

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» Сторчехова Владимира Федоровича на диссертационную работу Васильева Даниила Александровича «Повышение энергоэффективности сушки зерна за счет обоснования режимов работы электропривода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время послеуборочная обработка зерна, один из энергозатратных и ответственных процессов в зерновом производстве. Для эффективной ее организации необходимы рациональные технологии и технические средства. При этом все большую актуальность приобретают подходы компьютерного моделирования при определении параметров технологических установок для реализации процессов переработки сельскохозяйственной продукции. Основным оборудованием сушильных установок является электропривод, от которого зависит общее регулирование потребляемой мощности сушки. Использование научно-обоснованных алгоритмов управления и режимов работы электропривода в системах сушильных установок является эффективным и инновационным решением, которое способствует увеличению производительности и сокращению энергопотребления. Поэтому автор предлагает подход к определению параметров и режимов работы электропривода установок сушки зерна. Разработка и обоснование научно-методических основ определения параметров и режимов работы установок конвективной сушки зерна является актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна

Научная новизна работы состоит в разработке математической модели асинхронного двигателя, которая отличается от известных тем, что параметры схемы замещения выражены через проводимости статора и ротора. В диссертационной работе получены энергетические характеристики асинхронного двигателя в функции скольжения, как обобщенного параметра режима работы двигателя, определены зависимости активных и реактивных составляющих тока асинхронного двигателя и возможность их перераспределения в пределах номинального значения тока фазы двигателя. Сформулирован основной принцип частотно-токового управления асинхронного двигателя, отличающийся от известных тем, что в качестве показателя энергоэффективности используется значение максимального энергетического коэффициента полезного действия асинхронного двигателя. Разработана математическая модель процесса сушки зерна в кипящем слое, позволяющая выполнять расчёт параметров процесса сушки в зависимости от свойств зерна и агента сушки. Получен усовершенствованный процесс управления сушкой зерна, позволяющий снижать неравномерность сушки и обеспечивающий снижение энергозатрат.

Диссертант при выполнении научных исследований применил широкий спектр методов исследования, включая теоретические и экспериментальные под-

ходы, математическое и физическое моделирование, а также использование компьютерной техники и статистический анализ экспериментальных данных. Это позволило более полно и точно изучить процессы и режимы работы асинхронного двигателя и сушки.

Автором выполнено решение задач определения условий, параметров и режимов наименьшего энергопотребления электропривода при эксплуатации сушильной установки. В настоящей работе разработаны: модели асинхронного двигателя, позволяющие определять активные и реактивные составляющие токов обмоток статора и ротора, модель процесса сушки зерна в кипящем слое, позволяющая выполнять расчёт параметров процесса сушки в зависимости от свойств зерна и агента сушки.

Достоверность результатов теоретических исследований обусловлена использованием поверенных средств измерений и испытательного оборудования, имеющих сертификат об утверждении типа средств измерений Госстандарта РФ в региональном отделении ФБУ «Удмуртский ЦСМ». Результаты испытаний пшеницы соответствия ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия» получены в испытательной лаборатории «Гранум». Для обеспечения достоверности полученных результатов в работе применяются общепринятые теоретические положения и методы. Корректность полученных результатов и сделанных выводов подтверждается согласованностью с данными, полученными другими исследователями в данной области.

Научные положения, сформулированные автором, являются обоснованными. Результаты диссертационного исследования завершены пятью выводами. Все выводы являются обоснованными.

Первый вывод свидетельствует, что автором доказана возможность представления математической модели асинхронного двигателя, отличающейся другим набором переменных (проводимостей) состояния асинхронной машины и, следовательно, могут быть рекомендованы для практического использования при проектировании асинхронных электроприводов, в которых регулируемые переменными являются модули результирующих аргументов. Результаты моделирования совпадают с данными, полученными с помощью подобных моделей. Раскрыты особенности предлагаемой модели в сравнении с моделями, представленными в виде активных и индуктивных сопротивлений относительно их структуры и организации вычислительного процесса. Вывод обладает теоретической значимостью.

