

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01

Повестка дня:

Защита диссертации **Мишиным Алексеем Владимировичем**
на соискание ученой степени *кандидата технических наук*:

"Разработка и исследование элементов системы управления сварочным инвертором с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям"

Специальности:

05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" и 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы".

Официальные оппоненты:

Туищев Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Прикладная математика и информатика»
ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»

Стариков Александр Владимирович, доктор технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
«Электропривод и промышленная автоматика» ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

Ведущая организация - **ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса»**, г. Тольятти

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.01

от 16 марта 2016 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г., председатель Совета	Д.Т.Н., профессор	05.13.12	- технические науки
2.	Киселев С.К. зам. председателя Совета	Д.Т.Н., доцент	05.11.01	- технические науки
3.	Смирнов В.И., уче- ный секретарь Со- вета	Д.Т.Н., профессор	05.11.01	- технические науки
4.	Абрамов Г.Н.	Д.Т.Н., профессор	05.13.05	- технические науки
5.	Афанасьева Т.В.	Д.Т.Н., доцент	05.13.12	- технические науки
6.	Васильев К.К.	Д.Т.Н., профессор	05.13.05	- технические науки
7.	Дмитриев В.Н.	Д.Т.Н., профессор	05.13.05	- технические науки
8.	Дьяков И.Ф.	Д.Т.Н., профессор	05.13.12	- технические науки
9.	Епифанов В.В.	Д.Т.Н., доцент	05.13.12	- технические науки
10.	Крашенинников В.Р.	Д.Т.Н., профессор	05.13.05	- технические науки
11.	Негода В.Н.	Д.Т.Н., доцент	05.13.05	- технические науки
12.	Самохвалов М.К.	Д.Ф-М.Н., профессор	05.11.01	- технические науки
13.	Сергеев В.А.	Д.Т.Н., доцент	05.11.01	- технические науки
14.	Соснин П.И.	Д.Т.Н., профессор	05.13.12	- технические науки
15.	Стучебников В.М.	Д.Т.Н., профессор	05.13.05	- технические науки
16.	Гольдштейн В.Г.	Д.Т.Н., профессор	05.09.03	- технические науки
17.	Лысов В.Е.	Д.Т.Н., профессор	05.09.03	- технические науки
18.	Козловский В.Н.	Д.Т.Н., профессор	05.09.03	- технические науки

Председатель Совета,
д.т.н., профессор

Н.Г.Ярушкина

Ученый секретарь Совета,
д.т.н., профессор

В.И.Смирнов



Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.01 из **21** члена Совета присутствуют 15 человек. В заседании Совета дополнительно участвуют 3 доктора наук по специальности 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы".

По специальности защищаемой диссертации **05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления"** на заседании присутствуют 6 докторов наук.

По второй специальности **05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы"** (технические науки) на заседании присутствуют 3 приглашенных доктора наук:

- **Гольдштейн Валерий Геннадьевич**, д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы и сети» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»;

- **Лысов Владимир Ефимович**, д.т.н., профессор кафедры «Электропривод и промышленная автоматика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»;

- **Козловский Владимир Николаевич**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Теоретическая и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»;

которые являются членами диссертационного совета **Д212.217.04** при ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» по указанной специальности. Согласие об участии в заседании по защите имеется.

Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут обсуждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Мишиным Алексеем Владимировичем** по теме: "Разработка и исследование элементов системы управления сварочным инвертором с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям".

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

Научный руководитель – **к.т.н., доцент Доманов В.И.**

Официальные оппоненты:

Туищев Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет»

**Стариков Александр Владимирович, доктор технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Электропривод
и промышленная автоматика» ФГБОУ ВО
«Самарский государственный технический
университет»**

Присутствуют оба оппонента.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация - **ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти.**

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета д.т.н. **В.И.Смирнову** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Мишиным Алексеем Владимировичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Мишиным А. В.** в **18** научных работах, в т.ч. в **пяти статьях в изданиях из перечня ВАК, 3 пат., 2 а.с.** Соискатель представлен к защите **28.12.2015г.** (протокол №14). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **30.12.2015г.**

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Мишину А. В.** по личному делу? (Нет).

Алексей Владимирович, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Соискатель

Уважаемые председатель и члены диссертационного совета, Вашему вниманию представляется диссертация на тему «Разработка и исследование элементов системы управления сварочным инвертором с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям».

Сварочные инверторы положительно зарекомендовали себя среди потребителей. Хорошая управляемость, возможность работы в различных режимах, компактность, экономичность выгодно отличают их от классических сварочных устройств. Однако в работе с такого рода аппаратами требуются определенные навыки, отсутствие которых не исправляется качеством используемого оборудования.

Это связано с тем, что в процессе ручной электродуговой сварки человек является звеном технологического процесса – обеспечивает стабильность горения дуги (поддерживает длину дугового промежутка в допустимых пределах). Таким образом, человек оказывается включенным в контур управления, и его параметры влияют на показатели сварки: производительность, качество шва и т.д.

Длина сварочной дуги, определяющая ток, мощность, качество шва и ряд других показателей технологического процесса, содержит случайную составляющую, которая зависит от оператора и состояния кромок свариваемых деталей. Кроме этого в процессе сварки могут изменяться параметры системы.

В связи с этим целью диссертационной работы является исследование и разработка элементов системы управления сварочными инверторами для снижения дисперсии сварочного тока и синтеза системы управления с учетом человека-оператора как звена системы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих систем управления и методов построения инверторных систем, в том числе и систем с низкой чувствительностью.
2. Определить пути снижения чувствительности к параметрическим изменениям с сохранением основных качественных характеристик за счет более полного использования информации о процессе и звеньях системы.
3. Разработать элементы системы управления, а именно: вычислитель параметров случайного сигнала и адаптивный регулятор.
4. Провести синтез системы управления процессом сварки с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Предложено использовать упреждающую коррекцию в системе управления сварочным инвертором для снижения чувствительности к вариациям параметров объекта;
2. Предложено использовать адаптивный регулятор в системе с целью снижения дисперсии сварочного тока;
3. Разработана модель системы управления процессом сварки, учитывающая влияние человека-оператора как звена системы автоматического регулирования.

Основные положения, выносимые на защиту следующие:

1. Модель системы управления сварочным инвертором, включающая новые элементы – упреждающую коррекцию и адаптивный регулятор в контуре регулирования, позволяющие снизить чувствительность системы к параметрическим изменениям и влияние человека-оператора на ее динамику.
2. Результаты синтеза новых элементов системы управления сварочным инвертором (вычислителя параметров случайного сигнала, адаптивного регулятора тока), обеспечивающих его более высокие технические показатели.
3. Результаты теоретических исследований и моделирования системы управления сварочным инвертором, включающей новые элементы, показы-

вающие ее низкую чувствительность к параметрическим изменениям при влиянии случайных сигналов.

4. Сравнительный анализ результатов моделирования процесса сварки с результатами экспериментальных исследований на макете, подтверждающий их согласованность и достижение более высоких технических показателей – снижение дисперсии сварочного тока в пределах 30÷35 %.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Разработана новая структурная схема системы управления сварочным инвертором.

2. Разработаны элементы системы управления, а именно вычислитель параметров случайного сигнала и адаптивный регулятор тока.

3. Снижена дисперсия сварочного тока, что обеспечивает более высокое качество технологического процесса, снижение энергопотребления, снижение количества обрывов дуги и технологических коротких замыканий, стабильность работы сварочных инверторов.

В настоящее время сварочные аппараты на основе инвертора стали доступны широкому кругу потребителей, возможности которых весьма разнообразны, что привело к расширению диапазона параметров, описывающих операторов. Как уже было сказано, человек оказывается включенным в контур управления – он следит за процессом сварки и напрямую оценивает длину дуги (косвенно ток дуги и ее напряжение), а также старается поддерживать оптимальный дуговой промежуток в зависимости от требуемой задачи. Отсюда следует, что в подавляющем большинстве случаев человек является звеном следящей системы. Для математического описания человека оператора необходимо учесть его динамические свойства, такие как время реакции оператора, время, необходимое на принятие решения, время нервно-мускульной задержки и т.д. Время реакции человека – время от начала подачи сигнала до ответной реакции организма. Время реакции человека зависит от вида сигнала-раздражителя, интенсивности раздражителя, тренированности, настроенности на восприятие сигнала, возраста и пола, сложности реакции.

В качестве примера можно привести следующие данные: время реакции человека на свет – 150÷200 мс, на звук – 120÷180 мс, на температуру – 280÷1600 мс.

Вопросом изучения оператора как звена системы управления занималось очень много ученых как отечественных так и зарубежных. Наиболее известные – Цибулевский, Пупков, Зиболц, Херцог и другие. К.А. Пупков, д.т.н., академик РАЕН в книге «Теория нелинейных систем автоматического регулирования» (2009г.) приводит обобщенные данные по структуре и конкретным значениям параметров оператора как звена системы. В нашей работе мы использовали данную структуру для дальнейшего исследования.

Здесь входной величиной является заданная длина дуги (длина дуги, которую зрительно оценил оператор), выходной же является длина дуги, реализованная оператором за счет движения руки, с учетом неровности кромок, степени подготовки свариваемых поверхностей, толщины металла. Здесь W_1 характеризует время запаздывания оператора, W_2 – характеризует инерционность обработки оператором входной информации и принятие решения (отражено T_2), которую оператор стремится компенсировать, W_3 характеризует нервно-мускульную задержку оператора (отражено T_3). K_1 – коэффициент зрительного восприятия, K_2 – коэффициент умственной обработки информации оператором, K_3 – коэффициент механического воздействия.

В то же время имеется ряд ограничений, действующих в процессе сварки:

1. По визуальному восприятию (ограниченность зрительного восприятия через стекло сварочной маски);
2. По моторным функциям (ограничения двигательного-мускульного характера вследствие использования средств индивидуальной защиты);
3. Ограничения, связанные с выполнением технологического процесса (время, класс сварного соединения, тип свариваемых материалов и т.п.);
4. Ограничения, связанные со временем смены сварщика (влияют на усталость и реакцию человека);
5. Ограничения, связанные с источником сварочного тока.

В процессе сварки происходит изменение параметров системы. Для того, чтобы сохранить качественные показатели устройства, необходимо создать систему с низкой чувствительностью к таким параметрическим изменениям. Данная задача была решена следующим образом – на кафедре «Электропривод и АПУ» Боровиковым М.А. была разработана упреждающая коррекция, которая позволила стабилизировать качественные показатели при вариации параметров звеньев.

