

№ _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и инновациям

ФГАОУ ВО НИ ТПУ

И.Б. Степанов

«08» октября 2018 г

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на диссертацию **Литвинова Ильи Игоревича «Повышение устойчивости функционирования дифференциальной защиты силового трансформатора»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности **05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

Актуальность работы

Силовые трансформаторы и автотрансформаторы, усовершенствованию релейной защиты которых посвящена диссертационная работа Литвинова И.И., являются неотъемлемой частью системообразующих и распределительных сетей электроэнергетических систем. Важнейшим фактором, который способствует предотвращению развития аварий при наиболее частых видах возмущений – коротких замыканиях является совершенство релейной защиты и в особенности повышение ее быстродействия. Быстродействие релейной защиты сетевых элементов и, в частности, трансформаторов и автотрансформаторов, особенно важно в связи с тем, что во многих случаях линии электропередачи, соединяющие отдельные части энергосистемы, работают со сравнительно малыми запасами устойчивости. В таких условиях снижение полного времени отключения короткого замыкания, даже на несколько миллисекунд, может существенно снизить вероятность нарушения устойчивости параллельной работы частей энергосистемы.

Несмотря на большое количество работ в области усовершенствования релейной защиты трансформаторов и автотрансформаторов, и в частности дифференциальной защиты, существующие устройства имеют ряд недостатков. Кроме возможного повышения быстродействия дифференциальной защиты, важно также и улучшение других ее характеристик, которые являются не вполне

удовлетворительными при сочетании ряда неблагоприятных факторов. Поэтому дальнейшие попытки усовершенствования дифференциальной защиты трансформаторов заслуживают всяческого одобрения и поддержки.

В связи с изложенным работа Литвинова И.И., безусловно, является актуальной.

Первая глава диссертации «Основные особенности дифференциальной защиты трансформатора. Постановка задачи» содержит аналитический обзор отечественных и зарубежных работ, направленных на усовершенствование продольной дифференциальной защиты трансформаторов. Изложение материала этой главы ориентированно на выявление возможных случаев аварийных ситуаций, при которых проявляются недостатки существующих способов выполнения дифференциальной защиты и соответствующих устройств. Это позволило автору обоснованно определить перечень задач, которые должны быть решены в его диссертационной работе.

В целом материал этой главы весьма полезен и может быть использован как самостоятельный для ознакомления с проблемами в области релейной защиты трансформаторов. Этот материал полезен в учебном процессе, что и указывает автор в качестве одного из элементов практического использования результатов работы.

Вторая глава «Моделирование переходных процессов в силовых трансформаторах и автотрансформаторах и трансформаторах тока».

Задача моделирования переходных процессов в устройствах, содержащих несколько нелинейных элементов с электрической магнитной связью между ними, является очень сложной, поэтому важнейшим этапом при моделировании является обоснование принимаемых упрощений и допущений. Этот этап в рассматриваемой работе выполнен достаточно обоснованно, что подтверждается хорошим совпадением результатов моделирования с имеющимся в распоряжении автора осциллограммами, полученными на реальных объектах. В процессе моделирования и выполнения тестовых расчетов получены новые полезные данные, в частности вывод о том, что для анализа броска тока намагничивания в трехфазном трехстержневом трансформаторе можно использовать модель группы однофазных трансформаторов. Показано также, что на базе разработанной математической модели могут быть исследованы ранее не учитываемые особенности процессов, такие например, как бросок тока намагничивания при неодновременном замыкании фаз выключателя. В приложениях приводится обоснование и расчет численных параметров моделей для конкретных объектов, что является дополнительным фактором, повышающим доверие к результатам исследований.

Немаловажно, что к математической модели разработан специальный интерфейс, с помощью которого пользователям предоставляется возможность взаимодействия с моделью в терминах общепринятых понятий электротехники. Очень важно, что предусмотрена возможность сохранения результатов расчета в формате COMTRADE, что позволяет получать процессы в физической форме в необходимом масштабе и выполнять испытания защиты в соответствии нормативными аттестационными требованиями.

