

ОТЗЫВ

официального оппонента Селивановой Зои Михайловны,
доктора технических наук, профессора кафедры «Конструирование
радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО
«Тамбовский государственный технический университет»
на диссертационную работу Баранова Виктора Алексеевича
«Методы и средства измерений параметров комплексного сопротивления
гетерогенных объектов в рабочих режимах», представленную на соискание
ученой степени доктора технических наук по научным специальностям
2.2.4. Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины)
(технические науки), 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие
системы (технические науки)

Актуальность темы исследования. Современные методы и средства измерений в высокотехнологичных отраслях промышленности характеризуются непрерывностью функционирования в течение длительного интервала времени и высокими требованиями к стабильности всех функциональных параметров компонентов измерительных средств в рабочих режимах. Достоверность и эффективность контроля соответствия большого числа разнородных функциональных параметров и свойств компонентов установленным требованиям непосредственно в процессе эксплуатации достигается его непрерывностью (режим мониторинга) и минимальным влиянием на основной производственный процесс, что является важной задачей при разработке и применении информационно-измерительных и управляющих систем на производстве.

В качестве исследуемого свойства в диссертации В.А. Баранова предлагается электропроводность, а в качестве измеряемых величин - параметры комплексного сопротивления. Однако, информационно-измерительные системы для контроля параметров комплексного сопротивления (ПКС) не обладают необходимым быстродействием для использования на производстве. В связи с этим необходимо повышение эффективности существующих информационно-измерительных систем для измерения функциональных показателей и определения характеристик гетерогенного объекта в рабочем режиме.

Это определяет актуальность темы диссертации, посвященной формированию теоретических основ проектирования средств измерений, в том числе информационно-измерительных систем параметров комплексного

сопротивления гетерогенных объектов в рабочих режимах.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация В.А. Баранова состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и двух приложений общим объёмом 318 страниц машинописного текста.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, описано состояние решаемой проблемы, определены объект исследования, предмет исследования, цель и задачи исследования, приведены положения, выносимые на защиту, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлены сведения о реализации результатов исследований и апробации работы.

Первая глава посвящена выявлению и анализу проблем измерений функциональных параметров объектов с гетерогенной структурой, исследование свойств которых существенно усложняется по сравнению с исследованием свойств гомогенных объектов из-за невыполнения для таких объектов принципа суперпозиции. Предлагается единый подход к измерению многочисленных разнородных функциональных параметров гетерогенного объекта на основе парадигмы современного материаловедения о взаимосвязи всех макро свойств объекта, поскольку они определяются одной и той же микроструктурой.

Представлен обзор многоэлементных линейных электрических моделей, составленных из резисторов, катушек индуктивности и конденсаторов. В табличной форме представлены основные виртуальные электрические модели, появление которых связано с несоответствием частотных характеристик классических многоэлементных моделей частотным характеристикам параметров комплексного сопротивления виртуальных электрических элементов. Показана неадекватность линейных электрических моделей при измерениях параметров нелинейного термозависимого комплексного сопротивления гетерогенных объектов в рабочих режимах. Обоснован выбор составляющих комплексного сопротивления в качестве измеряемых его параметров. На основе анализа известных методов измерения параметров комплексного сопротивления обосновано использование метода прямого преобразования. Сформулированы прямая и обратная задачи измерений параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления.

В заключительном разделе определены цель и задачи исследования. На основе анализа особенностей функционирования гетерогенных объектов в рабочих режимах и состояния измерений параметров комплексного сопротивления сформулирована цель исследования: формирование и

научное обоснование теоретических основ проектирования универсальных измерительных приборов в составе информационно-измерительных систем для измерений параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления гетерогенных объектов в рабочих режимах.

Вторая глава посвящена теоретическим основам разработки средств измерений ПКС гетерогенных объектов в рабочих режимах.

Разработана универсальная модель гетерогенного объекта в рабочих режимах измерения на основе комбинации электрической и математической модели в виде совокупности уравнений связи составляющих комплексного сопротивления и функциональных параметров объекта измерения.

Составлено обобщенное уравнение преобразования составляющих термозависимого нелинейного комплексного сопротивления в отношении синусоидальных напряжений как теоретическая основа разработки информационно измерительной системы для измерения функциональных параметров и определения характеристик гетерогенного объекта в рабочих режимах.

