

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е.Алексеева»
(НГТУ)

ПРОРЕКТОР ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ

Минина ул., 24, г. Нижний Новгород, 603951.

Тел. (831) 436-63-12, факс (831) 436-23-11.

E-mail: babanov@nntu.nnov.ru

www.nntu.ru

ОКПО 02068137 ОГРН 1025203034537

ИНН / КПП 5260001439 / 526001001

28.09.2016 № 03-04/270

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

ФГБОУ ВО НГТУ

Прс

« ___ »

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Долгих Ивана Юрьевича на тему «Разработка и исследование электротехнического комплекса для индукционно-стыковой сварки», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы

Электросварка, как одна из наиболее распространённых технологий, используется при создании неразъёмных соединений различного назначения. Её технико-экономические показатели во многих отраслях промышленности определяют эффективность производства в целом. При этом для каждого производственного процесса рационально иметь наиболее подходящий способ, обеспечивающий качественное выполнение требований к готовой продукции при одновременном снижении затрат на производство.

Сварка встык при большой длине сварного шва осуществляется электродуговым способом, при сравнительно невысокой производительности и значительных затратах энергии и с неизбежно широкой зоной неблагоприятного температурного воздействия. Для длинномерных изделий

с небольшой площадью поперечного сечения свариваемых поверхностей (например, трубопроводы) успешно используется контактная сварка, характеризующаяся, однако, значительными потерями энергии от шунтирующих токов и на нагрев непосредственно не участвующей в сварном соединении околошовной зоны. Кроме того, контактная сварка имеет ограничение по величине площади свариваемых поверхностей из-за их неравномерного нагрева. Это делает необходимым разработку способов и электротехнических комплексов для стыковой сварки, позволяющей повысить её качественные и энергетические характеристики. Поэтому решаемые в диссертации задачи повышения технико-экономических показателей стыковой сварки посредством использования индукционного нагрева и применения для этого плоского индуктора, разработки совмещённых математических моделей и структурных схем источника электромагнитного поля и нагреваемого изделия для анализа динамики электромагнитных и температурных процессов, энергетическое обоснование режимов индукционно-стыковой сварки и реализация наиболее рационального в виде структурной схемы системы управления, а также экспериментальное подтверждение полученных при этом преимуществ имеют научную и практическую ценность и определяют актуальность темы диссертации.

Цель работы

Целью представленной соискателем диссертации является разработка электротехнического комплекса для индукционно-стыковой сварки на основе использования плоского индуктора, анализ характеристик комплекса посредством метода математического моделирования, способного произвести адекватный учёт взаимного влияния источника питания и объекта нагрева с его нелинейно изменяющимися параметрами в динамике электромагнитных и температурных процессов, и реализация системы управления индукционным нагревом с позиции энергетической эффективности процесса в целом.

Основные результаты и их научная и практическая значимость

Автором обоснован выбор объекта исследования, сформулированы решаемые при этом задачи, проведена разработка способа индукционно-стыковой сварки, моделированием и экспериментами показаны его преимущества и синтезирована система управления. Структура диссертации построена логично и полностью раскрывает её содержание. Диссертационная работа отличается использованием и обоснованием новых подходов при решении поставленных задач, разработкой математических моделей и структурных схем их реализации, а также обоснованием энергетически эффективных режимов индукционно-стыковой сварки, что представляет научный интерес и практическую значимость. Заслуживают наибольшего внимания следующие положения диссертационной работы.

1. Предложен и обоснован способ индукционно-стыковой сварки с помощью плоского индуктора, позволяющий сократить затраты энергии на нагрев свариваемых поверхностей, снизить отрицательно влияющую на качество сварного соединения неравномерность нагрева по площади и уменьшить величину зоны изделия с неблагоприятным температурным воздействием.

2. Предложен метод условной декомпозиции, позволяющий в сочетании с теорией многообмоточного трансформатора получить совмещённую математическую модель электротехнического комплекса, состоящего из источника электромагнитного поля и нагреваемого изделия, и исследовать на её основе динамику электромагнитных и температурных процессов при индукционно-стыковой сварке.

3. Разработаны структурные схема реализации различных режимов управления нагревом при индукционно-стыковой сварке, проведён анализ динамики их энергетических параметров и определены способы нагрева с минимальным потреблением электрической энергии и рациональным

диапазоном регулирования требуемого напряжения, тока и мощности индуктора.

