

Постановка и решение задач исследования сложных управляемых электротехнических комплексов технологического оборудования

А.Е. Поляков^a, Е.А. Рыжкова^b, М.С. Иванов^c, О.М. Власенко^d
Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация

E-mail: ^aPolyakov.ae@list.ru, ^banel65@mail.ru, ^czaplatka84@mail.ru, ^do.m.vlasenko@gmail.com

Аннотация. Для построения структуры, проектирования и исследования сложной электромеханической системы (ЭМС) производства нетканых материалов предложена соответствующая концепция. В качестве среды для математического моделирования и расчета электромеханических систем использованы пакеты современных версий системы Matlab. Поставлена и решена задача разработки метода электрического моделирования для анализа и расчета ЭМС технологического оборудования с учетом свойств волокнистого продукта и динамики его движения в процессе формирования и транспортирования.

Ключевые слова: нетканый материал, скоростной режим, электромеханические системы.

Problem Setting and Solution in Investigation of Controlled Compound Electrotechnical Complexes of Technological Equipment

A. Polyakov^a, E. Ryzhkova^b, M. Ivanov^c, O. Vlasenko^d
The Kosygin State University of Russia, Russian Federation

E-mail: ^aPolyakov.ae@list.ru, ^banel65@mail.ru, ^czaplatka84@mail.ru, ^do.m.vlasenko@gmail.com

Annotation. To build the structure, design and to study a complex electromechanical system (EMC) for the production of non-woven materials, an appropriate concept is proposed. As a medium for mathematical modeling and calculation of electromechanical systems, packages of new versions of the MATLAB system are used. The problem of developing the electric modeling method for analyzing and calculating the EMC of technological equipment was formulated and solved considering the properties of the fiber product and the dynamics of its movement during the formation and transportation.

Key words: non-woven material, speed mode, electromechanical systems.

Технологическое оборудование для производства нетканых материалов имеет ряд особенностей, влияющих на постановку и методы решения задач повышения эффективности энергоресурсосбережения и их реализации путем управления скоростными режимами [1]. Условия жесткой стабилизации технологических параметров в процессе формирования и наматывания волокнистого материала предъявляют к системам автоматического регулирования (САР) высокие требования в отношении поддержания заданных скоростных режимов и качественных показателей волокнистого материала. При проектировании управляемых электромеханических систем (ЭМС) определяющими факторами являются физико-механические свойства волокнистого продукта – прочность, удлинение, коэффициент заполнения объема, плотность намотки,

упругие, эластические и пластические деформации при вытягивании.

Для определения структуры ЭМС необходимо рационально использовать кинематический и динамический анализы функционирования оборудования. При учете различных влияющих факторов (электромагнитные процессы, гибкие связи, упругость механических передач и др.) структура ЭМС усложняется, а описание становится более детальным. Следование синергетическому подходу показывает, что совокупность факторов оказывает иное влияние на систему, чем каждое по отдельности. Это подтверждается результатами, приведенными в работе [2]. Поэтому исследование сложных динамических объектов и технологических процессов на этапе проектирования является необходимым для создания эффективного управления.

Наиболее широкодоступным средством теоретического исследования являются математические модели машин и их узлов, описываемые системами дифференциальных и алгебраических уравнений. В большинстве случаев данные системы дифференциальных уравнений не имеют аналитического решения. Поэтому для этого в основном применяются рекурсивные алгоритмы интегрирования на заданном интервале.

Математические модели позволяют исследовать поведение системы в широком диапазоне амплитуды и спектрального состава управляющих и возмущающих воздействий. Показатели САР, характеризующие статические и динамические свойства ЭМС, выявляют оптимальные величины задающих воздействий, а, следовательно, позволяют на их основе построить оптимальные законы управления.

Известные алгоритмы управления рассчитаны на знание математического описания объекта с точностью до конечного числа постоянных параметров. На практике достаточно точную модель объекта построить сложно, а иногда и невозможно. Использование известных на данный момент современных методов и технологий позволяет исключить точное копирование нелинейностей объекта. Система управления при этом рассчитана на большой уровень неопределенности. Это позволяет на порядок повысить динамическую точность управления скоростными режимами сложных динамических объектов с транспортирующими и наматывающими механизмами. Аппаратная реализация современных технологий предусматривает внедрение высоко интегрированных гибких микроконтроллеров, программируемых логических контроллеров, плат расширения персональных компьютеров и т. д. Высокая стоимость электронных компонентов силового и управляющего оборудования электроприводов препятствует разработке и внедрению интеллектуального управления электротехническими комплексами (ЭТК).

Для построения структуры, проектирования и исследования сложной электромеханической системы производства нетканых материалов разработана соответствующая концепция. В качестве среды для математического моделирования и расчета ЭМС выбраны пакеты современной версии системы Matlab, такие как Simulink, Neural Network Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, а также программа для моделирования электрических схем Multisim.

