

«УТВЕРЖДАЮ»



ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» на диссертационную работу Нгуен Ван Вьонга «Метод синтеза регуляторов и алгоритмы контроллера двухкапальной системы управления камерой сушки пиломатериала», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

1. Актуальность темы диссертации

Применение современных программируемых логических контроллеров (ПЛК) позволяет разработать принципиально новые и недорогие системы управления для различных технологических процессов. При этом, с развитием инструментальных средств разработки программ для ПЛК стали доступны средства визуального моделирования и формирования скриптов с использованием подходов, принятых в математических пакетах ПО MatLab или SciLab. Таким образом, разработанные элементы и алгоритмы легко переносятся на языки, принятые в стандарте IEC 61131-3 для ПЛК. Однако область применения универсальных ПЛК остаётся ограниченной разработанными и отлаженными проектами в данном стандарте.

Более остро стоит проблема использования ПЛК в узкоспециализированных системах, где количество инсталляций не так велико по сравнению со стандартными задачами. Основной проблемой использования ПЛК является отсутствие элементов, подпрограмм и алгоритмов, используемых для синтеза и построения таких систем управления. И, не смотря на то, что имеется достаточное количество готовых, закрытых и весьма дорогих решений на примере систем управления камерой сушки материалов, возникает проблема доступности документации, математических моделей, встроенных алгоритмов и связей между ними в настраиваемом оборудовании.

В таких случаях использование недорогих ПЛК затруднительно не по причине отсутствия технических возможностей, а по причине отсутствия библиотеки элементов и

функциональных блоков, призванных решить задачи управления. Следовательно, разработка и синтез элементов узкоспециализированной системы управления, в частности, на примере камеры сушки, становится актуальной задачей, решение которой имеет важное научно-практическое значение. Успешная реализация этих решений позволяет значительно уменьшить стоимость системы управления и расширить возможности для интеграции со SCADA системами.

II. Научная новизна и основные результаты исследований

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- разработана математическая модель двухканальной системы, *отличающаяся* применением аппроксимированных поверхностей в качестве статической зависимости выходных переменных состояния от сигналов управления;
- предложен метод аппроксимации поверхности построенный на полиноме Лагранжа, *отличающийся* от алгоритмов поиска минимума среднеквадратичной невязки прямым методом вычисления;
- создана методика синтеза двухканальной нелинейной системы управления осушением, *отличающаяся* от традиционных использованием корректирующих множителей для обеспечения устойчивости и управляемости четырех-контурной системы.

В целом научную новизну рецензируемой диссертации составляют следующие положения.

1. Математическая модель системы управления процесса сушки пиломатериалов, построенная на основе архивных данных установившихся значений, что *позволяет* учесть нелинейные свойства объекта управления при изменении заданных значений потока воздуха и мощности подогрева в камере осушения.
2. Метод аппроксимации статических связей на базе полинома Лагранжа при вычислении параметров объекта управления *позволяет* сократить требования к вычислительным ресурсам программируемых логических контроллеров.
3. Методика синтеза четырех-контурной системы управления, основанная на анализе коэффициентов передачи контуров с использованием корректирующих множителей, что *позволяет* гарантировать устойчивость нелинейной двухканальной системы во всех точках рабочей области изменения сигналов управления.
4. Программно-аппаратные решения, алгоритмы и функциональные блоки системы управления *реализуют* основные режимы работы промышленной камеры осушения пиломатериалов с требуемой точностью.

III. Практическая ценность результатов исследований

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в возможности использовать математическую модель и реализовывать алгоритмы управления на недорогих микропроцессорах в актуальных задачах сушки древесины и хранения материалов в условиях влажной внешней среды. По результатам работы успешно выполнен проект системы управления технологическим процессом сушки пиломатериалов.

IV. Достоверность и обоснованность основных результатов исследований

Основные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертации, обоснованы и аргументированы. Сформулированная в диссертации проблема была исследована и решена на основе корректного использования принципов и подходов, используемых в системном анализе, общей теории линейных систем управления многомерным объектом, методов программирования алгоритмов управления на ПЛК.

Достоверность основных выводов и результатов диссертации подтверждается:

- математическим обоснованием разработанных моделей и методов исследования их адекватности математической модели; корректной постановкой экспериментов и обработкой экспериментальных данных; соответствием теоретических положений и результатов экспериментов, апробацией основных результатов диссертации в печатных трудах, докладах на конференциях и научно-технических семинарах;
- моделированием на математических пакетах MATLAB, Scilab, а также в среде программирования ПЛК – CoDeSys;
- согласованностью результатов, полученных с использованием положений, изложенных в диссертации, с данными, полученными как самим автором, так и другими исследователями в результате имитационного моделирования и реальных экспериментов;
- результатами успешного внедрения полученных в диссертации методов, элементов, алгоритмов в системе управления камерой сушки пиломатериалов.

