

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Суворова Алексея Александровича

«Всерезимная верификация средств моделирования электроэнергетических систем», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время важнейшими практическими задачами в электроэнергетических системах (ЭЭС) являются: оценка статической и динамической устойчивости и определение на ее основе максимально допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях, определение условий работы силового оборудования при возникновении в энергосистеме различных возмущающих воздействий, выполнение настройки средств релейной защиты и автоматики и др. Данные задачи решаются, преимущественно, путем математического моделирования режимов работы ЭЭС. Однако используемые для этого различные программно-вычислительные комплексы (ПВК) расчета режимов и процессов в ЭЭС далеко не всегда обеспечивают необходимую для надежного и эффективного решения указанных задач полноту и достоверность этих расчетов из-за неизбежно применяемых в ПВК упрощений и ограничений, связанных с численной реализацией математического моделирования. Поэтому актуальным вопросом является их верификация, которая при ориентации на использование натурных данных оказывается достаточно ограниченной. В связи с этим, диссертационная работа, посвященная решению проблемы верификации различных ПВК расчета электроэнергетических режимов ЭЭС, несомненно актуальна.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 131 наименования, совокупным объемом 134 страницы, включая 12 таблиц, 63 рисунка, а также трех приложений.

Во введении кратко обозначены проблема, её актуальность и направление решения проблемы, сформулированы цели, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены выносимые на защиту положения, а также необходимые сведения о методах

и способах решения проблемы, достоверности результатов исследований, апробации и публикации материалов диссертации, её структуре и объеме.

В первой главе выявлены и обоснованы причины существования проблемы всережимной верификации различных ПВК расчета режимов и процессов в ЭЭС, а также ограниченности её решения в рамках существующего подхода, ориентированного на использование натурных данных. Предложено альтернативное решение данной проблемы, заключающееся в использовании информации, получаемой с помощью модельного эталона – экспериментального образца Всережимного моделирующего комплекса реального времени электроэнергетических систем (ВМК РВ ЭЭС). Однако, как справедливо указано в работе, такое средство образует сложный программно-технический комплекс, промышленное изготовление и широкомасштабное внедрение которого представляет собой весьма дорогостоящий и длительно реализуемый бизнес-проект, осуществление которого в настоящее время может рассматриваться как некоторая перспектива, но его экспериментальный образец может успешно использоваться для верификации различных ПВК.

Во второй главе сформулированы и обоснованы необходимые для осуществления разработанной концепции всережимной верификации свойства и возможности средств её реализации, в данном случае экспериментального образца ВМК РВ ЭЭС.

В третьей главе изложены конкретные действия по осуществлению всережимной верификации ПВК расчета режимов и процессов в ЭЭС, образующие соответствующую методику.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям разработанных средств всережимной верификации различных ПВК расчета режимов и процессов в ЭЭС, а также анализу результатов этих исследований.

В заключении сформулированы главные результаты диссертационной работы, подтверждающие успешное решение всех поставленных задач и достижение цели работы.

3. Опубликованность и апробация материалов диссертационной работы.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Материалов диссертации достаточно полно отражены в 34 публикациях, включающих 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и двух патентах на изобретения, а также проведена их апробация на 13

международных и всероссийских научно-технических конференциях и конкурсах.

4. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Содержание диссертации и автореферата соответствуют пунктам 6, 7, 9 и 13 паспорта научной специальности 05.14.02.

5. Степень обоснованности научных положений и достоверности полученных результатов.

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов базируются на определяемых теорией методов дискретизации для обыкновенных дифференциальных уравнений ограничительных условиях применимости методов их численного интегрирования, определяемых официальными документами характеристиках современных ПВК, классических положениях и законах теоретической электротехники и математики, использовании метода непрерывного неявного методически точного интегрирования дифференциальных уравнений и соответствиях имеющимся натурным данным.

6. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

1. Выявлены и обоснованы причины существования проблемы всережимной верификации ПВК расчета режимов и процессов в ЭЭС, а также направление её решения, основанное на использовании в качестве источника достаточно достоверной информации о процессах в оборудовании и ЭЭС в целом, необходимой для всережимной верификации различных ПВК, модельного эталона – экспериментального образца ВМК РВ ЭЭС.

2. Обоснована и сформулирована концепция всережимной верификации ПВК расчета режимов и процессов в ЭЭС, а также методика её осуществления.

3. Выполнен комплекс экспериментальных исследований, доказывающих свойства и возможности разработанных средств всережимной верификации, позволяющие обосновано определять уровень полноты и достоверности результатов расчетов режимов и процессов в ЭЭС с помощью различных ПВК.

7. Ценность для практики результатов диссертационной работы.

