Утверждаю:
Проректор по научной работе
и инновациям ФГБОУ ВПО
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
_____ М.А. Сонькин
«20» марта 2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Национального исследовательского Томского политехнического университета на диссертационную работу **Александрова Николая Васильевича** «Исследование влияния сверхпроводниковых трансформаторов на режимы электроэнергетических систем», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Актуальность темы. Использование сверхпроводниковых обмоток в силовых трансформаторах позволит не только снизить потери электрической энергии, улучшить массогабаритные показатели, повысить экологическую безопасность, но и рационально использовать их свойство перехода в нормальное проводящее состояние при протекании больших токов. К настоящему времени решены принципиальные вопросы построения и применения сверхпроводниковых трансформаторов, однако ряд вопросов их функционирования в составе электроэнергетических систем (ЭЭС) исследован недостаточно. В этот ряд входят важные, рассматриваемые в диссертации, вопросы ограничения токов короткого замыкания и влияния состояний сверхпроводниковых трансформаторов на статическую и динамическую устойчивость ЭЭС. В этой связи актуальность темы диссертации Н.В. Александрова не вызывает сомнений.

Содержание диссертации. По структуре диссертация содержит введение, пять разделов, заключение, список литературы из 87 наименований и два приложения. Общий объём работы составляет 145 страниц основного текста, включает 84 рисунка и 13 таблиц.

Во введении обоснована актуальность задачи, научная новизна темы исследования, сформулированы направления исследования и краткое содержание диссертации.

В первом разделе подробно рассмотрено современное состояние прикладной сверхпроводимости, обозначены основные научные центры по разработке сверхпроводниковых электроэнергетических устройств, отмечено что исследований, посвященных влиянию сверхпроводниковых трансформаторов на электроэнергетическую систему, было проведено мало.

Второй раздел посвящён нагрузочным режимам работы сверхпроводниковых трансформаторов и проведен сравнительный анализ их массогабаритных показателей с показателями традиционных трансформаторов.

В третьем разделе рассматриваются электромагнитные переходные процессы в цепях со сверхпроводниковыми трансформаторами, предлагается математическая модель трансформатора для изучения этих процессов, исследуются влияние переходов сверхпроводниковых обмоток в нормальное и сверхпроводящее состояния на процессы протекания токов короткого замыкания в электрической цепи и броски токов намагничивания при включении трансформаторов.

В четвертом разделе исследуется влияние сверхпроводниковых трансформаторов на статическую и динамическую устойчивость ЭЭС. Показано, что электромагнитные параметры трансформаторов в сверхпроводящем состоянии обмоток оказывают положительное влияние на статическую устойчивость, а переходы их в нормальное состояние в режиме короткого замыкания повышают динамическую устойчивость ЭЭС.

В пятом разделе сформулированы общие технические требования к сверхпроводниковым трансформаторам с позиций сохранения статической и динамической устойчивости узлов нагрузки. Осуществлена оценка коммерческой эффективности сверхпроводниковых трансформаторов. На примерах анализа

литературных и расчётных данных показано, что при серийном производстве комплектующих элементов сверхпроводниковые трансформаторы будут конкурентоспособными по расчётным затратам с традиционными трансформаторами.

Содержание подтверждает методологическую стройность и единство целей и структуры работы.

Соответствие специальности 05.14.02. Тематика диссертации, а именно разработка математической модели сверхпроводниковых силовых трансформаторов, предназначенной для исследования электромагнитных переходных процессов в электрических цепях, содержащих такие трансформаторы, исследование влияния сверхпроводниковых трансформаторов на статическую и динамическую устойчивость ЭЭС, формулирование технических требований к сверхпроводниковым трансформаторам с позиций надёжности работы узлов нагрузки соответствуют формуле и пунктам 3, 10, 11 области исследования, регламентированной паспортом специальности 05.14.02.

Научная новизна работы заключается в следующем:

• разработана математическая модель сверхпроводниковых трансформаторов, позволяющая описывать электромагнитные процессы при коротких замыканиях в электрической сети;

• определен критерий возврата сверхпроводниковых трансформаторов в сверхпроводящее состояние после окончания процесса ограничения тока КЗ;

• предложена гибридная обмотка, позволяющая улучшить условия возврата сверхпроводниковых трансформаторов в сверхпроводящее состояние и ограничить токи КЗ с необходимой глубиной;

• показано, что электромагнитные параметры трансформаторов в сверхпроводящем состоянии обмоток оказывают положительное влияние на статическую устойчивость, а переходы их в нормальное состояние в режиме короткого замыкания повышают динамическую устойчивость электроэнергетических систем;

• показано положительное влияние сверхпроводниковых трансформаторов на уровень напряжения в узлах электрической сети ЭЭС.

