

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»)

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА
заседания диссертационного совета Д 212.301.02 по защите диссертаций
на соискание ученой степени доктора наук, на соискание ученой степени кандидата наук
в удаленном интерактивном режиме

№ 9 от 03 марта 2022 года

Председатель – председатель диссертационного совета, докт. техн. наук, профессор Белов Г.А.
Ученый секретарь – канд. техн. наук, доцент Серебрянников А.В.

Присутствовали: 20 членов из 23 человек, входящих в состав совета, в том числе принимавших участие в удаленном интерактивном режиме 6 человек (явочный лист прилагается)

1.	Белов Геннадий Александрович	докт. техн. наук	05.09.12	
2.	Антонов Владислав Иванович	докт. техн. наук	05.14.02	
3.	Серебрянников Александр Владимирович	канд. техн. наук	05.09.12	
4.	Афанасьев Александр Александрович	докт. техн. наук	05.09.12	(удаленно)
5.	Афанасьев Владимир Васильевич	докт. техн. наук	05.09.10	
6.	Булычев Александр Витальевич	докт. техн. наук	05.14.02	
7.	Галанина Наталия Андреевна	докт. техн. наук	05.09.12	(удаленно)
8.	Генин Валерий Семенович	докт. техн. наук	05.14.02	(удаленно)
9.	Дмитренко Александр Михайлович	докт. техн. наук	05.14.02	
10.	Лямец Юрий Яковлевич	докт. техн. наук	05.14.02	
11.	Миронов Юрий Михайлович	докт. техн. наук	05.09.10	(удаленно)
12.	Миронова Альвина Николаевна	докт. техн. наук	05.09.10	
13.	Митяшин Никита Петрович	докт. техн. наук	05.09.12	
14.	Михеев Георгий Михайлович	докт. техн. наук	05.09.10	
15.	Мокеев Алексей Владимирович	докт. техн. наук	05.14.02	(удаленно)
16.	Охоткин Григорий Петрович	докт. техн. наук	05.09.12	
17.	Петров Михаил Васильевич	докт. техн. наук	05.09.10	
18.	Семенов Юрий Матвеевич	докт. физ.-мат. наук	05.09.12	
19.	Славутский Леонид Анатольевич	докт. физ.-мат. наук	05.09.10	
20.	Федотов Александр Иванович	докт. техн. наук	05.14.02	(удаленно)

СЛУШАЛИ: О защите диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника (технические науки) на тему «Развитие теории управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания» Андриянова Алексея Ивановича.

РЕШИЛИ: Присудить Андриянову Алексею Ивановичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек (из них принимавших участие в удаленном интерактивном режиме 6 человек), из них 6 докторов наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 20; против – нет.

Председатель заседания,
председатель диссертационного совета
Д 212.301.02

Белов Г.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.301.02

Серебрянников А.В.

Верно:
Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.301.02

Серебрянников А.В.

03.03.2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.301.02,
созданного на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 03 марта 2022 г. № 9

О присуждении Андриянову Алексею Ивановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие теории управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания» по специальности 05.09.12 – Силовая электроника (технические науки) принята к защите 26 ноября 2021 г., протокол № 11, диссертационным советом Д 212.301.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» Министерства образования и науки Российской Федерации, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15, действующего на основании приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Андриянов Алексей Иванович, 18 сентября 1979 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Математическое моделирование процессов нелинейной динамики в замкнутых системах автоматического управления с однополярной реверсивной модуляцией» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ защитил в 2004 году в диссертационном совете К 212.021.01, созданном на базе Брянского государственного технического университета. Работает доцентом кафедры электронных, радиоэлектронных и электротехнических систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре электронных, радиоэлектронных и электротехнических систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» Минобрнауки Российской Федерации.

Научный консультант – Михальченко Сергей Геннадьевич, доктор техни-

ческих наук, доцент, заведующий кафедрой промышленной электроники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский университет систем управления и радиоэлектроники».

Официальные оппоненты:

Дмитриков Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретических основ телекоммуникаций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича»;

Гарганеев Александр Георгиевич, доктор технических наук, профессор, профессор отделения электроэнергетики и электротехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»;

Томашевский Юрий Болеславович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Системотехника и управление в технических системах» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва), в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Промышленная электроника» кандидатом технических наук, доцентом Асташевым Михаилом Георгиевичем и утвержденном помощником проректора по научной работе доктором технических наук Волковым Александром Викторовичем, указала, что работа имеет теоретическую и практическую значимость.

