

На правах рукописи

ФИЛИМОНОВА Екатерина Михайловна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ
СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Специальность: 05.13.06

«Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (легкая промышленность)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре автоматики и промэлектроники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор кафедры автоматики и промэлектроники
Поляков Анатолий Евгеньевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор заместитель директора по науке Научного центра «Малотоннажная химия»
Бессарабов Аркадий Маркович
кандидат технических наук инженер-программист ООО «Геолинк»
Ганявин Василий Александрович

Ведущая организация: **ОАО «Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности»**

Защита состоится «29» декабря 2014 г. в 13.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.03 в Московском государственном университете дизайна и технологии по адресу:
ул. Садовническая, д. 33, Москва, 117997

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии»

Автореферат разослан «___» _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.144.03
канд. техн. наук, профессор

Андреев Евгений Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Технологическое оборудование производств легкой и текстильной промышленности обладает рядом особенностей, сказывающихся на постановке и методах решения задач повышения эффективности энергоресурсосбережения и их реализации за счет управления скоростными режимами.

Повышение производительности оборудования путем увеличения рабочих скоростей и мощности передаваемых потоков волокнистого материала, повышение качества изделий – все это требует повышения точности управления электромеханическими системами, часто в условиях возрастающих возмущающих воздействий как со стороны силовых механизмов, так и со стороны питающей электрической сети.

Нестационарность работы электроприводов как объектов управления процессом формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала зависит как от способа управления, так и от свойств механизмов в процессе эксплуатации. Изменение режимных показателей электроприводов происходит вследствие изменения параметров электромагнитных контуров в цепи «преобразователь-двигатель», передаточных коэффициентов преобразователей, потока возбуждения двигателей, моментов инерции механизмов, частот упругих механических колебаний, параметров гибких передач, взаимного изменения механических параметров в многосвязных многодвигательных электромеханических системах (ЭМС). Кроме того, могут наблюдаться значительные изменения по спектральному составу и интенсивности возмущающих и управляющих воздействий, что может приводить к существенному увеличению динамических ошибок системы и к необходимости коррекции параметров регулирования для минимизации этих ошибок.

В связи с этим необходима разработка основных принципов построения управляемых электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами в свете современного состояния теории и методов математического описания систем управления, где выбору оптимального процесса формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала должно предшествовать технологическое исследование управляемого процесса с целью установления наиболее выгодного скоростного режима.

Для реализации данной задачи необходимо иметь аналитический аппарат разработки методики анализа, расчета и проектирования транспортирующих, наматывающих и крутильно-мотальных механизмов, способных формировать изделия с заданными технологическими свойствами. Практическая реализация данной проблемы имеет важное значение для экономии и рационального использования материальных и энергетических ресурсов в производствах текстильной и легкой промышленности.

Цели и задачи исследования.

Целью диссертационной работы является разработка научных методов анализа, расчета и повышения эффективности управляемых электротехнических комплексов и систем технологического оборудования с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами, позволяющих согласовать и оптимизировать скоростные режимы, используя при этом интеллектуальные алгоритмы, обеспечивающие инвариантность регуляторов к изменению параметров сложного динамического объекта.

Для достижения поставленной цели решены следующие научные и технические задачи:

- Предложена научная концепция разработки и исследования методов и систем энергосберегающего управления энергоемким технологическим оборудованием текстильного производства.
- Определены способы повышения эффективности работы управляемого электротехнического комплекса с транспортирующими и наматывающими механизмами (на примере партионной сновальной машины) на основе современных систем управления энергосберегающих электроприводов постоянного и переменного тока с микропроцессорным управлением.
- Определены научные направления и технические средства энергосбережения за счет оптимизации режимов эксплуатации электромеханических систем, включающие в себя теоретические и экспериментальные исследования технологических параметров, энергетических характеристик и показателей асинхронных двигателей с микропроцессорным регулятором напряжения с учетом влияния качества электроэнергии на эксплуатационные показатели оборудования.
- Предложены и исследованы алгоритмы управления сложными динамическими объектами с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами (КММ) на базе искусственных нейронных сетей и нечеткой логики, основанные на нелинейной теории управления.
- Разработаны функциональные и структурные схемы модернизированных систем управления процессами наматывания нитей на сновальной машине и кручения и наматывания ровницы на рогульчатой ровничной машине, обеспечивающих внедрение интеллектуальных технологий и повышение качества выпускаемой продукции.
- Разработаны технические решения по частичной модернизации управляемых электротехнических комплексов исследуемого технологического оборудования, а также положения и рекомендации анализа и расчета их ресурсосберегающих режимов.
- Разработаны научные положения метода анализа, расчета и повышения эффективности эксплуатации электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.

На защиту выносятся:

1. Концепция повышения эффективности эксплуатации сложных динамических систем технологического оборудования за счет применения интеллектуальных систем управления.
2. Цели и задачи интеллектуального управления, а также целесообразность построения и применения интеллектуальных систем управления сложными энергоемкими динамическими объектами технологического оборудования.
3. Усовершенствованные энергосберегающие методы управления сложными электромеханическими системами с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.
4. Структурные и функциональные схемы управляемых многодвигательных электротехнических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.
5. Комплекс математических моделей, описывающих статические и динамические режимы исследуемых электромеханических систем, с учетом энергетических характеристик и технологических параметров.
6. Алгоритмы управления и интеллектуализации при решении задач адаптации исследуемых электромеханических систем к изменяющимся параметрам объекта.
7. Научные положения методики выбора, анализа и расчета энергосберегающих режимов управляемых электротехнических систем.
8. Технические решения энергосберегающего управления и их возможность реализации в производственных условиях.

