

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Мещерякова Виктора Николаевича на диссертационную работу
Микитинского Александра Петровича

«Развитие теории и практики электротехнических систем регулирования
натяжения композиционных материалов»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертационной работы

Изделия из композиционных материалов применяются во многих областях промышленности, и номенклатура таких изделий все время увеличивается. Происходит усложнение геометрической формы изделий, ужесточаются требования к их прочности, долговечности и другим качественным показателям. Проведенный автором работы анализ показал, что функционирование электропривода в процессе намотки изделий из композиционных материалов (КМ) существенно отличается от работы электропривода при перемотке бумажного полотна, ткани, корда, синтетический материал, полимерных пленок. Показано также, что теоретические вопросы создания и практического применения электротехнических систем (ЭТС) намоточных устройств изделий из КМ проработаны недостаточно. Отсутствует классификация изготавливаемых методом намотки изделий, что не позволяет обоснованно выбирать структуру ЭТС, ее состав с учетом специфики процессов, происходящих при намотке изделий различной формы и применения.

Актуальность темы исследования подтверждается постановлением Правительства от 15 апреля 2014 г. №328 в рамках подпрограммы №14 «Развитие производства композиционных материалов (композитов) и изделий из них» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности». В соответствии с Постановлением разработана и осуществляется «дорожная карта» по реализации указанной программы в городе Москве и 65 субъектах Российской Федерации. В данных программах намечено существенное увеличение производства композиционных конструкций в различных секторах экономики, в том числе на транспорте, в строительной индустрии, энергетике, химии, нефтехимии, жилищно-коммунальном комплексе.

В соответствии с этим, диссертационная работа Микитинского А.П., посвященная развитию теории и практики электротехнических систем регулирования натяжения композиционных материалов (КМ) является актуальной и практически значимой.

Объем, структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы



(230 библиографических ссылок) и трех приложениях. Диссертация изложена на 369 страницах, содержит 177 рисунков и 26 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы.

В первой главе рассмотрены технологические процессы изготовления изделий из КМ. Намотка и выкладка позволяют получить изделия с наилучшими качественными характеристиками и данные технологические процессы используются в промышленности очень широко. Подчеркивается, что процесс намотки изделий из КМ обладает специфическими особенностями, которые не позволяют использовать ЭТС натяжения, разработанные для других технологических процессов.

Проведенный анализ показал, что форма наматываемых изделий существенным образом сказывается на работе ЭТС натяжения при изготовлении изделий. Впервые проведена системная классификация наматываемых изделий в соответствии с их формой и условиями эксплуатации готового изделия.

В главе предложен подход к определению допустимого отклонения натяжения ЭТС от заданного значения. Допустимые отклонения рассчитываются на основании отклонений заданного напряженного состояния наматываемого изделия от тех, которые возникают в процессе намотки.

Вторая глава диссертационной работы посвящена разработке математического описания упругой «сухой» и «мокрой» композиционной ленты. Принятые при выводе данного описания упрощения не влияют существенно на полученный результат. Полученные нелинейные уравнения линеаризованы. Исследована зависимость коэффициентов линеаризации от изменения технологических параметров в процессе работы оборудования. Показано, что данные коэффициенты изменяются в 20 раз. Это обстоятельство необходимо учитывать при синтезе ЭТС натяжения.

В третьей главе диссертационной работы рассмотрена возможность использования в натяжных устройствах различных приводов: механических тормозов, ферропорошковых тормозов, асинхронных двигателей, синхронных двигателей с постоянными магнитами, вентильно-индукторных двигателей. Сделаны выводы, что при изготовлении изделий с использованием «сухой» композиционной ленты, при условии невысоких требованиях к условиям эксплуатации следует применять ферропорошковые тормоза, а при высоких требованиях к условиям эксплуатации – синхронные двигатели с постоянными магнитами. При намотке изделий из «мокрого» композиционного материала следует использовать только синхронные двигатели с постоянными магнитами.

В главе рассмотрены конструкции натяжных устройств, используемых при намотке изделий из композиционных материалов. Получено их математическое описание и приведены данные по обоснованному выбору натяжного устройства.

