

«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по научной работе
доктор технических наук, доцент

Михаил Сергеевич Воротилин

 29/01/2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию 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 диссертации

Безопасная эксплуатация электросилового оборудования предусматривает получение объективной информации о фактическом их состоянии, среди которых наиболее существенными являются мгновенные и интегральные значения напряжений и токов в силовых цепях, а также значения активной и реактивной мощности такого оборудования. По этой причине оказывается востребованной разработка эффективных средств оперативного определения вышеупомянутых интегральных характеристик силового электрооборудования.

Используемые в настоящее время информационно - измерительные системы (ИИС), реализующие прямой аналоговый или дискретный метод определения интегральных характеристик сигналов, имеют существенные ограничения по скорости их определения, что имеет существенное значение в случае быстрого возникновения аварийных режимов силового электрооборудования.

На современном этапе развития энергетического машиностроения возникает необходимость в оперативном получении информации о состоянии такого оборудования с использованием быстродействующих измерительных систем.

Автором диссертационной работы Муратовой В.В. предложен ряд новых методов определения интегральных характеристик тока, напряжения в силовых цепях оборудования, а также его активной и реактивной мощности,

основанный на использовании дополнительного сигнала, сдвинутого по фазе относительно основного, и определении вышеуказанных параметров по измеренным мгновенным значениям сигналов. Предложенные методы предусматривают использование в ИИС достаточно распространенных аналоговых фазосдвигающих устройств, компараторов и контроллера, реализующего конкретный метод. Методы, предложенные автором, предполагают наличие априорной информации о форме контролируемых сигналов, и позволяют определять необходимые параметры с достаточной для практического использования точностью. В отличие от других существующих систем ИИС, реализующие предложенные автором методы, имеют высокое быстродействие, позволяющее определять необходимые параметры силового оборудования за время не более одного полупериода контролируемого сигнала. Кроме этого, отсутствует необходимость применения статистического накопления информации и благодаря этому предложенные методы могут применяться на самых информативных переходных режимах работы силового электрооборудования.

В связи с этим тема диссертационной работы Муратовой В.В., посвященная разработке, теоретическому и экспериментальному исследованию информационно – измерительной системы для оперативного определения интегральных характеристик силового электрооборудования, представляется актуальной.

Использование результатов диссертации позволит расширить сферу применения подобных систем, при этом особый интерес представляет их использование при экспериментальной стендовой проверке и отладке силового электрооборудования, а также его эксплуатации при непредсказуемой нагрузке.

Общая характеристика 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 автором обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследований и дана краткая характеристика работы.

В первой главе выполнен сравнительный анализ существующих методов измерения интегральных характеристик сигналов в цепях силового электрооборудования. Методы классифицированы по принципам получения и обработки информации, определены их основные характеристики. Кроме этого, определены эксплуатационные требования к такого рода систем.

Во второй главе на рассмотрены основные параметры периодических сигналов, обоснован аппроксимационный подход к измерению их интегральных характеристик. Предложен ряд методов и средств измерения интегральных характеристик напряжения и тока, а также активной и реактивной мощностей, основанных на формировании ортогональных составляющих сигналов. В этом же разделе содержится метрологический анализ методов измерения этих характеристик, и обоснована необходимость разработки новых аппроксимационных методов измерения интегральных характеристик сигналов с улучшенными метрологическими характеристиками.

В третьей главе приводится анализ предложенных автором методов измерения интегральных характеристик гармонических сигналов, инвариантных к погрешностям формирования дополнительного сигнала.

Предложен ряд методов, в частности метод измерения параметров по мгновенным значениям входных сигналов и дополнительного напряжения, измеренным в моменты переходов сигналов напряжения через ноль, 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. Показано, что реализация предложенных методов сокращает время определения интегральных характеристик сигналов, а также компенсирует погрешности по модулю и углу сдвига фазосдвигающего блока ИИС.