Суть упреждающей коррекции состоит в том, что мы создаем звено модели объекта и сравниваем с сигналом объекта и с его моделью. Результирующий сигнал с определенным коэффициентом поступает в систему в виде корректирующей обратной связи. Этот прием был использован в нашей структуре, в связи с тем, что в качестве объекта была принята дуга, параметры которой меняются в процессе работы.

Особенностью работы данной схемы с упреждающей коррекцией является изменение контурного коэффициента. Для восстановления контурного коэффициента в систему включаются дополнительные звенья согласно слайду.

Варьируя параметры корректирующей цепи можно увидеть ее влияние на параметры системы, которое иллюстрируется следующими графиками.

В диссертационной работе определялась чувствительность системы к обобщенному критерию, которым может выступать показатель колебательности. Подобный прием известен и встречается, например, у Розенвасера, который исследовал вопросы чувствительности.

Анализ колебательности M исследуемой системы позволяет сделать следующие выводы, что при коэффициенте передачи упреждающей коррекции равном 1 показатель колебательности не зависит от значения коэффициента вариации параметров дуговой цепи и наоборот. Если коэффициент передачи упреждающей коррекции равен 0, то система соответствует системе без упреждающей коррекции.

Влияние упреждающей коррекции на контурный коэффициент передачи позволяет сделать следующие выводы: снижение коэффициента вариации параметров дуговой цепи приводит к существенному увеличению контурного коэффициента передачи, применение упреждающей коррекции позволяет компенсировать контурный коэффициент передачи.

Далее для более глубокого анализа влияния оператора на процесс сварки была составлена структурная схема исследуемой системы, опираясь на приведенную ранее передаточную функцию человека-оператора и на уравнения дуги. Особенностью работы исследуемой системы является наличие нескольких источников сигналов, имеющих в своем составе случайную составляющую. Основными из них являются неравномерность кромок свариваемых поверхностей и случайная составляющая, связанная с работой оператора.

В процессе работы были проведены исследования зависимости дисперсии тока дуги в зависимости от различных условий. Исследования эти показывают, что зависимость дисперсии имеют экстремальную характеристику для вариации большинства параметров. Поэтому адаптивный регулятор в данном случае является наиболее оптимальным решением для поставленной задачи.

Для работы адаптивного регулятора необходимо сформировать сигнал, характеризующий качественные показатели системы регулирования. Таким сигналом может быть параметр случайной составляющей силового тока (дисперсия). Для этого следует применить вычислитель параметров случайного сигнала.

На первом этапе необходимо выделить переменную составляющую этого процесса. Для этого сигнал с датчика тока подается на дифференцирующее звено. На следующем этапе необходимо сформировать требуемый сигнал, характеризующий случайную составляющую. Полученный на втором этапе преобразования сигнал для сглаживания пульсаций поступает на фильтр.

Для анализа влияния параметров устройства на точность преобразований сигнала были проведены исследования для различных значений постоянных времени вычислителя, результаты которых приведены в таблице.

Затем сигнал с вычислителя параметров случайного сигнала поступает на вход адаптивного регулятора. Адаптивный регулятор состоит из следующих элементов: звена выборки-хранения, запоминающего уровень входного сигнала дисперсии, схемы запуска, генератора тактовых импульсов, компаратора, реверсивного счетчика, делителя и двух сумматоров. При отсутствии тока дисперсии сигнал дисперсии равен нулю и схема запуска удерживает адаптивный регулятор в начальном состоянии, где постоянные времени регулятора заданы в середине диапазона регулирования, что позволяет изменять их в сторону уменьшения или увеличения. При появлении тока дисперсии сигнал дисперсии становится больше нуля, и адаптивный регулятор начинает поиск экстремума за счет изменения постоянных времени регулятора тока.

На основании вышеизложенного была составлена структурная схема исследуемой системы, включающая управляемый источник сварочного тока с учетом оператора, УК и АР, на основании которой была функциональная схема модели с адаптивным регулятором. Модель системы управления построена в ПК МВТУ 4.0. Функционально модель состоит из трех составляющих:

- модель сварки с управляемым источником тока (с участием оператора);
- модель вычислителя параметров случайного сигнала;
- модели адаптивного регулятора.

Далее представлены результаты сопоставления натурных экспериментов и моделирования. Анализ приведенных графиков показывает, что все процессы соответствуют нормальному закону распределения. Значение среднеквадратичного отклонения без использования адаптивного регулятора лежит в пределах $30 \div 33$ А. Включение адаптивного регулятора позволяет снизить среднеквадратичное отклонение до уровня приблизительно 20 А. Сравнительный анализ графиков и гистограмм позволяет сделать вывод о высокой идентичности сравниваемых процессов.

Далее представлены результаты моделирования с приведением графика гистографа, характеризующего поиск экстремума в рассматриваемой

системе и графика изменения среднеквадратичного отклонения в процессе сварки с адаптивным регулятором.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- использование адаптивного регулятора позволяет снизить значение среднеквадратичного отклонения до минимального значения за 15 с;
- процессы происходящие в системе имеют экстремум, зависящий от характеристик оператора и параметров случайных сигналов;
- использование адаптивного регулятора позволяет минимизировать среднеквадратичное отклонение для конкретных параметров оператора и текущего значения случайных сигналов.

Результаты работы и ее значимость

1. Проведен анализ существующих систем управления и методов построения инверторных систем, в том числе и систем с низкой чувствительностью.

2. Определены пути снижения чувствительности к параметрическим изменениям с сохранением основных качественных характеристик за счет более полного использования информации о процессе и звеньях системы.

3. Разработаны элементы системы управления:

- вычислитель параметров случайного сигнала;
- адаптивный регулятор тока.

Приведены алгоритмы работы данных элементов, и определены основные параметры системы.

4. Разработана методика синтеза системы, позволяющая учитывать человека-оператора как звено автоматического регулирования.

5. Предложен новый алгоритм снижения чувствительности системы управления процессом сварки к параметрическим изменениям, за счет применения упреждающей коррекции и введения в контур регулирования адаптивного регулятора, снижающего влияние человека-оператора на динамику системы.

6. Показана согласованность результатов экспериментального исследования, проведенного над моделями, с результатами экспериментального исследования на макете.

Результаты использования упреждающей коррекции, а также работы адаптивного регулятора в системе управления сварочным инвертором докладывались на различных конференциях, в том числе и международного уровня и опубликованы в журнале из перечня ВАК и базы данных Скопус. Кроме этого получен патент на адаптивный регулятор и получены авторские свидетельства о регистрации программного продукта.

Результаты диссертационной работы использованы при подготовке учебного пособия по специальности «Электротехнология» и внедрены в учебный процесс.

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Алексей Владимирович, у меня есть несколько вопросов. В названии диссертации – «с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям». Параметрические изменения, что там изменяется, какие параметры? Вы говорили про загрязненность, а в первую очередь что меняется?

Соискатель

В первую очередь, в зависимости от изменения длины дуги, изменяется ее сопротивление, что влияет на изменение коэффициентов передачи и постоянных времени.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Нет все таки, какие параметрические изменения? Я Вас понимаю. Параметры эти, наверное, внешние все-таки какие-то? А это уже в процессе регулирования, что как бы не совсем параметры. К неуправляемым параметрам что относится?

Соискатель

К неуправляемым параметрам относится изменение длины дуги.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Это разве неуправляемые? Разве оператор сам не изменяет длину дуги?

Соискатель

Нет, оператор изменяет длину дуги сам, но в процессе этого изменения меняется сопротивление дуги.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Это другое дело. А длину дуги сам меняет все-таки?

Соискатель

Длину дуги сам меняет.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Сопротивление зависит от длины?

Соискатель

Да, зависит от длины.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И что же это за процесс? Какие его характеристики? Вы его как-то исследовали? Длина дуги – что это за процесс? К какому классу процессов относится? Понятно это случайный процесс, есть процессы с независимыми значениями, с независимыми приращениями, есть Марковские и т.д. У Вас как-то определен класс такого процесса?

Соискатель

Как класс нет, не определен. У нас процесс, содержащий случайную составляющую.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Оператор – это именно сварщик, да?

Соискатель

Да, именно сварщик.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Так, ладно. Вот плакат №4 – положения. Сравнительный анализ результатов моделирования процесса сварки с результатами экспериментальных исследований на макете, подтверждающий их согласованность и достижение более высоких технических показателей – снижение дисперсии сварочного тока в пределах 30÷35 %. По сравнению с чем?

Соискатель

По сравнению с использованием сварочного аппарата без адаптивного регулятора.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Хорошо, ладно. Плакат №6. Вот здесь функции W . Это что? Запаздывание? $W(p)$ – что такое p ?

Соискатель

W_1 – это запаздывание. p – это оператор Лапласа. В таком виде принято в теории автоматического управления рассматривать звенья.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Вы оцениваете качество системы по дисперсии сварочного тока. Ну, и даже так, чтобы желательна дисперсия была поменьше.

Соискатель

Результатом этой оценки.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Ну, тогда я убираю электрод и дисперсия равна нулю, ток равен нулю, и все прекрасно.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Можно по другому сделать: дроссель поставить огромного размера, и тогда дисперсия будет равна нулю, и ток будет, и дисперсия будет равна нулю. Понимаете, да? Ставим дроссель большого размера, и изменения тока не будет.

Соискатель

А влияние на габаритно-массовые характеристики? На унифицированность?

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Мы говорим о том, что вы имеете показатель эффективности – дисперсию. Мы с Константином Константиновичем нашли два способа получить практически нулевую дисперсию. Наверное, что-то надо другое, может отклонение?

Соискатель

В тоже время использование адаптивного регулятора позволяет повысить энергоэффективность.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А мы еще безо всякого адаптивного регулятора с Константином Константиновичем нулевую дисперсию Вам обеспечили.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Чем Ваш регулятор лучше нашего? У нас нулевая дисперсия, у Вас конечная.

Соискатель

Мы своим регулятором учитывает влияние человека-оператора в процессе сварки.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

У нас вариться не будет, вот в чем разница. Есть еще какие-то показатели или нет?