Второй вывод, получен в результате компьютерного моделирования на основе предлагаемых подходов сформулированы предложения по применению модели при проектировании электроприводов, позволяющие осуществить обоснованный выбор энергоэффективных режимов работы электропривода. Предложен способ косвенного контроля электромагнитного момента и угловой скорости асинхронного двигателя. Вывод обладает теоретической и практической значимостью.

Третий вывод, получен в результате теоретических и экспериментальных исследований, свидетельствует о том, что для поддержания однородного псевдооживления необходимо учитывать снижение перепада давления в слое при уменьшении веса пшеницы в процессе сушки, физико-механические свойства зерна и свойства агента сушки. Вывод обладает практической значимостью.

Четвертый вывод, полученный в результате экспериментальных исследова-

ний, свидетельствует о том, что реализация управляющих программ на основе целевых функций и результатов экспериментальных исследований позволит снизить энергоемкость сушки зерна и интенсифицировать процесс сушки. Вывод обладает практической значимостью.

Пятый вывод составлен по результатам испытания в СПК «Свобода» Увинского района Удмуртской Республики и расчетов эффективности внедрения предлагаемого оборудования. Свидетельствует о возможности получения экономического эффекта зерно производителем при этом срок окупаемости капитальных вложений составит 3 года.

Предложенные рекомендации и направления дальнейших исследований носят как теоретическую значимость для развития научного знания за счет применения результатов исследований, так и практическую для предприятий, на которых может быть применено предлагаемое оборудование.

Основные положения и научные результаты, полученные лично автором, отвечают критериям оценки диссертаций по новизне.

3. Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы

Теоретическая значимость работы заключается в исследовании энергетических характеристик асинхронного двигателя на предложенной схеме замещения, выраженной через проводимости статора и ротора. Теоретическая проработка вопросов, посвященных исследованию асинхронного двигателя, расширяет область знания в теории электрических машин. Разработанная математическая модель процесса сушки в кипящем слое позволяет выполнять расчёт параметров процесса сушки в зависимости от свойств зерна и агента сушки, дополняя методики расчетов режимов и параметров работы зерносушильного оборудования.

Практическая значимость работы: полученные зависимости активных и реактивных составляющих мощности асинхронного двигателя в функции скольжения могут быть использованы проектными организациями для выбора закона частотного управления при проектировании асинхронного электропривода; функциональная схема замещения фазы асинхронного двигателя позволяет осуществлять идентификацию активных и реактивных составляющих токов и мощности в обмотках статора и ротора; разработана программа по поиску значений амплитуды и частоты напряжения питания асинхронного двигателя и получения максимального значения энергетического коэффициента полезного действия; разработана математическая модель, которая позволяет оптимизировать процесс сушки зерна в кипящем слое. Модель учитывает свойства зерна и позволяет рассчитать необходимые параметры процесса сушки, снижая неравномерность сушки и уменьшая энергозатраты.

Результаты исследований по повышению энергоэффективности сушки зерна за счет обоснования режимов работы электропривода внедрены в СПК «Свобода» Увинского района Удмуртской Республики. Реализация результатов исследований. Работа проведена в соответствии с планом НИР Удмуртского ГАУ по теме «Повышение эффективности работы технологических энергоустановок в сельском хозяйстве Удмуртской Республики», рег. №11601151005.

4. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка

литературы из 153 наименований. Работа изложена на 211 страницах, на которых приведены 22 таблицы, 71 рисунок и 7 приложений. На заимствованные материалы и работы, выполненные в соавторстве, сделаны соответствующие ссылки.

Во введении подчеркнута актуальность рассматриваемой проблемы в рамках диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи, подчеркнута их значимость и ценность для науки и практики, представлена структура работы в целом, приведена общая характеристика работы.

Замечания:

1. Соискатель формулировку научного исследования, представленную в диссертационной работе, обосновывает путем использования научно-обоснованных алгоритмов управления и режимов работы электропривода в системах сушильного агрегата, что положительно сказывается на экономической эффективности сельскохозяйственных предприятий. Автор утверждает, что приведенные выше формулировки способствуют более эффективному использованию ресурсов и снижению негативного влияния на окружающую среду, но в работе отсутствуют конкретные данные, подтверждающие данные утверждения.