В четвертой главе работы приводится описание и характеристики реализации одного из разработанных методов, а также его практического внедрения. Рассмотрен модульный принцип построения структуры ИИС, построенной на базе измерительных преобразователей напряжения и тока, аналого – цифровых преобразователей, цифро-аналогового преобразователя, фазосдвигающего блока и контроллера. Описана методика поверки измерительных преобразователей, приводятся технические характеристики разработанной ИИС для определения интегральных характеристик мощных погружных электронасосов и результаты ее экспериментального исследования.

В заключении автором подведены результаты диссертационного исследования, сделаны выводы.

Текст диссертации выстроен логически грамотно, материал изложен последовательно, хорошо структурирован, имеются приложения, которые дополняют и иллюстрируют результаты исследований.

Автореферат диссертации полностью отражает её основное содержание.

Научная новизна

Научной новизной характеризуются новые методы оперативного измерения интегральных характеристик сигналов, отличающиеся от существующих методов улучшенными метрологическими характеристиками.

В настоящее время для определения интегральных характеристик сигналов используются системы, основанные на аналого-цифровом преобразовании мгновенных значений сигналов с равномерной дискретизацией. Недостатком этих методов является необходимость предварительного определения периода сигнала, в результате чего результат измерения задерживается на время его нескольких периодов. На практике это приводит к погрешности, обусловленной колебаниями частоты входного сигнала.

Предложенные автором методы определения интегральных характеристик позволяют повысить точность измерения за счет исключения частотной и угловой погрешности фазосдвигающего блока ИИС, формирующего дополнительный сигнал.

Ряд других разработанных автором методов позволяют исключить угловую погрешность фазосдвигающего блока ИИС, а также погрешность инвертора.

Новизной характеризуются используемые автором методики оценки погрешностей, обусловленных конечной разрядностью аналого – цифровых преобразователей, а также неидеальностью характеристик фазосдвигающих блоков ИИС.

Полученные при использовании методик результаты являются новыми.

Новизной обладает и разработанная ИИС контроля режимов работы энергообъектов, в которой использованы предложенные методы определения интегральных характеристик гармонических сигналов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием математического аппарата, соответствием в пределах нескольких процентов результатов имитационного моделирования и проведенных экспериментов.

Практическая ценность работы

Полученные в работе результаты в виде методов определения интегральных характеристик сигналов и реализующих эти методы

аппаратных средств имеют практическую ценность, разработанная ИИС доведена до реального внедрения.

Практическая ценность предложенных методик оценки погрешностей, вызванных неидеальностью характеристик фазосдвигающих блоков заключается в возможности определения оптимальных параметров ИИС в зависимости от вида и параметров анализируемых сигналов, что позволяет осуществить инженерный расчет метрологических характеристик конкретной ИИС. Системы, использующие предложенные в работе методы, позволяют оперативно и с достаточно высокой точностью контролировать режимы работы энергообъектов. Практическая ценность предложенных ИИС заключается также в возможности своевременно выявлять и предупреждать аварии в энергосистемах.

Практическая ценность полученных результатов подтверждается использованием разработанной ИИС в Самарском филиале ООО «Роснефть-Ремонт НПО» (г. Отрадный), а также в ООО «Инженерные технологии» (г. Самара). Разработанные методики оценки погрешностей внедрены также в учебном процессе Самарского государственного технического университета при подготовке магистров по направлению 12.04.01 «Приборостроение».

Достоверность результатов работы

Достоверность результатов работы определяется экспериментальными исследованиями, полученными на оборудовании, подтверждающими основные теоретические положения работы и не противоречащими известным положениям в данной области исследований.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 38 работах, в том числе 11 в изданиях, рекомендуемых ВАК России.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на 4 международных и Всероссийских конференциях, в том числе на Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» (г. Самара, 2015 г.), Всероссийской научной конференции с международным участием «Математическое моделирование и краевые задачи» (г. Самара, 2016 г.) Международной научно-практической конференции «Современный взгляд на проблемы технических наук» (г. Уфа, 2015 г.), международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития естествознания и технических наук» (г. Белгород, 2018 г.).