Синтезирована структура процесса измерения составляющих комплексного сопротивления на основе измерений амплитуды напряжения на опорном элементе и фазового сдвига напряжений в узлах измерительной схемы, которая предлагается в качестве теоретической основы разработки проектирования устройств для измерения составляющих нелинейного комплексного сопротивления.

В третьей главе представлена комбинаторно полная база структур измерительного устройства на основе мостовой измерительной схемы и измерительной схемы в виде делителя напряжения с прямым измерением амплитуды и/или фазового сдвига синусоидальных напряжений на опорных элементах. Даются рекомендации по выбору конкретной базовой структуры в зависимости от параметров рабочего режима гетерогенного объекта.

Разработана методика минимизации систематических составляющих погрешностей согласования, обусловленных влиянием на результат измерения комплексных входных сопротивлений АЦП напряжения и АЦП фазового сдвига.

В четвертой главе приведены результаты разработки средств измерений параметров нелинейного комплексного сопротивления, а также измерительных преобразователей и устройств для измерения величин, влияющих на состояние гетерогенного объекта в рабочих режимах. Описана структура устройства для измерения составляющих комплексного сопротивления и амплитуды напряжения на высоковольтном высокоомном гетерогенном объекте с измерительной схемой в вид делителя напряжения.

Предложены устройства для измерения частоты синусоидального напряжения и температуры с улучшенными по сравнению с известными аналогами метрологическими характеристиками.

Пятая глава диссертации посвящена разработке информационно-измерительных и контрольно-измерительных систем для измерения функциональных параметров гетерогенного объекта в рабочих режимах. Описан канал измерения составляющих комплексного сопротивления объекта исследования и напряжения на нём, функционирующий в составе информационно-измерительной системы.

Описан новый способ аналого-цифрового преобразования, перспективный для применения в составе разработанного измерительного канала с минимальными потерями информации о форме преобразуемого напряжения.

Представлены структура и алгоритм функционирования контрольно-измерительной системы для контроля состояния многопараметрических объектов, к которым относится гетерогенный объект, функционирующий в рабочем режиме.

Шестая глава носит прогностический характер и посвящена формированию основ проектирования интеллектуальных информационно – измерительных систем. Представлены известные варианты системы аксиом измерения физических величин и на их основе синтезирована иерархическая система исходных положений проектирования интеллектуальных средств измерений.

Заключение содержит основные теоретические и практические результаты и выводы по работе.

Приложения содержат копии актов о внедрении результатов диссертационной работы на предприятиях, в научно-производственных и образовательной организациях и документов, подтверждающих права автора на объекты интеллектуальной собственности по теме диссертации: патентов РФ и свидетельств о государственной регистрации базы данных.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автор в диссертационной работе достаточно полно провел анализ объектов и процессов, исследуемых в различных отраслях науки и техники путем измерений параметров комплексного сопротивления с использованием модели в виде линейной многоэлементной двухполюсной электрической цепи.

Выявлены ограничения применимости линейной модели при измерениях параметров объектов с гетерогенной структурой. Обоснована

актуальность разработки быстродействующих средств измерений составляющих термозависимого нелинейного комплексного сопротивления, способных функционировать в составе систем управления технологическими процессами производства изделий с гетерогенной структурой.

Проведены систематизация и анализ методов измерения составляющих комплексного сопротивления в отношении задачи активного измерительного контроля гетерогенного объекта для системы управления технологическим процессом. Обоснована целесообразность разработки средств измерений составляющих комплексного сопротивления методом прямого преобразования на основе пассивных измерительных схем типа неуравновешенного моста и делителя напряжения.

Сформированы теоретические основы разработки средств измерений параметров нелинейного комплексного сопротивления гетерогенного объекта,

Автором приводится вывод о наличии актуальной проблемы метрологического обеспечения производства и эксплуатации гетерогенных объектов - выбор методов и разработка средств измерений параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления для определения их функциональных параметров и характеристик.

Полученные в диссертационной работе теоретические и практические результаты и выводы обоснованы с позиции методологии исследования, основанной на корректном применении основных принципов и положений с применением методов математической статистики, теории материаловедения, планирования эксперимента и теории разработки измерительных средств и систем.

Для подтверждения теоретических положений автором проведены экспериментальные исследования устройств для измерений параметров комплексного сопротивления гетерогенных объектов с улучшенными функциональными и метрологическими характеристиками.