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Видите, такие дурные примеры показывают, что данный показатель не является исчерпывающим. Так вот, кстати, на счет дисперсии, дальше. Там есть плакат – вычисление характеристик (параметров случайного сигнала). И Вы, зная дисперсию, все эти параметры определяете? Так или нет? Плакат №12 – написано $U_{дт}$. Что это?

Соискатель

Это сигнал с датчика тока.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Что на выходе?

Соискатель

Сигнал, характеризующий дисперсию. Напряжение, характеризующее уровень дисперсии.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Так что же по К и Т определяете U_d ?

Соискатель

Да. Сейчас поясню.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Тогда это не параметры случайного процесса. Что Вы называете параметрами случайного процесса? Тут структура вычислителя параметров случайного сигнала. Какие параметры случайного сигнала Вы вычисляете?

Соискатель

Данной схемой мы пытались вычислить дисперсию и оценить ее в процессе.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Все-таки дисперсию? Да?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Плакат №15. Вы говорите, что все похоже на нормальные процессы. Справа снизу распределение ну никак не похоже на нормальное – какое-то релейное. Считать нормальной эту гистограмму нехорошо. Так какие у Вас основания считать нормальным распределением?

Соискатель

С натяжкой. За счет формы гистограммы.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Ну, на нормальную не похоже. Которое справа, внизу, даже если применить какой-нибудь критерий.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Здесь на правом рисунке по характеру видно, что это какое-то распределение с изменяющимся математическим ожиданием. Понимаете, что Вы одномерное распределение должны относить к какому-то моменту времени, нельзя его просто усреднить. Т.е. правильно ли я понимаю, для того чтобы правильно построить гистограмму нужно использовать гораздо меньшее время? Тогда бы оно и было нормальное, но математическое ожидание все время менялось бы. Правильно я понимаю?

Соискатель

Правильно.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Здесь Вы усреднили с учетом нестационарных процессов. Так нельзя делать. Значит у меня такие общие вопросы. Во-первых, человек – откуда эта модель взялась? Кто построил эту модель?

Соискатель

Данная модель была взята за основу, т.к. она уже очень много времени апробировалась, исследовалась, допустим, Цибулевским или Пупковым. Это известная модель, которую мы применили.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Вот есть хороший сварщик, который хорошо варит даже без вашего адаптивного регулятора, а другой и с регулятором не сумеет. Где в модели отражается качество работы самого сварщика? В каком звене?

Соискатель

Во всех звеньях. Отсутствие опыта подразумевает под собой длительное время оценки, длительное время принятия решения.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Т.е. для каждого сварщика Вы должны эти постоянные времена определять. Как Вы это делаете? Вот T_2 и T_2' – дифференцирующее звено, когда он начинает быстро соображать. Как определить это время?

Соискатель

Мы не определяли это время.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

А как тогда Вы это сделали?

Соискатель

Проводились исследования, оценивалась реакция.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Понимаете, другой человек подошел к Вашему сварочному аппарату, Вы же должны поменять эти коэффициенты, иначе адаптивный регулятор неправильно будет работать?

Соискатель

Адаптивный регулятор работает на основе сигнала дисперсии.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

А эти коэффициенты нигде не учитываются?

Соискатель

Эту структуру мы использовали для того, чтобы промоделировать систему. Варьируя коэффициенты, мы оценивали изменение уровня дисперсии и ее характеристику.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Тогда еще вопрос. Вы с реальным оператором сравнивали какой-то результат, когда реальный оператор брал в руки Ваш аппарат с адаптивным регулятором и что-то делал?

Соискатель

Мы, конечно, исследовали систему. Брали различных сварщиков.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

В каком месте диссертации это отражено?

Соискатель

Это отражено в четвертой главе.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Т.е. там приведены результаты, время, экспериментальные данные?

Соискатель

Совершенно верно.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Ясно, спасибо. И что, они действительно так похожи? Это 30% то, что модель дала?

Соискатель

По результатам вычислений и оценки уровней токов, да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Спасибо. По моим представлениям, эта система с учетом такого звена и за счет других адаптационных звеньев может быть неустойчива, причем довольно в большом числе случаев. Вы проверяли устойчивость Вашей замкнутой системы управления? Если проверяли, то как?

Соискатель

Мы систему управления настраивали на технический оптимум, который заведомо подразумевает определенные критерии устойчивости.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Что такое этот процесс? Минимум дисперсии?

Соискатель

Нет.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

А как? Что это за новый оптимум Ваш?

Соискатель

В теории автоматического управления – традиционная настройка.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Я читаю курс теории автоматического управления, поэтому мы с Вами говорим на одном языке. Так какой же оптимум Вы находили? Существуют точность, быстродействие с ней связанное, существует дисперсия ошибки, как Вы говорите. Правда, дисперсия Вашего тока это еще не дисперсия шва. Понимаете? Так какие еще параметры, кроме дисперсии, Вы понимаете? Вы нашли оптимум по какому параметру?

Соискатель

По минимуму дисперсии.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Это не тот параметр. Если мы говорим о колебаниях в системе, то минимум дисперсии может существовать и при наличии колебаний.

Понимаете, устойчивость системы зависит от того, существуют в ней свободные колебания или нет. При таких инерционных звеньях плюс запаздывание, да плюс там еще инерционность в дуге, ЛАЧХ запросто может идти с наклоном больше 20 децибел. Вы понимаете, о чем я говорю? Вы проверяли эту устойчивость или нет?

Соискатель

Да, понимаю. Как таковую нет, но мы использовали упреждающую коррекцию и оценивали систему по показателю колебательности.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Теперь еще такой вопрос. Вы говорите, что у Вас сигнал типа «белый шум». Откройте слайд №12. Сигнал типа «белый шум» – откуда Вы его взяли? Откуда Вы модель взяли? Почему Вы считаете, что сам сигнал – «белый шум»? Вы его «белым шумом» заменили?

Соискатель

Для удобства вычислений и в процессе моделирования.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Модель «белого шума» либо соответствует реальному сигналу, либо нет. Почему Вы считаете, что она соответствует?

Соискатель

Нет, не соответствует. В процессе исследований мы взяли модель сигнала «белый шум» и применили к нему фильтр низких частот, т.к. процессы, связанные со сваркой и оператором – это достаточно низкочастотные процессы, и далее этот сигнал, отфильтрованный уже, подавали на вычислитель параметров случайного сигнала, где оценивали уровень дисперсии.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Вы для чего «белый шум» использовали, чтобы потом создать не «белый шум»?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Теперь здесь (слайд №12), на выходе у Вас не всегда будет дисперсия. Зачем здесь дифференцирующее звено?

Соискатель

Для того чтобы оценить производную.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

У Вас какой-то процесс и Вы его дифференцируете. Зачем? Дифференцирующее звено – эквивалент этого во времени d/dt , производная.

Соискатель

Считали, что среднеквадратичное отклонение пропорционально производной. Таким образом мы пытались его оценить.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Почему Вы не взяли обычный цифровой вычислитель в скользящем окне Вашей дисперсии, допустим. На выходе дисперсия здесь не всегда будет. В зависимости от инерционности входного процесса, т.е. при одной и той же дисперсии, у Вас на выходе, в зависимости от спектра входного процесса, будет разный результат. Зачем такой регулятор, зачем такой вычислитель взяли, когда могли бы просто программу?

Соискатель

Для того, чтобы можно было при помощи функций ТАУ промоделировать этот процесс.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Программно бы промоделировали. Это очень хорошо делается. Ваше гораздо хуже моделируется, чем что-либо. И еще вопрос. У вас есть публикация №1 «Мобильное зарядное устройство для электромобиля», патент «Малогабаритное зарядное устройство», патент «Однофазный полумостовой транзисторный инвертор», публикация №12 «Мобильное зарядное устройство для электромобиля». Какое отношение имеют эти публикации к Вашей работе?

Соискатель

Напрямую, в них отражены вопросы, связанные с инверторами.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Мобильное зарядное устройство как относится?

Соискатель

Оно выполнено на основе инвертора.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Как относится с точки зрения управления, которое Вы рассматриваете?

Соискатель

Здесь приведены только положения, связанные с инверторами. К этому не относится.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Хорошо. Какой раздел диссертации у Вас соответствует этим трем публикациям? В принципе, общее число публикаций у Вас велико. Просто я удивился, что Вы их включили. Какой раздел диссертации у Вас соответствует мобильному зарядному устройству?

Соискатель

Второй раздел. Не само устройство, а технические решения, принятые в мобильном зарядном устройстве.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Т.е. теоретических результатов, которые здесь связанные с диссертацией нет? Правильно я понимаю?

Соискатель

Только практические.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Ясно, спасибо.

Председатель.

Пожалуйста, еще вопросы.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

Два вопроса, связанные с принятием таких нестандартных решений. Первый по упреждающей коррекции. Это экзотика – где-то уже лет десять ни статей, ни патентов на эту тему не встречал. Чем объясните такой выбор?

Соискатель

Применение упреждающей коррекции мы объясняем тем, что в процессе сварки изменяются качественные показатели дуги – длина дуги, ее сопротивление. Для того чтобы компенсировать эти параметрические изменения, применили упреждающую коррекцию.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

А вы сравнивали с другими видами коррекции? Или приняли и считаете, что это самое оптимальное решение?

Соискатель

В нашем рассматриваемом случае это оптимальное решение за счет того, что изменяются параметры структуры.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

Т.е. упреждающая коррекция заведомо предназначена для таких изменяющихся ситуаций?

Соискатель

Да, для такого рода ситуаций.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

И второй вопрос. Обычно, в электромагнитных устройствах обмотки выполняются из обычного обмоточного провода. Вы применяете ленточный.

Соискатель

Предлагаем вариант применения.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

Они серийно выпускаются, они есть в природе?

Соискатель

Ленты – да. Для обмоток трансформаторов есть.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

Чем все-таки объясняется Ваш выбор?

Соискатель

Объясняется тем, что в процессе работы высокочастотного инвертора присутствуют такие эффекты, как эффект близости и скин-эффект, которые необходимо компенсировать. Они отрицательно влияют на работу трансформатора. Плюс ко всему применение ленточной обмотки позволяет повысить коэффициент заполнения окна трансформатора по сравнению с теми же проводниками круглого сечения.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

Спасибо.

Председатель.

Так коллеги, пожалуйста.

д.т.н., профессор Козловский В.Н.