4. Выполнена разработка структурной схемы системы стабилизации тока индуктора, обеспечивающей пониженный уровень расхода электрической энергии на нагрев при индукционно-стыковой сварке, и проведён её параметрический синтез.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке способа индукционно-стыковой сварки с помощью плоского индуктора, обеспечивающего повышение качества сварного соединения и снижение уровня затрат электрической энергии на нагрев за счёт исключения объёма нагреваемого изделия, не участвующего непосредственно в сварном соединении, повышения равномерности нагрева свариваемых поверхностей по их площади и уменьшения околошовной зоны неблагоприятного температурного воздействия. Достоинством диссертации является также то, что предложенный соискателем метод условной декомпозиции внедрён в качестве раздела лекционного курса и в виде комплекта лабораторных работ по моделированию и исследованию динамики индукционного нагрева учащимися Ивановского государственного энергетического университета имени В.И.Ленина в учебном курсе «Электротехнологические установки и системы».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации целесообразно использовать при разработке технологии и проектировании электротехнических комплексов для сварочных работ при сварке встык изделий с повышенными требованиями к качеству сварного соединения и к количеству потребляемой при этом электрической энергии, что достигается равномерным по площади нагревом свариваемых поверхностей, исключением энергии на нагрев непосредственно не участвующей в создании сварного соединения околошовной зоны и, тем самым, неблагоприятных структурных изменений в ней. Целесообразно на базе разработанной в диссертации совмещённой

модели расширить комплект лабораторных работ в курсе «Электротехнологические установки и системы» в направлении моделирования и исследования динамики электромагнитных параметров при индукционном нагреве.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем.

1. Проведено обоснование технологических и энергетических преимуществ применения плоского индуктора для индукционно-стыковой сварки, заключающихся в нагреве только свариваемых поверхностей изделия до требуемой температуры и на соответствующую технологии глубину с последующим их сжатием с необходимым усилием.

2. Разработан метод описания динамики электромагнитных и температурных процессов индукционного нагрева и последующего охлаждения, основанный на условной декомпозиции нагреваемого изделия и применении теории многообмоточного трансформатора с разомкнутым магнитопроводом, позволяющий рассматривать в динамике взаимное влияние источника и нагреваемого объекта с учётом нелинейных температурных зависимостей его физических свойств.

3. Разработаны структурные схемы для анализа различных режимов управления индукционным нагревом при сварке и на основе полученных энергетических характеристик в динамике нагрева рекомендованы наиболее перспективные с позиции энергетической эффективности и реализуемости.

4. Выполнена разработка структурной схемы системы автоматического управления, реализующая энергетически эффективный режим индукционно-стыковой сварки и проведён её синтез.

Обоснованность и достоверность результатов работы

Проведённые в диссертационной работе исследования характеризуются научной обоснованностью и завершённостью, создавшими научную базу для дальнейшего развития применительно к конкретным сварочным процессам с целью повышения качества сварных соединений и снижения затрат энергии

на их создание. Обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечивается:

1. Корректным использованием методов исследования, базирующихся на теории электрических цепей, электромагнитного поля, теплопроводности, автоматического управления, электрических машин и аппаратов, метрологии и электрических измерений.

2. Адекватным применением технологии программирования с помощью существующих программных продуктов, а также методов разработки математических моделей на основе систем дифференциальных уравнений и структурного моделирования.

3. Использованием современных измерительных и электротехнических средств при экспериментальных исследованиях.

4. Достоверность и обоснованность изложенных в диссертации выводов и результатов подтверждена сопоставлением расчёта по разработанным моделям с существующими методиками при одинаковых с ними условиях проведения модельного эксперимента.

