

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**на диссертационную работу Кривецкого Игоря Владимировича
«РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ
СЕКЦИОНИРОВАНИЯ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ
ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»**

По оценкам специалистов потребление энергии в XXI веке должно увеличиться примерно на порядок, что, несомненно, будет сопровождаться резким увеличением генерирующих мощностей, беспрецедентным ростом электрических нагрузок, созданием все более крупных объединенных электроэнергетических систем и др. При этом человечество столкнется с рядом проблем глобального масштаба, решение которых специалисты в значительной мере связывают с широким внедрением в электроэнергетику сверхпроводящих материалов.

Одной из таких проблем является разработка эффективных защитных мероприятий (методов и оборудования), нацеленных на предотвращение аварийных ситуаций и их последствий, связанных с ростом токов короткого замыкания в крупных энергосистемах.

В этой связи тема рассматриваемой диссертационной работы, направленная на создание сверхпроводящих токоограничивающих устройств нового поколения несомненно является актуальной, выбор темы диссертации и её важность вполне корректно обоснованы. Новизна и достоверность полученных автором результатов будет описана ниже, хотя и то и другое не вызывает сомнений.

По структуре диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении обоснованы актуальность темы и сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе анализируются причины роста токов короткого замыкания и рассматривается комплекс мероприятий по их ограничению. Убедительно показана перспективность разработки сверхпроводящих токоограничителей, применение которых открывает новые горизонты для принципиальных усовершенствований в этой области и практически является на сегодняшний день единственным решением данной проблемы. Проведен детальный анализ современного состояния исследований по данному

направлению, дающий достаточно полное представление о рассматриваемом вопросе.

Наибольший интерес представляет содержание 2,3 и 4 глав диссертации.

Во второй главе рассмотрены сверхпроводящие токоограничители резистивного типа. Здесь следует отметить предложенную автором методику расчета гистерезисных потерь, адаптированную для различных конструкций сверхпроводящего резистивного токоограничителя. Складывается впечатление, что в исследовании данных вопросов соискатель идет своим путём и в результате оптимизации секционированного токоограничивающего устройства решает совместную задачу экономии сверхпроводящего материала и снижения величины гистерезисных потерь. Такой нетривиальный подход, который позволил ему получить важные для практики результаты, заслуживает самой высокой оценки.

В третьей главе обсуждаются и анализируются схемы и конструкции сверхпроводящих токоограничителей индуктивного типа. Особое внимание уделено разработке методов расчета и оптимизации токоограничивающих устройств трансформаторного и автотрансформаторного типов. Особенность последнего состоит в том, что его обмотки связаны не только индуктивно, но и гальванически, что открывает новые возможности для экономии сверхпроводящего материала по сравнению с трансформаторной схемой. В работе убедительно показано, что при автотрансформаторной схеме соединения сверхпроводящих обмоток разница в массе по сравнению с традиционными токоограничителями трансформаторного типа составляет примерно 50 раз, а по потерям свыше 17 раз. Эта часть работы несомненно представляет огромный и практический интерес и свидетельствует о принципиально правильных исходных позициях в выполненных теоретических исследованиях.

Четвертая глава. Представленные в этой главе материалы стоят, как бы, особняком, поскольку в ней рассмотрена интересная идея использования отдельных участков сверхпроводящих линий постоянного тока в качестве ограничителей токов короткого замыкания. В работе рассматривается биполярная схема электропередачи с коаксиальным секционированием, когда сечение кабеля разбивается на несколько соосных секций, соединенных таким образом, что токи в соседних секциях текут во взаимно противоположных направлениях. Как было показано соискателем, количество необходимого сверхпроводящего материала при такой схеме на порядок меньше, чем для несекционированной системы при прочих равных условиях, а потери могут отличаться в 20 раз.

В качестве положительной стороны данного раздела хотелось бы отметить следующее: несмотря на заметное количество исследований выполненных в мире в этой перспективной области не всегда удаётся наметить пути повышения эффективности разрабатываемого электроэнергетического оборудования и снижения потерь в реальных сверхпроводящих конструкциях. Это связано с тем, что в большинстве работ, как правило, рассматриваются абстрактные задачи, оторванные от нужд электроэнергетики сегодняшнего и тем более завтрашнего дня.

Диссертант с самого начала пошел по иному пути – все его теоретические построения выполнены для устройств максимально приближенных к условиям эксплуатации, что делает их чрезвычайно ценными для практики. Такой заземлённый подход оказался весьма плодотворным и заслуживает только похвалы.

К непосредственным достоинствам обсуждаемых выше разделов диссертации следует отнести то обстоятельство, что все теоретические построения и расчеты базируются, как правило, на физически обоснованных автором моделях, концепциях и гипотезах.

Автор хорошо владеет математическим аппаратом и старается, там где это возможно, доводить решение рассматриваемых задач до аналитических выражений.

Полученные диссертантом результаты представлены в виде наглядных графиков, позволяющих в удобной форме анализировать возможные ситуации при работе сверхпроводящих токоограничителей. Предложенные им расчетные методы и модели несомненно будут востребованы специалистами, связанными с разработкой вышеуказанных устройств.

Естественно диссертационная работа не лишена недостатков, которые, в принципе, не влияют на общую положительную оценку работы. В частности, при рассмотрении переходных процессов в сверхпроводящих токоограничителях резистивного типа интересно было бы определить влияние на них характерных особенностей, связанных с возникновением и распространением нормальной фазы непосредственно в самих сверхпроводниках. В будущем, при проведении дальнейших исследований желательно было бы вернуться к этому вопросу. Некоторые разделы излишне детализированы, всё это можно было бы описать существенно короче. Отдельные рисунки плохо читаемы и неразборчивы. Встречаются технические ошибки и опечатки, имеют место отдельные недостатки в выборе терминов и т.д.

Как видно из изложенного, представленная работа посвящена комплексному решению впервые выделенных и сформулированных

диссертантом общих и специальных задач, связанных с разработкой токоограничивающих устройств нового поколения, совокупность которых образует целостную и законченную теорию.

Все поставленные задачи решены на высоком теоретическом уровне, с достаточным обоснованием принятых допущений для получения инженерных методик расчета. Работа является крупной и значительным вкладом в решение поставленной проблемы.

Основное содержание диссертации хорошо известно научной общественности – достаточно полно отражено в научных периодических журналах, а также в материалах национальных и международных конференций. На ряд разработанных при участии соискателя конструкций сверхпроводящих кабелей получены патенты.

Диссертация и автореферат написаны лаконично и ясно. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

По своему содержанию представленная работа соответствует паспорту специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты».

Считаю, что по своим научным и практическим результатам и их обоснованности и значимости диссертация соответствует квалификационным требованиям ВАК, предъявленным к кандидатским диссертациям, а соискатель, Кривецкий Игорь Владимирович, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
Главный научный сотрудник ОИВТ РАН
Заслуженный деятель науки РФ,
Лауреат государственной премии
Д.т.н., проф.

Альтов В.А.

Подпись Альтова Валерия Александровича заверяю
Ученый секретарь ОИВТ РАН
Д.ф.-м.н.



Амиров Р.Х.