Поставлена и решена задача разработки метода электрического моделирования для анализа и расчета электромеханических систем технологического оборудования с учетом свойств волокнистого продукта и динамики его движения в процессе формирования и транспортирования. Особенностью разработанной методики является ее физическая направленность на основе метода электромеханических аналогий, то есть

представления электромеханических систем в виде эквивалентных электрических цепей [3].

Сравнение модели прямой аналогии электромеханической системы в виде электрической цепи и структурной модели показывают, что первая отличается значительно большей наглядностью, так как каждый механический элемент имеет свое электрическое изображение.

Реализация структурных моделей осуществляется с помощью современных ПЭВМ при соответствующем программном обеспечении.

Достоинство прямой реализации модельных электрических цепей проявляется тогда, когда моделируемые системы имеют большое число линейных пассивных элементов (индуктивностей, емкостей, резистивных элементов), то есть содержат разветвленную электрическую цепь и сложную механическую часть.

Электрическая цепь остается наглядным и обобщающим изображением моделируемой системы и при косвенном методе ее реализации благодаря преимуществам электрических аналогий. Для моделирования используется специальный «метод четырехполюсников». При этом модель анализируется и корректируется по частям с помощью постановки дополнительных экспериментов в частных системах, которые можно анализировать в отдельности, например, вводя возмущения, проводя линеаризацию, и т. д.

Разработана математическая модель формирования волокнистого продукта на чесальном аппарате CR-24 как объекта автоматического управления. Предложена структура механической модели волокнистого продукта и проведен анализ зоны деформации на основе метода электромеханических аналогий.

Проведено исследование зоны вытягивания на устойчивость и наличие автоколебаний. Осуществлена параметрическая оптимизация режима вытягивания волокнистого продукта с целью получения удовлетворительного качества переходного процесса.

Реализована задача повышения производительности чесальной машины. С этой целью предложены функциональная и структурная схемы усовершенствованного способа выравнивания линейной плотности волокнистого продукта.

Проведенная параметрическая оптимизация системы автоматического регулирования позволила определить оптимальные параметры скоростных режимов исследуемой системы.

Авторами разработана и исследована функциональная схема модернизированной системы управления автоматизированной линией производства объемных нетканых полотен [4]. Поставленной задачей являлось обеспечение заданного качества продукции и энергосбережения управляемого электротехнического комплекса.

На примере разработанной схемы предлагаются технические решения оптимального управления скоростными режимами управляемого комплекса.

Как правило, самовес имеет один электропривод игольчатой решетки, работающий периодически. Остальные органы самовеса приводятся в движение от основного двигателя чесальной машины. Проведены исследования статических и динамических характеристик самовеса чесальной машины, которые показывают, что качество выходящего полотна зависит как от постоянства массы порции волокнистого материала, так и от согласования скоростей рабочих органов самовеса: распределительного эксцентрика, уплотняющего щитка, игольчатой решетки и т. д.

Предлагается использовать двухдвигательный электропривод, который осуществляет синхронизацию скоростных режимов рабочих органов самовеса с последующими машинами, входящими в линию. Наличие дополнительного двигателя обеспечивает плавное и независимое регулирование скорости вращения рабочих органов. При этом нагрузка чесальной машины согласуется с требуемым коэффициентом съема.

Исследование точностных показателей релейной системы весового механизма показало возможность уменьшения вариации массы порции волокнистой смеси за счет использования тензодатчиков вместо весового механизма, а также изменения алгоритма управления скоростью игольчатой решетки [5,6].

Приведение в движение органов преобразователя прочеса от главного двигателя чесальной машины иногда приводит к возникновению ударов о станину при смене направления движения кареток. Данная проблема решается двумя способами: сложной

настройкой механизма при существующей схеме или применением индивидуальных двигателей. Для плавного и независимого регулирования скоростей выгодно использовать второй способ, хотя возникает необходимость синхронизации скоростей движения прочеса по транспортерным лентам.

В разработанной схеме синхронизация скоростей рабочих органов осуществляется датчиком частоты вращения. При этом сигналы задания для электроприводов формируются в микропроцессорном комплексе. В процессе работы поддерживается постоянство загрузки чесальной машины и линейной плотности готового полотна. Наличие контроля качества выпускаемого полотна позволяет осуществлять коррекцию скоростных режимов машин, входящих в поточную линию.

Теоретические модели объектов ЭМС и полученные в результате математического моделирования показатели качества работы системы экспериментально подтвердили их адекватность.

ВЫВОДЫ

Положения разработанной концепции использованы для постановки и решения задач расчета, моделирования и проектирования сложных многомерных динамических объектов производства нетканых материалов.