Соискатель имеет 120 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 95 (45,42 п.л. / авт. вклад 32,05 п.л.), из которых 2 монографии (25,68 п.л. / авт. вклад 17,93 п.л.), 11 статей в рецензируемых научных изданиях (5,88 п.л. / авт. вклад 4,72 п.л.), 22 публикации, включенные в международные базы Web of Science и Scopus (13,86 п.л. / авт. вклад 9,42 п.л.). Получены 3 патента на изобретение, 1 патент на полезную модель. Зарегистрировано 7 программ для ЭВМ. Опубликованные работы посвящены исследованию нелинейной динамики импульсных преобразователей напряжения и развитию теории управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания.

Наиболее значительные работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России: 1) Андриянов, А.И. Алгоритм автоматического расчета бифуркационных значений параметров непосредственного понижающего преобразователя напряжения / А.И. Андриянов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 1, ч. 1. – С. 162-170. 2) Андриянов, А.И. Управление динамикой импульсных преобразователей постоянного напряжения / А.И. Андриянов, Н.М. Булохов, Г.Я. Михальченко // Электричество. – 2013. – № 8. – С. 41-49. 3) Андриянов, А.И. Исследование нелинейной динамики замкнутых систем управления с составными преобразователями напряжения / А.И. Андриянов, Н.М. Булохов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2013. – № 12. – С. 39-45. 4) Андриянов, А.И. Нейросетевая система управления нелинейной динамикой непосредственного понижающего преобразователя напряжения / А.И. Андриянов, Н.А. Краснов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 12. – С. 33-38. 5) Андриянов, А.И. Алгоритм многопараметрического управления нелинейной динамикой импульсных преобразователей на основе линеаризации отображения Пуанкаре / А.И. Андриянов, И.Ю. Бутарев // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2014. – № 20. – С. 36-42. 6) Андриянов, А.И. Применение адаптивного метода с запаздывающей обратной связью для управления транзисторными преобразователями постоянного напряжения / А.И. Андриянов // Вестник Московского энергетического института. – 2015. – № 5. – С. 111-117. 7) Андриянов, А.И. Математическая модель транзисторных управляемых выпрямителей в режиме рекуперации электроэнергии / А.И. Андриянов, Е.А. Саченко // Доклады академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2016. – № 2 (31). – С. 26-42. 8) Андриянов, А.И. Проектирование импульсных преобразователей постоянного напряжения с учетом динамических нелинейностей / А.И. Андриянов // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 2 (51). – С. 39-44.

В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежат основные идеи, постановка задач и их решение. В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступило 9 положительных отзывов:

1) Чивенков Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Теоретическая и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Нижегородский госу-

дарственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»; замечания: 1. В работе не рассмотрена частотно-импульсная модуляция, которая широко применяется при построении импульсных систем преобразования электроэнергии; 2. Из текста автореферата не ясно целесообразно ли реализовывать предлагаемые структуры систем управления в случае использования современных ШИМ-контроллеров, поскольку аналоговые системы управления на сегодняшний день еще широко применяются при построении вторичных источников питания; 3. В тексте автореферата имеется небольшое количество пунктуационных и стилистических ошибок.

2) Якименко Игорь Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой электроники и микропроцессорной техники Филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске; замечания: 1. На с. 14 автореферата указано, что обобщенная модель была опробована при моделировании нелинейных динамических процессов в понижающем, повышающем и инвертирующем преобразователях с пропорциональным и пропорционально-интегральным регуляторами. Из текста автореферата неясно, почему были выбраны именно эти типы корректирующих звеньев и являются ли они оптимальными с точки зрения качества регулирования. Также непонятно, какие именно системы управления проверялись при апробации обобщенной модели на примере однофазного корректора коэффициента мощности. Как учитывается в работе тот факт, что система управления трехфазным активным выпрямителем часто выполняется с преобразованием трехфазной системы координат в двухфазную систему dq -координат? 2. Автор утверждает, что система автоматического управления импульсным преобразователем с подсистемой контроля нелинейных динамических процессов может быть реализована на базе современных микроконтроллеров. Это утверждение требует дополнительных пояснений, поскольку частота коммутации преобразователя с цифровой системой управления ограничена скоростью аналого-цифрового преобразования и длительностью математических преобразований.

