

ОТЗЫВ

официального оппонента Галунина Сергея Александровича
на диссертационную работу Долгих Ивана Юрьевича на тему:

«Разработка и исследование электротехнического
комплекса для индукционно-стыковой сварки»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертации

В настоящее время в различных отраслях промышленности очень широко используются технологии индукционного нагрева, в частности, весьма эффективно применяются индукционные установки для сварки различных металлических изделий давлением в машиностроении, авиационно-космической отрасли и др.

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, к которым, прежде всего, относятся производительность установки и качество выпускаемой продукции.

Повышение производительности индукционных нагревательных установок и точности нагрева может быть достигнуто путем организации оптимальных температурных режимов нагрева в условиях гарантированного достижения заданного конечного температурного состояния с требуемой абсолютной точностью. Качество получаемых изделий обеспечивается за счет заранее фиксируемых ограничений на максимальные величины температуры, термонапряжений и температурного перепада в зоне сварки в течение процесса нагрева.

При этом процесс индукционной сварки следует рассматривать в качестве объекта оптимизации с распределенными параметрами, что приводит к необходимости построения нелинейных численных моделей, которые с удовлетворительной точностью описывают взаимосвязанные электромагнитные, тепловые поля и поля термических напряжений, и являются ориентированными на использование в оптимизационных процедурах.

В связи со сказанным, актуальность темы представленной диссертационной работы И.Ю. Долгих, посвященной решению указанных задач, не вызывает сомнений.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

В работе получены следующие основные научные результаты:

1. Обоснована возможность применения плоского индуктора для индукционной стыковой сварки, заключающейся в нагреве поверхностей свариваемого изделия до требуемой температуры и на требуемую глубину с последующим их сжатием с необходимым усилием.

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

3. Выполнен сравнительный анализ различных режимов управления индукционным нагревом при сварке и рекомендованы наиболее перспективные режимы с позиции энергетической эффективности и реализуемости.

4. Разработана структурная схема системы автоматического управления, реализующая энергетически эффективный режим индукционной стыковой сварки и выполнен её синтез.

Новизна разработанной комплексной математической модели источника питания и нагреваемого объекта при их взаимном влиянии заключается в том, что она позволяет получить количественные оценки поведения электромагнитных и тепловых полей в процессе индукционного нагрева в зависимости от базовых характеристик исследуемой системы с учетом нелинейных свойств рассматриваемых процессов.

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 коммерческих пакетов и методов численного моделирования, теории индукционного нагрева, теории электромагнетизма, теории теп-

лопереноса. Достоверность предложенного способа осуществления индукционной стыковой сварки подтверждается данными эксперимента, сравнительным анализом с существующими результатами, апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, в опубликованных автором работах.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Практическая ценность диссертации определяется тем, что разработанные численные модели, подкрепленные вычислительными алгоритмами, специальным математическим и программным обеспечением, могут быть непосредственно использованы для решения широкого круга задач проектирования, исследования и оптимизации режимов работы индукционных установок при реализации типовых и инновационных электротехнологий.

В работе получены следующие значимые практические результаты:

1. Предложен новый способ индукционной стыковой сварки на основе применения плоского индуктора, позволяющий повысить качество готовых изделий и энергетическую эффективность процесса сварки за счёт уменьшения участка поверхности изделия, подвергающегося нагреву.

2. Разработана комплексная математическая модель, дающая возможность проводить расчёт основных показателей динамики электромагнитных и температурных процессов, а также энергетические параметры процесса, необходимые при создании установок индукционной стыковой сварки.

3. Проанализированы различные варианты управления индукционным нагревом и рекомендованы к использованию те из них, которые позволяют обеспечить наилучшие показатели исследуемого технологического процесса с позиции его энергетической эффективности и реализуемости.

4. Разработана структура системы автоматического управления для реализации режима индукционной стыковой сварки с минимизацией энергопотребления и выполнен её синтез.

Полученные в диссертации научные и практические положения обсуждались на семинарах, конференциях, симпозиумах и форумах различного уровня, в том числе международных.

Полученные результаты внедрены в учебный процесс в Ивановском государственном энергетическом университете при подготовке бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электротехнологические установки и системы».

Замечания по диссертационной работе

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В работе не уделено внимание расчету и исследованию термических напряжений возникающих при индукционной сварке.

2. Остается открытым вопрос о границах применимости предлагаемой модели электромагнитных и тепловых процессов, т.к. в конце нагрева расхождение результатов с данными полученными в коммерческом пакете Comsol составляют 100 – 150 °С (рис. 2.10).

3. Автором, при описании принятых допущений в модели тепловых процессов не уделено должного внимания магнитной проницаемости свариваемого материала, в частности, зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля.

4. Некорректно сформулированы оптимизируемые показатели в п. 4.2.

5. Из текста диссертации не ясно, почему при исследовании различных режимов управления процессом (раздел 4.2) задано время 3,5 с, хотя ранее использовалось время на порядок больше.

6. Неясно, почему в математических моделях исследуется система с одними геометрическими размерами, а в экспериментах с другими.

7. В работе не приведен источник результатов экспериментов, указанных в разделе 5.4. Помимо этого, эксперимент описан очень скудно.

8. Помимо этого, имеются мелкие недочеты:

- встречаются неточности в указании единиц измерения физических величин;
- некоторые выражения являются банальными, т.к. это основополагающие положения теории индукционного нагрева;
- плохое качество некоторых иллюстраций.

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, диссертация написана на высоком научно-теоретическом и техническом уровне, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей решение важной научной задачи разработки электротехнического комплекса для индукционной стыковой сварки на базе анализа его характеристик посредством метода математического моделирования, способного произвести адекватный учет взаимного влияния источника питания и объекта нагрева с его

нелинейно изменяющимися параметрами, и реализация системы управления индукционным нагревом с позиции энергетической эффективности процесса в целом.

Полученные результаты и сделанные выводы соответствуют поставленным в диссертации целям и задачам. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертации.

Основные результаты работы и выводы отражены в 29 публикациях, в том числе в двух статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования результатов кандидатских диссертаций.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 «О присуждении ученых степеней», соответствует специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, а ее автор, Иван Юрьевич Долгих, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,
доцент кафедры электротехнологической
и преобразовательной техники
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»,
кандидат технических наук, доцент



Галунин Сергей Александрович

09.09.2016 года

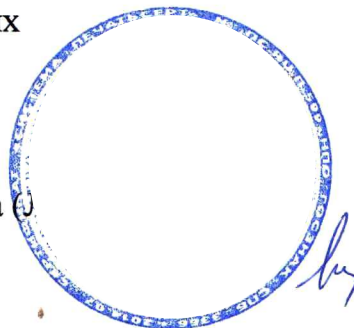
Адрес: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 5

Тел.: (812) 234-91-30

e-mail: galunin@mail.ru

Подпись официального оппонента заверяю:

Секретарь Советов по защите докторских
и кандидатских диссертаций
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова



к.э.н.

Русяева Т.Л.