

Отзыв

на автореферат диссертации **Иванова Дмитрия Михайловича**
«Моделирование и анализ переходных процессов при ограничении тока
короткого замыкания в электроэнергетической системе с
высокотемпературным сверхпроводящим трансформатором»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.4.3 «Электроэнергетика»

Одной из ключевых задач современной электроэнергетики является управление уровнями токов короткого замыкания в условиях роста установленной мощности генерации и ограничений по ресурсу коммутационной аппаратуры. Высокие уровни токов КЗ приводят к ускоренному выходу из строя силового оборудования, влияют на устойчивость режимов работы электроэнергетических систем. На этом фоне поиск решений, сочетающих ограничение токов КЗ с повышением энергоэффективности и надежности, в том числе на основе высокотемпературных сверхпроводящих устройств, представляет значимый научный и практический интерес и соответствует современным приоритетам развития электроэнергетики.

Объектом исследования в диссертационной работе являются электрические сети, в состав которых включены высокотемпературные сверхпроводящие (ВТСП) трансформаторы, предметом – совокупность электромагнитных, электромеханических и тепловых переходных процессов в таких системах при нормальных и аварийных режимах. Цель исследования сформулирована как определение условий применения ВТСП трансформаторов для ограничения токов КЗ и повышения динамической устойчивости параллельной работы генераторов на основе комплексного моделирования переходных процессов. Для достижения цели автором решен взаимосвязанный комплекс задач, включающий построение математических и имитационных моделей однофазных и трехфазных сетей с ВТСП трансформатором, создание физических прототипов, анализ тепловых режимов обмоток и криогенной системы, а также исследование влияния ВТСП трансформатора на динамическую устойчивость электроэнергетической системы.

Научная новизна работы, изложенная в автореферате, заключается в развитии аппарата моделирования электроэнергетических систем с ВТСП трансформаторами и в уточнении представлений о токоограничивающих и тепловых характеристиках таких устройств. В работе предложена модель системы «генератор – ВТСП трансформатор – линия – шины приемной

системы», позволяющая совместно рассчитывать электромагнитные процессы в элементах сети, тепловые процессы в сверхпроводящих обмотках и, в отдельной постановке, электромеханические процессы в энергосистеме. Показано влияние параметров ВТСП ленты (критического тока, показателя степени вольт-амперной характеристики, толщины стабилизирующих слоев) и режимов кипения криогенной жидкости на тепловую устойчивость обмоток и эффективность ограничения тока короткого замыкания. Обоснованы условия, при которых сверхпроводящие обмотки после ограничения тока КЗ успевают восстановить сверхпроводящее состояние в интервале бестоковой паузы цикла АПВ, и сформулирован критерий возврата в сверхпроводимость, связанный с кратностью тока КЗ и временными параметрами процесса. Показано, что появление в цепи значительного активного сопротивления, обусловленного переходом ВТСП в резистивное состояние, оказывает заметное влияние на динамическую устойчивость параллельной работы генераторов.

Предложенные модели и полученные на их основе результаты углубляют теорию переходных процессов в электроэнергетических системах с использованием ВТСП трансформаторов и создают основу для дальнейших исследований в области оптимизации их конструкции, разработки устройств релейной защиты и автоматики и оценки устойчивости.

Практическая значимость работы подтверждается созданием двух физических моделей ВТСП трансформаторов с токоограничивающей функцией и их экспериментальным исследованием в различных режимах, включая аварийные. Разработанные имитационные модели в среде Matlab/Simulink ориентированы на инженерное применение и позволяют проводить расчеты переходных процессов в сетях различных конфигураций при варьировании параметров ВТСП трансформатора и режимов КЗ. На основе результатов численного и натурного моделирования сформулированы рекомендации по выбору ключевых параметров ВТСП трансформаторов при проектировании устройств с токоограничивающей функцией. Результаты работы внедрены в образовательный процесс Новосибирского государственного технического университета и Сибирского государственного университета водного транспорта, а также использованы в деятельности профильных организаций, что подтверждается соответствующими актами.