Впервые получены выражения, позволяющие рассчитать эквивалентный момент двигателя при намотке изделий «кокон», «конус», «призма» и проверить двигатель на нагрев при намотке изделий сложной формы.

Четвертая глава посвящена разработке функциональных и структурных схем ЭТС натяжения. Для этого проведен структурно-параметрический синтез ЭТС натяжения. Рассмотрены процессы намотки при использовании активного шпулярика. Результатами структурно-параметрического синтеза явились рекомендации использовать при «сухой» намотке трехконтурные ЭТС подчиненного управления (внутренний контур тока, затем контур частоты вращения, затем контур натяжения), при «мокрой» намотке – четырехконтурные ЭТС (внутренний контур тока, затем контур частоты вращения, затем контур положения восьмерки, затем контур натяжения). Приведены полученные выражения для расчета регуляторов в ЭТС натяжения.

В пятой главе диссертационной работы рассмотрен предлагаемый автором метод синтеза ЭТС натяжения. Метод базируется на предложенной автором классификации наматываемых изделий. Для каждой группы изделий и в зависимости от условий эксплуатации готовых изделий выбирается та или иная методика, являющаяся составной частью метода, структурная схема привода, требуемое натяжное устройство.

Для изготовления изделий типа «конус» с невысокими требованиями к условиям эксплуатации предлагается синтезировать робастную ЭТС натяжения. Синтез предлагается осуществлять методом нормированных уравнений путем целенаправленного выбора нормированного уравнения.

Адаптивные ЭТС натяжения необходимо использовать при намотке изделий типа «конус», «кокон», «шар» с высокими требованиями к условиям эксплуатации. В главе приведены разработанные функциональные и структурные схемы таких ЭТС, математические выражения, используемые для адаптации.

При изготовлении изделий «призма» с высокими требованиями к условиям эксплуатации предлагается использовать оптимальную ЭТС натяжения с прогнозом состояния.

В шестой главе диссертационной работы исследована работа натяжного устройства при намотке изделий из «мокрого» композиционного материала. Показано, что традиционное в настоящее время использование в таких устройствах червячного редуктора увеличивает статический и динамический момент привода почти на 35% по сравнению с планетарными редукторами. Рекомендовано отказаться от червячных редукторов и использовать планетарные редукторы совместно с синхронными двигателями с постоянными магнитами, которые хорошо работают с полной нагрузкой на низких скоростях.

В главе синтезирована робастная ЭТС натяжения для процесса намотки изделий типа «конус» из «сухого» и «мокрого» композиционного материала при невысоких требованиях к условиям эксплуатации наматываемого изделия.

Моделирование синтезированного привода показало, что изменение параметров объекта регулирования практически влияет на показатели качества ЭТС натяжения. Время переходного процесса при изменении натяжения от 0 до 300 Н ЭТС составляет 0,4 с при различных вариациях параметров катушки.

При намотке изделий типа «кокон», «шар» с высокими требованиями к условиям эксплуатации показано, что целесообразно использовать адаптивные ЭТС натяжения. Для работы таких систем получены математические выражения, исследовано влияние реальных параметров средств вычислительной техники на работу адаптивных ЭТС натяжения.

При изготовлении изделий типа «призма» рекомендовано использовать оптимальные ЭТС с прогнозом состояния. Показано, что данный подход перспективен, отклонение натяжения при намотке изделия типа «призма» от заданного значения не превышает значения $\pm 0,12\%$.

В главе проведено сравнение ЭТС натяжения с различными регуляторами: П-, ПИ-, и регулятором с прогнозом состояния. Наилучшими характеристиками обладает электропривод с регулятором с прогнозом состояния, который рекомендован для использования.

В главе рассмотрена возможность отказа от традиционно используемых механических амортизаторов в ЭТС выкладки материала. Показано, что использование современных ЭТС натяжения позволяет отказаться от данных амортизаторов.

