

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»

Драгунов В.К.

«15» марта 2019 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертационную работу Воронова Павла Леонидовича «Разработка и реализация методик и алгоритмов расчета по частям симметричных и несимметричных режимов систем электроснабжения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 –
Электротехнические комплексы и системы**

Актуальность исследования. Современная концепция развития систем электроснабжения (СЭС) и электросетевых комплексов с распределенной генерацией предусматривает наряду с совершенствованием силового электрооборудования и новых технологических устройств повышения качества электроэнергии (ЭЭ) и создание управляющих комплексов и систем, включающих средства анализа и расчета нормальных и аварийных режимов в темпе процесса, а также средств системной автоматики и управления электропотреблением. Представленное в работе исследование имеет своей целью разработку и реализацию методик и алгоритмов таких расчетов в сложно-разветвленных СЭС тензорно-топологическим методом. Разработка алгоритмов, реализующих на практике данный метод для анализа симметричных и несимметричных режимов СЭС, характеризующихся сложной топологической структурой и разветвленной архитектурой с децентрализованными источниками питания является актуальной задачей.

Новизна исследований и значимость полученных результатов.
Научную новизну диссертационной работы определяют следующие

результаты исследования, полученные лично соискателем:

1. Предложена и исследована модифицированная двумерная топологическая модель ортогональной электрической сети и раскрыта двойственность между её геометрической конфигурацией и параметрами режима СЭС, отражающая физическое содержание сингулярных и несингулярных матриц преобразования, а также замкнутых (соленоидальных) и открытых (ламинарных) путей токов и напряжений.

2. Разработаны и практически реализованы на ЭЦВМ методики и алгоритмы расчета по частям крупномасштабных СЭС, а также автоматического формирования матриц, используемых при объединении решений связанных и изолированных подсхем СЭС, рассчитываемых по частям, не зависящие от числа и вида взаимосвязей подсхем, и удобных для расчетов на ПВК.

3. Построены и адаптированы математические модели синхронных генераторов и электрических сетей в вещественных и в комплексных вращающихся системах координат с помощью тензорных преобразований и ковариантной производной по времени, позволяющие рассчитывать режимы работы СЭС с распределенной генерацией.

4. Разработаны на основе тензорно-топологического метода и теории ортогональных сетей методика и алгоритмы расчета несимметричных и сложных видов повреждений в СЭС, отличающихся от традиционных методов совместным использованием матриц преобразования координат, уравнений связи и рассчитанных по частям схем последовательностей для симметричных составляющих.

Значимость результатов исследования для науки заключается в теоретическом обосновании алгоритмов автоматического формирования схем замещения СЭС, рассчитываемых по частям, несингулярных матриц преобразования и объединения решений подсистем, обеспечивающих высокую скорость расчетов для оценки и прогнозирования режимов в темпе процесса, а также методик эквивалентирования и упрощения сетей

СЭС, обеспечивающих инвариантность мощности, сохранение узлов подключения генераторов и мощных двигателей, участвующих в подпитке мест повреждения, при анализе переходных электромагнитных процессов и при вычислении собственных значений сети, определяющих характер свободных процессов.

Обоснованность и достоверность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций работы обеспечиваются корректным применением законов теоретической электротехники, апробированных математических методов анализа и программирования, опирающихся на современную теоретико-методологическую базу известных научных школ, совпадением результатов моделирования и проведенных расчетов с результатами, полученными на современных общепризнанных программных продуктах.

Практическую значимость представляют разработанные автором математические модели элементов СЭС, алгоритмы и программное обеспечение, получившее государственную регистрацию, реализующие расчеты электрических величин при симметричных и несимметричных режимах в сложно-разветвленных СЭС по частям, могут быть использованы предприятиями и организациями, занимающимися проектированием и эксплуатацией электрооборудования электротехнических комплексов и систем любого класса напряжений.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Целесообразно продолжить работу в перспективных направлениях решения задач по разработке и реализации алгоритмов применительно к современным системам управления СЭС для текущего планирования и оптимального выбора работающих агрегатов распределенной генерации и нагрузок, а также для системной автоматики на основе ортогональной теории моделирования и решения по частям задач тензорно-топологическим методом.