Методы исследования. В работе использованы современные математические и инструментальные методы исследований. Теоретические исследования основывались на классических методах теории автоматического управления, теории автоматизированного электропривода, теории импульсных и дискретных систем, теории синтеза систем управления для линейных объектов с конечномерным пространством состояний, используя известные принципы постановки физического эксперимента и статистической обработки его результатов. При построении математических моделей динамических процессов применялись методы экспериментальной идентификации технологических параметров с использованием нейронных сетей, нечеткой логики и нечетких когнитивных карт.

Моделирование и обработка данных исследований, расчеты при анализе и синтезе систем управления производились с использованием современных информационных и компьютерных технологий. Используются пакеты современной версии системы Matlab (Simulink, Neural Network Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox) и программа для моделирования электрических схем Multisim.

Расчеты проводились по стандартным и разработанным автором программам математической среды Matlab. Графическая обработка результатов выполнена средствами MS Excel, Matlab и стандартными средствами Windows.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые выполнен комплексный анализ статических и динамических режимов электромеханических систем транспортирования и наматывания нитей на сновальной машине и формирование, кручение и наматывание ровницы на ровничной машине для гребенного прядения шерсти.
2. Предложено математическое описание динамики управляемых электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами с учетом влияния физико-механических свойств волокнистого продукта, гибких деформируемых связей, электромеханических процессов в электроприводах и качества электрической энергии.
3. Разработана система научных положений методики выбора, анализа и расчета электромеханических систем технологического оборудования, обеспечивающих программное управление, соответствующее технологическому регламенту, заданным нормам потребления электроэнергии, сырья и качества продукции.
4. Предложены принципы построения интеллектуальных автоматизированных систем управления технологическими процессами для объектов с повышенной интенсивностью эксплуатации.
5. Проведен сравнительный анализ применения классических и интеллектуальных методов для исследования энергосберегающих режимов сложных управляемых электротехнических комплексов технологического оборудования.
6. Разработаны функциональные и структурные схемы компьютерных систем управления процессами формирования, транспортирования и наматывания волокнистых материалов.
7. Разработан метод анализа, расчета и проектирования сложных электротехнических комплексов на примере партионной сновальной машины и рогульчатой ровничной машины для гребенного прядения шерсти, базирующийся на применении классических, современных и интеллектуальных технологий.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, основана на удовлетворительном совпадении аналитических и численных расчетов с результатами эксперимента, на использовании информационных технологий и современных методов и средств проведения исследований. Теоретические положения и экспериментальные выводы многократно уточнялись и проверялись. При проверке использовались методы лабораторных испытаний волокнистых материалов и макет модернизированной части управляемого электротехнического комплекса ровничной машины, а также методы математического моделирования.

Практическая ценность работы. Предложенные в работе алгоритмы управления и схемные решения использованы при разработке компьютерной системы автоматического управления процессом формирования, транспортирования и наматывания волокнистого продукта на сновальных и ровничных машинах. Разработанные методы управления обеспечивают быстроедействие, точ-

ность синхронизации частот вращения рабочих органов ЭМС, а также коррекцию пусковых и тормозных режимов. Модернизация управляемых электротехнических комплексов выполнена на базе комплектных электроприводов постоянного и переменного тока с микропроцессорным управлением энергосберегающими режимами. С целью повышения эффективности управления процессами транспортирования и наматывания нитей на партионной сновальной машине предложена частичная модернизация ЭМС за счет установки регулируемого электропривода переменного тока на линии транспортирования нитей в свободной зоне. Для ровничной машины предложена двухконтурная система управления процессом кручения и наматывания ровницы на паковки.

На основании конкретных производственных данных проведены расчеты оптимальных скоростных режимов, обеспечивающих повышение производительности, улучшения качественных показателей волокнистых продуктов, рационального использования сырья и электроэнергии.

Представленные алгоритмы управления и идентификации подтверждаются схемами Simulink, которые могут стать основой для аппаратной реализации и дальнейших исследований.

Разработанные технические решения усовершенствованных способов управления процессами формирования, транспортирования и наматывания волокнистых материалов могут быть рекомендованы для частичной модернизации эксплуатируемого технологического оборудования.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2012, МГТУ, Москва); международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2012, ИГТА, Иваново); межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2010, 2013, 2014 ИГТА, Иваново); межвузовской научно-технической конференции «Студенты и молодые ученые КГТУ - производству» (2011, 2012, 2013, КГТУ, Кострома); всероссийской научно-технической конференции «Современные тенденции развития информационных технологий в текстильной науке и практике» (2012, ДИТИ НИЯУМИФИ, Димитровград); всероссийской научной конференции «Инновации молодежной науки» (2011, 2012, СПГУТД, Санкт-Петербург); всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов (Дни науки-2010, СПГУТД, Санкт-Петербург); всероссийском конкурсе НИР студентов и аспирантов в области технических наук (2012, Политехнический университет, Санкт-Петербург).