В седьмой главе рассмотрены пути реализации предлагаемых технических решений. Описаны разработанные ЭТС натяжения, их функциональные и структурные схемы. Приведены осциллограммы исследований ЭТС натяжения.

В заключении соискатель приводит основные выводы по совокупности результатов, достигнутых в ходе выполнения диссертационной работы.

В приложениях приведены акты внедрения, результаты расчета бандажа из угольной нити для высокоскоростного генератора.

Научная новизна и достоверность полученных результатов

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Впервые разработана системная классификация наматываемых изделий в зависимости от их геометрии и требований, предъявляемых к условиям их эксплуатации, диапазона и скорости изменения параметров в процессе намотки, которая позволяет обоснованно осуществлять выбор ЭТС управления процессом намотки.

2. Разработано математическое описание упругой композиционной ленты, которое в отличие от существующих учитывает изменение параметров в процессе намотки изделий сложной геометрической формы, что позволяет использовать его для анализа процессов, происходящих в ЭТС натяжения.

3. Разработаны оригинальные математические модели ЭТС натяжения композиционной ленты, которые отличаются тем, что учитывают специфику намотки изделий из композиционных материалов и позволяют использовать их при анализе и синтезе ЭТС натяжения, что повышает точность обработки системой управления заданных законов намотки.

4. Впервые предложена оригинальная методика выбора мощности привода натяжных устройств с учетом геометрии наматываемых или выкладываемых изделий, что позволяет обоснованно выбирать тип и мощность привода.

5. Предложены и обоснованы рациональные структуры ЭТС, используемых при намотке и выкладке изделий из композиционных материалов, отличающиеся тем, что позволяют обеспечить заданную точность поддержания натяжения наматываемого материала, сократить время, затрачиваемое на проектирование и наладку систем регулирования натяжения.

6. Разработан метод синтеза электротехнических систем натяжения устройств намотки и выкладки изделий сложной формы, отличающийся учетом изменения параметров объекта управления в процессе намотки, что обеспечивает высокие технические характеристики проектируемых и модернизируемых ЭТС натяжения и выкладки, позволяет определять рациональные алгоритмы управления для различных условий эксплуатации. Метод включает в себя:

- методику синтеза робастной ЭТС натяжения, позволяющую синтезировать ЭТС натяжения для намотки изделий простой геометрической формы с невысокими требованиями к точности поддержания заданных законов намотки;

- методику синтеза адаптивных ЭТС натяжения при намотке изделий сложной геометрической формы и изменении параметров объекта управления в широких пределах;

- методику синтеза электротехнических систем регулирования натяжения устройств намотки изделий сложной формы, отличающуюся тем, что учитывает быстрые изменения параметров объекта управления в процессе намотки.

Достоверность научных положений, выводов и результатов, изложенных в работе, подтверждена следующим: аналитическим выводом дифференциальных и интегральных уравнений, описывающих процесс намотки; корректным применением математического аппарата; использованием проверенных взаимодействий инструментов и материалов; проведенными испытаниями разработанных систем управления натяжением композиционной ленты.

Практическая значимость и ценность работы

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в том, что:

- методика выбора мощности привода натяжных устройств, реализована при модернизации намоточного станка КУ-421М для изготовления силовой оболочки корпуса вентилятора переходного отсека «Союз-5»;

- адаптивные ЭТС натяжения, учитывающие форму наматываемых изделий, реализованы при модернизации намоточного станка КУ-479ФЗ для изготовления силовой оболочки корпуса соединительного отсека;

- технические предложения и схемные решения для реализации ЭТС натяжения композиционной ленты реализованы при модернизации намоточного станка КУ-489ФЗ для изготовления силовой оболочки корпуса основного ракетного двигателя системы ракетного двигателя разгонного блока ракеты носителя «Союз-5» и силовой оболочки корпуса управляющего ракетного двигателя системы «Союз-5»;

- метод синтеза ЭТС регулирования натяжения при намотке изделий различной формы реализован при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами при изготовлении опытных образцов и в мелкосерийном производстве ряда изделий, а также для модернизации автоматизированной линии по ламинированию Lamitex-1400/60 при изготовлении синтетического полотна в серийном производстве.