Алексей Владимирович, у меня вопросы будут к Вам по автореферату. На 20-й странице Вы описываете четвертую главу – «Экспериментальная часть». На мой взгляд, надо было описать как-нибудь графики, которые здесь представлены. Я Вас попрошу описать, здесь на защите, что Вы хотели показать этими экспериментальными кривыми. Какие выводы можно сделать?

Соискатель

Приведением данных графиков хотели показать, что процесс сварки (сварочный ток) становится более стабилизированным, т.е. эффективный ток приближается к среднему значению, что приводит к улучшению показателей сварки. Далее график, характеризующий поиск экстремума, чтобы было понятно, что данная система экстремальна – имеет экстремум по минимуму дисперсии, и идет организация поиска этого минимума. Ну, и снижение СКО, как показатель достигнутых результатов.

д.т.н., профессор Козловский В.Н.

Теперь относительно выводов. На мой взгляд, выводы декларативные. Если пройтись по выводам с первого по шестой пункт, вы можете их раскрыть с учетом качественно-количественных достижений Вашей работы? Первым выводом что Вы хотели подчеркнуть?

Соискатель

Первым выводом хотели подчеркнуть, что мы провели исследование инверторных систем с низкой чувствительностью и определили пути снижения чувствительности за счет применения упреждающей коррекции и адаптивного регулятора, работа которых показывает более эффективный процесс сварки с повышением энергоэффективности и снижение дисперсии сварочного тока, повышение качества шва. Далее мы говорим о том, что нами разработаны элементы системы управления, а именно вычислитель параметров случайного сигнала и адаптивный регулятор сварочного тока, которые выносятся как положения на защиту. Так же нами в диссертации приведена методика снижения чувствительности за счет введения упреждающей коррекции и применения адаптивного регулятора, позволяющего снизить чувствительность на изменение сварочной дуги и учесть влияние человека-оператора как звена системы. И шестое – мы провели исследования, которые подтверждают согласованность результатов экспериментального исследования с моделированием.

д.т.н., профессор Козловский В.Н.

Я понял. В принципе то, что и видно. Все-таки, количественная составляющая выводов должна, наверное, присутствовать. Вы что-то улучшили, получили новый эффект?

Соискатель

Снизили чувствительность сварочного аппарата.

д.т.н., профессор Козловский В.Н.

Понятно, а в чем это измеряется? В километрах, килограммах, в амперах? Что улучшилось?

Соискатель

Дисперсия измеряется в A^2 , СКО в А.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Опять возвращаемся. Какой показатель качества применялся? Качество шва? Какой показатель?

Соискатель

Первое – повысилась энергоэффективность. На слайде представлены графики токов для сварки различными источниками, в процессе которых вычислялся уровень эффективного тока, значение среднего тока и коэффициент энергоэффективности, который находится как отношение значения среднего тока к значению эффективного. Данный коэффициент показывает насколько значение эффективного тока близко к значению среднего. Чем ближе коэффициент к 1, тем более энергоэффективно устройство. Здесь видно, что по сравнению со сварочным трансформатором энергоэффективность сварочной дуги увеличивается порядка 10%, а по сравнению с инверторным источником без адаптивного регулятора на 4÷5%.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А все-таки, что требуется? Чего бы хотели сварщики и технологи? Может быть, они хотели, чтобы не дисперсия была какая-то, а, скажем, ток должен быть 10 А и отклонение от него должно быть, средний квадрат отклонения, потому что дисперсию можно обеспечить маленькую, а тут провариваться ничего не будет. Все-таки, что требуется? Вряд ли взяли и сказали Вам – нам нужна минимальная дисперсия. Что требуется?

Соискатель

Повышение качества технологического процесса.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Как они это формулируют? Может быть, как я Вам сказал – сила тока должна быть 300 А с небольшим отклонениями?

Соискатель

По факту так.

д.т.н., профессор Стучебников В.М.

К этому же вопросу. В качестве одного из достижений Вы говорите о снижении энергопотребления. А качество шва как связывается с таким показателем, как дисперсия?

Соискатель

Снижение среднеквадратичного отклонения приводит к улучшению качества шва, снижению динамических напряжений в шве, улучшает комфортность.

д.т.н., профессор Стучебников В.М.

Экспериментально Вы это определяли?

Соискатель

Количественно это определить сложно. Сам внешний вид шва. Мы в процессе проведения эксперимента попробовали дать варить предлагаемым устройством с адаптивным регулятором различным сварщикам, например, специалистам из службы ЭСТОП ульяновского аэропорта или же из «Ульяновсктеплосети», где в специфике работы присутствуют различные неровности и, соответственно, различные операторы. Ими отмечается, что улучшается сам шов, внешний вид шва, провар, более стабильно горит электрод, равномерно, на жаргоне – «не плюется».

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

Поскольку у Вас тут присутствует специальность 05.09.03, на мой взгляд, обязательным является чисто протокольный вопрос. Что составляет в Вашем устройстве вот этот состав электротехнического комплекса, и в продолжение этого вопроса – на стр. 7 автореферата «... характеристики устройства – энергоэффективность, надежность и компактность ...». Каким образом обеспечивается?

Соискатель

Изменение конструкции силового трансформатора, т.е. мы предлагаем ввести ленточную обмотку для снижения отрицательных эффектов на высоких частотах, и как таковое введение упреждающей коррекции в контур управления.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

Вы не ответили на первую часть вопроса. Что составляют здесь и какой состав электротехнического комплекса?

Соискатель

Сварочный инвертор, технические решения, введенные в сам аппарат, в схему.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

Каковы его основные качественные характеристики, которые мы здесь определили – энергоэффективность, надежность и компактность?

Соискатель

По энергоэффективности слайд представлен. Введение ленточной обмотки снижает габаритно-массовые характеристики, что приводит к увеличению мощности.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

В этом свете вторая фраза с этой же страницы – фраза «проводится сравнительный анализ ... выбор наиболее оптимального решения». Если оно оптимальное, как может быть наиболее оптимальное? Это, по всей вероятности, какая-то неточность?

Соискатель

Возможно, да.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

Скорее всего так. Далее, стр. 9 – Вы поясняете ответ, который я хотел от Вас услышать. Основными элементами этого комплекса является инвертор, трансформатор и система управления, что более сжато и понятно. Еще один вопрос. Стр. 7 – график зависимости тока дуги от длины дуги. Пожалуйста, дайте обоснование этому графику, т.к. он, честно говоря, вызывает определенные сомнения.

Соискатель

Мы его рассматривали с позиций теории автоматического управления. В отсутствии тока дуги рассматриваем от нуля, как только мы касаемся электродом поверхности, ток дуги возрастает и согласно графику происходит движение вверх, далее мы выходим на заданный режим работы, который показан двунаправленными стрелками по спадающей характеристике. Если же увеличиваем расстояние дуги до максимального – ток обрывается.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

Понятно. Почему эта гипотенуза – назовем ее так, почему она прямолинейная?

Соискатель

В первом приближении.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

В общем, это противоречит теории электрической дуги, так что это очень сильное приближение.

д.т.н., профессор Лысов В.Е.

Два небольших вопроса. Ваша система автоматического управления – в каких пределах колебаний дуги она работает? И второй – насколько можно понизить уровень квалификации сварщика, используя Вашу систему?

Соискатель

Квалификацию сварщика понизить до нуля невозможно. Любой оператор должен обладать хотя бы какими-то начальными навыками проведения сварочных работ.

д.т.н., профессор Лысов В.Е.

Ну, допустим, пятый разряд варит шов, а третий разряд может варить?

Соискатель

В этом случае человеку с пятым разрядом будет еще проще и комфортнее работать. Человеку с третьим разрядом, допустим, если он на среднем уровне владения навыками сварки, аппарат поможет добиться более высоких показателей.

д.т.н., профессор Лысов В.Е.

Их диапазон дуги как меняется? В каком диапазоне?

Соискатель

Адаптивный регулятор отработает любые колебания в пределах допустимого.

д.т.н., профессор Лысов В.Е.

Какие допустимые для сварщика? Человек пришел с утра, может он варить с дрожащей рукой?

Соискатель

Ограничивается на уровне длины сварочной дуги.

Председатель.

Геннадий Николаевич, Вы хотели задать вопрос.

д.т.н., профессор Абрамов Г.Н.

У меня тот же самый был вопрос, что и у предыдущего задающего на счет допустимых колебаний длины дуги.

Председатель.

Пожалуйста, коллеги, есть еще вопросы? Пожалуйста, Вячеслав Андреевич.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Вернемся к результатам Вашей работы – слайд №19. Третий пункт – разработаны элементы системы управления, вычислитель параметров случайного сигнала. Он чем отличается от известных вычислителей? В чем его новизна? Ну, и адаптивный регулятор тока – он тоже использует элементы новые? В чем отличие вычислителя параметров случайного сигнала от известных?

Соискатель

Это наше видение процесса оценки уровня дисперсии. Мы таким образом пытались оценить дисперсию.

д.т.н., доцент Сергеев В.А.

Существует масса вычислителей, которые дисперсию вычисляют: и среднее значение, и моменты высших порядков. В чем Ваша новизна? Почему Вы этот результат себе записали? В чем новизна? Защищено это, опубликовано такое техническое решение или вы взяли готовое?

Соискатель

Вычислитель параметров случайного сигнала патентом не защищен. Патентом защищен адаптивный регулятор.

Председатель.

Адаптивный регулятор, Вы говорите, защищен патентом. Вычислитель параметров случайного сигнала, у Вячеслава Андреевича вопрос, он отличается какой-нибудь новизной?

Соискатель

Таким образом мы попытались оценить уровень дисперсии при влиянии помех. Есть авторские свидетельства о регистрации программного продукта, где представлены алгоритмы работы адаптивного регулятора и вычислителя параметров случайного сигнала.

Председатель.

По третьему пункту новизны. Новизной обладает адаптивный регулятор или оба элемента системы управления?

Соискатель

Оба. Но в положениях о научной новизне не претендуем на вычислитель параметров случайного сигнала. Вычислитель параметров случайного сигнала дополнительно введен в систему управления.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Интересная научная новизна – предложено использовать. Таких пунктов можно много написать. А в чем все-таки заключается научная новизна?