Публикации. По материалам диссертационной работы получен патент РФ, опубликованы в соавторстве монография, 23 научно-технические статьи, в том числе, из них 7 – в рецензируемых журналах из списка ВАК; 4 – в отраслевых журналах и сборниках; 1 – в иностранном журнале; 11 – в виде тезисов докладов в сборниках материалов конференций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 173 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка используемой литературы из 80 наименований, 76 иллюстраций, 12 таблиц. Приложения составляют 13 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность решаемой в диссертационной работе проблема энергосбережения и повышения эффективности эксплуатации сложных динамических объектов технологического оборудования с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами за счет управления и оптимизации режимов электромеханических систем. Сформулированы цель работы, основные решаемые задачи. Дана характеристика научной новизны и практической значимости полученных результатов. Разработана концепция построения структуры и исследования автоматизированных электромеханических систем технологического оборудования.

В первой главе, проведенный анализ технических решений и научной литературы, показал широкие возможности регулируемого автоматизированного электропривода управляемых электротехнических комплексов (УЭТК) технологического оборудования обеспечивать энергосбережение и получать новые качества систем и объектов.

Выделены три основных перспективных направления энергосбережения и дана их краткая характеристика. В ходе анализа направлений обозначено наиболее перспективное, основанное на разработке и применении интеллектуальных систем управления на базе современных информационных и компьютерных технологий.

Определены основные требования к процессу партионного снования и способы повышения эффективности работы УЭТК за счет применения современных систем энергосберегающих электроприводов постоянного и переменного тока с микропроцессорным управлением.

С целью совершенствования процесса наматывания нитей на сновальной машине (СМ) разработана двухдвигательная система автоматического управления (САУ), обеспечивающая заданные пусковые и тормозные режимы, плавную синхронизацию линейных скоростей рабочих органов, а также поддержание натяжения снующихся нитей на заданном уровне при увеличении диаметра наматывания.

Используя экспериментальные данные одноцикловых характеристик, определены силовые и временные ограничения на нити со стороны транспортирующего и наматывающего механизмов. Получена передаточная функция модуля упругости, снующихся нитей:

$$W_n(p) = \frac{F(p)}{\varepsilon_k(p)} = \frac{80p^2 + p}{0,08p^2 + 0,009p + 4,167 \cdot 10^{-6}}.$$

где F – натяжение нити; ε_k – деформация нитей при прохождении через компенсатор; p – оператор дифференцирования.

Для функциональной схемы модернизированной партионной сновальной машины (рис. 1) получена нелинейная система дифференциальных и алгебраических уравнений, позволяющая исследовать сложную замкнутую электромеханическую систему с транспортирующими и наматывающими механизмами в различных статических и динамических режимах с учетом физико-механических свойств волокнистого продукта, гибких деформируемых связей, электромеханической инерции приводных электродвигателей (табл. 1).

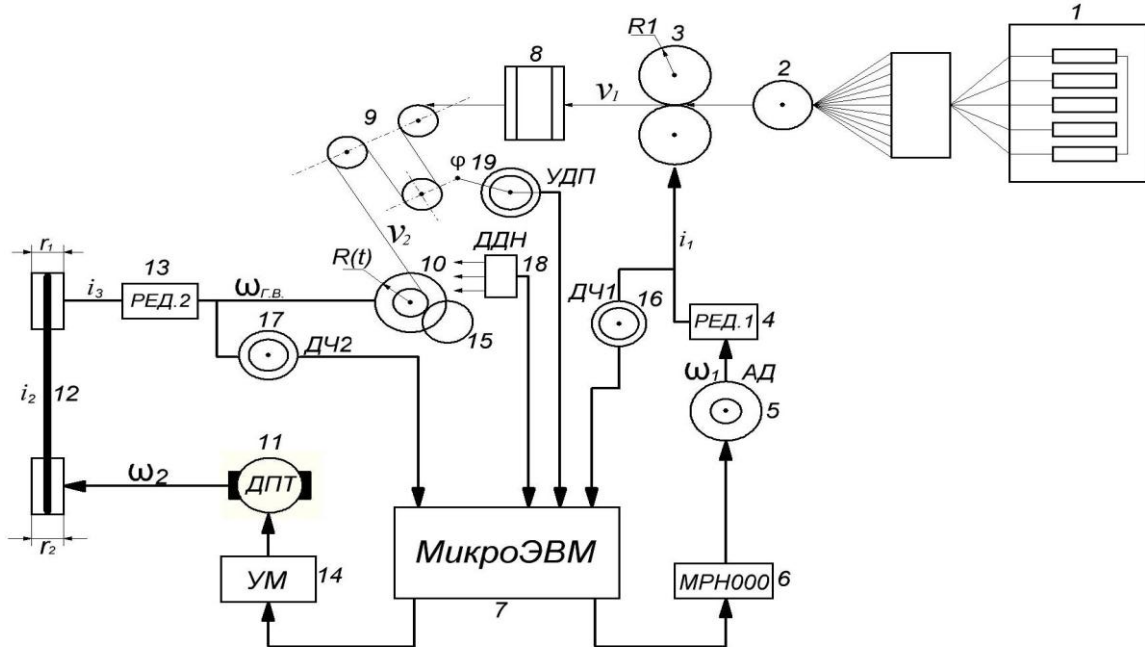


Рисунок 1 – Функциональная схема модернизированной партионной сновальной машины

Таблица 1 – Система дифференциальных и алгебраических уравнений для исследования САУ сновальной машины

