

1. Актуальность темы диссертационной работы

На сегодняшний день в мукомольном производстве жерновые мельницы (ЖМ) имеют преимущества перед другими измельчающими машинами, так как они производят муку, которая содержит больший процент всех важнейших составляющих зерна, необходимых для здоровья человека. Однако применением в приводе мельниц обычных электрических двигателей вращения без дополнительных передаточных механизмов или преобразователей частоты источника питания нельзя получить низкую и регулируемую частоту вращения жерновов, требуемую для помола.

Считаю, что поставленная в диссертации задача разработки безредукторного регулируемого электропривода для жерновых мельниц на основе линейных асинхронных двигателей (ЛАД) является актуальной.

2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации можно считать обоснованными, проработанными на достаточном научно-исследовательском уровне, что подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов расчетов с экспериментальными данными, полученными на лабораторной установке.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней аналитически и экспериментально обосновано применение в электроприводе жерновой мельницы плоского ЛАД, что позволяет внедрить наиболее упрощенный способ

регулирования частоты и момента вращения рабочих органов мельницы для помола определенного рода зерна.

Достоверность научных положений подтверждена использованием современного математического аппарата с применением компьютерных технологий, фундаментальных положений и законов теоретической электротехники, теории электрических машин, сравнением с результатами исследований и внедрением результатов.

Автор достаточно глубоко изучил измельчающие машины, провел их сравнительный анализ, выявил преимущества жерновых мельниц перед другими измельчающими машинами, проанализировал недостатки их электроприводов, предложил электропривод на базе плоского ЛАД, подходящий для данной технологии. Он корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Экспериментальные исследования проведены автором с использованием современных методик и средств измерения. Приведены данные, подтверждающие достижение поставленной цели работы.

3. Оценка новизны и достоверности полученных результатов

Новизна и достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями, доказывающими целесообразность применения плоского ЛАД в электроприводе жерновых мельниц.

В качестве новых научных результатов, полученных диссертантом, следует выделить:

- разработаны алгоритм и методика расчета электромагнитных сил, действующих на вторичный элемент двигателя с учетом специфики физических процессов в индукторе с малым числом полюсов на основе известных аналитических и численных методов расчета плоского ЛАД;

- создана математическая модель жерновой мельницы на основе привода с плоским ЛАД для расчета его производительности с учетом совместного действия электромагнитных и механических сил;

- выявлены закономерности влияния на производительность ЖМ параметров ЛАД и механической части установки.

По результатам работы автором сформулированы основные выводы, которые являются ответами на поставленные задачи и подтверждаются выполненными соискателем теоретическими и экспериментальными исследованиями.

Вывод 1. Подтверждает актуальность применения жерновых мельниц для получения муки, содержащей большой процент всех важнейших составляющих зерна. При этом доказывается, что существует проблема в непосредственном получении низкой частоты вращения рабочих органов мельницы, необходимой для помола, возможности плавного регулирования частоты и момента вращения для определенного рода зерна, что реализуемо применением только плоского ЛАД без дополнительных звеньев электропривода. Новизна и достоверность вывода подтверждается данными экспериментальных исследований.

Вывод 2. Выявляет особенности электромагнитных процессов в ЛАД с малыми числами полюсов в жерновых мельницах на их базе, что позволяет разработать алгоритм и методику расчета ЛАД и учесть технологический процесс измельчения зерна.

Вывод является обоснованным, новым и достоверным.

Вывод 3. Проведены теоретические исследования учета сил в математической модели электропривода жерновой мельницы с ЛАД, которые позволяют подобрать параметры ЛАД (число пар полюсов, критическое скольжение) и механической части мельницы (зазор между жерновами, диаметр жерновов) для конкретной проектируемой установки.

Вывод является обоснованным, новым и достоверным.

Вывод 4. Обобщает результаты экспериментальных исследований. Приведен диапазон регулирования частоты вращения для зерновой культуры, путем применения плоского ЛАД в электроприводе жерновой мельницы. Достоверность вывода подтверждена результатами экспериментальных исследований.

Вывод 5. Обобщает практическую значимость проведенных исследований. Содержит информацию по проектированию привода жерновой мельницы с линейным электроприводом. Достоверность и обоснованность подтверждаются

расчетом экономической эффективности по стандартной методике экономической оценки технологической машины и результатами внедрения разработанного электропривода в производство.

4. Оценка содержания диссертации

Диссертация содержит введение, 5 глав, заключение, список использованных источников и 5 приложений. Основной текст диссертации изложен на 118 страницах, включает 11 таблиц и 56 рисунков. Список использованной литературы включает 132 наименования, в том числе 4 на иностранных языках. В приложениях приведены дополнительные материалы к диссертации: копии патентов РФ на изобретение, справка о внедрении результатов диссертационной работы в учебный процесс, акты принятия к внедрению результатов научно-исследовательской работы на предприятиях Республики Башкортостан.

Материал диссертации изложен логично, представляет собой единую, взаимосвязанную работу. Текст диссертации и автореферат достаточно полно отражают содержание выполненных исследований. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация написана в основном грамотно, текст отредактирован.