Предложены технические решения, позволяющие улучшить качество выпускаемого полотна и обеспечить рациональное потребление материальных и энергетических ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков, А. Е. Технологические решения, направленные на модернизацию электропривода текстильного оборудования / А. Е. Поляков, К. А. Поляков // Текстильная промышленность. – 2005. – № 2. – С. 28–30.
2. Поляков, А. Е. Оптимизация эффективности работы текстильного производства за счет управления скоростными режимами электромеханических систем технологического оборудования : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (легкая промышленность) / А. Е. Поляков ; Моск. гос. текст. ун-т им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2001. – 32 с.
3. Поляков, А. Е. Метод электромеханических аналогий для характеристики реологических свойств полимерных материалов / А. Е. Поляков // Химические волокна. – 2008. – № 2. – С. 24–27.
4. Дубовицкий, В. А. Модернизация автопитателя чесальной машины для производства нетканых материалов / В. А. Дубовицкий, А. Е. Поляков // Химические волокна. – 2011. – № 2. – С. 41–44.
5. Устройство для управления процессом холстообразования и наматывания : Патент на полезную модель № 110091 / В. А. Дубовицкий, А. Е. Поляков ; опубл. 10.11.2011.
6. Лашкина, Е. В. Модифицирование полиэфирных волокон инсектицидными и репеллентными добавками / Е.В. Лашкина // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2019. – № 1(36). – С. 157.

REFERENCES

1. Polyakov A. E. Technological solutions aimed at modernizing the electric drive of textile equipment / A. E. Polyakov, K. A. Polyakov // Textile industry. – 2005. – №. 2. – P. 28–30.
2. Polyakov A. E. Optimization of the efficiency of textile production by controlling the speed regimes of electromechanical systems of technological equipment : abstract of the dissertation for the degree of doctor of technical

Sciences in the specialty 05.13.06-automation and control of technological processes and productions (light industry) / A. E. Polyakov ; Moscow state technical University. state text. Univ. A. N. Kosygina. – Moscow, 2001. – 32 p.

3. Polyakov A. E. The method of electromechanical analogies for characterizing the rheological properties of polymeric materials / A. E. Polyakov // Chemical fibers. – 2008. – №. 2. – P. 24–27.

4. Dubovitsky, V. A. Modernization of the car feeder for non-wovens // Chemical fibers / V. A. Dubovitsky, A. E. Polyakov. – 2011. – №. 2. – P. 41–44.

5. Device for controlling the process of canvas formation and winding : Patent for utility model №. 110091 / V. A. Dubovitsky, A. E. Polyakov ; publ. 10.11.2011.

6. Lashkina, E. V. Modification of polyester fibers with insecticidal and repellent additives / E. V. Lashkina // Bulletin of the Vitebsk state technological University . – 2019. - № 1 (36). - P. 157.

SPISOK LITERATURY

1. Poljakov, A. E. Tehnologicheskie reshenija, napravlennye na modernizaciju jelektroprivoda tekstil'nogo oborudovanija / A. E. Poljakov, K. A. Poljakov // Tekstil'naja promyshlennost'. – 2005. – № 2. – S. 28–30.

2. Poljakov, A. E. Optimizacija jeffektivnosti raboty tekstil'nogo proizvodstva za schet upravlenija skorostnymi rezhimami jelektromehaničeskikh sistem tehnologičeskogo oborudovanija : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehničeskikh nauk po special'nosti 05.13.06 – Avtomatizacija i upravlenie tehnologičeskimi processami i proizvodstvami (legkaja promyshlennost') / A. E. Poljakov ; Mosk. gos. tekst, un-t im. A. N. Kosygina. – Moskva, 2001. – 32 s.

3. Poljakov, A. E. Metod jelektromehaničeskikh analogij dlja harakteristiki reologičeskikh svojstv polimernyh materialov / A. E. Poljakov // Himičeskie volokna. – 2008. – № 2. – S. 24–27.

4. Dubovickij, V. A. Modernizacija avtopitatelja chesal'noj mashiny dlja proizvodstva netkanyh materialov / V. A. Dubovickij, A. E. Poljakov // Himičeskie volokna. – 2011. – № 2. – S. 41–44.

5. Ustrojstvo dlja upravlenija processom holstoobrazovanija i namatyvanija: Patent na poleznuju model' № 110091 / V. A. Dubovickij, A. E. Poljakov ; opubl. 10.11.2011.

6. Lashkina, E. V. Modificirovanie poliefirnyh volokon insekticidnymi i repellentnymi dobavkami / E.V. Lashkina // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo universiteta . – 2019. – № 1(36). – S. 157.

Статья поступила в редакцию 28.11.2019