$\frac{d\omega_1}{dt} = \frac{1}{J_1} (M_{1эм} - M_{c1});$	$\frac{d\omega_2}{dt} = \frac{1}{J_2} (M_{2эм} - r_1 E' S' n' (\varepsilon_1 - \varepsilon_2));$
$\frac{d\omega_{ГВ}}{dt} = A_{11} r_1 E' S' n' (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) - M_{c2};$	$\frac{d\varepsilon_1}{dt} = \frac{1}{L^*} \left(\frac{\omega_2 r_2}{1 + \varepsilon_2} - \frac{\omega_{ГВ} r_1}{1 + \varepsilon_1} \right);$
$\frac{d\varepsilon_2}{dt} = \frac{1}{L^*} \left(\frac{\omega_{ГВ} r_1}{1 + \varepsilon_1} - \frac{\omega_2 r_2}{1 + \varepsilon_2} \right);$	$M_{1эм} = \frac{2M_{кр} (1 + \varepsilon^*)}{\left(\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S} + 2\varepsilon^* \right)} i_1$
$M_{2эм} = C_m \Phi I_{я}; v_1 = \omega_1 \frac{R_1}{i_1};$	$\varepsilon = \frac{T_k d\varepsilon_k}{dt} + \varepsilon_k; T_k = \frac{L'}{v_2} \left(1 + \frac{4C_n}{C_{пр}} \right).$
$v_2 = \omega_2 \frac{R(t)}{i_2 i_3}; \varepsilon = \frac{v_2 - v_1}{v_1};$	
$F = \varepsilon_k \cdot W_n(p);$	

где $\omega_1, \omega_2, \omega_{ГВ}$ – соответственно частоты вращения ротора АД, ДПТ и главного вала; $M_{1эм}, M_{2эм}, M_{кр}$ – соответственно электромагнитные моменты АД и ДПТ и критический момент АД; M_{c1}, M_{c2} – соответственно моменты сопротивления на валу АД и ДПТ; $L^*, \varepsilon_1, \varepsilon_2, S', n', E'$ – соответственно длина ветви гибкой передачи, деформация свободных участков набегающей и ниспадающей ветвей гибкой передачи, площадь и количество ветвей гибкой передачи, модуль упругости Юнга; $A_{11}, J_1, J_2, r_1, r_2$ – соответственно коэффициент, характеризующий приведенный к сновальному валу момент инерции, моменты инерции роторов АД и ДПТ, радиусы шкивов, установленных на валах АД и ДПТ; $S, S_{кр}, \varepsilon^*$ – соответственно величины текущего и критического скольжения, параметр,

определяющий форму механической характеристики АД; C_m , Φ – соответственно механическая постоянная, зависящая от конструктивных особенностей, и основной магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения ДПТ; R_1 – радиус направляющих валиков; v_1 , v_2 , T_k , C_n , C_{np} – соответственно линейные скорости выпуска нитей из направляющих валиков и наматывания их на сновальный вал, постоянная времени компенсатора, жесткости упругой нити и пружины; $W_n(p)$ – передаточная функция нити; i_1 , i_2 , i_3 – соответственно передаточное отношение между валом АД и направляющими валиками, между валом ДПТ и редуктором 2, между редуктором 2 и главным валом.

В соответствии с функциональной схемой СМ (рис. 1) и системой уравнений (табл. 1), описывающих динамические режимы двухдвигательного электропривода, составлена структурная схема САУ (рис. 2), в соответствии с которой осуществлено оперативное моделирование в операционной среде Matlab.