Практическая ценность

Существенную практическую ценность имеет предложенный и обоснованный моделированием и экспериментами способ индукционно-стыковой сварки на основе применения плоского индуктора, позволяющий повысить качество сварного соединения за счёт уменьшения участка поверхности изделия, подвергающегося нагреву, и связанное с этим снижение затрат электрической энергии на процесс сварки. Практическую ценность имеют также разработанные математические модели и структурные схемы, дающие возможность анализировать динамику температурных и электромагнитных параметров при индукционном нагреве, и полученный с их помощью сопоставительный анализ режимов индукционно-стыковой сварки, что будет способствовать использованию их при разработке конкретных технологий и состава электротехнических комплексов в случаях необходимости реализации высоких требований к качеству сварных

соединений и минимизации при этом энергопотребления. Указанные модели и структурные схемы позволяют углубить понимание динамики процесса индукционного нагрева и качественных показателей индукционно-стыковой сварки при внедрении их в учебный процесс в высших учебных заведениях для подготовки выпускников по соответствующим специальностям.

Замечания по диссертации

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. На страницах 18 – 19 диссертации рассматривается технология индукционно-стыковой сварки, на завершающем этапе которой после нагрева плоский «индуктор удаляется из зоны сварки и части свариваемого изделия сдавливаются внешним устройством с заданным усилием P ». Однако ни тип этого «внешнего устройства», ни его характеристики в последующем не приводятся.

2. В разделе 2.5 проводится исследование характера влияния нелинейно зависимых параметров материала изделия на динамику нагрева. При этом сопоставление характера изменения температуры при учёте нелинейных зависимостей проводимости металла, его теплопроводности и теплоёмкости проводится со случаями постоянства этих параметров и равных их среднему за период нагрева значению. Однако в тексте диссертации недостаточно конкретизированы случаи применения такого подхода к определению постоянного значения этих параметров.

3. При разработке общего вида многослойной модели для исследования температурных процессов (раздел 2.4) и при создании модели источника электромагнитного поля (раздел 3.2) используется один и тот же принцип условной декомпозиции нагреваемого изделия на слои. В то же время в диссертации не раскрыта методика определения толщины и количества слоёв в указанных моделях.

4. В разработанной системе автоматического управления со стабилизацией тока индуктора (раздел 5.3) показаны контуры с обратной связью по напряжению и току. Однако оба эти параметра изменяются с

высокой частотой и требуют использования специальных высокочастотных датчиков. Но в диссертации не определены типы аппаратов получения информации в системе автоматического управления о высокочастотном напряжении и токе.

5. Поскольку конечным параметром индукционно-стыковой сварки является температура нагреваемых поверхностей, то система управления должна была строиться на основе контроля этого параметра и обеспечения его требуемой динамики. В работе же проведён только синтез системы автоматического управления электротехническими параметрами.

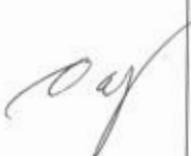
Заключение по работе

Представленная соискателем диссертационная работа является законченным научным трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне. Работа написана грамотно, литературным языком, стиль изложения доказательный. Диссертация содержит обоснование темы на основании обширного аналитического обзора, имеет необходимые пояснения, обоснования, расчёты, графики, рисунки и приложения с конкретными примерами. По каждой главе имеются выводы, по всей диссертации в целом приведено заключение. Основные этапы работы, результаты и заключение изложены в автореферате, который соответствует содержанию диссертации.

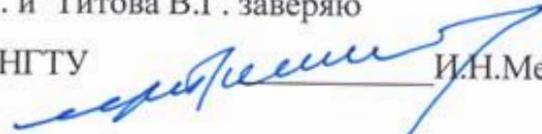
Рецензируемая диссертация является завершённой научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему и соответствует основным положениям о порядке присуждения учёных степеней. Задачи, решённые соискателем в диссертации, имеют существенное значение для разработки технологий сварки и состава соответствующих им электротехнических комплексов с повышенными требованиями к качественным показателям сварных соединений, а также к снижению энергозатрат на сварку в условиях всё возрастающего её применения в различных отраслях промышленности. Работа отвечает

требованиям к кандидатским диссертациям, а её автор, Долгих Иван Юрьевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на заседании кафедры «Электрооборудование, электропривод и автоматика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» от 01 сентября 2016 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой «Электрооборудование, электропривод и автоматика»		Дарьенков Андрей Борисович
Профессор кафедры «Электрооборудование, электропривод и автоматика», д.т.н., профессор		Титов Владимир Георгиевич

603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», тел.: 436-17-68 e-mail: eos@nntu.nnov.ru

Подпись Дарьенкова А.Б. и Титова В.Г. заверяю
Ученый секретарь ученого совета НГТУ  И.Н. Мерзляков