

В диссертационный совет Д 212.144.03  
при Московском государственном  
университете дизайна и технологии

### ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Бессарабова Аркадия Марковича на диссертационную работу Филимоновой Екатерины Михайловны на тему «Разработка методов расчета и оптимизации систем энергосберегающего управления электромеханическими системами технологического оборудования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (легкая промышленность).

Текстильная и легкая промышленности, как и другие отрасли, должны базироваться на интеллектуальных технологиях и автоматизированных системах. Рост потребления электроэнергии в этих отраслях, напряженность топливно-энергетического баланса страны обязывает предприятия повышать эффективность использования материальных и других видов энергетических ресурсов.

Повышение производительности оборудования путем увеличения рабочих скоростей и мощности передаваемых потоков материала, повышения 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 от способов 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 сопротивления механизмов, частот упругих механических передач,

взаимного изменения механических параметров в многосвязных многодвигательных электромеханических системах (ЭМС). Кроме того, могут наблюдаться значительные сопротивления 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 работе излагаются основные принципы построения управляемых электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами в свете современного состояния теории и методов математического описания систем управления, где выбору скоростной диаграммы процесса транспортирования, формирования и наматывания волокнистого материала должно предшествовать технологическое исследование управляемого процесса с целью установления наиболее выгодного скоростного режима. Уделено внимание использованию интеллектуальных алгоритмов управления, таких как нечеткая логика и искусственные нейронные сети.

Для реализации данной задачи необходим аналитический аппарат разработки методики анализа и расчета 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 прядильном и ткацких производствах.

С этой точки зрения основная цель рассматриваемой диссертационной работы – разработка методики расчета и повышения эффективности управляемых электромеханических систем текстильного оборудования.

В работе исследуются следующие перспективные направления. Первое из них относится к выбору и расчету специальных технических средств, обеспечивающих в нерегулируемом электроприводе минимизацию вредного влияния на энергетические показатели отклонений нагрузки и качественных показателей электроэнергии от номинальных значений. Второе относится к разработке научной концепции перехода от нерегулируемого электропривода к регулируемому для отдельных видов технологического оборудования.

Основными этапами исследований являются следующие:

- постановка и реализация задач повышения эффективности энергоресурсосбережения за счет управления скоростными режимами;
- определение технологических особенностей эксплуатации сложных электромеханических систем технологического оборудования;
- анализ энергетических характеристик и технологических параметров оборудования как объектов автоматического управления скоростными режимами;
- повышение эффективности энергоресурсосбережения за счет оптимизации скоростных режимов электромеханических систем, исследование способов повышения энергетических показателей асинхронных электроприводов с микропроцессорным управлением, влияние качества электроэнергии на работу текстильного оборудования;
- разработка технических решений повышения эффективности эксплуатации управляемых электромеханических систем энергоемкого технологического оборудования.

Автор выносит на защиту теоретические положения и результаты практической реализации оригинальной научно-исследовательской работы, которую можно квалифицировать как решение важной научно-технической задачи разработки методов расчета и повышения эффективности текстильного производства за счет управления и оптимизации скоростных режимов рабочих органов электромеханических систем с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.

В рамках данной работы аспирантом Филимоновой Е.М. разработаны принципы построения управляемых электротехнических комплексов прядильного и ткацкого оборудования; созданы математические модели и алгоритмы управления скоростными режимами сновальной и ровничной машин. Разработаны системы автоматического управления процессом наматывания нитей и ровницы. Разработанная автором методика выбора,

анализа и расчета сложных электромеханических систем принята к использованию в ООО «ТЕКС-ЦЕНТР» (г. Москва).

Диссертационная работа изложена на 173 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка используемой литературы из 80 наименований, 12 таблиц, 76 иллюстраций, приложения.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность решаемой в диссертационной работе проблемы повышения эффективности прядильного и ткацкого производств за счет реализации методов и систем энергосберегающего управления технологическим оборудованием. Сформулирована цель работы и основные задачи, решаемые для ее достижения. Дана характеристика научной новизны и практической значимости результатов работы. Определены научные принципы методов и систем оптимального управления скоростными режимами сложных электромеханических комплексов прядильного и ткацкого оборудования с транспортирующими, наматывающими и крутильно-мотальными механизмами.

В первой главе обозначены характерные особенности технологического процесса партионного снования текстильных нитей, сказывающиеся постановке и методах решения задач оптимизации режимов работы. Среди них следует отметить зависимость между техническим состоянием электрооборудования, его скоростными режимами, производительностью и качественными показателями волокнистого материала, в частности обрывностью. Другая существенная особенность – высокая кинематическая сложность электромеханических систем с транспортирующими, наматывающим механизмами и динамическая напряженность их работы.

Важнейшим условием сохранения технического состояния оборудования является правильная ориентация при оценке и применение научно-обоснованных методов выбора оптимальных параметров технологических процессов и скоростных режимов рабочих органов машин и аппаратов, учитывающих показатели качества исходного сырья и готовой продукции.

Автором показано, что теоретическое и экспериментальное изучение нормально функционирующих электромеханических систем является необходимым этапом решения задач рационализации и оптимизации режимов работы машин и аппаратов приготавительно-ткацкого и прядильного производств.