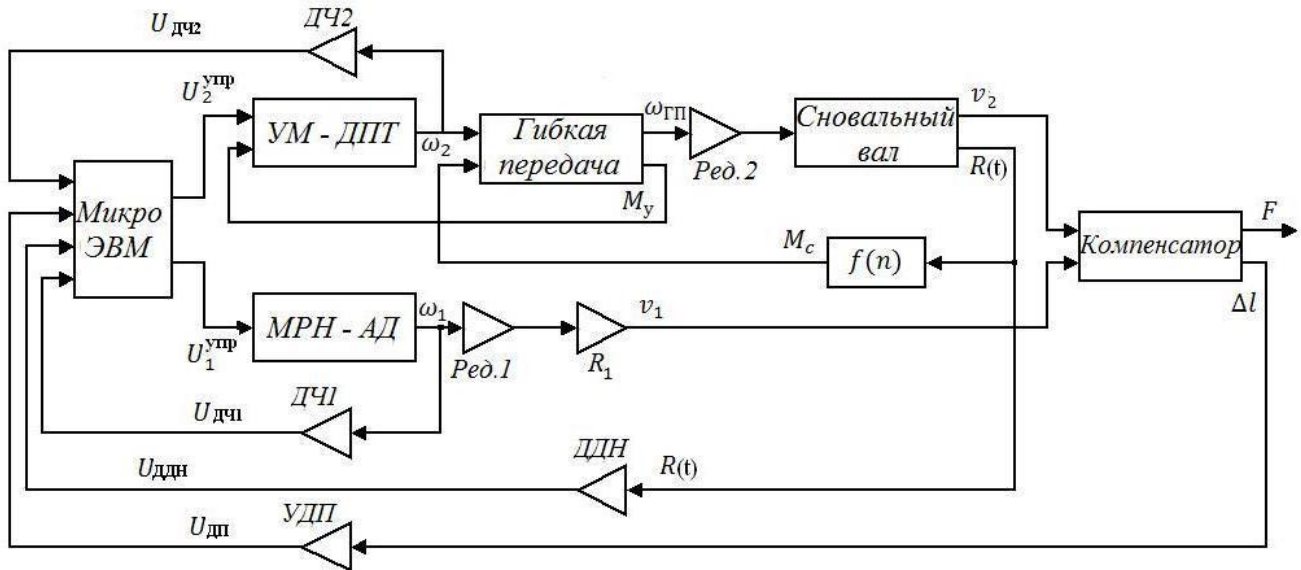


Рисунок 2 – Структурная схема модернизированной партионной сновальной машины

Изменения основных выходных параметров, характеризующих режим пуска СМ, показаны на рисунке 3. Моделирование системы на продолжительном отрезке времени показало устойчивое сохранение заданного уровня натяжения при изменении радиуса наматывания и момента статического сопротивления на валу ДПТ.

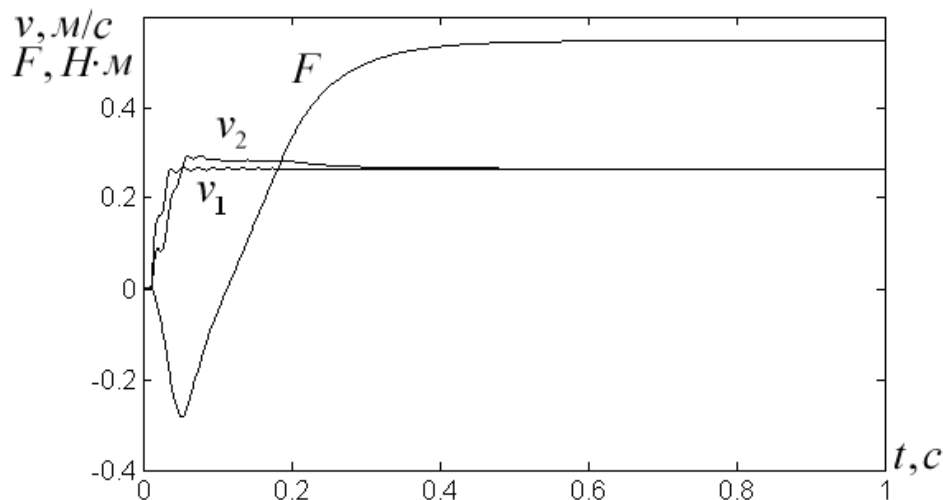


Рисунок 3 – Изменение основных выходных параметров при пуске

Во второй главе по разработанной функциональной схеме предложена и исследована структурная схема управляемого электротехнического комплекса ровничной машины (РМ) с КММ (рис. 4).

Исследование устойчивости замкнутой и разомкнутой систем управления процессом наматывания волокнистого материала проведено по логарифмическим амплитудным и фазовым частотным характеристикам (ЛАФЧХ). Полученные ЛАФЧХ контура управления КММ характеризуют его устойчивое состояние. Расположение корней на комплексной полуплоскости нулей и полюсов передаточной функции замкнутой системы полностью определяет динамические свойства последней.

Качество переходного процесса формирования и наматывания слоя ровницы на паковку при срабатывании храпового механизма замка исследовались при подаче и снятии ступенчатого управляющего воздействия. Характеристика имеет плавный характер, перерегулирование практически отсутствует (рис. 5).

Установившийся процесс осуществляется не более чем за 2,5-3 с, что соответствует технологическому регламенту.

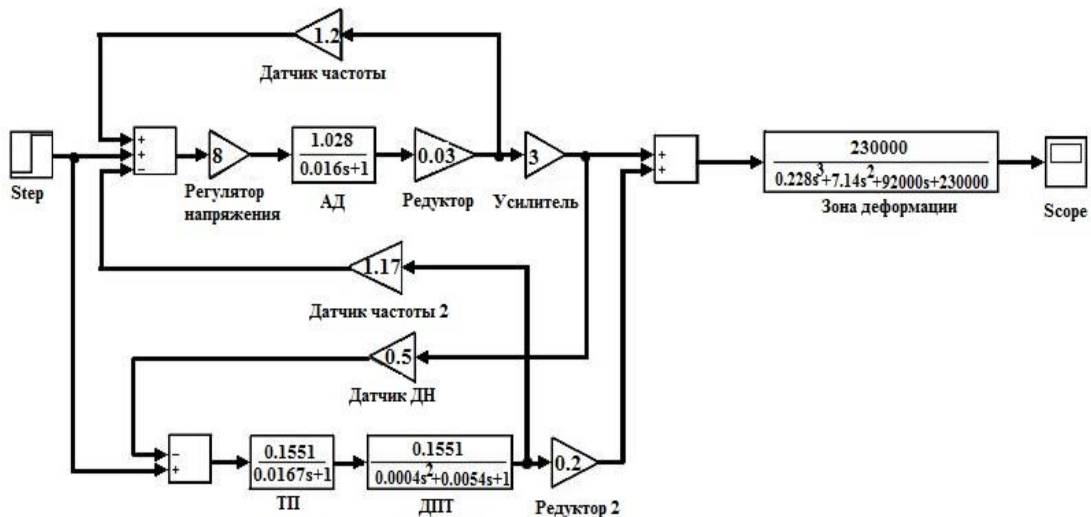


Рисунок 4 – Структурная схема модернизированного варианта УЭТК с крутильно-мотальным механизмом.