Обоснованность полученных В.А. Барановым научных результатов и выводов определяется корректным использованием известных методов теоретических и экспериментальных исследований. Достоверность теоретических результатов работы подтверждается их широкой апробацией на международных и всероссийских научно-технических конференциях. Все основные результаты диссертационного исследования опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Достоверность и новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований. Достоверность основных результатов основывается на согласованности данных эксперимента, теории и результатов моделирования.

Достоверность защищаемых положений, результатов и выводов работы подтверждается корректным использованием математического аппарата, полученными экспериментальными данными, значительным числом публикаций, неоднократным обсуждением результатов диссертационного исследования на научных конференциях.

Основные результаты работы апробированы на международных и российских конференциях, опубликованы в рецензируемых научно-технических журналах. Положения, выносимые на защиту, и выводы аргументированы и обоснованы.

Научная новизна. Научная новизна результатов диссертационной работы В.А. Баранова состоит в следующем.

На основе анализа применимости существующих моделей комплексного сопротивления объектов измерения к задачам измерения функциональных параметров гетерогенных объектов в рабочих режимах сформулированы прямая и обратная задачи измерений параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления гетерогенных объектов, полное решение которых не обеспечивается существующими средствами измерений параметров комплексного сопротивления и влияющих на них физических величин.

Разработана структура процесса измерения функциональных параметров гетерогенного объекта измерений в виде комбинации универсального электрического элемента с комплексным сопротивлением в алгебраической форме и специализированной математической модели в виде совокупности уравнений связи параметров комплексного сопротивления элемента, что открывает возможность унификации средств измерений параметров комплексного сопротивления с одновременным расширением области применения для измерения функциональных параметров гетерогенных объектов в рабочих режимах посредством разработки интеллектуальной измерительной системы.

Предложено комплексное уравнение преобразования параметров нелинейного комплексного сопротивления, позволяющее формировать систему уравнений измерения составляющих комплексного сопротивления и напряжения на объекте как совокупность действительных компонентов

комплексного уравнения преобразования в соответствии с конкретным рабочим режимом гетерогенного объекта.

Предложено осуществлять аналого-цифровое преобразование напряжения путём регистрации моментов равенства преобразуемого напряжения одному из группы значений опорного напряжения и измерении длительности интервала времени между последовательными моментами равенства напряжений. Это позволяет минимизировать потери информации о форме преобразуемого напряжения в процессе аналого-цифрового преобразования напряжения по сравнению с параллельным аналого-цифровым - преобразованием.

Для измерения составляющих комплексного сопротивления и напряжения на высоковольтном объекте в рабочем режиме предложена структура измерительного устройства на основе измерительной схемы в виде делителя напряжения, образованного объектом измерения и мерой пассивной электрической величины. Устройство позволяет измерять составляющие комплексного сопротивления гетерогенного объекта и напряжение на нём при напряжении на объекте, превышающем допустимое напряжение на мере комплексного сопротивления.

Разработана структура и алгоритм функционирования системы многопараметрического активного измерительного контроля гетерогенного объекта в рабочих условиях, новизна которой состоит в установлении предупредительных, контрольных и предельных границ. Границы разделяют диапазон изменения каждой контролируемой величины на поддиапазоны. В процессе функционирования системы производится вычисление комплексных показателей состояния объекта многопараметрического контроля для каждого поддиапазона на основе результатов измерений величин, отражающих функциональные свойства объекта.

Предложена структура и алгоритм функционирования измерительного преобразователя емкости дифференциального датчика с формированием на объекте измерения синусоидального напряжения, что позволяет использовать преобразователь для определения частотных характеристик гетерогенных объектов.

Предложена структура и алгоритм функционирования устройства для измерения частоты синусоидального напряжения, время измерения которого не превышает периода переменного напряжения. Это позволяет повысить точность измерения параметров комплексного сопротивления гетерогенного объекта в режиме питания измерительной схемы от источника синусоидального напряжения с ненормированными

метрологическими характеристиками.

Новизна научных результатов, полученных В.А. Барановым, подтверждена 9 патентами РФ на их практическую реализацию при разработке измерительных приборов и систем для измерений функциональных параметров гетерогенных объектов в рабочих режимах.

Замечания по диссертационной работе/

1. В цели диссертации не указано, что позволит формирование и научное обоснование теоретических основ проектирования универсальных измерительных приборов в составе информационно-измерительных систем для измерений параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления гетерогенных объектов в рабочих режимах? Повысить точность определения указанных параметров при воздействии дестабилизирующих факторов?