Обоснованность и достоверность результатов. Обоснованность полученных научных положений обусловлена выбором актуальной темы, чёткостью фор-

мулировки цели, использованием корректных путей её достижения, основанных на применении классических методов математического моделирования сложных взаимосвязанных процессов.

Достоверность научных положений и выводов работы подтверждена сериями расчетов и достаточно близким совпадением результатов проведенных расчетов с результатами, полученными зарубежными исследователями.

Ценность для науки и практики. Научную ценность представляют разработанные математическая модель сверхпроводниковых трансформаторов, позволяющая описывать электромагнитные процессы при коротких замыканиях в электрической сети и критерий возврата сверхпроводниковых трансформаторов в сверхпроводящее состояние после окончания процесса ограничения тока короткого замыкания.

Практически значимыми результатами являются сформулированные требования к параметрам сверхпроводниковых трансформаторов с позиции ограничения токов короткого замыкания и программная реализация алгоритма расчета процессов перехода в нормальное состояние и возврата в сверхпроводящее состояние высокотемпературных сверхпроводников второго поколения;

Апробация и публикации по работе. По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ: 3 статьи в изданиях из списка ВАК, 1 патент на полезную модель и 7 публикаций в материалах научных докладов Всероссийских и Международных конференций.

Публикации отражают основное содержание диссертации.

Содержание автореферата. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Замечания по диссертации.

1. При принятом к рассмотрению трёхфазном коротком замыкании в начале двухцепной линии одномашинной энергосистемы угловые характеристики генератора в аварийном режиме не могут иметь синусоидальную форму, как показано на рисунках 4.7, 4.8, поскольку взаимное сопротивление в этом случае является бесконечным независимо от значений активного и реактивного сопротивлений трансформатора, представленного в исследуемой схеме на рисунке 4.1.

2. На странице 97 (пятая строка снизу) вместо уместного здесь термина «площадка возможного торможения» используется термин «площадка торможения», в результате чего нарушается корректность применения известного *правила площадей.*

3. При количественной оценке влияния сверхпроводникового трансформатора на статическую устойчивость двухмашинной энергосистемы (стр.94) увеличение *коэффициента запаса статической устойчивости* некорректно определено как увеличение *предела статической устойчивости.*

4. В подразделе 5.2.2 (стр.113,114) термины «критический ток» и «критическая плотность тока» используются как синонимы. В результате в пояснениях и подписи к рисунку 5.2 фигурирует термин «критический ток», в то время как на самом рисунке по оси абсцисс отложена «критическая плотность тока».

5. В основном тексте диссертации имеется группа однотипных рисунков (рис. 5.4-5.8), которые, для повышения стройности изложения, следовало бы вынести в приложения.

Соответствие диссертации требованиям пунктов 8, 9, 11 и 12 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи создания математической модели сверхпроводниковых силовых трансформаторов, предназначенной и применённой для исследования электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах, построенных на основе активно-адаптивных электрических сетей. Написана единолично, содержит совокупность выносимых автором на защиту новых научных результатов и положений. Основные научные результаты диссертации опубликованы в соответствии с требованиями ВАК РФ. Заимствованного материала без ссылок на автора и первоисточник не обнаружено.

Диссертация имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Работа соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Заключение

Выполненная работа позволяет с достаточной степенью достоверности осуществлять оценку показателей работы сверхпроводниковых трансформаторов в составе активно-адаптивных электрических сетей, а также проводить выбор конструктивных элементов и параметров трансформаторов, направленный на повышение этих показателей. Отмеченные замечания не снижают важности выполненных исследований, которая оценивается как высокая. Автор диссертации – **Александров Николай Васильевич** – является сформировавшимся учёным и заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции Электроэнергетики научно-технического совета Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Доктор технических наук, профессор
кафедры «Электрические сети и электротехника»
Томского политехнического университета (ТПУ) Ю.В. Хрущёв

Председатель секции Электроэнергетики
Научно-технического совета
Энергетического института ТПУ
Доктор технических наук, профессор В.Я. Ушаков

Протокол № 2 от 18.03.2014 г.

Подпись 31.03.2014