

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Информационно-измерительная техника и метрология» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Нефедьева Дмитрия Ивановича на диссертационную работу Муратовой Веры Владимировны «Информационно-измерительная система для оперативного определения интегральных характеристик силового электрооборудования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)»

Актуальность темы.

Силовое электрооборудование является сложной составляющей электроэнергетических объектов с большим числом контролируемых параметров. Для обеспечения бесперебойной работы такого оборудования, контроля его аварийных и предаварийных режимов большое значение имеет мгновенное измерение информативных параметров сигнала. В связи с этим является задача разработки информационно-измерительных систем (ИИС) контроля предаварийных режимов работы силового оборудования с оперативным измерением их параметров. При измерении таких информативных параметров, как среднеквадратическое, средневыпрямленное значение тока и напряжения, активная и реактивная мощность и других, возникает задача обеспечения необходимого быстродействия и высокой точности определения мгновенных значений параметров сигнала.

При реализации процедур измерений, контроля и испытаний энергообъектов целесообразно использовать аппроксимационные методы. Большинство данных об исследуемом объекте, полученных экспериментально и представленных в виде чисел, графиков, позволяют определить математическую модель объекта с использованием аппроксимирующих зависимостей.

Надежность работы Единой электроэнергетической системы России определяется техническим состоянием силового оборудования, связанного между собой единым электроэнергетическим режимом, линий электропередач, устройств релейной защиты и автоматики.

В настоящее время энергосистемы становятся все более сложными, а внешние факторы непредсказуемы, что повышает вероятность возникновения аварий и ряда других нештатных ситуаций.

Детальный анализ каждой аварии позволяет выявить причины ее возникновения и развития, а также разработать комплекс необходимых противоаварийных мероприятий для предотвращения ее повторения.

Для решения задачи оперативного контроля режимов работы силового электрооборудования необходимо выдавать результаты в автоматизированную систему управления с целью оптимизации процесса выработки электроэнергии, выявления и предотвращения аварийных ситуаций, что можно реализовать только путем создания автоматизированных информационно-измерительных систем.

Одними из распространенных энергообъектов являются мощные электродвигатели, используемые в разнообразном технологическом оборудовании, мощные трансформаторы, расположенные на подстанциях распределенных систем энергопитания, и ряд других энергообъектов. Для обеспечения оптимального функционирования таких объектов необходимо измерять и контролировать сотни электрических параметров, основными из которых являются мгновенные и интегральные значения фазных сигналов напряжения и тока, фазные и суммарные активная и реактивная мощности.

Создание, эффективное использование и совершенствование таких систем возможно только на базе современных достижений в области информационно-измерительной техники с привлечением передовых информационных технологий, оптимальных методов обработки измерительной информации и системного подхода ко всему комплексу решаемых задач.

В диссертации Муратовой В.В. решаются задачи сокращения времени и повышения точности измерений и контроля режимов работы энергообъектов на основе аппроксимационного подхода к определению интегральных характеристик периодических сигналов, что делает тему исследования актуальной и весьма важной для практических приложений.

Об актуальности темы диссертации говорит и тот факт, что работа выполнялась в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований, в рамках базовой части задания Минобрнауки РФ ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» и госбюджетной фундаментальной НИР.

Содержание диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и списка литературы из 110 наименований, общим объемом 155 страниц печатного текста и 5 приложений на 12 страницах.

Во введении изложена актуальность темы исследований, сформулированы цели и задачи исследований, определена научная новизна и практическая ценность диссертационной работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автор рассматривает основные режимы работы энергосистем. Проанализирован гармонический состав сигналов в цепях силового электрооборудования. Автором показано, что коэффициент искажения синусоидальности сигналов в таких цепях не превышает 1,5...2%. Соискатель достаточно подробно рассматривает существующую систему контроля аварийных ситуаций и формулирует требования к разрабатываемой системе.

В этом же разделе рассмотрены особенности применения аппроксимационного подхода к нахождению параметров квазидетерминированных сигналов, а так же метрологическому анализу полученных результатов. В основе этого подхода лежит определение параметров сигналов с помощью функциональной связи и параметров

модели, которая выбирается исходя из данных об исследуемом объекте.

Во второй главе на основе проведенных исследований автор рассмотрел основные параметры периодических сигналов. Проанализирована возможность использования аппроксимационного подхода к измерению их интегральных характеристик. Приводится классификация методов и средств измерения интегральных характеристик напряжения и тока, основанных на формировании ортогональных составляющих сигналов, содержится метрологический анализ методов и средств измерения этих характеристик.

В конце этого раздела делается вывод о необходимости разработки новых аппроксимационных методов и систем измерения интегральных характеристик сигналов с улучшенными метрологическими характеристиками.

