ОТЗЫВ

официального оппонента – кандидата технических наук,
заместителя директора по управлению режимами ЕЭС АО «СО ЕЭС»
Жукова Андрея Васильевича на диссертационную работу
Близнюка Дмитрия Игоревича
«Идентификация параметров эквивалентов ЭЭС по данным
синхронизированных векторных измерений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.02 – «Электрические станции
и электроэнергетические системы»

1. Актуальность темы

Диссертационная работа Близнюка Д. И. посвящена актуальным вопросам развития цифровых технологий управления электрическим режимом электроэнергетической системы (ЭЭС) в режиме реального времени на платформе синхронизированных векторных измерений (СВИ).

Теоретическое обоснование и практическое решение актуального вопроса – разработки методов определения в режиме реального времени на основе актуальной информации о текущих схемно-режимных условиях работы ЭЭС параметров расчетных моделей ЭЭС, - является необходимым условием разработки адаптивных технологических алгоритмов и создания современных цифровых систем автоматического режимного и противоаварийного управления (РА, ПА) интеллектуальных энергосистем будущего, что соответствует стратегическим направлениям развития российской электроэнергетики. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р) формирует ориентиры развития энергетического сектора страны в рамках перехода российской экономики на инновационный путь развития:

- создание высокоинтегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в ЕЭС России (интеллектуальные сети - Smart Grids);
- широкое развитие распределенной генерации;
- развитие силовой электроники и устройств на их основе, прежде всего различного рода сетевых управляемых устройств (гибкие системы передачи переменного тока - FACTS);

- создание высокоинтегрированного информационно-управляющего комплекса оперативно-диспетчерского управления в режиме реального времени с экспертно-расчетными системами принятия решений;

- создание и широкое внедрение централизованных систем противоаварийного управления, охватывающих все уровни Единой энергетической системы России и т.д.

Анализируя перспективные направления развития российской электроэнергетики, влияние внедряемого современного инновационного силового оборудования на режимы работы, статические и динамические характеристики ЕЭС России очевидно, что проблема идентификации параметров эквивалентов и адаптации расчетных моделей ЕЭС России в режиме реального времени к схемно-режимным условиям ее работы, является ключевой при решении задач адаптивного автоматического управления электрическим режимом работы интеллектуальной ЕЭС России.

Соискатель правильно выделил важное направление развития систем управления энергосистемами в условиях развития современной электроэнергетики – применение для этой задачи синхронизированных векторных измерений параметров электрического режима. Это позволит обеспечить более высокую точность решения задач управления и решение задачи координированного автоматического противоаварийного управления режимом работы энергосистем, входящих с состав ЕЭС России.

На основании изложенного с полным основанием можно заключить, что по содержанию диссертационная работа актуальна и полностью соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ по специальности 05.14.02 – Электростанции и электроэнергетические системы и является актуальной.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна состоит в разработанных автором методах определения параметров синхронной машины (СМ), эквивалентной СМ, параметров ветвей узловых эквивалентов в реальном масштабе времени по параметрам электромеханического переходного процесса в ЭЭС, полученных с применением технологии СВИ.

Указанное выше, а также исследования автора в области развития технологии СВИ в части возможности ее применения для получения параметров электрического режима на интервалах времени «внутри» периода промышленной частоты,

определения параметров инерционной составляющей и скорости вращения ротора СМ является важным этапом развития идеологии применения СВИ для задач автоматического противоаварийного и режимного управления ЭЭС, разработки современных адаптивных методов управления.

Необходимо отметить, что актуальность и результаты исследований автора находятся в мировом тренде исследований по применению СВИ для технологических задач управления в электроэнергетике.

3. Теоретическая и практическая значимость результатов, их реализация

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методов определения в режиме реального времени на базе СВИ параметров эквивалентов и моделей ЭЭС, применяемых в задачах управления режимами энергосистем, и прежде всего, в задачах автоматического управления.