В первой главе проведен анализ измельчающих машин в зависимости от воздействия их рабочих органов на зерно, выявлены их достоинства и недостатки. Приведены преимущества жерновых мельниц в сравнении с машинами, применяющимися для получения муки, готовой к применению, а именно с молотковыми дробилками и вальцовыми станками. Сделан обзор электроприводов жерновых мельниц с вертикальной и горизонтальной осью вращения отечественного и зарубежного производств. Определены их существенные недостатки. Предложены варианты компоновки жерновой мельницы с плоским линейным асинхронным двигателем. Сформулированы цель и основные задачи исследования.

Задачи исследования, сформулированные автором в первом разделе, полностью реализованы в процессе выполнения работы.

Во **второй главе** приводятся результаты выбора конструктивно-технологической схемы электропривода, на которой определены все силы, возникающие при работе мельницы с ЛАД. Результатом исследований является математическая модель, определяющая условие работы жерновой мельницы, конструктивные особенности электродвигателя и измельчаемую зерновую культуру. Представлены два варианта решения дифференциального уравнения движения жерновов: в квадратурах (при числе пар полюсов индуктора двигателя больше четырех) и численными методами (при числе пар полюсов индуктора двигателя меньше четырех) в объектно-ориентированной среде визуального моделирования Matlab (Simulink).

В **третьей главе** представлены теоретические исследования коэффициента вязкого трения при помоле, определенной зерновой культуры, силы сухого трения с учетом массы жернова и массы зерна в рабочей зоне, магнитной индукции по длине конкретного двигателя, скорости распространения полей краевого эффекта, механических характеристик двигателя, производительности жерновой мельницы с предлагаемым двигателем.

В **четвертой главе** разработана методика экспериментальных исследований, на основе которой создана экспериментальная установка. Получена требуемая для помола плавно регулируемая частота вращения верхнего жернова мельницы применением ЛАД.

В **пятой главе** проведен сравнительный анализ статистическим методом срока окупаемости инвестиций без учета дисконтирования электропривода жерновой мельницы с асинхронным двигателем 5А200М6 и с ЛАД в виде промышленного образца. Рассмотрена технология изготовления индукторов ЛАД, с пропиткой эпоксидным компаундом. Сделан вывод о простоте конструкции, об отсутствии сложных узлов и деталей предлагаемых двигателей в сравнении с асинхронными двигателями вращения.

5. Значение полученных результатов для науки и практики

Значимость проведенных исследований для науки и практики заключается в следующем:

- раскрыты особенности физических процессов в жерновой мельнице с безредукторным линейным электроприводом;
- разработаны методика и программа расчета электромагнитных сил с учетом специфики плоского ЛАД;
- разработаны методика и программа расчета частоты вращения жерновов, предполагающая решение дифференциального уравнения движения жерновов в квадратурах (при числе пар полюсов индуктора двигателя больше четырех) и численными методами (при числе пар полюсов индуктора двигателя меньше четырех);
- создана экспериментальная установка с возможностью многоканальной выдачи и математической обработки на ЭВМ в современных программных продуктах результатов исследований;
- проведенные исследования сил вязкого и сухого трения аналитическими методами, позволяют дать рекомендации по проектированию привода с ЛАД, которые могут быть использованы при инженерных расчетах для различных технологических линий в АПК.

6. Внедрение и предложения по дальнейшему использованию результатов диссертационного исследования

Научные и практические результаты диссертационной работы приняты к внедрению в ОАО «Уфимский хлебозавод №7» и ООО «ИЛИШ – АГРО» Илишевского района Республики Башкортостан и соответствуют научно – исследовательской работе ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ с МИП «ЭШАР» на тему: «Повышение эффективности работы жерновой мельницы применением в приводе линейного асинхронного электродвигателя», заключенной по договору № 48 от 13 марта 2015 года, гос. регистрация №01201176549.

Результаты исследований используются в учебном процессе кафедры «Электрические машины и электрооборудование» ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по дисциплине «Электропривод» для студентов бакалавров по направлению подготовки «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии».

Проведенные исследования позволяют дать рекомендации по проектированию и применению разработанного электропривода для других технологических машин с регулируемой низкой частотой вращения рабочего органа.

7. Полнота публикаций научных результатов

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на 4 международных и 2 всероссийских научных конференциях в 2012 – 2016 гг.

Основные результаты исследований по теме диссертационной работы опубликованы в 12 научных работах, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 патента РФ на изобретение.

8. Замечания по диссертационной работе:

1. Одна из задач работы сформулирована как «оценить эффективность применения плоского ЛАД в приводе жерновых мельниц». Однако, нет конкретной оценки эффективности, так как не представлены энергетические показатели двигателя (он же привод) в виде КПД и $\cos\varphi$.

2. В работе отсутствуют результаты экспериментальной оценки продольного краевого эффекта в ЛАД, хотя в главе 4 показан потенциометрический датчик Bourne 3046 L – 1 – 102.

3. В автореферате диссертации не приведены паспортные данные индукторов ЛАД.

4. Откуда взят диапазон критического скольжения $s_k \approx 0,2 - 0,4$, приведенный на стр.11 автореферата и на стр. 43 диссертации.

5. Что понимается под надписью механическая характеристика ЖМ (рисунок 5 автореферата и рисунки 2.10 и 2.12 диссертации).

6. Кривые рисунков 3.4...3.6 для лучшего восприятия и анализа следовало привести на одном рисунке.