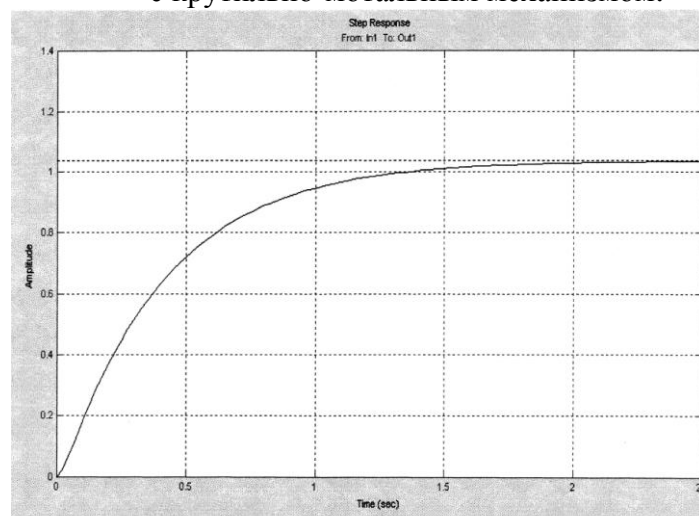


Рисунок 5 – Переходная функция контура управления приемным валом КММ.

Определены ограничения скоростных режимов крутильно-мотального механизма и параметры прогнозирующего устройства, обеспечивающего управление скоростными режимами приемного вала КММ.

Качественные показатели САР, определенные по ЛАФЧХ, приведены в таблице 2

Время регулирования переходного процесса (t_p), с	Запас устойчивости по амплитуде (ΔL), дБ	Запас устойчивости по фазе ($\Delta\varphi$), град.	Число колебаний (μ)
2,5	58,4	164	0

В третьей главе проведенные теоретические и экспериментальные исследования подтвердили возможность существенного повышения энергетических показателей асинхронных двигателей (АД) при изменении величины питающего напряжения. Понижение напряжения при нагрузке близкой к $0,7P_{\text{ном}}$ приводит к увеличению коэффициента мощности на 5-11%, а КПД на 1-2%, а при нагрузке близкой к 0,2 коэффициента мощности на 37-40%, а КПД на 7-14%. Разработана математическая модель и программа расчета, позволяющая исследовать влияние питания АД на энергетические показатели двигателя при изменении нагрузки на валу. Проведены расчеты ряда АД различной мощности и полюсности. Рассмотрены различные алгоритмы регулирования АД. Определены законы изменения напряжения питания АД для рассмотренных алгоритмов. Выявлен наиболее целесообразный алгоритм управления напряжением АД при изменении нагрузки. Проведен расчет типичных для АД значений угла сдвига фаз и для каждого из величин рассчитаны высшие гармоники для нескольких значений отстающего угла регулирования. Проведен расчет экономии электроэнергии от внедрения регулятора напряжения. Отмечено, что целесообразно использовать данные регуляторы в электроприводах при нагрузке меньшей $0,6P_{\text{ном}}$. Даны рекомендации по разработке и применению регуляторов напряжения для трехфазных АД. Предложена методика расчета оптимальных режимов асинхронного электропривода с фазовым управлением для механизмов циклического действия. Проведен расчет вариантов электроприводов постоянного и переменного тока для механизма циклического действия смесовой машины С-12М по критерию минимума потерь энергии в двигателе при равенстве пускового и тормозного моментов. Анализ исследуемых вариантов показал, что использование параметрического управляемого асинхронного электропривода КПЭ на базе специального двигателя серии 4А, позволяет снизить мощность, габариты двигателя и потери энергии в нем при тех же значениях передаточного числа редуктора.

В четвертой главе показана возможность применения интеллектуальных методов и технологий для исследования сложных электромеханических систем технологического оборудования.

Для модернизированной электромеханической системы управляемого технологического комплекса с крутильно-мотальным механизмом разработана

в среде Matlab структурная схема зоны транспортирования и наматывания волокнистого материала с нейроконтроллерами (рис.6).

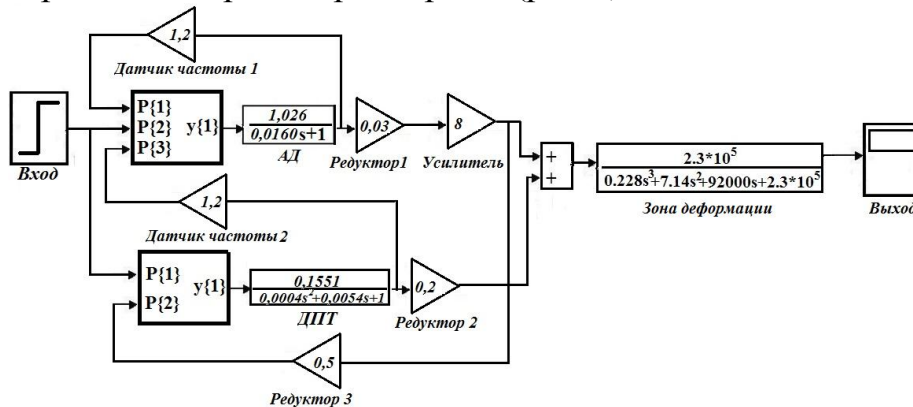


Рисунок 6 – Структурная схема зоны транспортирования и наматывания волокнистого материала с нейроконтроллерами в среде Matlab

На рисунке 7 представлены переходные процессы, полученных в результате работы САУ в математической среде Matlab.