Практическая значимость заключается в возможности повышения эффективности и надёжности работы ЭЭС за счёт применения в системах автоматического управления адаптивных технологических алгоритмов, осуществляющих определение оптимальных управляющих воздействий на основе актуализированных значений параметров эквивалентов и моделей ЭЭС, полученных в режиме реального времени по фактическим параметрам переходного режима в ЭЭС.

Полученные результаты научных исследований позволяют расширить область применения и повысить уровень технического совершенства цифровых устройств и комплексов противоаварийного, режимного управления ЭЭС, систем мониторинга и управления (регулирования) силового оборудования.

4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций

Выполнение требований достоверности и обоснованности выводов и рекомендаций обеспечивается корректным применением методов теории ЭЭС, обработки сигналов, математики, проведением экспериментов на физических и математических моделях с анализом полученных результатов, их обсуждением с компетентными специалистами предприятий отрасли, патентом РФ «Система определения инерционной постоянной синхронной машины».

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Близнюка Д.И. в полном объеме отвечает критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842. В диссертации соблюдены следующие принципы соответствия:

5.1. Указанная диссертантом цель работы – разработка методов определения параметров эквивалентов ЭЭС в режиме реального времени с использованием СВИ, полученных в течение электромеханического переходного процесса

– достигнута в рамках представленной диссертационной работы.

5.2. Содержание автореферата диссертации Близнюка Д.И. соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической значимости и др.

5.3. Основные выводы и результаты диссертационной работы в полной мере соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором структурно, логично и содержательно.

5.4. Научные публикации Близнюка Д.И., изданные в период с 2015 по 2018 гг., соответствуют диссертационной работе и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные полученные результаты, рекомендации и выводы.

5.5. Тема и содержание диссертации Близнюка Д.И. соответствует паспорту специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»:

– по направлению исследования, связанному с повышением эффективности противоаварийного управления режимами электроэнергетических систем, и реализующему получение существенных научно-технических результатов по «...развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономичного и надежного производства электроэнергии, ее транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и требуемого качества…» в соответствии с формулой специальности;

– по областям исследования в соответствии с пунктами паспорта специальности:

П.2. Разработка методов анализа режимных параметров основного оборудования электростанций.

П.6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.

П.7. Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем.

П.13. Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике;

– по объектам исследования – методы математического моделирования

– в части «…электроэнергетических систем, электрических сетей и систем электроснабжения…».

Диссертационная работа Близнюка Д.И. написана грамотным языком, корректным в научном и техническом отношениях. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания их сути, четко, доступно и репрезентативно.

6. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 96 наименований и 1 приложения, содержит 124 страницы, включая 63 рисунка и 13 таблиц.

Содержание диссертации.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована её актуальность, представлены цели, задачи, научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе представлены результаты анализа существующих методов получения параметров эквивалентных моделей ЭЭС.

Особое внимание уделено узловой модели, используемой в цифровых моделях централизованных системах противоаварийной автоматики (ЦСПА) и эквивалентному (упрощенному) представлению синхронных машин, нагрузок.

Во второй главе представлены разработанные методы определения параметров эквивалентной модели СМ и результаты исследования, подтверждающие достоверность вычисленных предложенными методами параметров и возможность их определения на основе реальных измерений.

В третьей главе представлены методы определения параметров узлового эквивалента электрической сети и результаты их проверки с помощью математического моделирования.

В четвертой главе представлены разработанные методы определения параметров электрического режима по данным измерений мгновенных токов и напряжений. Доказана их корректность и возможность практического применения.

В заключении приведены выводы и обобщения полученных в работе результатов.

7. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

1. В работе не приведен анализ состояния вопроса в части оценки уровня исследований и достигнутых результатов, изложенных в зарубежных научных публикациях по теме диссертации.

2. Необходимо пояснить утверждение, относящееся к формуле 2.8 о возможности вычисления составляющей электромагнитной мощности, соответствующей значению угла нагрузки СМ, из уравнения движения СМ при отсутствии данных о параметрах СМ.