V. Апробация и публикации

Результаты исследований автора прошли апробацию на международных, всероссийских, региональных научно-практических конференциях и технических семинарах.

По тематике диссертации автором опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 публикация проиндексирована в базе Scopus и WoS; 6 – в тезисах докладов, 1 патент на изобретение, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертационная работа в целом имеет законченный характер, достаточно подробно проиллюстрирована. Автореферат диссертации в целом отражает ее содержание.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»:

Пункт 1 (Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления) – В работе предложены новые функциональные блоки, элементы библиотеки для микроконтроллера.

Пункт 2. (Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик) – Выполнен анализ поверхности коэффициентов передачи по четырем контурам на основании экспериментальных исследований двухканальной системы управления камерой сушки.

Пункт 3. (Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов и устройств вычислительной техники и систем управления с целью улучшения их технических характеристик) – Разработан новый метод построения двухканальной системы управления с использованием полинома Лагранжа в качестве аппроксимации статических связей.

Пункт 4. (Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления) – Использование предложенного метода построения двухканальной системы управления обеспечивает робастность системы по отношению к изменениям коэффициента передачи в контурах управления.

VI. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Основные результаты диссертационной работы внедрены в виде новых функциональных элементов библиотеки ПЛК, который серийно выпускается на базе производства ООО «НПО ВЭСТ», что подтверждается соответствующим актом. Рассмотренное решение задачи управления двух-канальным нелинейным объектом, библиотека элементов и функциональных блоков, метод синтеза и алгоритмы контроллера могут найти применение в подобных системах на базе других ПЛК. Полученные результаты работы могут быть полезны для синтеза двухконтурных нелинейных систем управления, где объект управления нелинейный и представлен результатами экспериментов или статическими данными, полученными в процессе эксплуатации для определения связи входов и выходов.

VII. Замечания по диссертации

1. В работе не учитываются перекрёстные связи для контуров системы управления, к которым можно было применить известные методы компенсации связей.

2. На рис. 3.6 диссертации или на рис. 5 автореферата для 4-контурной системы используется два ПИ регулятора. Из структурной схемы можно предположить, что если соблюдается условие $(E_{ib} K_{hh}) = (E_{iv} K_{rh})$, при ненулевых значениях E_{ib} , E_{iv} , то существует

равновесное состояние с установившимися рассогласованиями, где цель регулирования не достигнута.

3. На стр. 68 диссертации при выборе параметра $K_0 = 22$ не очевидно обоснование выбора значения параметра.

4. В главе 4 не представлено сравнение результатов, полученных при использовании корректирующего множителя и без корректирующего множителя для подтверждения заявленного преимущества в реализации на объекте.

5. Не ясна аргументация выбора передаточных функций объекта (стр.50) в виде апериодического звена второго порядка, каким образом учитываются свойства древесины, подлежащей сушению?

6. Материал диссертации не лишен оформительских неточностей (на рис.1.3 не обозначены кривые помеченные цветом; в выражениях на стр.31 переменная t – температура, а в выражении 2.2 эта же переменная обозначена через t^0 ; не все параметры в формулах расшифрованы, например, $\Phi_{\text{вэл}}$ в выражении 2.2; напряжения смещения на рис. 2.17 обозначены как U_{h0} и U_{l0} , а в тексте через U_{h0} и U_{l0}). В приведенных в работе формулах большинство коэффициентов имеет размерность, а их расшифровка и указание размерности вынесено в глоссарий, помещенный в конце диссертации, что создает определенные неудобства восприятия излагаемого материала.

Перечисленные замечания и недостатки не влияют на общую положительную оценку работы и могут рассматриваться в качестве конструктивных предложений по направлениям дальнейших исследований по проблематике диссертационной работы.

VIII. Выводы

В целом диссертационная работа Нгуен Ван Вьонга представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов.

Автором диссертации сформулирована и решена *научно-техническая задача синтеза двухканальной нелинейной системы управления и реализации разработанных методов, алгоритмов и функциональных блоков.*

Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Нгуен Ван Вьонг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Отзыв заслушан, обсуждён и одобрен на заседании научно-технического совета факультета энергетики и управления ФГБОУ ВО «Камсомольский-на-Амуре государственный университет» (протокол № 2 от 12 мая 2021 г.)

д. т. н., по специальности 05.13.06 – автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, профессор

д. т. н., по специальности 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы, доцент



Соловьев Вячеслав Алексеевич



Сериков Александр Владимирович