3) Татуйко Павел Станиславович, начальник отдела «Силовая электроника» Открытого акционерного общества «Авангард» (г. Санкт-Петербург); Лукьянов Валерий Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор; замечания: 1. В работе не рассмотрены однофазные инверторы с RL -нагрузкой; 2. Судя по тексту автореферата, в работе не рассматривались системы преобразования электроэнергии на основе частотно-импульсной модуляции; 3. В тексте автореферата необходимо было пояснить особенности желаемого динамического режима для всех групп преобразователей, рассмотренных в работе; 4. В автореферате имеют место немногочисленные опечатки и пунктуационные ошибки.

4) Дмитриев Борис Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электротехники и электрооборудования судов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»; замечания: 1. В тексте автореферата не представлен сравнительный анализ различных методов управления нелинейными динамическим процессами, а также не указаны предпочтительные области применения каждого из методов; 2. Из текста представленного автореферата неясно, применимы ли предлагаемые методы в преобразователях с частотно-импульсной модуляцией?

5) Зотов Леонид Григорьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теоретических основ радиотехники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»; замечания: 1. Из автореферата не ясно, как влияет применение различных алгоритмов управления нелинейными динамическими процессами на частотные характеристики разомкнутой системы. Требуется подробный сравнительный анализ различных алгоритмов; 2. В автореферате приводится новый метод расчета возмущения параметров системы на основе линеаризации отображения Пуанкаре, позволяющий удерживать систему в желаемом режиме в областях мультистабильности, но при этом не указывается какие параметры системы имеются ввиду; 3. В автореферате не раскрыты особенности работы системы управления нелинейными динамическими процессами (СУНДП) на рисунке 15.

6) Пудовиков Олег Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропоезда и локомотивы» ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»; замечания: 1. В диссертации не рассмотрены резонансные и квазирезонансные преобразователи, принцип действия которых несколько отличается от принципа действия преобразователей, рассмотренных в данной работе; 2. В автореферате не описан метод адаптации параметров систем управления нелинейными динамическими процессами преобразователей с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией; 3. Из автореферата не ясно, оценивалась ли робастность предлагаемых технических решений при отклонении параметров моделей оптимизации рассматриваемых систем управления от параметров реальных технических объектов.

7) Пыркин Антон Александрович, доктор технических наук, профессор, декан факультета систем управления и робототехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»; замечания: 1. При исследовании импульсных преобразователей постоянного напряжения целесообразно было рассмотреть и другие, более сложные типы регуляторов; 2. Из текста автореферата не ясен принцип действия вычислителя неподвижной точки в составе системы управления на рис. 12;

3. В автореферате приведены результаты влияния предлагаемых систем управления на динамику преобразователя, но в то же время не уделяется внимания количественной оценке потерь энергии в полупроводниковых элементах в нежелательных и желаемых режимах работы.

8) Колесов Николай Викторович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Акционерного общества «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор»; замечания: 1. Из текста автореферата неясно, можно ли применять предлагаемые подходы в случаях групповой работы двух и более преобразователей; 2. Судя по автореферату, при исследовании корректора коэффициента мощности рассмотрена только система управления с умножителем. На практике используются и другие структуры систем управления, анализ которых в работе отсутствует; 3. Теоретические положения работы получены в предположении, что в ИП системы используется ШИМ. Из автореферата неясно, носят ли они универсальный характер, можно ли, например, их применять в случае частотной модуляции в ИП.

9) Григорьев Максим Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электропривод и мехатроника»; Дудкин Максим Михайлович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электропривод и мехатроника» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)»; замечания: 1. В автореферате сказано, что применение предлагаемых алгоритмов позволяет исключить увеличение динамических потерь, за счет необходимого при параметрическом синтезе повышения частоты коммутации, но при этом не приводятся количественные значения; 2. Из текста автореферата не ясно, как влияет редукция частоты управляющих воздействия при управлении нелинейными динамическим процессами систем с низкочастотными периодическими воздействиями на эффективность системы управления; 3. В автореферате присутствуют погрешности оформления и стилистические ошибки; 4. В автореферате рассмотрено множество методов коррекции нелинейных динамических систем, но из автореферата в полной мере не ясен их результат (какие показатели и на сколько эти методы позволяют улучшить характеристики в силовых преобразователях) и сравнение данных методов между собой, рациональная их область применения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что доктора технических наук Дмитриков Владимир Федорович, Гарганеев Александр Георгиевич, Томашевский Юрий Болеславович являются известными и компетентными учеными по специальности 05.09.12 – Силовая электроника, имеют публикации по спе-