3. Каким образом определяется текущий угол нагрузки СМ, используемый для определения эквивалентного сопротивления СМ по формуле 2.12? Каким образом определяется напряжение U эквивалентного генератора, используемое в формуле 2.13 для расчета угла нагрузки эквивалентного генератора, учитывая, что в эквивалент могут входить генераторы с различным номинальным и текущим напряжением статора?

4. При описании узлового эквивалента (раздел 3.3.3) упоминается, что «к узлам эквивалента подключаются модели нагрузок и генераторов», однако в разделе никак не поясняется, каким образом будут формироваться модели нагрузки, а говорится лишь о моделях генератора.

5. Требования международных (IEEE C37.118.1-2011 «IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems») и отечественных (СТО 59012820.29.020.011-2016 «Релейная защита и автоматика. Устройства синхронизированных векторных измерений. Нормы и требования) стандартов предусматривают классификацию устройств СВИ (УСВИ): класс М для целей мониторинга параметров электрического режима ЭЭС и класс Р для задач РЗА. Одним из результатов проведенных в диссертации исследований должно было бы стать обоснование требований к качеству применяемых СВИ, в том числе проведен анализ существующих НТД и обоснована необходимость изменения требований к характеристикам СВИ для их применения в задачах противоаварийного и режимного управления.

6. Модель синхронной машины (синхронного генератора) должна включать моделирование системы автоматического регулирования возбуждения. Для этих целей необходимо использование данных измерений параметров системы возбуждения (напряжение и ток возбуждения генератора). В диссертации данный вопрос не нашел отражения.

7. В работе использовались модельные данные СВИ и реальные данные СВИ электромеханических переходных процессов, собранные с объектов электроэнергетики ЕЭС России. В работе не приведены рекомендации по

предварительной обработке реальных данных СВИ перед их применением в исследуемых задачах.

8. Оценка эффективности работы систем регулирования синхронных генераторов в условиях интенсивных электромеханических переходных процессов в энергосистеме подразумевает оценку в режиме реального времени демпфирующих свойств и расчет коэффициента демпфирования колебаний параметров электрического режима. В диссертации данный вопрос недостаточно освещен.

9. В диссертации сделан вывод о том, что параметры адаптивной модели СМ начинают определяться с высокой точностью через 1 с после возмущения. Это означает, что противоаварийная автоматика, реагирующая на динамическое изменение параметров электрического режима в интервале времени до 1 с теряет свою эффективность, что требует анализа возможностей применения предлагаемых методов для конкретных задач противоаварийного управления. Решение данного вопроса посредством увеличения дискретизации измерений требует оценки требуемого быстродействия и достигаемой точности измерений.

10. В тексте диссертации присутствуют опечатки и неточности редакционного характера.

8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа Близнюка Дмитрия Игоревича является самостоятельной, законченной, актуальной научно-квалификационной работой, обладающей новизной и практической значимостью. В работе предложены и развиты методы определения параметров эквивалентных синхронных машин и эквивалентов электроэнергетической системы, определения параметров электрических режимов во время переходных процессов.

Основные научные выводы базируются на анализе функционирования электроэнергетических систем, в связи с чем содержание представляемой работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано. Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы и полностью ей соответствует.

Основные научные результаты диссертации подробно изложены в публикациях: диссертантом опубликованы 15 работ, в том числе 5 – в зарубежных

изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, 4 – в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Диссертационная работа Близнюка Дмитрия Игоревича отвечает всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Официальный оппонент

Заместитель директора
по управлению режимами ЕЭС
АО «Системный оператор
Единой энергетической системы»,
к.т.н.

Жуков Андрей Васильевич
14 ноября 2018 г.

Подпись Жукова А.В. удостоверяю
Заместитель директора по
управлению персоналом –
начальник Департамента
управления персоналом
О.О. Шарипанов

АО «СО ЕЭС»: 109074, Россия, г. Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3
т. 8(495)627-83-06
Email: Zhukov@so-ups.ru