2. В диссертации не отмечена научная и практическая актуальность исследования.

3. В списке научных трудов представлен ряд публикаций, не в полной мере соответствующих теме диссертации (позиции в автореферате: 1, 3, 5, 22, 33, 41-42, 44-45).

4. В диссертации непонятно название рисунка 5.8 «Система измерительного контроля с двумя возможными состояниями объекта контроля». Очевидное название: «Диапазоны изменения значений контролируемого параметра объекта.

5. К сожалению, в 6 главе диссертации не представлено разработанное интеллектуальное измерительное средство параметров комплексного сопротивления гетерогенных объектов в соответствии с темой исследования.

6. Измерительный канал информационно – измерительной системы для измерений составляющих комплексного сопротивления и напряжения на гетерогенном объекте в рабочих режимах, структура которого представлена на рисунке 5.1, стр. 196, описан недостаточно подробно. В частности, сложное взаимодействие между вычислительным устройством АЦП составляющих комплексного сопротивления, устройством управления измерительного канала и устройством управления АЦП составляющих комплексного сопротивления, а также взаимодействие измерительного канала в целом с другими компонентами информационно-измерительной системы.

7. При метрологическом анализе разработанных измерительных устройств, измерительных каналов информационно - измерительных систем недостаточное внимание уделено анализу дополнительных погрешностей средств измерений при том, что измерение функциональных параметров

объектов с гетерогенной структурой в рабочих режимах в процессах их производства, эксплуатации явно предполагает их использование в условиях измерений, значительно отличающихся от нормальных.

8. Подрисуночная подпись «Структура системы измерительного контроля многопараметрического объекта» на рисунке 5.9, стр. 219 не соответствует структуре системы, представленной на этом рисунке, поскольку структура содержит каналы управления с исполнительными устройствами. По-видимому, на рисунке представлена система активного измерительного контроля, в которой посредством каналов управления по результатам контрольно-измерительных операций лицом, принимающим решение, оказывается корректирующее воздействие на многопараметрический объект управления.

9. На рисунке 3.3, стр. 99, рисунке 3.4, стр. 102, рисунке 3.5, стр. 104 отсутствует обозначение величины на одной из осей и не указаны единицы измерения величин, зависимости между которыми представлены на графике.

10. По тексту рукописи диссертации имеются нарушения в нумерации библиографических ссылок в порядке упоминания, стилистические ошибки и опечатки, в частности, на стр. 11, 19, 43, 96, 148, 163, 195 и др.

Заключение

Диссертация Баранова В.А. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решается научная проблема метрологического обеспечения производства и эксплуатации гетерогенных объектов на основе выбора методов и разработки средств измерений параметров термозависимого нелинейного комплексного сопротивления для определения их функциональных параметров и характеристик. Содержание положений, вынесенных на защиту, соответствует направлениям исследований научной специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)» (пункты 1 и 2 паспорта научной специальности) и научной специальности 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы» (пункты 2, 4 паспорта научной специальности).

Автореферат полностью соответствует основным положениям рукописи диссертации и в полной мере отражает решенные автором задачи, методологическое обеспечение исследования, а также полученные научные результаты и выводы. Основные результаты диссертационной работы логически обоснованы, опубликованы в рецензируемых журналах, апробированы на научных конференциях.

Замечания по диссертации, представленные в отзыве, не влияют на общую положительную оценку работы. Считаю, что диссертация Баранова В.А. на тему «Методы и средства измерений параметров комплексного

сопротивления гетерогенных объектов в рабочих режимах» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 N 842 (с изменениями на 18 марта 2023 года) к диссертации на соискание степени доктора наук, а автор, Баранов Виктор Алексеевич, достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по научным специальностям 2.2.4. «Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины) (технические науки)» и 2.2.11 «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)».

Официальный оппонент
профессор кафедры «Конструирование
радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет»
д. т. н., профессор

Зоя Михайловна Селиванова

01.10.2025

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук защищена по специальности 05.11.16 Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки).

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».

Адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2.

E-mail: selivanova_zm@mail.ru. Тел. 8(4752)63-00-30.

Подпись Селивановой Зои Михайловны заверяю:

И.о. учёного секретаря ~~Учёного~~ совета ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»



М.С. Кузнецова

01.10.2025