Полученные характеристики (рис. 7) указывают на допустимое использование НС в качестве регуляторов двухдвигательного электропривода исследуемой электромеханической системы. При использовании НС происходит значительное повышение быстродействия.

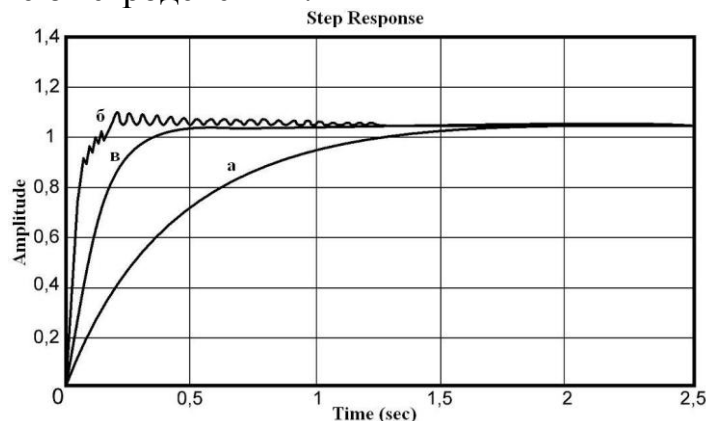


Рисунок 7 – Переходный процесс в зоне транспортирования и наматывания волокнистого материала: а – без НС, б – с НС, обученной на данных из тренировочного шаблона, в – с НС, обученной на реальных данных

На основе модели двигателя постоянного тока (ДПТ) автором предложен нейросетевой подход к измерению момента сопротивления на валу. Проведено моделирование нейронной сети, реализующей формирование момента ДПТ, значение которого близко к желаемому.

Проведен сравнительный анализ основных показателей качества переходного процесса для классической двухкратноинтегрирующей системы и нечеткой системы управления электроприводом сновальной машины с целью выявления преимуществ и недостатков последней.

Полученные результаты показывают, что замена классического регулятора скорости на регулятор идентичной структуры, но построенный по принципам нечеткой логики, приводит к улучшения качества переходных процессов.

При исследовании нечеткой когнитивной карты системы управления партионной сновальной машиной выявлена взаимосвязь показателя качества снующихся нитей (обрывность) со скоростными режимами работы транспортирующих и наматывающих механизмов. Определены зоны деформации, при управлении которыми улучшается качество снующихся нитей.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ научно-технической литературы, посвященный исследованию режимов работы энергоемкого технологического оборудования показал, что в настоящее время недостаточно изучены вопросы комплексного влияния скоростных режимов рабочих органов на производительность, качественные показатели волокнистых продуктов, рациональное потребление сырьевых и энергетических ресурсов.
2. Предложена концепция построения структуры и исследования сложных управляемых электротехнических комплексов технологического оборудования с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.
3. Проведена классификация энергоемкого технологического оборудования по характерным режимам эксплуатации, электропотребления и изменяющейся нагрузки на рабочие органы и механизмы.
4. Экспериментально получены технологические параметры и энергетические характеристики исследуемых динамических объектов, а также определены особенности и критерии оценки качественных показателей волокнистых продуктов и их взаимосвязь со скоростными режимами работы оборудования, осуществляющего процессы формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала.
5. Установлено, что одним из направлений разработки энергосберегающих решений является использование энергетических и технологических характеристик автоматизированных систем управления для проведения комплексного анализа и оптимизации режимов работы, которые дают возможность научно обоснованно подойти к решению указанной проблемы как при эксплуатации существующего, так и нового оборудования.
6. Поставлена и решена задача повышения эффективности энергоресурсосбережения за счет управления скоростными режимами электромеханической системы с транспортирующими и наматывающими механизмами.
 - 6.1 С целью реализации энергосберегающих режимов предложены функциональная и структурная схемы усовершенствованного способа управления процессами транспортирования и наматывания нитей на партионной сновальной машине.
 - 6.2 Дано математическое описание в операционной среде MatLab и проведено моделирование двухканальной системы управления скоростными режимами, обеспечивающими заданный регламент технологических процессов транспортирования и наматывания нитей.
 - 6.3 Осуществлен анализ переходных процессов и расчет устойчивости системы автоматического управления; проведенная параметрическая оптимизация системы ав-

томатического регулирования позволила определить оптимальные параметры скоростных режимов исследуемой системы; полученные переходные функции, характеризующие сигнал управления и выходную величину (относительную деформацию нитей), позволяют оценить качество системы автоматического регулирования при управляющих и возмущающих воздействиях.

7. На примере управляемого электротехнического комплекса с крутильно-мотальным механизмом с целью детального исследования сложной электромеханической системы математически систематизировано и уточнено описание взаимосвязи известных условий наматывания волокнистого материала (ровницы) на паковки со скоростными режимами рабочих органов.