Основные положения диссертации нашли отражение в 35 научных

публикациях автора, в том числе 5 в журналах, входящих в перечень ВАК, а также в 2-х свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ и в докладах на международных и всероссийских конференциях. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями Положения о присуждении ученых степеней и Положений о диссертационном совете. Она изложена на 258 страницах, имеет 3 приложения и библиографический список, состоящий из 157 наименований.

Общие замечания и вопросы по диссертации. Отмечая достоинства диссертационной работы, ее практическую значимость и научную новизну, следует высказать некоторые замечания и внести ясность в отдельные вопросы.

1. Центральное место в обосновании основных преобразований, используемых Г. Кроном, занимает постулат об инвариантности мощности. Очевидно, что мощность при физических преобразованиях СЭС (разрезании ветвей, введении заземляющих точек и т.п.) должна изменяться. В этой связи возникает вопрос об условиях справедливости метода расчета систем по частям и почему введение двойственной структуры ортогональных сетей обеспечивает инвариантность мощности?

2. В диссертации применяются различные модели: математические, электрические в виде схем замещения, топологические, однако подробно не поясняется их различие и не объясняется, почему в методе расчета по частям целесообразно использовать расчленение топологических моделей (схем замещения), а не разделение системы тензорных уравнений.?

3. В четвертой главе диссертации приведены полезные математические модели идеализированной синхронной машины и матрицы преобразования их к различным действительным и комплексным системам координат. Однако отсутствуют выражения для мгновенной мощности и электромагнитного момента, определяемые через параметры и переменные при комплексных инвариантных преобразованиях, при которых достигаются существенные упрощения. Интересно знать, каковы условия

налагаются в этом случае на матрицы преобразования и почему системы нулевой последовательности переменных ротора и статора оказываются не связаны друг с другом?

4. Методика расчета несимметричных и сложных видов повреждений, основанная в работе на ортогональных уравнениях, используется совместно с методом симметричных составляющих. При каких условиях возможно ее применение к исследованию электромагнитных переходных процессов В СЭС?

5. Объем диссертационной работы излишне большой. Его можно бы было сократить, например, за счет материала, представленного в разделах 1.1 и 1.4 первой главы.

В целом высказанные замечания не снижают научной и практической ценности работы и не ставят под сомнение основные положения и выводы ее. Они могут быть учтены соискателем в дальнейших исследованиях.

Заключение. Представленная диссертационная работа соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., №842. В соответствии с п.п. 9-14 она является завершенной научно-квалификационной работой. В соответствии с п. 10 диссертация обладает внутренним единством изложения и содержит новые научно обоснованные результаты исследования, имеющие существенное значение для науки и практики в области разработки методов анализа и расчета режимов сложно-разветвленных и крупномасштабных систем электроснабжения.

Она соответствует формуле и областям исследования паспорта специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. В ней содержатся ссылки на источники заимствования материалов и на работы других авторов.

Диссертационная работа «Разработка и реализация методик и алгоритмов расчета по частям симметричных и несимметричных режимов систем электроснабжения», отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям с точки зрения актуальности, новизны и практической значимости полученных результатов, а ее автор, **Воронов Павел Леонидович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв составил доктор технических наук, профессор С.И. Гамазин – профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий.

Диссертационная работа, автореферат диссертации, а также отзыв ведущей организации были обсуждены и одобрены на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Протокол № 6 от 14 марта 2019 г.

Заведующий кафедрой
«Электроснабжения
промышленных предприятий и
электротехнологий» Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»,
кандидат технических наук, доцент

Цырук
Сергей Александрович

«14» марта 2019 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«МЭИ»

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14.
Тел. +7 495 673-32-80 e-mail: TsyrukSA@mpei.ru

ВЕРНО
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УЧЕНОГО СОВЕТА
НИУ МЭИ