Эффективность разработанных технических решений подтверждена АО «ЦНИИСМ», г. Хотьково Московской обл., ООО фирма «Пластик Энтерпрайз», г. Новочеркасск Ростовской обл., ООО «Дон-Тек», г. Шахты Ростовской обл.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения заключается в улучшении качества наматываемых изделий, уменьшении расхода материала на их изготовление, уменьшении брака изделий.

Практическим результатом работы, внедренным в учебный процесс, является курс лекций по дисциплине «Автоматизированные электромеханические системы», читаемый обучающимся 2-го курса магистратуры по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Публикации по работе

Основные положения диссертации в достаточном объеме изложены в 43 печатных работах, в том числе:

- 10 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ;
- 10 статей в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science;
- 1 патент РФ на полезную модель.

В представленных публикациях достаточно полно отражены все основные положения и выводы диссертационной работы.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат в полной мере отражает основные положения, идеи и выводы диссертации. Материалы автореферата дают полное представление о научных результатах работы.

Замечания

1. В 1-ой главе при анализе существующих ЭТС натяжения не рассмотрена возможность использования электроприводов с регуляторами с нечеткой логикой.

2. Во 2-ой главе не исследована погрешность, вносимая в математическое описание линеаризацией. На сколько оправдан процесс замены нелинейного уравнения линеаризованным?

3. Третья глава диссертационной работы посвящена проблемам анализа возможности использования различных исполнительных механизмов в натяжных устройствах. Не ясно, зачем надо было исследовать применение различных исполнительных механизмов. Возможно, стоило сконцентрироваться на одном или двух?

4. В 4-ой главе диссертации проведен структурно-параметрический синтез. При этом не совсем ясны критерии, по которым оценивались приведенные структурные схемы.

5. В 5-ой главе диссертации описан разработанный метод синтеза ЭТС натяжения. Не совсем ясно, предложенный метод охватывает все возможные варианты процессов изготовления изделий из композиционных материалов методом намотки или при изменении структура и формы изделий потребуется корректировать подходы к синтезу или использовать уже разработанную методику?

6. В 6-ой главе диссертации рассмотрены реализации предлагаемых алгоритмов и методов. Не совсем ясно, почему не рассмотрены вопросы создания САПР намоточного оборудования. Этому вопросу следует уделить в дальнейшем особое внимание.

7. В 7-ой главе описаны разработанные и внедренные на намоточном оборудовании электроприводы. Полагаю, что здесь большее внимание следовало бы уделить отечественному оборудованию.

Заключение

Диссертационная работа Микитинского А.П. «Развитие теории и практики электротехнических систем регулирования натяжения композиционных материалов», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной научно-технической задачи по развитию теории и практики электротехнических систем натяжения композиционных материалов, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие народного хозяйства Российской Федерации.

Работа написана автором самостоятельно, структурирована и обладает внутренним единством, содержит научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку, в том числе в разработку методов и моделей, развивающих теорию и практику электротехнических систем регулирования натяжения композиционных материалов.

Диссертационная работа Микитинского А.П. соответствует пунктам 1,2,3,4

паспорта научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (п.1. Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, анализ системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования; п.2. Разработка научных основ проектирования, создания и эксплуатации электротехнических, комплексов, систем и их компонентов; п.3. Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления; п.4. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов).

Представленная диссертационная работа «Развитие теории и практики электротехнических систем регулирования натяжения композиционных материалов» соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. в редакции от 25.01.2024), а её автор, Микитинский Александр Петрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и робототехники ФГБОУ ВО «ЛГТУ»,
д-р техн, наук, профессор

 Мещеряков Виктор Николаевич

(докторская диссертация Мещерякова В.Н.
защищена по научной специальности 05.09.03 -
Электротехнические комплексы и системы)

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет"


Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д. 30

Тел./факс: +7 (4742) 328-000 / +7 (4742) 310-473

E-mail: mailbox@stu.lipetsk.ru

Сайт: <https://www.stu.lipetsk.ru/>




09.01.2025