Соискатель

В том, то мы разработали модель системы управления с низкой чувствительностью за счет введения в систему управления упреждающей коррекции и адаптивного регулятора, которые показывают, и мы доказали это, снижение уровня дисперсии.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

У Вас есть акт внедрения в учебный процесс. Вы сказали, что у нас есть организации серьезные – «Теплоцентали», газовики, где работают аттестованные сварщики. Не было никакой возможности с ними связаться, дать им попробовать, получить какой-то результат?

Соискатель

В учебный процесс мы внедрили в связи с тем, чтобы можно было оперативно вводить какие-либо изменения в исследуемую структуру и ее оперативно менять. Провести полноценное внедрение в производство не представлялось возможным.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Вы, допустим, пришли в «Горгаз», попросили разрешения дать сварщикам попробовать, он 30 минут поработал, сказал, вы оформили бумаги.

Соискатель

Это достаточно проблематично было. Никто, почему-то, не пошел на такого рода решения.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Значит Вы плохо умеете внедрять свои исследования, так и дальше никто не согласится.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).
Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **к.т.н. Доманову В.И.**

Тема диссертации Мишина А.В. направлена на решение задач, связанных с синтезом системы с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям и, как следствие, создание адаптивной системы управления.

Диссертантом получены следующие основные результаты:

1. Проведен анализ существующих систем управления и методов построения инверторных систем.

2. Определены пути снижения чувствительности к параметрическим изменениям с сохранением основных качественных показателей характеристик.

3. Разработаны элементы системы управления:

- вычислитель параметров случайного сигнала;
- адаптивный регулятор тока.

Я хотел бы здесь немного остановиться. Соискатель немного нервничал, поэтому о вычислителе параметров случайного сигнала следовало бы так сказать – действительно разработан новый элемент, но его реализация программная, и мы имеем, соответственно, программный продукт, который имеет соответствующее подтверждение.

4. Разработана методика синтеза системы, позволяющая учитывать человека-оператора как звено автоматического регулирования.

5. Предложен новый алгоритм снижения чувствительности системы управления процессом сварки к параметрическим изменениям за счет применения упреждающей коррекции и введения в контур регулирования адаптивного регулятора.

6. Показана согласованность результатов экспериментального исследования, проведенного над моделями, с результатами экспериментального исследования на макете.

В целом диссертация представляет законченное исследование, являющееся решением актуальной научно-технической задачи. Результаты работы в полной мере опубликованы, апробированы и внедрены в учебные процессы Ульяновского государственного технического университета.

В ходе работы над диссертацией Мишин А.В. не только самостоятельно решал, но и ставил новые научные задачи, продемонстрировал высокие профессиональные качества, знание современных математических методов и информационных технологий.

Считаю, что диссертационная работа Мишина А.В. является законченным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор – Мишин Алексей Владимирович – заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, и 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета.**

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

(Отзывы прилагаются).

1. ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет». Отзыв подписан заведующим кафедрой «Электропривод», д.т.н. профессором Мещеряковым В.Н.

Замечания:

- из автореферата непонятно, каким образом конструктивно реализованы вычислитель параметров случайного сигнала и адаптивный регулятор сварочного тока;

- как и в каких пределах влияет изменение коэффициентов передачи в вычислителе параметров случайного сигнала на точность преобразований.

2 ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет». Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры электроэнергетики и автоматики Авербухом М.А.

Замечания:

- не приводится пример конкретных параметров сварочного инвертора при имитационном моделировании;

- отсутствует информация о датчиках в цепях обратных связей системы управления сварочным инвертором;

- как следует из рисунка 13, адаптивный регулятор представляется цифровым узлом, но принята аналоговая математическая модель системы управления.

3 АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения». Отзыв подписан ведущим инженером НИО-51, к.т.н. Усачевым А.Е.

Замечания:

- не приведено обоснование числа шагов настройки адаптивного регулятора;

- на рисунке 5 не показана точка оптимальной настройки цепи упрещающей коррекции.

4 ООО «Электропром» (г. Москва). Отзыв составлен ведущим научным сотрудником, д.т.н., профессором Юньковым М.Г., утвержден генеральным директором Абрамовым Б.И.

Замечания:

- из автореферата непонятно, проведены ли соискателем экспериментальные исследования передаточной функции человека-оператора;

- автор не показывает возможности применения разработанного адаптивного регулятора в других электротехнических устройствах.

5 ФНПЦ АО «НПО Марс» (г. Ульяновск). Отзыв составлен начальником научно-исследовательской лаборатории, к.т.н., Тарасовым А.А., утвержден генеральным директором, к.т.н. Маклаевым В.А.

Замечания:

– в автореферате отсутствует информация о том, проводилась ли дополнительная оценка изменений качества выполнения сварного шва (качества режимов температуры плавления) при реализации в системе функции стабилизации дисперсии силы тока в зависимости от персональных особенностей оператора.

– целесообразно было привести экономическую оценку влияния на себестоимость инвертора усовершенствования его типовой схемы путем установки дополнительного блока адаптации.

6 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Отзыв подписан профессором кафедры электропривода, автоматизации и управления в технических системах, д.т.н. Литвиненко А.М.

Замечания:

– к сожалению, в тексте автореферата на странице 20 приведен график тока и значения СКО только для системы с адаптивным регулятором, что не позволяет наглядно сопоставить ее с системой с обычным регулятором.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

Соискатель.

В большинстве своем с полученными отзывами от ведущей организации и на авторефераты согласен. Можно выделить часть вопросов, связанных с технологической стороной выполнения работ – мы их не рассматривали, т.к. это лежит за пределами специальностей по которым защищаемся, а напрямую относится к специальности «Электротехнология» и входит в компетентность этой специальности. По всем остальным замечаниям по большому счету согласен.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Туищеву Алексею Ивановичу.**

Уважаемый председатель, члены ученого совета! Я хотел бы остановиться на том, что поскольку мы в возрасте, он будет нести науку, молодой. Мы сейчас находимся на постиндустриальном обществе или информационном обществе. И здесь возникает вопрос, а насколько этот объект, который он рассматривает, существенен для того, чтобы описать его, изучить, что-то внести новое, чтобы получить ученую степень кандидата наук? Ну, я считаю, что на перспективу рассматривают в информационном обществе 7–8% креативных людей, почему мы и ощущаем к тебе такое отношение. Поэтому это устройство, а в связи с тем, что сейчас создаются такие малые предприятия, и такая технология, как сварка развивается, выбранный им объект я считаю существенным, важным. Он выбрал, ну не большую, сложную какую-то систему в составе ракеты или другого изделия, а данное устройство.

Что рассмотрено здесь? Его работа состоит из двух частей: первая – по сути дела он рассматривает все классические методы – это метод сварки на постоянном и переменном токе. Я считаю, что излиш-

ним было описывать это в диссертации – все это известно, а только сказать основное. Следующее – технологию описал, уравнения дуги, а еще помню себя молодым студентом, и уравнение дуги, кажется, таким же было, когда мы теоретические основы электротехники открывали, то там эта дуга из падения на аноде, катоде, падение дуги. Seriously, здесь это не изменилось – я посмотрел, потому что это очень нелинейная система сварочная дуга, очень нелинейная система. Ну, а дальше все пошло классически – он рассматривает сварочные трансформаторы, которые там используются и т.д. Трансформаторы, как основное устройство, можно отнести к комплексам электротехническим и системам.

Что здесь, мне кажется, ему стоило сделать? Вот он применяет ленточный провод, эффект близости он называет, скин-эффект он называет. А какая величина этих эффектов? Какой процент скин-эффекта и эффекта близости удалось снизить? Этого я не нашел. Приблизительно? На какой частоте работает трансформатор? (Соискатель – 30 кГц). 30 кГц – это очень высокая частота для трансформатора – потери будут на вихревые токи, на поверхностные все эффекты. Поэтому подумать надо было не для проводника, что Вы выбрали, а для магнитопровода. Это не рассматривается.

В итоге получилось, что он доказывает, что в настоящее время наиболее перспективными являются инверторные схемы. Сначала здесь идет выпрямление, потом снова преобразование на высокой частоте в переменный ток и затем выпрямление для сварки дугой. В этом случае хорошо было бы посмотреть, какой к.п.д. у данной установки, т.к. большая степень преобразований в инверторных системах и отсюда показать в диссертации, какая эффективность. Допустим, я сварил трубу по кругу. Каковы затраты? Сколько кВт·ч потратил? А с вашим регулятором, сколько кВт·ч? Какая эффективность? Тоже не сказано.

Во всяком случае, можно сказать, что тепловые процессы играют большую роль в таких устройствах, т.к. он ленточный провод берет. Если взять ньютоновое уравнение, то там зависит от площади, и по батарее мы это видим, охлаждение этой всей системы, что тоже можно было как то посмотреть.

Дальше – дуга неустойчива, и ее необходимо осуществлять на постоянном токе и здесь же адаптивное устройство, связанное с человеком-оператором. Все рассматривается пока на классических системах, и адаптивный регулятор, т.к. он дискретный и схема дискретная, надо было, например, рассматривать в динамике и приблизиться к цифровой системе. Это цифровая система и очень было бы интересно и современно рассмотреть, как данная система работает. Очень интересный вопрос. Нелинейный у него трансформатор, нелинейная дуга, нелинейные элементы, а он собирает инвертор по мостовой схеме и прочее. В итоге мы просматриваем, а система у него линеаризованная, а насколько линейная модель отличается от реальной, действующей системы? И сейчас, в связи с тем, что мы имеем вычислители и решение различными программами можно реализовать, взять их рассмотреть и показать, что ты немного владеешь частью нелинейных систем. У него в диссертации есть – он линеаризует, выделяет линейную часть, нелинейную часть и т.д.

В итоге работа выполнена на достаточном уровне. Ведь мы, когда даем ученую степень кандидата наук, смотрим, насколько человек созрел, чтобы быть кандидатом наук. Я считаю, что он созрел. И не буду зачитывать, скажу, что по обеим специальностям диссертация

эта удовлетворяет требованиям. Я как оппонент, считаю, что ему может быть присвоена ученая степень кандидата наук. Если есть ко мне какие вопросы – я отвечу.

Более конкретно замечания:

1. В диссертации следовало бы сделать вначале анализ источников сварочной дуги, а затем дать необходимость использования адаптивных устройств в системе управления сварочной дуги. Понимаете, он начинает с чего? Объекта нет, а нужны эти адаптивные системы? Или нет? А вот надо сказать немножко, что у вас написано, вперед, а уже потом про адаптивный регулятор и так далее.