Для анализа динамики электромеханической системы, осуществляющей процесс транспортирования и наматывания волокнистых материалов на сновальной машине, разработана функциональная схема. По предложенной функциональной схеме составлена структурная схема и получена нелинейная система алгебраических и дифференциальных уравнений, позволяющая исследовать статические и динамические режимы сложной электромеханической системы с учетом физико-механических свойств волокнистого продукта, гибких деформируемых связей, электромеханической инерции приводных электродвигателей.

Моделирование системы на продолжительном отрезке времени показало устойчивое сохранение заданного уровня натяжения при изменении радиуса наматывания и момента статического сопротивления на валу двигателя постоянного тока.

Во второй главе рассмотрен способ автоматического управления технологическим процессом производства гребенной ровницы на рогульчатой ровничной машине. Для решения задач оптимизации скоростных режимов управляемых электротехнических комплексов в зонах транспортирования и наматывания проанализированы одноцикловые разрывные характеристики гребенной ровницы, позволяющие определить численные значения допустимых величин упругого удлинения волокнистых материалов. Определена зависимость между скоростными режимами и предельным отклонением вытяжки и относительной деформации. Полученные характеристики, использованы для параметрической идентификации механических моделей волокнистых продуктов, по которым составлены передаточные функции модуля упругости.

По разработанной функциональной схеме предложена и исследована структурная схема управляемого электротехнического комплекса ровничной машины с крутильно-мотальными механизмами. Проведено исследование устойчивости замкнутой и разомкнутой систем управления процессом наматывания волокнистого материала проведено по логарифмическим амплитудным и фазовым частотным характеристикам.

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

В третьей главе проведены исследования по определению путей повышения энергетических показателей асинхронных электродвигателей, работающих в условиях жесткой эксплуатации технологического оборудования текстильной и легкой промышленности. Разработана математическая модель и программа расчета, позволяющая исследовать влияние питания асинхронных двигателей на энергетические показатели электропривода при изменении нагрузки на валу. Исследованы алгоритмы регулирования и определены законы изменения напряжения питания асинхронных двигателей. Проведен расчет экономии электроэнергии при внедрении регулятора напряжения. Для трехфазных асинхронных электродвигателей даны рекомендации по разработке и применению регуляторов напряжения. 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.

В четвертой главе показана возможность применения современных интеллектуальных методов и технологий на базе нейронных сетей, нечеткой логики и нечетких когнитивных карт, обеспечивающих инвариантность регуляторов к изменению параметров сложного динамического объекта.

Для бесконтактного измерения момента сопротивления на валу двигателя постоянного тока предложено применение нейронных сетей. Проведенное исследование на основе дифференциальных уравнений для специальных режимов работы подтверждает возможность применения нейронной сети в качестве датчика момента сопротивления на валу двигателя постоянного тока, отвечающая по точности и нормально функционирует как в пусковом режиме, так и в установившемся.

Рассмотрено применение нечеткого регулятора в системе управления партионной сновальной машины. В классической схеме произведена замена регулятора напряжения на нечеткий регулятор с целью повышения качества переходного процесса. Моделирование данных систем позволило сделать вывод о целесообразности использования нечеткого регулятора напряжения в связи с повышением качества переходного процесса (снижением колебаний и значением времени регулирования).

Для исследования обрывности снующихся нитей при транспортировании и наматывании на сновальной машине предложено применение аппарата нечетких когнитивных карт. Исследованы факторы наиболее влияющие на обрывность нитей на основе экспертных данных, а также предложены управляющие воздействия, которые при введении в систему позволят снизить обрывность.

Основные результаты и выводы полностью отражают научные и практические достижения выполненной работы.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Нет размерности коэффициентов передаточных функций, что затрудняет проверку весомости составляющих этих функций (стр. 37).
2. При моделировании и исследовании прочностных характеристик волокнистых материалов предпочтительными являются многоцикловые испытания как более близкие к реальным нагрузкам, испытываемым нитями и ровницы в процессе эксплуатации (стр. 25, 54).
3. Четко не определено, как учитывается смена ассортимента в системе управления натяжением с нечетким регулятором на сновальной машине (стр. 133).
4. Неясно учтены ли нелинейности электромеханической системы в системе дифференциальных уравнений (стр. 44-45).

Основные результаты работы отражены в 23 публикациях, в том числе получен патент РФ, опубликованы в соавторстве монография, 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. Содержание опубликованных работ полностью соответствует или дополняет содержание диссертации, а автореферат диссертации полностью отражает основные положения всей работы.

Диссертационная работа Филимоновой Е.М. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании научных исследований разработаны методика и технические решения, направленные на реализацию оптимального управления сложными динамическими объектами с транспортирующими, наматывающими и

крутильно-мотальными механизмами, имеющие научную новизну и практическую значимость. Сделанные замечания по диссертации не снижают ценность выполненных исследований и не оказывают влияния на основные положения и выводы Филимоновой Е.М.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Разработка методов расчета и оптимизации систем энергосберегающего управления электромеханическими системами технологического оборудования» Филимоновой Екатерины Михайловны соответствует пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (легкая промышленность).

Доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора по науке  
Научного центра «Малотоннажная химия»



Бессарабов А.М.

Бессарабов Аркадий Маркович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке Научного центра «Малотоннажная химия»

107564, Москва, ул. Краснобогатырская, д. 42, стр. 1

Телефон: 8 (495) 983-58-88

E-mail: bessarabov@nc-mtc.ru