

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе и
инновациям ФГАОУ ВО НИ ТПУ, д.т.н.

Степанов Игорь Борисович

« 28 » 06 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертацию Осипова Дмитрия Сергеевича «Модели и методы вейвлет анализа несинусоидальных нестационарных режимов электрических сетей 0,4–110 кВ», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

1. Актуальность темы исследования и ее связь с запросами практики.

В настоящее время наблюдается существенное увеличение в системах электроснабжения доли электроприёмников, искажающих синусоидальность формы кривой напряжения и тока. Несинусоидальные нестационарные режимы в электрических сетях являются причиной возникновения дополнительных потерь мощности и энергии в токоведущих частях, уменьшения срока службы элементов систем электроснабжения, возникновению резонансных перенапряжений и других негативных факторов. В рамках разработки положений интеллектуальной энергосистемы и цифровизации подстанций возникает актуальная задача разработки методов цифрового анализа режимов

работы электроэнергетических систем в условиях изменения текущих параметров режима при отклонении показателей качества от требуемых нормативов. Разработанные в диссертации Осипова Д.С. методы вейвлет анализа представляют возможность устранить недостатки преобразования Фурье в задачах цифровой обработки данных параметров нестационарных режимов электрических сетей.

Цели и задачи, содержание исследований, полученные научные и практические результаты и защищаемые положения рецензируемой диссертации в полной мере соответствуют плану мероприятий («Дорожной карте») Национальной технологической инициативы по направлению «Энерджинет» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2018 г. № 830-р) по развитию интеллектуальных эклектических сетей, развитию интеллектуального учета электроэнергии и внедрения новых алгоритмов цифровой обработки данных и принятия решений. В этой связи тема диссертации Осипова Д.С., основная направленность которой составляет развитие теории и практики гармонического анализа и вейвлет преобразования нестационарных несинусоидальных режимов электроэнергетических систем, безусловно, является актуальной.

2. Структура и содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Осипова Д.С. состоит из введения, шести глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложений. Рукопись изложена на 249 страницах основного текста, содержит 144 рисунка и 10 таблиц; список литературы включает 353 наименования.

Во введении достаточно полно и убедительно представлена и обоснована актуальность и значимость разработки методов цифрового анализа параметров режимов электрических сетей на основе вейвлет преобразования. Сформулирована научная новизна, практическая ценность и положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обоснование перспективности применения математического аппарата вейвлет преобразования для анализа нестационарных несинусоидальных режимов электрических сетей и систем. Сформулированы основные методические основы непрерывного, дискретного и пакетного вейвлет преобразования. Приведены доказательства эффективности применения вейвлет алгоритмов для фиксации локальных особенностей нестационарных сигналов, характеризующих режимы электрических сетей.

Во второй главе разработан критерий выбора типа вейвлет функции для анализа качества электроэнергии с учетом требований ГОСТ 30804.4.7–2013 в части ширины гармонических и интергармонических групп. Разработан метод расчета действующих значений токов и напряжений по вейвлет коэффициентам. Разработаны рекурсивные алгоритмы расчета переходных процессов в электрических сетях. Представлена идея вейвлет разложения исследуемого сигнала, характеризующего режим электрической сети, для сжатия потока данных в рамках реализации технологии «Цифровая подстанция».

В третьей главе приводятся результаты экспериментальных исследований показателей качества электроэнергии с использованием сертифицированного оборудования. Разработана методика расчета активной, реактивной и полной мощности при несинусоидальных режимах по коэффициентам пакетного вейвлет преобразования. Разработана методика идентификации интергармоник, как показателя качества электроэнергии.

В четвертой главе представлена методика анализа локальной энергии спектра тока замыкания на землю в сетях 6–35 кВ с компенсированной нейтралью. Произведена модернизация алгоритма сигнализации однофазного замыкания на землю с помощью вейвлет преобразования. Разработан способ определения частоты напряжения контура нулевой последовательности и алгоритм автоматического управления дугогасящим реактором.

В пятой главе разработан алгоритм расчета дополнительных потерь мощности в токоведущих частях при несинусоидальных нестационарных

режимах электрических сетей с учетом зависимости сопротивления от температуры.

В шестой главе представлены результаты проведения активного эксперимента по определению статических характеристик нагрузки на подстанции 35/6 кВ. Разработаны теоретические положения анализа самозапуска асинхронных двигателей (динамической устойчивости) при наличии в сети высших гармоник. Представлена методика анализа резонансных режимов с применением вейвлет преобразования.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

3. Степень новизны научных положений, результатов и выводов.

Диссертантом получен ряд результатов теоретических и расчётно-экспериментальных исследований, соответствующих в полной мере критерию научной новизны и подтвержденных рядом публикаций в ведущих журналах РФ и зарубежных изданиях. Наиболее значимыми из них являются следующие:

1. Разработаны методы анализа качества электроэнергии в электрических сетях 0,4–110 кВ на основе математического аппарата вейвлет преобразования.

2. Разработана методика численного расчета переходных процессов в электрических цепях на основе рекурсивного алгоритма и задании напряжения (э.д.с.) через вейвлет коэффициенты дискретного вейвлет преобразования.

3. Разработаны алгоритмы определения отходящей линии с ОЗЗ в сетях 6–35 кВ с компенсированной нейтралью на основе локальной энергии спектра вейвлет коэффициентов.

