

1. Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М. Повышение эффективности управления энергосберегающими режимами технологического оборудования: монография. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 233 с.

УДК 621.798.426-52

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Поляков А.Е., д.т.н., проф., Иванов М.С., к.т.н., ст. преп.

*Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),*

г. Москва, Российская Федерация

Реферат. В статье рассматривается применение метода электрического моделирования при расчете систем управления технологическим оборудованием. В настоящее время реализация структурных моделей осуществляется с помощью современных ПЭВМ при соответствующем программном обеспечении. Метод обобщенного электрического моделирования дает более наглядную картину физического процесса, а также определить некоторые закономерности в системе, которые трудно выявить при решении задачи для отдельных частных случаев.

Ключевые слова: электромеханические системы, метод электромеханических аналогий, электрические цепи, моделирование, электрическая модель, динамика волокнистого материала, самовес, чесальный аппарат.

Ставится задача разработки метода электрического моделирования для анализа и расчета электромеханических систем (ЭМС) 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. Язык электрических цепей является наиболее удобным для анализа и расчета технологических и динамических режимов работы сложного текстильного оборудования и для реализации моделей на ПЭВМ.

Математической моделью прямой аналогии для ЭМС является электрическая цепь. В тождественности математических описаний легко убедиться, сравнив уравнения электрической цепи с уравнениями исходной механической системы. Рассматриваемая модель основана на принципе электромеханических аналогий, где представлены и независимо регулируются элементы механической системы. Сравнение модели прямой аналогии ЭМС в виде электрической цепи и структурной модели показывают, что первая отличается значительно большей наглядностью, так как каждый механический элемент имеет свое электрическое изображение.

В настоящее время 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, L ; емкостей, C ; резистивных элементов, R), 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. При косвенном методе модель электрической цепи полностью реализуется программно, непосредственно по схеме этой цепи так, чтобы каждый элемент цепи мог независимо изменить свои параметры. В данном случае использован специальный «метод четырехполюсников». Исходя из вышеизложенного, в данной статье, наряду с оправдавшими себя принципами структурного моделирования ЭМС технологического оборудования, рассматриваются возможности прямого и косвенного использования

электрических аналогий механических систем, а также вопросы обобщения экспериментов и созданий инженерных методов анализа и расчета для решения задач управления процессом формирования, наматывания и транспортирования волокнистого материала.

Необходимо отметить, что метод обобщенного электрического моделирования дает более наглядную картину физического процесса, которая позволяет глубже вникнуть в его сущность, а иногда определить некоторые закономерности в системе, которые трудно выявить при решении задачи для отдельных частных случаев.

Главная особенность правильной постановки задач моделирования состоит в физическом подходе к проводимым на моделях исследованиям [1]. 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.

Для широкого класса нелинейных задач динамики электромеханических систем с транспортирующими и крутильно-матальными механизмами, а именно, для случаев, когда необходимо учитывать электромагнитную инерцию приводов, семейство нелинейных механических характеристик, деформационные свойства продуктов прядения и другие факторы, исследовать динамику систем с учетом гибких и упругих связей в кинематических передачах, применение метода структурного моделирования, а тем более метода прямой аналогии, требует разработки специальной методики, выходящей за рамки обычных методов моделирования дифференциальных уравнений.

Теория электромеханических аналогий рассмотрена в применении к моделированию упругих систем, состоящих из конечного числа сосредоточенных масс, соединенных упругими связями. Упругая система, положение масс которой определяется с помощью n независимых координат, является системой с n степенями свободы.

Различаются механические системы с линейными и угловыми перемещениями, которые описываются подобными уравнениями. Для анализа деформационных свойств волокнистого продукта в процессе его транспортирования определим основные величины продольного перемещения механической системы: линейное перемещение y , м; сила F , Н; масса m , кг; жесткость c_n , Н/мм; податливость $e_n=1/c_n$, мм/Н; сопротивление трения $S_{т.п}$, Н*с/мм.

Электрические модели в виде цепей из пассивных элементов могут быть построены по двум системам электромеханических аналогий.

Реальная механическая конструкция при моделировании, так же как и при аналитическом исследовании, представляется в виде динамической системы, состоящей из идеализированных элементов.

Одномерные линейные механические системы содержат элементы (звенья) трех видов: упругие, инерционные и фрикционные.