2. Во введении (с. 6) соискатель не представил ссылку на литературный источник, где утверждается, что использование научно-обоснованных алгоритмов управления и режимов работы электропривода в системах сушильного способствует снижению потерь энергии на 4-5% и сокращению энергопотребления на 1-4%.

3. Одним из вопросов, над решением, которого работал автор диссертационной работы, является вопрос режимов работы электропривода при сушке зерна, но какие именно режимы работы не отразил в цели работы, предмете исследования и поставленных задачах.

В первой главе рассмотрены условия функционирования объектов послеуборочной обработки зерна, дана характеристика состояния зерносушильной техники Удмуртской Республики. Рассмотрены современные тенденции применения частотно-регулируемого асинхронного электропривода при обработке зернового материала как одного из путей повышения его энергоэффективности. Определены теоретические предпосылки к оптимизации режимов работы регулируемого асинхронного двигателя. В завершении раздела формулируются основные научные и технические проблемы, определяются задачи исследования.

Замечания по первой главе:

1. Из формулировки «предмет исследований» не ясно, какие именно закономерности предполагает автор исследовать?

2. К сожалению, автором в недостаточной степени приведена взаимосвязь между актуальностью, задачами исследования и научной новизной.

3. В п.1.2. главы 1 «Анализ способов послеуборочной обработки зернового материала», соискатель не приводит ни одной электротехнологической схемы сушки зерна и по каким энергетическим показателям он их сравнивал.

4. Выводы (1-3,5) по первой главе (страница 35-36) носят декларативный характер, не указывая на конкретные цифры и выражения, подтверждающие данные выводы.

Во второй главе рассмотрена теория и практика асинхронных двигателей с частотным регулированием и методы их расчета с учетом современных возможностей. Представлены основные принципы, используемые при расчете асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Показана целесообразность разви-

тия теории асинхронных двигателей с учетом изменения частоты питания. Проведены теоретические исследования, представлены схемы замещения асинхронного двигателя, обоснован переход к схеме замещения одной фазы, выраженной через проводимости статора и ротора. Разработана математическая модель асинхронного двигателя по предложенной схеме замещения. Разработан алгоритм определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя, выраженной через проводимости статора и ротора, по каталожным данным. Обоснован способ оценки эффективности работы асинхронного двигателя по энергетическому коэффициенту полезного действия. Предложен способ частотного управления асинхронным двигателем.

Замечания по второй главе:

1. В пунктах 2.1 и 2.2. (стр.37 и стр.46) автор приводит известные схемы замещения асинхронного двигателя и перечисляет потери в асинхронном двигателе с частотным регулированием, при этом не ясно какие конкретно новые решения он предлагает?

2. Не ясно, как автор учитывал в математической модели (п.2.3. стр 51) при расчете и проектировании частотно-регулируемого асинхронного электропривода, такой показатель, как длительную работу в заданном диапазоне изменения скорости и нагрузки.

3. Пункт 2.5. (стр 77) «Постановка задачи по снижению потребления электрической энергии асинхронным электроприводом, способы оценки эффективности работы асинхронного двигателя», автор при «оптимизации режимов частотно-регулируемого асинхронного электропривода и определении целевой функции, множества допустимых решений» не привел характер нагрузки и номинальный режим работы асинхронного двигателя с частотным регулированием при сушки зерна.

4. Выводы (1-10) по второй главе (страница 94-95) носят декларативный характер, не указывая на конкретные цифры и выражения, подтверждающие данные выводы.

5. В третьей главе представлены экспериментальные исследования энергосберегающих режимов работы асинхронного электродвигателя с частотным регулированием. Проведены экспериментальные исследования, которые подтверждают эффективность метода повышения энергетической эффективности асинхронного двигателя. Этот метод основан на перераспределении активных и реактивных со-составляющих токов в пределах номинального значения тока фазы. Разработаны алгоритм и способ косвенного контроля электромагнитного момента и угловой скорости асинхронного двигателя. Методы позволяют проводить контроль этих параметров высокой точностью и отличаются от известной своей простоты в реализации.