2. Излишним является описание известных способов сварки и понятия адаптации, представленных во многих изданиях.

3. Не дано объяснение, почему в одном случае оператор описывается передаточной функцией динамического звена чистого запаздывания, а в другом – интегрированным звеном системы. Здесь можно было сказать, поскольку он загружает свою систему, то передаточный коэффициент должен быть в конечности, и он за счет своей коррекции должен был показать, как это все делается, какое звено. Ну, насколько я понял у него опережающее звено – это дифференцирующее звено, возможно, стоит в передаточной функции в числителе оператора. Здесь тоже это надо было показать.

4. И очень важно, в таких системах всегда чувствительность, что было отмечено, связывают с точностью работы системы. Он про чувствительность сказал, а каким методом оценивает? Есть уже давно методы оценки чувствительности, например, дифференциальными уравнениями, где разбросы параметров небольшие. Это тоже нужно было показать.

5. В работе не дается уровень расхода электроэнергии с использованием адаптивного регулятора и без него. Я уже здесь говорил, на сколько адаптивный регулятор уменьшает количество электроэнергии, идущую на одну и ту же работу, допустим, сварки шва одной и той же длины?

6. И всегда, конечно, надо было сделать, даже в студенческих, магистерских работах требуется расчет эффективности (экономической). Все-таки эффективность это понятие, когда Вы выходите в этот мир, надо знать. Насколько эффективная система?

Вот, что я хотел сказать.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель.

Спасибо большое за отзыв! По большей части согласен с замечаниями. Касаясь расхода электроэнергии, мы показали это на примере увеличения энергоэффективности, а по экономической составляющей предварительно можно сказать, что применение в составе сварочного инвертора адаптивного регулятора незначительно повлияет на себестоимость и на сроки окупаемости.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Старикову Александру Владимировичу.**

Вы знаете, здесь очень много прозвучало и со стороны нашего соискателя ученой степени об актуальности этой работы, которая представлена на диссертационном совете. Да, действительно, работа актуальна и, на мой взгляд, даже интересна. Создание таких сварочных систем, да еще и с адаптацией, конечно же, интересно. Причем я даже бы сказал, что наш соискатель и его руководитель немножко даже сузили себе работу, за счет того, что взяли только человека. Не только человек, даже если будет это делать автоматическая система какая-нибудь сварочная, все равно задачи, которые решаются в этой диссертационной работе, очень интересные и актуальные. Диссертация построена традиционным способом, т.е. если посмотрим содержание, имеется введение, четыре главы, заключение, в котором приведены основные результаты и выводы. Большое количество цитируемой литературы – 123 источника, и есть приложения.

Ну, наверное, содержание не надо говорить – диссертант все это здесь рассказал. Надо сказать, а мы очень мало в докладе услышали, какие же здесь электротехнические комплексы представлены. И Валерий Геннадьевич задавал этот вопрос. Конечно же очень обильно рассмотрены в первой и второй главах сварочный трансформатор, инвертор, различные способы их построения, выбор оптимальной, на взгляд соискателя, структуры как построить сварочный инвертор, какое схемное решение лучше. И мало сказано, а в чем же эффект? Почему его делают высокочастотным? Да чтобы снизить габариты. Чтобы снизить габариты, что очень важно, когда человек работает с ним. И даже, когда не человек будет работать, а робот, тоже это очень актуально. Ну, и очень много в диссертации рассмотрено вопросов, связанных с адаптацией, построением адаптивного регулятора и поиском экстремума. Здесь очень интересный вопрос, который задавался – а чем отличается? А ведь, что прежде всего они сделали со своим руководителем? Они нашли простейшее, на мой взгляд, прежде всего аналоговое решение, как вычислить дисперсию сварочного тока. На мой взгляд, вот такое решение, которое и в цифровой реализации в виде программного продукта представлено здесь, во всяком случае в списке трудов.

В четвертой главе показано, что да, действительно, что те предложения, которые сделаны в диссертации, те научные положения, которые рассматривались, они на самом деле реализуются, приносят эффект и на самом деле снижают, по сути дела, отклонение сварочного тока при тех или иных равных условиях, при работе различных операторов.

Что нужно сказать? Диссертация и то, что изложено в автореферате, полностью отражает содержание диссертации. Про научную новизну не буду говорить – она представлена на слайде. Единственное, на самом деле, правильно будет сказать, что не предложено использовать, а разработана система управления сварочным инвертором с упреждающей коррекцией, т.е. немножко расставить в другом акценте. Разработан адаптивный регулятор в системе управления сварочным инвертором.

Очень много публикаций по теме диссертации – 18 работ, включая 5 статей из перечня ВАК, два патента на изобретение, что немало-важно, один патент на полезную модель и два свидетельства о регистрации программ.

Ну, какие замечания? У меня сформировалось четыре замечания, кстати, мы нигде здесь это не увидим, но по тексту диссертации:

1. Здесь есть функциональная схема. Что же она собой представляет, мне трудно вспомнить. Приводятся уравнения для модели дуги, и на функциональной схеме, которой нет на слайде, есть такие параметры, как постоянные времени T , T_1 , T_μ , в тоже время в уравнениях мы этого не видим.

2. Тоже на слайдах не приведена, но в общем-то рассматривается математическая модель сварочного трансформатора. Но почему то, не учитывается, на мой взгляд, коэффициент схемы в зависимости от схемы выпрямления. Наверное, во всяком случае, коэффициент передаточной функции будет меняться.

3. Здесь идет система с поиском экстремума. И по сути дела обосновывается существование этого экстремума, но, на мой взгляд, формула 3.33 диссертации неправильно найдена – они просто пропустили коэффициент в квадрате.

4. На слайде №12, блок называется (p/T_p+1) , постоянная T_d , почему-то, называется постоянной времени дифференцирования. Наверное, это не так, здесь постоянная времени дифференцирующего звена равна единице, а T_d это малая постоянная времени апериодического звена.

Несмотря на сделанные замечания, эти замечания не снижают научно-практической значимости работы. Считаю, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Мишин А.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

(Отзыв прилагается).

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель.

Спасибо за отзыв! Я согласен с приведенными замечаниями. По первому замечанию могу сказать, что функциональная схема составлялась с учетом системы уравнений, но дополнительно были введены, может быть, не так хорошо описаны, как следовало бы, эти постоянные времени, которые характеризуют фиксированную постоянную времени дуги, малую постоянную времени, необходимую для реализации реального дифференцирующего звена и постоянная времени, характеризующая снижение индуктивности дросселя. И по схеме выпрямления в нашей работе подразумевалась схема выпрямления двухфазная одноконтурная схема, коэффициент выпрямления которой равен 0.9, что близко к единице. Да, конечно, следовало бы там написать, для того

чтобы учитывать другие схемы выпрямления. С остальным согласен, спасибо.

Председатель

Кто хочет выступить?

д.т.н., профессор Соснин П.И.

Я хочу некоторые моменты прокомментировать. У меня есть трансформаторный аппарат, и есть инверторный. С трансформаторным у меня мука – я так и не научился варить. С инвертором я варю. И, например, есть две проблемы – это залипание электрода и обрыв дуги. У меня есть маска «хамелеон» – я уже от залипаний ушел. У меня залипаний не происходит. И в этом плане, инверторы, которые продаются, а я выбирал, смотрел их характеристики, и я знаю, что это решение, которое предлагается, там отсутствует.

Разгадка всей его новизны лежит на плакате №6. Открой плакат. Смотрите, в этой передаточной функции коэффициенты – это и есть те параметры, про которые он говорит, которые он старается удержать в рамках нужных значений. Потому что у него, как написано, видите у него внизу стрелки, эта как раз составляющие, которые вводятся в коэффициент человека. Зависимость от освещенности, утомления, частоты пульса, усилия сопротивления, и за счет обратной связи. Я к чему это – он же у нас выступал, и мы видели, что работа интересная. И мы не знали, как человека ввести – блок оператора. Видите, все охвачено, как бы интегрировано. Коэффициенты там переменные, а схема, хоть к нему и претензии по схеме предъявляют, он сразу честно признался, что он ее взял заимствованную, устоявшуюся, которой все пользуются, которая апробирована на практике. А вот что за счет обратной связи можно влиять на коэффициенты и их устанавливать параметрически в нужные значения, это он и говорит. А когда он, я вижу, сбился, и говорил про длину дуги и все прочее. Но тут как раз дело в удержании длины и параметров дуги. Но самое главное у него как раз адаптация и влияние на параметры. С точки зрения всего остального, смотрите, возникает следующая ситуация. Я же сказал, что варю. И что? Я стану уравнение Фурье использовать или еще чего-то? Это значит, что я поймал психологические характеристики какие-то свои. И ясно, если их проследить – уравнения можно записать, экстремумы искать на дугу, подходящим образом дифференцировать, интегрировать, но как факт, эта упреждающая коррекция эффект дает. А раз она эффект дает, значит все остальное правдой надо считать. Но тут у него чего-то не хватило, времени на что-то не хватило.

Конечно, качество шва очень важная характеристика, конечно, очень важная характеристика энергосбережение. Но в тоже время качество шва – где он его проверит? Он говорил, что где-то на аэродроме, в газовой службе, и, все равно, я не знаю, как бы я провел со своим учеником такие эксперименты. Я не в этой области специалист, но я физик, и я понимаю, что это очень трудно, а с энергосбережением, конечно, проще. Можно было бы самому поиграть даже. У тебя есть сварочный аппарат? Поиграл бы с ним. А чего же ты нам не говоришь про эксперименты? Я вот сразу сказал – с маской залипание исключил.

В общем, как факт, мы его слушали и видели в этой работе рациональное зерно, и что это явно такое рационализаторское предложение, но не только инженерное, там и научная составляющая есть, и что она достойна, чтобы защищать ее по нашей специальности. А вот по комплексам, что не хватает, мы, конечно, не специалисты, поэтому здесь два объединенных по двум специальностям представители сидят. Но в тоже время, я с ним много имел отношений, потому что старался разобраться – мне было интересно. Я его поддерживаю и буду голосовать за него.

д.т.н., профессор Козловский В.Н.

Я солидарен с предыдущим докладчиком. Отработав на «Автовазе» долгое время, после доклада я записал себе памятку, чтобы сейчас именно ее озвучить.

