

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Осипова Дмитрия Сергеевича**  
на тему «**Модели и методы вейвлет анализа несинусоидальных нестационарных режимов электрических сетей 0,4–110 кВ**» по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук

### **Актуальность работы.**

В настоящее время ведущие предприятия России, имеющие подстанции напряжением 6-10 кВ и выше всё активнее внедряют цифровые технологии в системах управления и автоматизации подстанций. Осуществляется переход на цифровые устройства релейной защиты и автоматики, определяются подходы к повышению наблюдаемости и управляемости подстанций, построению так называемых «цифровых подстанций», разрабатываются соответствующие государственные стандарты и нормативы предприятий, строятся испытательные полигоны и опытные цифровые подстанции. В СТО 59647007-29.240.10.248-2017 ПАО «ФСК ЕЭС» понятие цифровая подстанция определено как подстанция с высоким уровнем автоматизации, в которой практически все процессы информационного обмена между элементами ПС, а также управление работой ПС осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850. Тот же стандарт выдвигает требование использования на цифровых подстанциях трансформаторов тока (далее ТТ) и трансформаторов напряжения (далее ТН) с цифровым интерфейсом и применение интеллектуальных электронных устройств РЗА с возможностью приёма данных от ТТ и ТН в цифровом виде. При реализации этого требования требуется решать множество задач, в том числе касающихся цифровой обработки нестационарных и несинусоидальных сигналов и передачи информации об этих сигналах посредством интерфейсов связи. В этом ключе тема диссертационной работы Осипова Дмитрия Сергеевича, посвященная разработке математических основ анализа нестационарных и несинусоидальных режимов электрических сетей с применением теории вейвлетов видится **актуальной**.

**Новыми научными** достижениями, на мой взгляд, следует признать:

- предложен практический критерий выбора вейвлет функции для анализа нестационарных режимов электрических сетей 0,4–110 кВ;
- разработаны методы анализа качества электроэнергии в электроэнергетических системах на основе теории вейвлет преобразования;
- разработан рекурсивный численный метод расчета переходных процессов в электрических цепях;
- разработан алгоритм определения отходящей линии с замыканием фазы на землю в сетях 6–35 кВ с комбинированным заземлением нейтрали по локальному энергетическому спектру вейвлет коэффициентов;
- предложен метод расчета дополнительных потерь в кабельных линиях и трансформаторах от высших гармоник и интергармоник при учете зависимости сопротивления от фактической температуры;
- разработан метод идентификации интергармоник, как показателя качества электрической энергии на основе вейвлет преобразования.

**Практической ценностью** работы является разработанные автором математические модели и методы, позволяющие создать теоретическую основу для развития цифровых подстанций. Методы и теоретические положения, представленные в диссертации, имеют существенное значение для разработки алгоритмов интеллектуальных устройств релейной защиты и автоматики на базе микропроцессорной техники, что является основным видом деятельности ООО «НТЦ «Механотроника». Помимо устройств РЗА, математические модели и методы, представленные



автором, могут найти своё применение в измерительных устройствах, системах диагностики оборудования, системах контроля качества электроэнергетики.

При изучении автореферата диссертации возникли следующие **замечания**:

1. В автореферате на стр. 4, автор ссылается на необходимость, для анализа ОЗЗ, измерения сигналов с частотами 2-3 кГц, что согласно теореме Котельникова приводит к необходимости измерения сигналов с частотой дискретизации не менее 6 кГц и, согласно концепции цифровой подстанции, передачи этого сигнала по интерфейсу связи. Анализировал ли Автор необходимую скорость передачи информации для обеспечения этих требований, а также какая скорость передачи потребуется при применении предлагаемых методов анализа.

2. В автореферате на рисунке 10 (стр. 20) приведена характеристика изменения детализирующего вейвлет коэффициента, позволяющая зафиксировать изменение режима, что может быть полезно для организации цифровых защит. Автору следовало привести алгоритм обратного преобразования для установления связи номера вейвлет коэффициента и физического времени произошедшего события.

3. В автореферате на стр. 14 указано, что относительная погрешность расчёта по предложенному численному рекурсивному методу не превысила 3%. Поскольку на шаге 4 указанного метода восстанавливаются мгновенные значения функции, вероятно имелась в виду погрешность именно мгновенных значений. Поскольку устройства РЗА, как правило, работают не по мгновенным значениям, а по значениям, полученным после преобразования Фурье, либо по среднеквадратичным значениям, хотелось бы знать, проводил ли Автор анализ погрешности этих значений?

### **Заключение**

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку работы. В диссертации изложены новые научно обоснованные решения для развития цифровых устройств релейной защиты и автоматики и технологии «цифровая подстанция», внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация по новизне, обоснованности и достоверности научных положений, теоретической ценности и практической значимости полученных результатов удовлетворяет требованиям ВАК п. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней №842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, а её автор Осипов Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

к.т.н., главный специалист  
отдела сопровождения проектов  
департамента комплексного инжиниринга  
ООО «НТЦ «Механотроника»

Михалев  
Сергей Владимирович

15.08.19

Подпись Михалева Сергея Владимировича заверяю:  
Генеральный директор  
ООО «НТЦ «Механотроника»,

Шейкин  
Илья Станиславович



Адрес: 198206, г. Санкт-Петербург, ул. Пионерская, 23а  
Общество с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр комплексных проблем механотроники»  
Тел: +7 (812) 244-70-15 доб. 1450  
E-mail: sergey.mihalev@mtrele.ru