



Акционерное общество
«Научно-технический центр
Единой энергетической системы»
(АО «НТЦ ЕЭС»)

ул. Курчатова, д. 1, лит. А, Санкт-Петербург,
194223

тел. (812) 297 54 10, факс (812) 552 62 23

E-mail: ntc@ntcees.ru, <http://www.ntcees.ru>

ОКПО 00129704, ОГРН 1027801531427,

ИНН/КПП 7802001298/780201001

_____ № _____

на № _____ от _____

Г

Г

ОТЗЫВ

официального оппонента

Машалова Евгения Владимировича

на диссертационную работу Коваленко Павла Юрьевича

«Методы анализа низкочастотных колебаний и синхронизирующего действия генератора на базе векторных измерений», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Коваленко П. Ю. посвящена разработке методов анализа низкочастотных колебаний (НЧК), возникающих в электроэнергетической системе (ЭЭС) в процессе эксплуатации, а также изучению характеристик синхронного генератора, с помощью которых НЧК могут быть идентифицированы и оценены количественно.

Система мониторинга переходных режимов (СМПР), развернутая в ЕЭС России, на момент представления диссертационной работы позволяет получать синхронизированные по времени измерения напряжения, тока и частоты с 480 регистраторов, установленных на 78 объектах электроэнергетики. Планы развития СМПР предусматривают развертывание

около 1000 регистраторов на 200 объектах до 2020 года. Таким образом, наряду с существующей системой телеизмерений появился новый, высокотехнологичный источник данных измерений с широким охватом и недостижимыми ранее показателями точности. Поскольку СМПР позволяет не только сохранять данные, но и предоставлять к ним доступ в режиме близком к реальному времени, становится актуальной разработка методов, использующих новый тип измерений для оперативного управления ЭЭС. В представленной работе рассматривается ряд методов, предназначенных для выявления и оценки НЧК, которые представляют опасность для устойчивости и надежности ЭЭС, и являются одной из причин снижения нормированной пропускной способности сетей.

Новизна проведённых исследований и полученных результатов

Новизна диссертационной работы заключается в разработке методов идентификации и анализа НЧК, а также метода оценки синхронизирующего действия генератора на основе расчета удельной синхронизирующей мощности.

К числу наиболее существенных результатов диссертации следует отнести:

- разработку новых методов идентификации и анализа НЧК;
- проведение экспериментального сравнительного анализа способов определения угла нагрузки синхронного генератора;
- выполнение анализа синхронизирующего действия генераторов в процессе НЧК на основе расчета удельной синхронизирующей мощности и её нормированной оценки.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Достоверность полученных выводов подтверждается корректным использованием положений теорий ЭЭС и обработки сигналов, применением соответствующих математических методов, а также вычислительными экспериментами на применяемых в исследованиях и практике математических и физической моделях ЭЭС и анализом данных, полученных от систем измерений, установленных в ЕЭС России.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

В работе предложены решения для идентификации НЧК по данным СМПР, а также метод оценки синхронизирующего действия генератора в режиме реального времени.

Практическая ценность результатов работы заключается в том, что на основе разработанных методов создан программный комплекс «ПО мониторинга низкочастотных колебаний», который использует данные СМПР. С помощью данного программного комплекса были проведены исследования НЧК в ЕЭС России, которые показали наличие слабо демпфированных НЧК с амплитудой, достигающей десятков мегаватт. В процессе исследований также были идентифицированы доминантные моды межзональных и локальных НЧК.

Метод определения синхронизирующей мощности генератора защищен патентом РФ. Данный метод предполагается к использованию в системе мониторинга системных регуляторов.

Замечания по диссертационной работе в целом

1. Метод скользящих парабол (с. 59) предлагается в качестве альтернативы многомерной оптимизации для поиска экстремумов исследуемого сигнала. Не ясно, какой вид многомерной оптимизации имеется в виду, если исходные данные представлены последовательностью выборок сигнала, а не аналитической функцией нескольких переменных, и как многомерная оптимизация связана с задачей поиска множества экстремумов на интервале функции?

2. Использование метода скользящих парабол, который предлагается как метод поиска единственного локального экстремума на интервале, в итоге (с. 60) приводит к необходимости выбора из множества экстремумов, найденных на последовательности шагов аппроксимации. Усреднение предлагается считать оптимальным способом разрешения этой неоднозначности на основании сравнений с другими, не упомянутыми в работе способами. В табл 2.1 на с. 55 предлагается вести аппроксимацию на интервале в 50 точек. В этом случае аппроксимация потребует применения регрессионного метода с сопутствующими вычислительными затратами. Кроме того, предложенный метод означает поиск экстремумов в сигнале, прошедшем некоторый нестандартный фильтр низкой частоты (50-точечный параболический фильтр со сдвигом окна на 20 точек (табл 2.1, с. 55), что, очевидно, приведет к разрывам сигнала на выходе). Может ли автор, учитывая перечисленные особенности, обосновать выбор данного метода в сравнении, например, с методом прямого поиска экстремумов в сигнале после ФНЧ?

3. Алгоритм устранения тренда (с. 73) предполагает аппроксимацию данных полиномом третьего порядка на некотором интервале усреднения. Какие параметры интервала (длина и перекрытие) рекомендуются для сигналов от СМПП, или быть может, эти параметры определяются автоматически? Проводилось ли сравнение разработанного

алгоритма с классическими алгоритмами detrend на базе метода наименьших квадратов, реализованных практически во всех библиотеках обработки сигналов? Судя по тексту выводов на с. 74 для выполнения ДПФ в частотном EMD использует устранение тренда по «средней линии», полученной по методу скользящих статистических отрезков (с. 57), которая имеет кусочно-линейный вид. Не приводит ли отказ от использования в устранении тренда гладкой кривой к появлению в ДПФ искажений?

4. На с. 113 в таблице 4.1 приведены пороговые значения для определения уровня опасности НЧК. Данный набор параметров, определен, как следует из текста, экспертным путем, и судя по всему рассматривается как набор параметров по умолчанию. С учетом того, что для определения допустимых перетоков в ЭЭС в обязательном порядке выполняются стандартные расчеты статической (СУ) и динамической устойчивости (ДУ), не следует ли связать параметры определения уровня опасности с результатами расчетов СУ (как это уже сделано для амплитуды НЧК мощности в сечении) и, главным образом – ДУ конкретной энергосистемы?

Общая характеристика диссертационной работы

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с разработкой методов анализа и оценки устойчивости энергосистемы на основе данных СМНР. Эта работа имеет большое значение для повышения устойчивости и надежности ЭЭС.

Выносимые на защиту результаты диссертации прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях, в том числе с международным участием, и опубликованы в достаточном количестве научных трудов соискателя. По результатам исследования опубликовано 22

печатных работы, в том числе статьи в изданиях «Вестник ЮУрГУ», «Электрические станции», «Научное обозрение», «Известия НТЦ ЕЭС», включенных в перечень, рекомендованных ВАК. Кроме того, 4 статьи включены в базы цитирования Scopus и Web of Science.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор – Коваленко Павел Юрьевич – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».



Официальный оппонент,
Начальник отдела
автоматизации управления
режимами энергосистем,
к.т.н.



Машалов Евгений Владимирович

Подпись Машалова Е.В. заверяю

Научный руководитель АО «НТЦ ЕЭС»,
д.т.н., профессор



Кощев Л.А.