Разработанные средства позволяют осуществлять всережимную верификацию различных ПВК расчета режимов и процессов в ЭЭС, что даёт возможность определять уровень полноты и достоверности получаемых с помощью ПВК результатов, и соответственно адекватность принимаемых на их основе решений важных и сложных задач проектирования, исследования и эксплуатации ЭЭС. Практическая ценность результатов работы подтверждена актами их использования в ОАО «Томские магистральные сети» и АО «Институт автоматизации энергетических систем».

8. Замечания по диссертационной работе.

1. Использование формулы (1.8) на рис.22 для доказательства «низкой и неопределённой достоверности численных расчетов» без указания условий и ограничений применения данной формулы неправомерно, так как если вместо шага интегрирования равного 10^{-5} с взять значение, например, 10^{-3} с, то значение ошибки численного решения снизится со 100% до 1%. Необходимо обосновать принятые значения параметров, подставляемых в формулу. Точно так же требует более развернутого доказательства применительно к задачам, решаемым в электроэнергетике, фраза на стр.19 по отношению к условию 1.4 о том, что «выполнение данного условия, как и предыдущего, также является неопределенным и маловероятным».

2. Стр.22, п.1.2. Нельзя говорить, что программные комплексы расчета нормальных установившихся режимов используют модели «исключающие регулирование напряжения и реактивной мощности синхронных машин», так как при расчете установившегося режима для генераторных узлов реактивная мощность рассчитывается как раз исходя из условия поддержания напряжения в узле.

3. Неудачный пример разницы между реальным и расчетным процессом приведен на рис.2 стр.27, так как в данном случае разница между ними определяется не погрешностью расчета или методической ошибкой, а недостаточной точностью исходных данных для моделирования. График расчетного процесса на данном рисунке приведен до верификации расчетной модели, после уточнения исходных данных получен расчетный процесс, близкий к реальному.

4. При получении данных ТИ и ТС из ОИК для доверификации этих данных необходимо выполнять оценивание состояния режима ЭЭС, так

как приведенных методов достоверизации, на мой взгляд, недостаточно, так как погрешность исходных данных «сведет на нет» выигрыш при снижении методической погрешности.

5. Стр.41. Нельзя говорить об исключении необходимости верификации модельного эталона, так как верификация необходима не только и не столько для проверки работы алгоритмов расчета, сколько для верификации исходных данных (параметров электрооборудования) модели.

6. Стр.45. Непонятно, что имеется в виду, когда говорится «о неприменимости классических математических методов теории автоматического управления для оценки колебательной устойчивости реальных ЭЭС». Что такое классические методы? Например, в ПВК Eurostag есть модуль, позволяющий оценивать устойчивость энергосистемы по анализу корней характеристического уравнения. Является ли это классическим методом?

7. В главе 4 выполнено сравнение всережимной модели с различными программами расчета. На мой взгляд, некорректно сравнивать расчеты электромагнитных процессов или коммутационных перенапряжений с ПВК Eurostag, так как это программный комплекс предназначен для расчета электромеханических переходных процессов.

8. Стр.89, рис.49. Во-первых, при работе УРОВ запрещается действие АПВ, во-вторых, выдержка времени АПВ 0,25 с явно занижена.

9. Необходимо было бы выполнить сравнение разработанной всережимной модели с физической моделью энергосистемы (преимущества, недостатки).

9. Заключение.

Замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертации и носят уточняющий, рекомендательный характер.

Основываясь на вышеизложенном считаю, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Полученные на основе выполненных исследований и разработок результаты являются значимыми для современной электроэнергетической науки и практики. Диссертационная работа «Всережимная верификация средств моделирования электроэнергетических систем» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и п.п. 9-14, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с

изменениями Постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней», а её автор Суворов Алексей Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент
Начальник службы внедрения
противоаварийной и режимной
автоматики АО «Системный оператор
Единой энергетической системы»,
доктор технических наук по специальности
05.14.02 – Электрические станции и
электроэнергетические системы, доцент

 Сацук
Евгений
Иванович

Сведения:

Полное наименование организации:

Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы».

Почтовый адрес: 109074, Москва, Китайгородский проезд, д.7, стр.3.

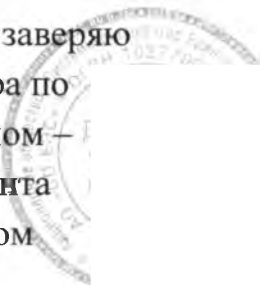
Телефон: +7 (499) 218-88-88

Эл. адрес: satsuk-ei@so-ups.ru

Должность: Начальник службы внедрения противоаварийной и режимной автоматики

Ф.И.О.: Сацук Евгений Иванович

Подпись Е.И. Сацука заверяю
Заместитель директора по
управлению персоналом –
начальник Департамента
управления персоналом



 П.О. Шарыпанов