Какие главные проблемы с точки зрения качества у нового автомобиля? Это качество комплектующих изделий, это сварка кузова и сборка – сборочно-кузовные работы, и проблемы механосборочного производства. Т.е. получается, что он своей работой поднял очень актуальную научно-техническую задачу – повышение качества сварки и, как говорил уважаемый оппонент, надо было работу эту расширить с точки зрения производства. Когда я окончил институт, меня поставили сварщиком третьего разряда на «клещах». Я варил кузовные детали. Представьте себе, мне дали третий разряд, а рядом поставили рабочего более высокого разряда шестого-седьмого, чтобы он за мной присматривал. Понимаете, качество моей работы, условно говоря, и качество его работы, и как он мог в производственных условиях за мной присматривать? Я так понимаю, что имея эту систему адаптации, электротехническую систему адаптации, наверное, проблем с качеством, выпускаемой мною продукции, было бы меньше.

И в продолжение этой работы, т.е. мы все движемся к прогрессу, и ведь интеллектуальные технологические производственные системы тоже появились относительно недавно. И отвечая на вызовы проблем сборочно-кузовного производства более существенные, появились, так называемые, интеллектуальные гайковерты, которые передавали в информационную систему соответствующие параметры работы слесаря, который собирал автомобиль. Вы понимаете, эта работа имеет совершенно определенный вклад в создание интеллектуальной системы сварки в условиях производственного процесса. Это вообще очень высокий уровень актуальности, с чем можно поздравить и защищающегося, и его научного руководителя. И вообще говоря, те моменты, которые были здесь обозначены, в полной мере определяют развитие этой работы дальше.

Конечно, работа соответствует специальности 05.09.03, которую я здесь представляю – у меня нет никаких оснований говорить иное. Спасибо.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Поскольку я больше всех вопросов задавал, я так понимаю все-таки с точки зрения теории, которая здесь рассматривалась, эта система автоматического управления, да еще и нелинейная. Т.е. все-таки надо было, мне кажется, внимательней отнестись к этой системе и, в частности, я повторю, чем я остался недоволен, к дисперсии

ошибки, что не самый лучший показатель качества. Надо было использовать или несколько показателей, среди которых и дисперсию можно рассматривать, или другие методы оптимизации. Одна дисперсия, которая все время здесь фигурирует, не может быть показателем качества сварки. По крайней мере, это очень косвенно и непонятно. Затем с точки зрения человека, конечно, адекватность таких моделей, и я не знаю, наверное, Петр Иванович отличается от сварщика седьмого разряда, на самом деле модели будут совсем разные, мне так представляется. Хотя Петр Иванович говорит, что он соответствует. Я не уверен в этом, конечно. Потом, с точки зрения измерителя, который здесь так активно пропагандировался, этой дисперсии шума. Я даже не знаю, откуда это взялось? Т.е., понятно, что здесь нестационарный процесс, и дисперсию можно было померить двумя способами: либо взять небольшое окно и честно померить дисперсию, что легко очень сделать в цифровом виде в скользящем окне, либо в цифровом, что совсем хорошо, и второй способ – это изменяющееся математическое ожидание надо было описать каким-нибудь процессом – там известно, примерно, как постоянные времени меняются, тогда можно было фильтровать по Калману или еще как-то современно, тогда это было бы правильно, понятно, и, естественно, новое решение. То, что приведено, я никак, с точки зрения измерения характеристик случайных процессов, тем более нестационарных, не вижу решением как хорошее. Оно работает, но как хорошее, с точки зрения диссертации, не вижу. Что мне не понравилось, что в списке работ включены, как мне кажется, все работы соискателя и в том числе не очень подходящие для диссертации. Тем не менее, если мы исключим эти три работы, все равно диссертация опубликована и опубликована в ВАКовских работах.

Мне понравилось, что у нас соискатель провел эксперименты. В работе, действительно, два сварщика было задействовано. Я сначала думал, что это соискатель и его научный руководитель, потом пригляделся – вижу, действительно настоящие сварщики. Таким образом, эксперимент и моделирование существенно усилили работу, и позволяют говорить, что несмотря на замечания, которые здесь проявились, можно согласиться, что она соответствует требованиям к кандидатским диссертациям по двум специальностям. Спасибо.

д.т.н., профессор Гольдштейн В.Г.

Вы знаете, действительно, работа, которую мы сейчас прослушали, в высшей степени специфичный электротехнический комплекс, и когда я задал свой вопрос диссертанту, я, в общем-то, получил ответ на свой вопрос, но самое главное, что добавить к тем основным критериям и характеристикам устройства, которые здесь приведены – энергоэффективность, надежность, компактность, следует еще одну позицию, которая отличает специфику Вашей работы – это качество полученного результата. Надо сказать, что Петр Иванович, Вы совершенно правильно все определили, кроме одного момента. Все дело в том, что определить качество работы его системы и Ваше качество не такая уж и сложная задача. Есть ультразвуковые способы, радиационные способы, и еще порядка двух-трех десятков известных мне и известных ему способов. И если бы в положении «Практическая ценность работы заключается ...» убрать «виртуально» первые два пункта и расширить третий пункт, который касается собственно результатов работы, а результаты

работы он обеспечил – он обеспечил нормальную работу поддержания дуги, и вопрос совершенно правильно ставился, что сварщиком третьего разряда или пятого можно получить качественный и хороший результат, имея такой комплекс. Поэтому обратить внимание на ценность этой работы, с точки зрения качественных результатов, было бы во всех отношениях правильно. Надо сказать, Алексей Иванович с его умением перевести с диссертационного языка на нормальный, совершенно правильно сказал и посоветовал диссертанту, и я с ним согласен, что действительно этот инструмент, который позволяет интеллектуально учесть решение этой технологической задачи, перенести на те средства, которые были предложены в этой работе.

Хочу сказать пару слов о недостатках. Как говорил мой учитель, академик Костенко П.В., язык шершав, да задирист, поэтому по некоторым позициям я уже говорил, например, наиболее оптимальные, звучит как масло масляное. Теперь практически, слово «точность» здесь употребляется практически через страницу – это не очень хороший показатель. Гораздо проще говорить о контролируемой погрешности, что и есть в автореферате. Если бы Вы сказали, что можете контролировать и снижать эту погрешность, это и есть точность. А точность в том смысле, в котором употреблено у Вас в автореферате (к сожалению, я не имел возможности познакомиться с работой), надо очень осторожно пользоваться данным выражением.

Я буду голосовать за эту работу. И я считаю, что никто из нас, сидящих здесь, не ошибется, и эта работа, действительно, удовлетворяет требованиям паспортов представленных специальностей. Во всяком случае, я достаточно уверенно могу сказать, что работа удовлетворяет паспорту специальности 05.09.03. Спасибо, я бы приобрел Ваше устройство.

д.т.н., доцент Негода В.Н.

Работа практикоориентированная, и соискатель, и его руководитель сначала ставили задачу сделать реальную систему, которая обладает позитивным эффектом. Обнаружили, что в этой работе хватает наукоемкости для того, чтобы вынести на диссертацию. Но, как всегда, в практикоориентированной работе возникает фаза реализации того, что мы хотим в такой работе, нужна фаза, когда мы начинаем распространять и получаем статистику. Вот та нестационарность, о которой Константин Константинович говорил, мне бы, например, любопытно был бы не фильтр Калмана, а совсем другое – я бы хотел, чтобы этот плакат был не как модель, скажем, которая замыкается на модели устройства, а я бы хотел, чтобы в пространстве состояний была бы идентификация тем же узким окном скользящим и чтобы были внутри состояний проходы до точки неровности на металле или ржавчины. Ну, и состояние «похмелья», грубо говоря.

Мы дважды его заслушивали, и когда до меня дошло, что это основа для модели, а идентификации нет этих параметров, я понял, что она и не могла быть, поэтому претензию нельзя предъявлять к нему, потому что она практикоориентированная. Выход на это – это продолжение этой работы в каких-нибудь других диссертациях у руководителя, или он сам будет продолжать. Это было бы здорово, если бы мы это увидели, и тогда плакат №6 замкнулся бы. И это недостаток, казалось бы, но я понимаю, что выйти на этот уровень непросто. Недостаток, конечно, серьезный был – это у него цифровая система, но

когда аналоговые модели используют никто не использует импульсные системы, а просто пользуются фактом, что постоянная времени в сотни раз больше времени сэмпирования на АЦП, а раз так, то мы просто должны говорить о погрешности именно дискретного процесса и больше ни о чем, т.е. высокочастотный шум, который находится за пределами этих времен. У него миллисекунды, а время сэмпирования десятки микросекунд. Я специально интересовался, когда в комиссию входил, этим вопросом, но оценить эту погрешность, мне казалось, каким-то образом надо было. Конечно, это недостаток. Но я его поддерживаю не только в сумме таких показателей, как было сказано, но еще по одному параметру. Он у нас дважды представлял работу, и каждый раз было видно, как он впитывает в себя то, что в нашем совете на ФИСТе сидят люди совершенно разные, у нас особенно с появлением прикладной математики спектр расширился, и то, что он вдруг начинает каким-то образом упираться, конечно время цейтнот и все оперативно не изменишь, он это впитывает, это учитывает и практически, мне кажется, мы видим состоявшегося исследователя, который может и дальше развиваться. Я буду голосовать за.

д.т.н., доцент Дмитриев В.Н.

Дело в том, что я Алексея Владимировича очень хорошо знаю – он выпускник нашей кафедры, нашей аспирантуры. Упреждающую коррекцию, что он здесь использовал, это тоже большой плюс. Дело в том, что здесь она, и он это рассказал, самая уместная в использовании, когда переменные параметры и показывается этот объект с переменными параметрами. Так же меня не удивило, что эта работа вызвала очень большой интерес здесь в совете – вопросов несколько десятков было, правда, не на все он смог так уж хорошо ответить. Я считаю, что совет не ошибется, если поддержит его.

д.т.н., профессор Лысов В.Е.