циальности 05.09.12 в научных журналах из перечня ВАК, а Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» является организацией, широко известной своими исследованиями и разработками в области силовой электроники, способной определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **разработаны** теоретические положения, развивающие теорию систем управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания, с учетом максимально полной информации о состояниях объекта управления; **предложены:** обобщенная математическая модель импульсных преобразователей напряжения широкого класса; новые и усовершенствованные методы управления нелинейными динамическими процессами, а также структуры систем управления на их основе, обеспечивающие работу системы в желаемом динамическом режиме в условиях изменения параметров системы в широком диапазоне; **доказана** перспективность применения данных методов при построении импульсных систем электропитания; **введена** расширенная классификация задач управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказаны** теоретические положения, развивающие теорию адаптивных, дискретных систем управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания; применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** новые структуры адаптивных, дискретных систем управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания широкого класса, базирующиеся не методе с запаздывающей обратной связью, модифицированном методе отображения Пуанкаре и методе направления на цель, ориентированные на решение широкого спектра задач управления нелинейными динамическими процессами; **изложены** теоретические основы адаптации параметров предлагаемых систем управления нелинейными динамическими процессами в условиях изменяющихся параметров системы; **раскрыты** специфические особенности различных методов управления нелинейными динамическими процессами и области их применения; **изучена** нелинейная динамика импульсных преобразователей напряжения, построенных на основе систем управления с использованием различных методов управления нелинейными динамическими процессами; **проведена модернизация:** систем управления нелинейными динамическими процессами на основе метода с запаз-

дывающей обратной связью, обеспечивающих повышение эффективности по устранению нежелательных режимов в пространстве параметров системы за счет учета многомерности объекта управления; метода линеаризации отображения Пуанкаре, позволяющая использовать его в областях мультистабильности; предложены структуры дискретных, адаптивных систем управления на основе метода направления на цель.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **разработаны и внедрены** адаптивные, дискретные системы управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания, а также обобщенная математическая модель и специализированное программное обеспечение для автоматизации расчета предлагаемых систем управления; **определены** задачи управления нелинейными динамическими процессами для решения которых применим тот или иной метод управления; **создано** алгоритмическое обеспечение, которое может быть использовано при разработке систем управления импульсных преобразователей электроэнергии; **представлена** методика проектирования импульсных преобразователей электроэнергии с применением структурно-алгоритмического синтеза.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: для **экспериментальных работ** использовано сертифицированные средства измерения, а результаты экспериментов сравнивались с данными математического моделирования; **теория** управления нелинейными динамическими процессами импульсных систем электропитания построена на теоретических основах управления нелинейными динамическими системами и подтверждена результатами вычислительных и натурных экспериментов; **идея базируется** на анализе и обобщении передового опыта управления нелинейными динамическими системами; **использованы:** теория электрических цепей; теория кусочно-гладких нелинейных динамических систем; теория бифуркаций и хаоса; теория нелинейных колебаний; теория устойчивости Ляпунова; метод отображения Пуанкаре; метод пространства состояний, методы многомерной нелинейной оптимизации; **установлено**, качественное совпадение авторских результатов по обеспечению работы импульсных преобразователей напряжения в желаемом динамическом режиме с результатами, представленными в источниках, рассмотренных в литературном обзоре по методам управления нелинейными динамическими процессами таких систем; **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит: в создании обобщенной математической модели замкнутых систем автоматического управления на основе импульсных преобразователей напряжения широкого класса; в проведении исследования нелинейной динамики замкнутых систем автоматического управления на основе импульсных преобразователей напряжения широкого класса и создании расширенной классификации задач управления нелинейными динамическими процессами в указанных системах; в проведении численных и экспериментальных исследований нелинейной динамики импульсных преобразователей напряжения, построенных с использованием предлагаемых систем управления и выявлении особенностей работы той или иной системы управления; в подготовке 95 публикаций, опубликованных в соавторстве и без соавторства для апробации предлагаемых научно-технических решений.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Андриянов А.И. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 03 марта 2022 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, присудить Андриянову А.И. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек (из них принимавших участие в удаленном интерактивном режиме 6 человек), из них 6 докторов наук по специальности 05.09.12 – Силовая электроника (технические науки), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 20; против – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Белов Геннадий Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Серебрянников Александр
Владимирович

03 марта 2022 г.