4. Предложена методика анализа и идентификации интергармоник, как показателя качества электроэнергии в сетях 0,4–110 кВ на основе вейвлет преобразования.

5. Проведена модернизация методов расчета дополнительных потерь мощности в токоведущих частях от высших гармоник и интергармоник с учетом зависимости сопротивления от температуры.

6. Разработана методика анализа самозапуска асинхронных электродвигателей с учетом несинусоидальности формы кривой напряжения в точке общего подключения.

Научные результаты диссертации Осипова Д.С. являются новыми и вносят существенный вклад в развитие теории и практики гармонического анализа и вейвлет преобразования нестационарных несинусоидальных режимов электроэнергетических систем.

4. Практическая значимость работы.

Практическая ценность диссертационных исследований заключается в разработке методов, математических моделей и алгоритмов обработки данных и сокращения объемов цифровой информации о характеристиках режимов электрических сетей для реализации задач непрерывного мониторинга и развития технологии «Цифровая подстанция».

В рецензируемой диссертации разработан способ автоматической компенсации ёмкостных токов в сетях 6–35 кВ.

5. Апробация и публикация результатов диссертационной работы.

По теме диссертации опубликовано 29 статей в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для публикации материалов докторских диссертаций; 15 статей, индексируемых в базе SCOPUS, получены патент и три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Научные положения и результаты исследований Осипова Д.С., представленные в трудах всероссийских и международных конференций, нашли применение на предприятиях электроэнергетической отрасли.

6. Соответствие работы паспорту специальности.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы по направлениям исследования:

- п. 6. «Разработка математического и физического моделирования в электроэнергетике»;
- п. 7. «Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем»;
- п. 12 «Разработка методов контроля и анализа качества электроэнергии и мер по его обеспечению».

7. Основные замечания по работе.

8.1. В п. 2.1 диссертации рассматриваются амплитудно-частотные характеристики вейвлет фильтров и критерии оптимального выбора материнского вейвлета, для которого, учитывая весьма ограниченный диапазон частот дискретизации измерительных систем, можно априори назначить количество рассчитываемых коэффициентов разложения, определяющих длину вейвлет фильтра и его характеристики.

8.2. Представленный в п. 2.3 метод расчета переходных процессов на основе вейвлет коэффициентов в рамках технологии «цифровые подстанции» не актуален ввиду наличия на этих подстанциях, как и на многих других, аналого-цифровых регистраторов аварийных процессов, позволяющих получить необходимую информацию об этих процессах.

Расчет различных прогнозируемых переходных процессов, для которых отсутствует натурная информация, осуществляется с помощью специализированных программно-вычислительных комплексов.

8.3. Наиболее актуальными и эффективными являются разработанные в диссертации методы расчета высших гармоник и интергармоник по вейвлет коэффициентам применительно к решению проблемы нормирования, анализа и обеспечения качества электроэнергии. Однако рассматриваемое наряду с дискретным и пакетным, непрерывное вейвлет преобразование вряд ли приемлемо для систем цифрового представления и коммуникации информации.

8.4. В п. 6.2 чрезмерно избыточно излагается метод статических характеристик нагрузки. Значительную часть этого материала следовало разместить в приложении.

8.5. В диссертационной работе используется множество аббревиатур, существенная часть которых не включена в список применяемых сокращений.

8.6. В автореферате на стр. 10 вместо ссылки на рисунок 2 указан рисунок 3.

Отмеченные замечания не снижают значение и ценность полученных в диссертации основных научных и практических результатов. Диссертация написана технически и литературно грамотно, в доказательном стиле, хорошо иллюстрирована.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертации, отражает её основные положения и выводы.

8. Заключение.

На основании вышеизложенного диссертационная работа Осипова Д.С. «Модели и методы вейвлет анализа несинусоидальных нестационарных режимов электрических сетей 0,4–110 кВ» является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых развивает теорию и практику гармонического анализа и вейвлет преобразования нестационарных несинусоидальных режимов электроэнергетических систем и электрических сетей 0,4–110 кВ. Работа выполнена самостоятельно, актуальность, научная новизна, практическая значимость соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, изложенным в п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), а автор Осипов Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО НИ ТПУ, протокол №6 от 28.06.2019 г.

И.о. руководителя Отделения
электроэнергетики и электротехники
Инженерной школы энергетики
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, к.т.н., доцент

Александр Сергеевич Ивашутенко

Профессор Отделения
электроэнергетики и электротехники
Инженерной школы энергетики
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, д.т.н.,
профессор

Александр Сергеевич Гусев

Удостоверяю, что подписи представлены работниками ФГАОУ ВО НИ ТПУ
А.С. Ивашутенко и А.С. Гусевым.

Ученый секретарь ФГАОУ ВО НИ ТПУ



О.А. Ананьева

Сведения о ведущей организации:

| | |
|---|--|
| Полное и сокращенное наименование организации | Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) |
| Место нахождения | 634050, Томская область, г. Томск, пр. Ленина, д. 30 |
| Телефон | +7 (3822) 60-63-33, +7 (3822) 60-64-44 |
| Адрес электронной почты | tpu@tpu.ru |
| Адрес сайта организации | http://tpu.ru |