Упругие элементы характеризуются тем, что в них относительно перемещению концов (деформации) противодействует восстанавливающая сила, пропорциональная величине деформации элемента. Упругий элемент изображен в виде идеализированной пружины, которая лишена трения и не имеет массы. Инерционные элементы представляются в виде «материальных точек» - абсолютно жестких тел и описываются только с помощью абсолютных перемещений. Элементами линейного (вязкого) трения являются такие, в которых относительно перемещению концов противодействует сила, пропорциональная скорости относительного движения. Подобно тому, как идеализированные упругие элементы лишены трения, фрикционные элементы лишены упругости и массы. Элементы линейного (вязкого) трения принято обозначать S_t , Н*с/мм.

Механические элементы m , e , S_t моделируются соответственно пассивными элементами электрической цепи L , C , R . На упругую систему воздействуют внешние силы, которые в общем случае могут изменяться во времени по любому закону. Внешняя сила моделируется источником напряжения $U(t)$, внутреннее сопротивление которого мало. Значения внешних сил, задаваемых в модели, не будут зависеть от нагрузки, то есть цепи, моделирующей упругую систему. При этом предполагается, что при нагружении исходной системы значения внешних сил также не изменяются.

По системе аналогий схема электрической модели повторяет начертание механической системы.

Для составления электрических моделей сложных динамических систем, состоящих из упругих, инерционных и фрикционных элементов, соединенных в виде цепочек из этих

элементов или содержащих несколько ветвей из таких цепочек, целесообразно применение метода четырехполюсников [2]. Метод четырехполюсников дает возможность единого подхода к решению задач при продольных и крутильных перемещениях. Модель составляется из отдельных элементов четырехполюсников так же, как составляется из элементов-звеньев исходная система. При этом каждый элемент исходной механической системы замещается элементом электрической модели - четырехполюсником, воспроизводящим связи между силами и динамическими перемещениями на концах.

Сосредоточенная масса имеет схему замещения в виде индуктивности. Модели элемента трения - четырехполюсники, содержащие омическое сопротивление. В точках сопряжения пассивных четырехполюсников, замещающих элементы механической системы, включают источники напряжения, соответствующие приложению внешних сил.

Разомкнутые выводы четырехполюсников соответствуют жесткому закреплению конца механического элемента. Замкнутые накоротко выводы четырехполюсника соответствуют свободному концу.

Используемый метод прямой аналогии дает физически более ясное представление о рассматриваемых системах, имеет определенные достоинства в моделировании систем с обратимыми преобразователями энергии. На основе метода прямых аналогий можно создать управляемые четырехполюсники, изображающие элементы ЭМС и зон движения волокнистых продуктов, на которых можно исследовать различные режимы (в том числе и скоростные) эксплуатации.

На основе метода электромеханических аналогий авторами проведено исследование динамики волокнистого материала в управляемой зоне чесального аппарата, а также исследован процесс формирования волокнистого настила на выходе самовеса чесального аппарата. Зоны вытягивания и формирования представлены в качестве системы автоматического регулирования [2].

Наряду с оправдавшими себя принципами структурного моделирования ЭМС технологического оборудования, рассматриваются возможности прямого и косвенного использования электрических аналогий механических систем, а также вопросы обобщения экспериментов и созданий инженерных методов анализа и расчета для решения задач управления процессом формирования, наматывания и транспортирования волокнистого материала.

Список использованных источников

1. Тетельбаум И.М. Электрическое моделирование динамики электропривода механизмов. - М.Машиностроение, 1970. - 197 с.
2. Поляков К.А., Поляков А.Е. Методы и системы энергосберегающего управления текстильным оборудованием (Монография). - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. - 330 с.

УДК 621.3

АППАРАТНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА «ВИП – 2.5»

Сериков А.А., студ., Корнеев А.П., асп., Третьяков А.С., ст. преп.

*Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»,*

г. Могилев, Республика Беларусь

Вентильно – индукторные электроприводы (ВИП) являются относительно молодым направлением развития электромашиностроения за последние двадцать лет.

Одним из вариантов ВИП является семейство вентильно – индукторных электроприводов производства ООО «Сапфир» (Россия, г. Ростов-на-Дону). На рисунке 1 представлен привод ВИП-2.5.