По теме диссертации, согласно автореферату, опубликован комплекс научных работ, включающий статьи в журналах из перечня ВАК, публикации в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах Scopus и Web of Science, а также другие работы, отражающие отдельные результаты исследования; оформлены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Объем и уровень публикационной активности

соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.4.3 «Электроэнергетика».

Структура работы логична и включает введение, четыре главы, заключение, список литературы и приложения. Содержание соответствует заявленной специальности и охватывает положения паспорта специальности 2.4.3, связанные с расчетом и координацией токов короткого замыкания, моделированием переходных процессов и анализом устойчивости электроэнергетических систем.

Замечания и вопросы:

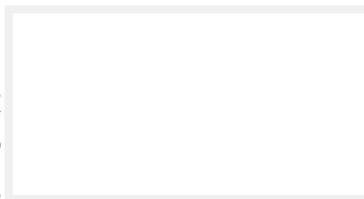
1. В диссертации и автореферате подробно рассмотрено влияние параметров ВТСП ленты и характеристик криогенной системы на тепловое состояние обмоток и токоограничивающую функцию. При этом вопросы устойчивости полученных выводов к разбросу параметров (например, к технологическим допускам по критическому току, толщине стабилизирующего слоя, интенсивности теплоотвода) освещены преимущественно на примере отдельных сценариев. Представляется целесообразным в дальнейшем развить проведенный анализ в направлении более систематического исследования чувствительности результатов к вариации исходных данных и формализации рекомендуемых диапазонов параметров.
2. В разделе, посвященном практической значимости, приведены примеры использования результатов в учебном процессе и в деятельности отдельных организаций. Было бы полезно более развернуто показать, каким образом разработанные модели и программные средства могут быть интегрированы в существующие программные комплексы расчета установившихся режимов и переходных процессов энергосистем, а также указать ограничения их применимости по диапазону классов напряжения и мощностей.

Указанные замечания носят уточняющий характер и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Диссертационная работа Иванова Дмитрия Михайловича по теме: «Моделирование и анализ переходных процессов при ограничении тока короткого замыкания в электроэнергетической системе с высокотемпературным сверхпроводящим трансформатором» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024) "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней") (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025), а ее автор, Иванов Дмитрий Михайлович, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.4.3. Электроэнергетика.

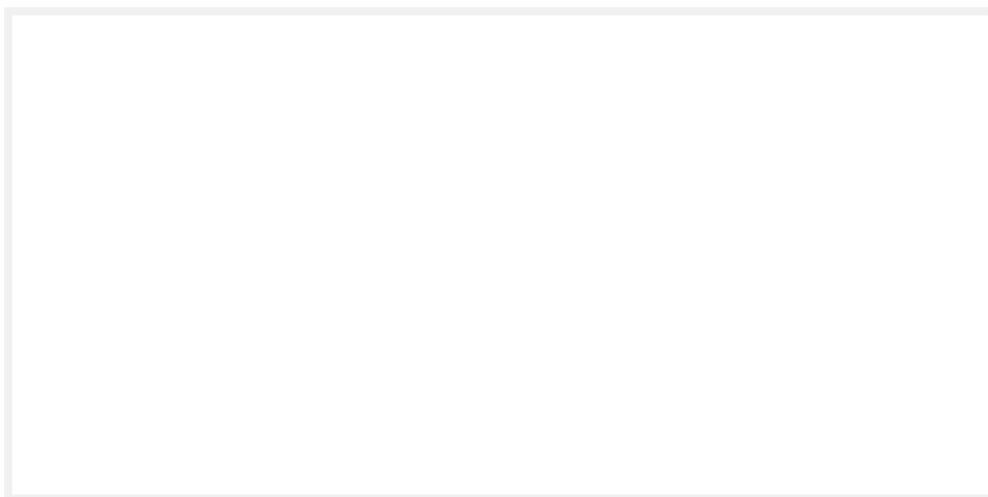
к.т.н., доцент, доцент кафедры
электротехники Уральского
энергетического института,
ФГАОУ ВО «УрФУ»



Ерошенко Станислав
Андреевич

24.11.2015

620062, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19. Федеральное
государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»



Стаж получен 09.12.2025г. Проф. Кошкин А.А.1