7.1 Для совершенствования процесса наматывания ровницы на паковки и модернизации централизованного электропривода ровничной машины разработаны функциональная и структурная схемы двухдвигательного электропривода, обеспечивающего повышение статической и динамической точности регулирования скоростных режимов крутильно-мотального механизма.

7.2 Проведено математическое описание специальных режимов, происходящих в двухдвигательной электромеханической системе с крутильно-мотальным механизмом, позволяющее анализировать статические и динамические характеристики рабочих органов рогучатой ровничной машины для гребенного прядения шерсти при различных стадиях наматывания ровницы на паковки и колебаниях питающей сети.

8. Осуществлены лабораторные испытания комплектного параметрического асинхронного электропривода КПЭ с микропроцессорным регулятором напряжения МРН000, которые подтвердили целесообразность управления энергосберегающими и специальными режимами электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.

9. Для исследования статических и динамических режимов двухдвигательного привода партионной сновальной машины составлена система алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка с учетом деформации гибких звеньев передач и электромеханической инерции электроприводов постоянного и переменного тока; полученная система уравнений является замкнутой, нелинейной и позволяет исследовать динамические свойства сложной электромеханической системы.

10. Представленные алгоритмы управления и идентификации подтверждаются схемами Simulink, которые могут стать основой для аппаратной реализации и дальнейших исследований.

11. На основе разработанных теоретических положений определены методы исследования и расчета сложных электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами с использованием нейронных сетей, нечеткой логики и нечетких когнитивных карт.

12. Разработаны методология и алгоритмические основы для математического моделирования и анализа процессов транспортирования, формирования и наматывания волокнистых материалов.

13. Имитационные модели и разработанные системы автоматического регулирования могут быть использованы в практике научных исследований, при проектировании и частичной модернизации эксплуатируемого технологического оборудования и систем управления энергосберегающими режимами.

Основное содержание изложено в монографии и в 23 печатных работах, в числе которых:

1. Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Чесноков А.В., Филимонова Е.М. Применение классических и интеллектуальных методов для исследования энергосберегающих режимов сложных управляемых электротехнических комплексов технологического оборудования: монография.– М.: ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2013. – 213 с. (3,33 п.л. лично автором).
2. Дубовицкий В.А., Поляков А.Е., Поляков К.А., Бордовская Т.П., Максимова Е.М. Устройство для управления процессом холстообразования и наматывания. Патент на полезную модель №110091. Оpubл. 10.11.2011. Бюл. №31. (0,15 п.л. лично автором).
3. Поляков А.Е., Поляков К.А., Дубовицкий В.А., Максимова Е.М., Бордовская Т.П., Павлов Н.К. Исследование динамики управляемого электротехнического комплекса.// Изв. Вузов. Технол. текст. пром-ти. – 2011. – №4. – С. 128-133. (0,06 п.л. лично автором)
4. Дубовицкий В.А., Успенский А.А., Поляков А.Е., Поляков К.А., Филимонова Е.М., Бычков В.В., Степанова М.С. Модернизированный способ управления процессом холстообразования и наматывания нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2012. – №1. – С. 45-48. (0,04 п.л. лично автором)
5. Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М., Степанова М.С. Исследование динамических режимов управляемого электротехнического комплекса для производства нетканых материалов.// Вестник Московского государственного текстильного университета. – М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012. – С. 76-79. (0,06 п.л. лично автором)
6. Поляков А.Е., Поляков К.А., Успенский А.А., Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М., Степанова М.С. Математическая постановка задач управления сложными динамическими объектами для производства нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2012. – №3. – С. 53-57. (0,05 п.л. лично автором)
7. Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М. Применение современных методов и технологий для разработки и исследования сложных управляемых электротехнических комплексов.// Сборник материалов Всерос. конкурса НИР студентов и аспирантов в области технических наук. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – С. 25-27. (0,09 п.л. лично автором)
8. Филимонова Е.М., Поляков А.Е. Система автоматического управления сновальной машиной с коррекцией по натяжению.// Сборник научных трудов аспирантов. Вып.19. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013.- С. 220-225. (0,19 п.л. лично автором)
9. V.A. Duboviskii, A.E. Polyakov, K.A. Polyakov, A.V. Chesnokov and E.M. Filimonova Technical solutions for optimum of complex dynamic objects in the production of nonwovens.// Fibre Chemistry. Vol 45. No. 2. July, 2013. (Russian original No. 2, March-April, 2013), pp. 119-121. (0,04 п.л. лично автором)
10. Филимонова Е.М., Поляков А.Е., Поляков К.А., Дубовицкий В.А., Бычков В.В. Основные направления повышения эксплуатации управляемых электротехнических комплексов для производства нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2014. – №3 – С. 58-62 (0,06 п.л. лично автором)
11. Поляков А.Е., Поляков К.А., Филимонова Е.М., Дубовицкий В.А., Бычков В.В. Применение технологии нейронных сетей для разработки и исследования управляемого электротехнического комплекса приемно-намоточного устройства агрегата для производства синтетических нитей и нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2014. (в печати)

ФИЛИМОНОВА Екатерина Михайловна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ
СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Специальность: 05.13.06

«Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (легкая промышленность)»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж ___ экз. Заказ № _____
Информационно-издательский центр МГУДТ
117997, г. Москва, ул. Садовническая, д.33, стр. 1
Тел./факс (495) 506 72 71
e-mail: rfrost@yandex.ru
Отпечатано в ИИЦ МГУДТ