Третья глава посвящена синтезу и анализу методов и систем измерения интегральных характеристик гармонических сигналов, инвариантных к погрешностям формирования дополнительного сигнала.

Автор разработал ряд методов измерения параметров:

- по мгновенным значениям входных сигналов и дополнительного напряжения, измеренным в моменты переходов сигналов напряжения через ноль и через произвольный интервал времени,
- по мгновенным значениям входных сигналов, измеренным в моменты переходов входного и дополнительного напряжений и тока через ноль,
- по мгновенным значениям входных сигналов с использованием переходов ортогональных составляющих напряжения через ноль,
- по мгновенным значениям сигналов на основе сравнения мгновенных значений гармонических сигналов, разделенных в пространстве.

Соискатель показывает, что реализация предложенных методов обеспечивает, в ряде случаев, сокращение времени определения интегральных характеристик сигналов, а также исключить погрешности по модулю и углу сдвига фазосдвигающего блока информационно – измерительной системы.

Четвертая глава посвящена реализации одного из разработанных методов и его практического внедрения. Автор использует модульный принцип построения системы: в ее состав входят 6 измерительных преобразователей напряжения и тока, несколько аналого-цифровых преобразователей, фазосдвигающий блок, контроллер. Кроме того, в состав системы входит цифро-аналоговый преобразователь для вывода измеряемых значений на стрелочные приборы, используемые на центральном пульте управления энергосистемы. Приводится методика поверки системных измерительных преобразователей, основные технические характеристики автоматизированной системы и результаты ее экспериментального исследования.

Научная новизна диссертационной работы.

Научная новизна диссертации, прежде всего, заключается в разработке новых методов и реализующих их средств оперативного измерения интегральных характеристик сигналов с улучшенными метрологическими характеристиками.

В настоящее время для контроля электрических параметров сигналов на производстве широко используют приборы, выпускаемые рядом зарубежных фирм, основанные на аналого-цифровом преобразовании мгновенных значений сигналов с равномерной дискретизацией, то есть равномерно распределенных по периоду. Автор обоснованно отказался от использования данного метода, поскольку его реализация предусматривает точное определение периода сигнала, что характеризует задержку получения результата измерения на время не менее чем на 2-3 периода. В реальных ситуациях это условие не выполняется, что неизбежно приводит к погрешности, обусловленной колебаниями частоты входного сигнала, что вызывает неточное деление периода на определенное число интервалов дискретизации.

Реализация разработанного автором метода определения интегральных характеристик, основанного на формировании дополнительного сигнала с

применением его последующей коррекции, позволяет повысить точность измерения за счет исключения частотной и угловой погрешности фазосдвигающего блока, формирующего дополнительный сигнал.

Разработанный автором метод, основанный на формировании двух сигналов напряжения: инверсного входному, а также дополнительного, сдвинутого на произвольный угол, позволяет исключить угловую погрешность фазосдвигающего блока, а также погрешность инвертора.

Автором предложен ряд новых методик оценки влияния погрешностей, обусловленных как конечной разрядностью аналого-цифровых преобразователей, так не идеальностью характеристик фазосдвигающих блоков, на результат измерения интегральных характеристик.

Влияние угловой погрешности фазосдвигающего блока на результат измерения интегральных характеристик предложено оценивать по отклонению угла сдвига фазосдвигающего блока относительно его номинального значения.

При разработке методики анализа амплитудной погрешности фазосдвигающего блока, соискатель обоснованно выбрал и использовал метод оценки влияния данного вида погрешности на погрешность результата измерения как функции, аргументы которой заданы приближенно.

Полученные при использовании методик результаты являются новыми.

Очевидно, что новизной обладает и разработанное алгоритмическое и аппаратное обеспечение ИИС контроля режимов работы энергообъектов, основанное на предложенных методах измерения интегральных характеристик гармонических сигналов.

Практическая значимость диссертационной работы.

Полученные в работе результаты в виде методов, методик и аппаратных средств безусловно имеют практическую ценность и доведены до реального внедрения.

Предложенные методики оценки амплитудной и угловой погрешностей фазосдвигающих блоков, а также алгоритмическое обеспечение для

инженерного расчета метрологических характеристик разработанной ИИС позволяют определить оптимальные параметры измерительной системы в зависимости от параметров анализируемых сигналов, времени измерения и требуемой точности.

Разработанная ИИС позволяет оперативно и с высокой точностью контролировать режимы работы энергообъектов, что позволяет своевременно выявлять и предупреждать аварии в ЕЭС.