Третья глава «Разработка усовершенствованных алгоритмов дифференциальной защиты силового трансформатора». Значительное внимание в этой главе уделено решению задачи обеспечения максимально возможного быстродействия защиты при внутренних коротких замыканиях с использованием явления наличия интервала точной работы трансформаторов тока. Выявлены условия, при которых использование интервала точной работы в известных устройствах защиты не всегда обеспечивает ее селективное действие. Обращено внимание на недостаток существующего решения, в котором предлагается выводить защиту из работы на некоторое время при фиксации признаков внешнего короткого замыкания, поскольку при этом трансформатор остается без быстродействующей защиты в случае возникновения внутреннего короткого замыкания после отключения внешнего соответствующими защитами. Устранить этот недостаток предложено на базе сочетания дифференциального токового и дифференциально-фазного принципов. Обстоятельно исследовано влияние различных факторов, в том числе и насыщения трансформаторов тока на работу фазочувствительного органа при внутренних и внешних коротких замыканиях.

Выполнен анализ и определена область применения предложений для улучшения отстройки от броска тока намагничивания на основе выявленных отличий мгновенного значения дифференциального тока при внутренних коротких замыканиях и броске тока намагничивания.

Все предложения автора по усовершенствованию защиты достаточно подробно описаны и хорошо иллюстрируются расчетными временными характеристиками мгновенных значений сигналов. Эти временные характеристики позволят установить требования к элементам цифровой обработки входных электрических сигналов защиты.

В четвертой главе «Аппаратная и программная часть защиты» приводятся структурные схемы для реализации предложенных в работе алгоритмов обработки входных сигналов защиты и структурные схемы логической части защиты. Существенно отметить, что реализация защиты предлагается на базе известного и проверенного на практике аппаратно-программного комплекса КПА-М.

Задачи, решаемые в диссертации, соответствуют паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Автореферат достаточно полно и точно отражает основные положения диссертации.

Методы исследования базируются на фундаментальных положениях электротехники, высшей математики и использовании данных, полученных на реальных объектах.

Сформулированные в диссертации положения о научной новизне полученных результатов хорошо обоснованы принятием корректных допущений при моделировании, сопоставлением расчетных данных с натурными процессами, сопоставительным анализом существующих решений и полученных результатов.

Выводы и рекомендации автора являются новыми, что подтверждено тщательным сравнительным анализом существующих работ в области защиты трансформаторов и патентом на изобретение.

Результаты исследования являются определенным вкладом в теоретические основы релейной защиты. Раздел по моделированию переходных процессов в силовых трансформаторах и трансформаторах тока имеет самостоятельное теоретическое и практическое значение.

Выполненные исследования отличаются от других работ главным образом разработкой и обоснованием новых предложений на основе математической модели, включающей в себя как модель защищаемого объекта, так и модель групп трансформаторов тока, а также учета сложных возмущений, не учитываемых в других работах.

Судя по данным, приведенным в автореферате и диссертации, личный вклад автора в полученных результатах является определяющим.

Результаты работы достаточно полно опубликованы, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК и в изданиях, входящих в международные базы данных. Имеется патент РФ на способ выполнения дифференциальной защиты трансформатора.

Результаты, полученные в работе, полностью соответствуют целям и задачам, сформулированным в постановочной части работы.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В работе имеются данные об особенностях входных сигналов при различных возмущениях и режимах, но не сформулированы с учетом этих особенностей требования к частоте дискретизации преобразователей цифровой части защиты, выполнение которых должно быть обеспечено для реализации предлагаемых алгоритмов дифференциально-фазной защиты, основанных на использовании интервалов точной работы трансформаторов тока.

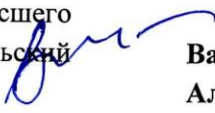
2. Требуется доказательства возможности использования формулы (3.2) действующего значения тока небаланса для определения мгновенного значения тока небаланса по формуле (3.3) путем простой замены действующего значения расчетного сквозного тока на мгновенное значение.

3. Ряд предложений автора по усовершенствованию дифференциальной защиты ориентированы на случаи неблагоприятного сочетания ряда факторов, которые в известных решениях не учитывались. Поскольку учет этих случаев может приводить к усложнению защиты, то желательно было бы оценить их вероятность.

Представленная к защите диссертация является законченной научно-квалификационной работой по научному уровню и практическому значению отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., а ее автор Литвинов Илья Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Отзыв рассмотрен на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники, протокол №1 от 05.09.2018г.

Доктор технических наук, профессор,
профессор-консультант отделения
электроэнергетики и электротехники,
Инженерной школы энергетики,
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»


**Вайнштейн Роберт
Александрович**

Подпись Р.А. Вайнштейна заверяю.

Ученый секретарь ТПУ


О.А. Анањева

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, e-mail: tpu@tpu.ru

*Отзыв получен
10.10.2018
И.Р. Усманов А.Г.*

С отзывом ознакомлен 10.10.2018

Литвинов И.И.