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

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Считаем целесообразным продолжить работу в Самарском государственном техническом университете по направлениям, связанным с развитием идей и результатов диссертационной работы В.В.Муратовой.

Целесообразным направлением использования результатов работы является распространение разработанных методов и средств измерения интегральных характеристик периодических сигналов и методик оценки погрешностей при испытаниях силового высоковольтного электрооборудования, электроагрегатов, силовых трансформаторов.

Полученные в диссертации научные и практические результаты могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях по разработке, производству, техническому обслуживанию, диагностике и эксплуатации силового электрооборудования, таких как ПАО «Силовые машины» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «Росэнергомаш» (г. Москва), и других предприятиях при разработке перспективных устройств контроля рабочего состояния силового электрооборудования.

Перспективной представляется тематика, связанная с использованием полученных результатов для измерения электрических параметров силовых переключателей.

Рекомендуем научные разработки по теме диссертации использовать в учебных курсах со студентами по специальности «Информационно-измерительная техника и технологии» и с аспирантами по специальности «Информационно-измерительные и управляющие системы».

Замечания по диссертационной работе

Отмечая актуальность, научную новизну и практическую значимость полученных в диссертации результатов, следует указать следующие замечания:

1. В главе 1 диссертации указано, что при изменении периода анализируемого сигнала при использовании стандартных методов определения интегральных характеристик периодических сигналов возникает погрешность некрайности. Однако при использовании ряда предлагаемых методов аналогичная погрешность также имеет место, однако в работе она не оценена.

2. Для уменьшения погрешности некрайности метода измерения ИХПС по мгновенным значениям сигналов, равномерно распределенным по

периоду, широко используются методы автоподстройки частоты дискретизации. Однако в диссертации данные методы не рассмотрены.

3. При реализации метода, описанного в разделе 2.25, требуется фазосдвигающий блок, сдвигающий фазу ровно на 90^0 , однако существующие аналоговые блоки при сдвиге на такой угол могут иметь значительную погрешность, анализ которой в работе отсутствует. В этом же разделе показано, что погрешность рассматриваемого метода сильно зависит от фазы мгновенного значения измеряемого напряжения, однако не предложено способа коррекции этой погрешности.

4. Не проведен анализ погрешности первичных преобразователей напряжения и тока, входящих в состав структуры предложенных систем.

5. В работе рассмотрено значительное количество методов измерения интегральных характеристик сигналов, однако отсутствует достаточно подробные рекомендации применения каждого из них на практике.

6. В диссертации не проводится анализ влияния погрешности компараторов при сравнении мгновенных значений сигналов.

7. Не приведено сравнение экономических показателей разработанных вариантов ИИС с зарубежными аналогами.

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на положительную оценку диссертации в целом и не снижают ценности проведенных исследований и полученных результатов.

Заключение

В целом диссертация Муратовой В.В. является целостной завершенной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи разработки информационно – измерительной системы для оперативного определения интегральных характеристик сигналов в цепях силового электрооборудования, имеющей существенное значение для проектирования систем контроля и управления режимами работы мощных энергообъектов.

Научные положения диссертации Муратовой В.В. соответствует требованиям паспорта специальности 05.11.16 – Информационно – измерительные и управляющие системы (технические системы).

По актуальности, научной новизне и практической ценности полученных научно-технических результатов, их достоверности и обоснованности, уровню апробации, опубликования и реализации диссертационная работа соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Муратова Вера Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – Информационно – измерительные и управляющие системы (технические системы).

Диссертационная работа и отзыв на нее рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Приборы и биотехнические системы» 29.10.2018 г., протокол № 4.

Отзыв подготовил
заведующий кафедрой
«Приборы и биотехнические системы»,
кандидат технических наук, доцент

 А.В. Прохорцов

Подпись  заверяю:
Ученый  ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»



 Л.И.Лосева

Почтовый адрес: 300012 г.Тула, Проспект Ленина, д. 92,
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
тел. (4872)35-34-44, факс (4872)35-81-81 e-mail: info@tsu.tula.ru,

Прохорцов Алексей Вячеславович,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Приборы и биотехнические системы».