Результаты работы внедрены и в настоящее время используются в Самарском филиале ООО «Роснефть-Ремонт НПО» (г. Отрадный), а также в ООО «Инженерные технологии» (г. Самара). Разработанные методики оценки погрешностей внедрены в учебном процессе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» при подготовке магистров по направлению 12.04.01 «Приборостроение».

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов.

Соискатель корректно использует результаты известных научных исследований для обоснования положений, изложенных в диссертации. Им изучены и критически анализируются известные достижения и теоретические положения других авторов. Список использованной диссертантом литературы содержит 110 наименований.

При обосновании основных результатов и выводов соискатель использует достаточно строгие математические выкладки. Основные результаты, касающиеся точности алгоритмов и средств измерения, получены на основе численного моделирования и экспериментальных исследований.

В основу разработанной ИИС контроля параметров нормального режима работы энергообъектов и регистрации аварийных ситуаций положен аппроксимационный подход к измерению интегральных характеристик сигналов по мгновенным значениям. Это обосновано тем, что его реализация обеспечивает высокие метрологические характеристики при

измерении сигналов, близких к гармоническим, что характерно для большинства современных энергообъектов.

Разработанные методики оценки погрешностей основаны на использовании известного положения теории приближенных вычислений, ее достоверность не вызывает сомнений. Вывод выражений для оценки результирующих погрешностей измерения интегральных характеристик выполнен на основе строгих математических выкладок.

Публикации соискателя и апробация диссертационной работы.

Все основные положения диссертационной работы опубликованы. Всего по теме диссертации опубликовано 38 работ, в том числе 11 в рецензируемых журналах из списка ВАК Российской Федерации. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 4 представительных международных и Всероссийских конференциях.

Диссертационная работа выполнялась в рамках четырех грантов РФФИ и одной госбюджетной фундаментальной НИР.

В работах, опубликованных коллективно с соавторами, соискатель четко обозначил личный вклад в полученные результаты.

Основные замечания по диссертационной работе:

1. Указано, что при реализации процедур измерения, контроля и испытаний энергообъектов целесообразно использовать аппроксимационные методы, однако из материала диссертации не вполне понятно, где эти методы использовались.

2. В диссертационной работе для оценки соотношения активной и полной мощности наряду с коэффициентом мощности используется косинус угла сдвига фаз между напряжением и током ($\cos\varphi$). Поскольку информационные сигналы имеют сильно искаженную форму, то применение параметра $\cos\varphi$ не правомерно.

3. В работе техническая реализация информационно-измерительной системы рассмотрена на уровне структурных схем. Для специалистов-практиков безусловный интерес представляет методика проектирования и

расчета элементов и блоков системы.

4. В разделах 2.2.5 – 2.2.7 определены погрешности, вызванные неидеальностью характеристик фазосдвигающего блока, однако отсутствуют соответствующие данные, показывающие влияние на эти погрешности характеристик реальных фазосдвигающих блоков.

5. Имеется ряд сомнительных терминов, например, "искажение синусоидальности напряжения", "случайная величина с незначительной случайной компонентой" (с.18), "жесткие оценки равномерного приближения" (с.19), смысл которых не вполне понятен из материалов работы.

6. Встречается ряд стилистических ошибок и опечаток: на с. 15 (1-я строка), с. 16 (9-я строка снизу), с. 17 (11-я строка сверху, 2-я строка снизу).

Заключение.

Диссертация Муратовой В.В. является завершенной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней" ВАК России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. В диссертации разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новые достижения в развитии перспективного направления в области разработки аппроксимационных методов измерения интегральных характеристик гармонических сигналов и автоматизированных информационно-измерительных систем контроля аварийных режимов работы энергообъектов.

Диссертационная работа соответствует заявленной специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы).

Автореферат и диссертация написаны грамотным научным языком, аккуратно оформлены.

Автореферат кандидатской диссертации Муратовой В.В. соответствует содержанию диссертационной работы. В автореферате изложены основные

идеи и выводы диссертации, показаны актуальность решаемых задач, степень новизны и практическая значимость результатов.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК России.

Считаю, что автор диссертационной работы Муратова Вера Владимировна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы).

Официальный оппонент:

Нефедьев Дмитрий Иванович,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Информационно-
-измерительная техника и метрология»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Пензенский государственный университет».
Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Тел.: (841-2) 563511; Факс: (841-2) 565122.
E-mail: cnit@pnzgu.ru; <http://www.pnzgu.ru>

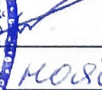
Докторская диссертация защищена по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения (электрические и магнитные величины).

 Д.И. Нефедьев
«29» ноября 2018 г.

Подпись Нефедьева Д.И. удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет»



 О.С. Дорофеева
«ноября» 2018 г.