

ОТЗЫВ

официального оппонента Галунина Сергея Александровича на диссертационную работу Артур Марии Хамильевны на тему:

«Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов температурных режимов индукционного нагрева»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)

Актуальность темы диссертации

В настоящее время области использования индукционного нагрева в различных отраслях промышленности чрезвычайно широки, в частности, весьма эффективно применяются индукционные нагревательные установки для сквозного нагрева цилиндрических заготовок перед последующей обработкой давлением в машиностроении, металлургии и авиационно-космической отрасли.

Широкое распространение в промышленности различных электротехнологий, базирующихся на процессах индукционного нагрева проводящих тел вихревыми токами, обуславливает большую значимость проблемы организации режимов функционирования и выбора конструктивных характеристик технологического оборудования, обеспечивающих применительно к этим процессам достижение предельно возможных значений основных технико-экономических показателей, таких как точность достижения требуемого температурного распределения и расход энергии на процесс нагрева.

В реальных производственных условиях работы индукционных нагревательных установок всегда существуют различные возмущающие воздействия, негативно влияющие на результирующее температурное распределение заготовки, что впоследствии может привести к ухудшению качества готовой продукции. Использование замкнутых систем оптимального управления температурными режимами индукционного нагрева на основе полученного в диссертации алгоритма позволит обеспечить достижение и стабилизацию заданного температурного режима в течение необходимого по технологии времени в условиях действующих возмущений при минимальных энергозатратах.

В связи со сказанным, актуальность темы диссертационной работы Артур М.Х., посвященной решению указанных задач, не вызывает сомнений.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Вынесенные на защиту основные положения диссертационной работы являются новыми и вносят вклад в развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами. Основные научные результаты работы заключаются в следующем:

- разработана основанная на методе динамического программирования методика решения задачи аналитического конструирования регулятора температурным режимом индукционного нагрева, оптимального по критерию, представляющему собой взвешенную сумму отклонения температурного распределения заготовки от заданного и энергетических затрат на процесс нагрева;

- получен алгоритм оптимального управления температурным режимом индукционного нагрева в системе с обратной связью по температуре, измеряемой в одной из точек заготовки, обеспечивающий минимум среднеквадратичной интегральной ошибки отклонения радиального распределения температурного поля от заданного при минимальном расходе энергии на процесс периодического индукционного нагрева;

- разработаны проблемно-ориентированные численные нелинейные модели взаимосвязанных электромагнитных, тепловых явлений в процессах периодического индукционного нагрева цилиндрических заготовок, которые позволяют получить количественные оценки поведения электромагнитных и тепловых полей в процессе оптимального индукционного нагрева в замкнутых системах автоматического управления.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов численного моделирования, теории индукционного нагрева, теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, теории электромагнетизма, теории теплопереноса.

Для разработки нелинейных двумерных моделей электромагнитных и тепловых полей в процессе индукционного нагрева применялся имеющий глубокие теоретические обоснования метод конечных элементов. Верификация

численных моделей проводилась сравнением полученных результатов с экспериментальными данными.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Разработанная в диссертации методика решения задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов и полученный на ее основе алгоритм оптимального управления численными нелинейными многомерными моделями процессов индукционного нагрева могут быть использованы для синтеза замкнутых систем оптимального управления температурными режимами периодического индукционного нагрева в условиях неполного измерения состояния управляемого объекта.

Разработанные в диссертации модели обладают необходимой для решения оптимизационных задач точностью моделирования и позволяют получать результирующие температурные поля в форме, пригодной для использования в вычислительных процедурах при расчете оптимальных алгоритмов управления.

Практическая ценность диссертации определяется тем, что применение в промышленности замкнутых систем управления процессом индукционного нагрева, работающих по предлагаемому алгоритму, позволит получить выигрыш по экономии энергоресурсов и точности достижения заданных температурных кондиций перед типовыми технологиями.

Научная и практическая значимость результатов работы подтверждается тем, что полученные в диссертации положения, выводы и рекомендации использованы

- при разработке и проектировании замкнутых систем управления нагревательными индукционными установками в ПАО «Салют» (г. Самара) и расчетно-проектной практике ООО «Камет» (г. Самара);

- в учебном процессе в Самарском государственном техническом университете;

- при выполнении научно-исследовательских работ, выполненных по программе «Леонард Эйлер» при поддержке фонда DAAD;

- при выполнении ряда научно-исследовательских работ в СамГТУ, поддержанных РФФИ и Минобрнауки РФ.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В диссертации было бы желательно рассмотреть применение предлагаемого алгоритма управления для случая, когда индукционный нагрев заготовок до температуры прокатки используется после предварительного нагрева заготовок в газовой печи, который является наиболее экономически выгодным и хорошо согласуется с принятыми в диссертации допущениями.

2. Не достаточно подробно описана техническая реализация программного управления двумерной численной моделью процесса индукционного нагрева в системе с обратной связью, в том числе процедура определения погрешности измерения.

3. При описании технической реализации системы управления технологическим процессом в тексте диссертации не содержится никакой информации об используемом управляемом источнике питания.

4. Остается открытым вопрос о границах применимости предлагаемого алгоритма оптимального управления температурным режимом индукционного нагрева в системе с обратной связью по температуре, измеряемой в одной из точек заготовки.

5. Помимо этого в работе допущен ряд неточностей, в том числе:

- в подрисуночной подписи к рисунку 3.17 ошибка в указании удельной теплоемкости и теплопроводности;

- график на рисунке 3.20 заканчивается на 500 с хотя длительность процесса составляет более 800 с;

- схема алгоритма, представленная на рисунке 3.7, выполнена с нарушением ГОСТ.

Публикации

Основные результаты диссертационной работы Артур М.Х. достаточно полно отражены в 11 публикациях, в том числе в 4 научных статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, а также в 1 научной статье, индексируемой базой SCOPUS. Апробация результатов подтверждается выступлениями на всероссийских и международных научно-технических конференциях.

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, диссертация написана на высоком научно-теоретическом уровне, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей решение задачи синтеза замкнутых систем оптимального управления температурным режимом индукционного нагрева, а также разработки проблемно-ориентированных численных моделей процесса периодического индукционного нагрева в замкнутых системах.

Материалы диссертации и автореферата изложены в соответствии с принятой терминологией грамотно и аргументировано, иллюстрации в полной мере поясняют основные результаты работы. Полученные результаты и сделанные выводы соответствуют поставленным в диссертации целям и задачам. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

Диссертация Артур М.Х. полностью соответствует специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы) и отрасли «Технические науки».

Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Артур Мария Хамильевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы).

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой электротехнологической
и преобразовательной техники ФГАОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)», к.т.н., доцент

Сергей
Александрович
Галунин

Адрес: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, д. 5.

Тел.: (812) 234-91-30

e-mail: sagalunin@etu.ru

Подпись официального оппонента заверяю:
Начальник отдела диссертационных советов
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», к.э.н.