Мне понравилось то, что именно рассматривается адаптивный регулятор. Потому как сварочный процесс очень сложный процесс. Там есть масса факторов, которые можно учесть, но еще больше факторов, которые вообще в какой-то степени не изучены, ни аналитически, ни экспериментально. Поэтому, если мы не будем делать адаптивный регулятор, то будет простая система стабилизации, допустим, по току, построенная по обычным схемам. Всякое неописанное внешнее возмущение будет вносить дополнительную погрешность, и колебания тока значительно будут велики. Искусство сварщика заключается в том, что в зависимости от металла, от шероховатости, от грязи, в зависимости от электрода и его квалификации, он должен своей рукой ток этот удерживать. Потому что неизвестно, что вступает в совершенно произвольное время. Для этого и был создан адаптивный регулятор, который предугадывает, как должна система реагировать на неожиданные вещи. Т.е. ставится модель того, что должно быть в идеале. И когда происходит отклонение от этого идеала, система сразу реагирует, чтобы уменьшить это отклонение. Вот это мне очень понравилось. Правда, были сделаны замечания о том, что теоретическая сторона вопроса немного не понятна. Мне понравилось то, что здесь упреждающая коррекция еще больше улучшает быстродействие системы в том плане, что она дополняет, упреждает отрицательную обратную

связь по току, которая действует в схеме и, таким образом, позволяет в значительной степени удерживать заданное значение тока на заданном уровне. Вот и работа, с точки зрения оценки квалификации товарища, который сейчас нам ее представил, соответствует степени, которую он пытается защитить, кандидата наук. Безусловно, соответствует как в теоретическом плане, так и в плане изложения, в плане ответов на вопросы, и вообще, чувствуется, что человек владеет материалом, который был здесь представлен. Поэтому я считаю, что он созрел как научный работник и мы не ошибемся, я думаю, если присвоим с Вами степень кандидата технических наук.

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель.

Огромное спасибо за то, что дали мне возможность выступить, заслушали.

Хочу сказать большое спасибо своему научному руководителю, который это время меня поддерживал и вел в данной работе.

Большое спасибо уважаемым оппонентам, которые рассмотрели работу, приехали, поддержали, указали на некоторые замечания и недостатки.

И хочу выразить самые теплые слова благодарности в адрес диссертационного совета! Спасибо Вам большое!

Председатель

Переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии Абрамова Г.Н., Стучебникова В.М., Самохвалова М.К.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Абрамову Г.Н.

Оглашается протокол счетной комиссии.
(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 18 , против - 0 , недействительных бюллетеней - 0) диссертационный совет Д212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Мишина А. В.** содержит новые решения по разработке и исследованию элементов системы управления сварочным инвертором с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (**п.9 "Положения" ВАК**), и присуждает **Мишину Алексею Владимировичу** ученую степень кандидата технических наук по специальностям **05.13.05 и 05.09.03.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Мишина А. В.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта) .

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет» по диссертации
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.03.2016 № 3

О присуждении Мишину Алексею Владимировичу ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование элементов системы управления сварочным инвертором с низкой чувствительностью к параметрическим изменениям» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 28.12.2015, протокол № 14, диссертационным советом Д212.277.01 на базе ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, приказ №847-в от 08 декабря 2000 года.

Соискатель Мишин Алексей Владимирович, 1988 года рождения. В 2010 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». В 2015 году закончил заочную аспирантуру ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». С 2010 года работает инженером по испытаниям в ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский НИИ Эксперимен-

тальной Физики», предприятие Госкорпорации «Росатом», г. Саров, Нижегородской обл.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» Доманов Виктор Иванович.

Официальные оппоненты:

1 Туищев Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет».

2 Стариков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и промышленная автоматика» ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет».

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти.

В своем положительном заключении, составленном и подписанным Горшковым Борисом Михайловичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Сервис технических и технологических систем» и утвержденным Лидией Ивановной Ерохиной, профессором, д.э.н., ректором ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет сервиса» отмечается, что диссертационная работа Мишина Алексея Владимировича представляет собой законченное научное исследование, содержащее решение важной научно-технической задачи разработки элементов систем управления сварочным инвертором с целью снижения влияния параметрических воздействий. Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, соответствует специальностям 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», а ее автор А.В. Мишин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 25 научных работ, из них по теме диссертации опубликовано 18, включая 5 опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 1 патент на полезную модель, 2 патента на изобретение, 2 свидетельства о регистрации программно-информационного продукта. Общий объем работ: 3,15 п.л. Наиболее значимые научные труды по теме диссертации:

1 Мишин, А. В. Анализ системы управления инвертором тока/ А. В. Мишин, В. И. Доманов, А. В. Доманов, // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2012. – №1. – С. 9-12.

2 Мишин, А. В. Анализ и синтез системы управления сварочным инвертором / А. В. Мишин, А. В. Доманов, В. И. Доманов, // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2013. – №10. – С. 3-8.

3 Мишин А.В. Разработка системы управления электросварочным оборудованием / А. В. Мишин [и др.] // Сварочное производство. – 2015. – №4. – С. 25-28.

4 Пат. 2529871 Российская федерация МПК H02M7/00, H02M7/538. Адаптивный регулятор сварочного тока / Доманов В.И., Мишин А.В.; Доманов А.В., заявитель и патентообладатель ООО «Центр энергетиче-

ских технологий» (RU). – № 2013127694/07, заявл. 18.06.2013; опублик. 10.10.2014.

5 Свидетельство о государственной регистрации программ ЭВМ № 2015617048 Российская федерация. Программа адаптивного регулятора системы управления сварочным инвертором / Доманов В.И., Доманов А.В., Мишин А.В., правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет». – № 2015613887 ; заявл. 12.05.2015, опублик. 20.07.2015.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов:

1 **ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»**. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Электропривод», д.т.н. профессором Мещеряковым В.Н. Отзыв положительный, замечания: 1) Из автореферата непонятно, каким образом конструктивно реализованы вычислитель параметров случайного сигнала и адаптивный регулятор сварочного тока; 2) Как и в каких пределах влияет изменение коэффициентов передачи в вычислителе параметров случайного сигнала на точность преобразований.

2 **ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры электроэнергетики и автоматики Авербухом М.А. Отзыв положительный, замечания: 1) Не приводится пример конкретных параметров сварочного инвертора при имитационном моделировании; 2) Отсутствует информация о датчиках в цепях обратных связей системы управления сварочным инвертором; 3) Как следует из рисунка 13, адаптивный регулятор представляется цифровым узлом, но принята аналоговая математическая модель системы управления.

3 **АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»**. Отзыв подписан ведущим инженером НИО-51, к.т.н. Усачевым А.Е. Отзыв положительный, замечания: 1) Не приведено обоснование числа шагов настройки адаптивного регулятора; 2) На рисунке 5 не показана точка оптимальной настройки цепи упреждающей коррекции.

4 **ООО «Электропром» (г. Москва)**. Отзыв составлен ведущим научным сотрудником, д.т.н., профессором Юньковым М.Г., утвержден генеральным директором Абрамовым Б.И. Отзыв положительный, замечания: 1) Из автореферата непонятно, проведены ли соискателем экспериментальные исследования передаточной функции человека-оператора; 2) Автор не показывает возможности применения разработанного адаптивного регулятора в других электротехнических устройствах.

5 **ФНПЦ АО «НПО Марс» (г. Ульяновск)**. Отзыв составлен начальником научно-исследовательской лаборатории, к.т.н., Тарасовым А.А., утвержден генеральным директором, к.т.н. Маклаевым В.А. Отзыв положительный, замечания: 1) В автореферате отсутствует информация о том, проводилась ли дополнительная оценка изменений качества выполнения сварного шва (качества режимов температуры плавления) при реализации в системе функции стабилизации дисперсии силы тока в зависимости от персональных особенностей оператора. 2) Целесообразно было привести экономическую оценку влияния на себестоимость инвертора усовершенствования его типовой схемы путем установки дополнительного блока адаптации.

6 **ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»**. Отзыв подписан профессором кафедры электропривода, автоматики и управления в технических системах, д.т.н. Литвиненко А.М. Отзыв положительный, замечания: 1) К сожалению, в тексте автореферата на странице 20 приведен график тока и значения СКО только для

системы с адаптивным регулятором, что не позволяет наглядно сопоставить ее с системой с обычным регулятором.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области исследований по теме диссертации, подтверждаемой публикациями по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны структурная схема системы управления с новыми элементами системы управления сварочным инвертором, имеющие низкую чувствительность к параметрическим изменениям и учитывающие влияние человека-оператора как звена системы автоматического регулирования, позволяющие обеспечить более высокое качество процесса, снижение энергопотребления, снижение количества обрывов дуги и технологических коротких замыканий, стабильность работы сварочных инверторов;

предложено

– использовать упреждающую коррекцию в системе управления сварочным инвертором для снижения чувствительности к вариациям параметров объекта;

– использовать адаптивный регулятор в системе с целью снижения дисперсии сварочного тока;

доказана целесообразность использования упреждающей коррекции для снижения чувствительности системы управления сварочным инвертором при параметрических возмущениях.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость учета параметров человека-оператора в построении системы управления сварочным инвертором;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы вычислитель дисперсии случайного сигнала и адаптивный регулятор сварочного тока;

изложены элементы теории адаптивных систем и упреждающей коррекции для построения систем с низкой чувствительностью и учета человека-оператора как звена системы автоматического регулирования;

раскрыты новые проблемы систем управления сварочными инверторами с участием человека, требующие учета его параметров;

изучены электродуговые процессы при влиянии случайных сигналов на их характеристики;

проведена модернизация системы управления сварочным инвертором и алгоритмов управления ее звеньями.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны элементы системы управления (вычислитель дисперсии случайного сигнала и адаптивный регулятор тока), которые внедрены в новое оборудование, используемое в учебном процессе, что подтверждается актом о внедрении;

определены перспективы практического использования предлагаемых теоретических решений на конкретном оборудовании;

создана модель, позволяющая эффективно исследовать предложенные решения с целью получения практических рекомендаций;

представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию процесса сварки с учетом человека-оператора.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использована современная методика сбора и обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования, включая участие в научных экспериментах, апробации результатов исследования, разработке экспериментального образца сварочного инвертора и элементов системы управления (вычислитель дисперсии случайного сигнала и адаптивный регулятор сварочного тока), обработка и интерпретация экспериментальных данных, подготовка публикаций.

На заседании 16.03.2016 диссертационный совет принял решение присудить

Мишину А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», и 3 доктора наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 3 человека, проголосовали за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Председатель Совета Д212
Профессор

Н.Г.Ярушкина

Ученый секретарь Совета Д212-277-01
Профессор

В.И.Смирнов