Замечания по третьей главе:

1. В пункте 3.5. «Экспериментальные исследования энергосберегающего режима работы асинхронного двигателя с частотным управлением» (страница 110) не ясно, как соискатель учитывал алгоритм стабилизации частоты вращения в роторе электродвигателя экспериментальным путем.

2. В пункте 3.6. «Разработка способа контроля выходных переменных асинхронного двигателя в электроприводе» (страница 113) автор не поясняет взаимосвязь между выходными переменными асинхронного двигателя и привод-

ными характеристиками установки для сушки зерна: технологические, кинематические, энергетические, механические, нагрузочные и инерционные.

3. Выводы (1-3) по третьей главе (страница 116-117) носят декларативный характер, не указывая на конкретные цифры и выражения, подтверждающие данные выводы..

В четвертой главе было получено уравнение для определения параметров агента сушки пшеницы в кипящем слое. Для имитации процесса сушки зерна в кипящем слое разработана модель электропривода. С помощью разработанной модели определены энергетические характеристики и параметры процесса сушки зерна. Выполнены лабораторные исследования тепловой обработки зерна в кипящем слое. Представлена технико-экономическая оценка эффективности модернизации существующего комплекса послеуборочной тепловой обработки зернового материала путем применения разработанного закона частотного управления асинхронным электроприводом.

Замечания по четвертой главе:

1. При экономической оценке (глава 4) было бы полезно привести расчеты влияния объемов обрабатываемого материала на величину конечного эффекта и указать граничные значения загруженности оборудования, с учетом его производительности, когда применение рекомендуемых режимов работы электропривода сушки зерна экономически обосновано.

2. В главе 4 диссертации на рис. 4.7 (с. 135) не подписаны блоки модели, описание которых приводится в работе. Это несколько затрудняет понимание состава модели, выполненной в системе MATLAB.

3. Следует пояснить, что понимается под энергетический КПД в выражении (4) автореферата и какие факторы являются для него определяющими?

4. При расчете затрат на обоснование модернизации сушильной установки с кипящим слоем (пункт 4.6.) не учитывает стоимость комплектующих автоматизированной системы управления данной установки.

Достоверность полученных результатов подтверждена адекватностью разработанных математических моделей. Главы завершаются выводами, отражающими основное содержание работы.

Заключение диссертационной работы содержит результаты, которые соответствуют поставленным задачам и в полной мере отражают исследований автора, а также рекомендации и направления дальнейших исследований.

В приложениях имеются свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, акты внедрения, протоколы испытаний образцов зерна, экспериментальные данные и их математическая обработка.

5. Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научной печати и соответствие автореферата диссертации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 24 печатных работах, в том числе 8 в изданиях из перечня ведущих периодических изданий, определенных ВАК РФ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 2 в международных базах цитирования Scopus. По результатам исследований получены 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Автореферат по своему содержанию соответствует основным научным по-

ложениям диссертационной работы.

Текст диссертации и автореферата изложен грамотным языком в научном стиле, с привлечением аналитических зависимостей, графиков, иллюстративного материала. Оформление диссертационной работы соответствует требованиям нормативно-технической документации. Поставленные задачи исследований решены.

Несмотря высказанные замечания, работа соискателя не теряет своей актуальности и значимости, поэтому считаю, что она заслуживает положительной оценки. Предлагаемое автором решение, направленное на совершенствование методов сушки зерна, представляет собой существенный вклад в развитие научного подхода при проектировании новых и совершенствовании существующих способов применения электротехнологий и электрооборудования в сельском хозяйстве.

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что диссертация Васильева Даниила Александровича на тему: «Повышение энергоэффективности сушки зерна за счет обоснования режимов работы электропривода», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в ней изложены научно-обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в повышение эффективности сельскохозяйственного производства, по содержанию, научной новизне и значимости результатов работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Васильев Даниил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный
оппонент



Сторчевой Владимир Федорович

доктор технических наук (05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве), профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»

Адрес: 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49.

Телефон: +7-916-605-65-53

E-mail: v.storchevoy@rgau-msha.ru