

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
«Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева»

Николай Юрьевич Бабанов

« 27 » Мая 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» на диссертацию Атнишкина Александра Борисовича «Адаптивные модификации алгоритма дифференциальной защиты трансформатора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Актуальность темы диссертации

Совершенствование системы релейной защиты (РЗ) силовых трансформаторов и автотрансформаторов позволяет снизить ущерб от их аварийных повреждений. Одним из важнейших направлений является повышение чувствительности РЗ к витковым замыканиям в обмотках. Следует отметить, что традиционная дифференциальная защита имеет ограниченную чувствительность, а газовая защита имеет значительное время срабатывания. Выявление повреждения на раннем его этапе позволяет избежать развития в более серьезные виды повреждений, и тем самым дает возможность сократить область и степень повреждения, а как следствие,

объем последующего ремонта. Большое внимание уделяется вопросам координации работы РЗ и измерительных трансформаторов тока (ТТ). Насыщение измерительных ТТ с замкнутым магнитопроводом аperiodической составляющей тока короткого замыкания может приводить к существенной задержке срабатывания основной защиты трансформатора при внутренних коротких замыканиях (КЗ), а также к излишним срабатываниям защиты. Ситуацию отягощает остаточная намагниченность. Высокое быстродействие РЗ при тяжелых внутренних замыканиях с насыщением ТТ необходимо для сохранения динамической устойчивости энергосистемы. Важную роль играет задача обеспечения надежной отстройки защиты от бросков намагничивающего тока (БНТ) при включении силового трансформатора, которая не снижала бы быстродействия дифференциальной защиты.

Учитывая изложенное, следует признать тему диссертационной работы Атнишкина А.Б. актуальной.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы (126 наименований), приложения (три страницы). Основной текст рукописи содержит 118 страниц, 60 рисунков и четыре таблицы.

Анализ содержания диссертации

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи диссертационного исследования. Указываются научная новизна и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе получил развитие метод адаптивного распознавания аварийных состояний защищаемого объекта посредством локализации области отображения режимов альтернативных его режимам повреждения в пространстве замера защиты. В качестве инструмента локализации предложено использовать алгоритмическую модель объекта в его

неповрежденном состоянии. Выполнена классификация алгоритмических моделей объекта по способу наблюдения, даны общие принципы формирования двухкоординатного замера защиты с использованием алгоритмической модели.

Во второй главе работы метод локализации применен для защиты силовых трансформаторов. Разработана алгоритмическая модель трехфазного двухобмоточного трансформатора с соединением обмоток «звезда с нулем – треугольник» в базисе мгновенных величин, позволяющая формировать величины, характеризующие состояние магнитопровода. Предложены замеры защиты и исследована их способность различать режимы внутренних КЗ от режимов БНТ, что традиционно составляет проблему. Отмечено высокое быстродействие и надежная отстройка от БНТ защиты трансформатора с применением его алгоритмической модели.

Третья глава посвящена разработке адаптивных модификаций дифференциальной токовой защиты трансформатора, обладающих повышенной чувствительностью к витковым замыканиям в обмотках трансформатора. С помощью имитационного моделирования исследована распознающая способность разработанных адаптивных алгоритмов при замыканиях в обмотках трансформаторов и автотрансформаторов. Проведен сравнительный анализ предложенных алгоритмов с иными алгоритмами дифференциальной защиты, включая появившуюся относительно недавно дифференциальную защиту по токам обратной последовательности.

В четвертой главе рассматриваются вопросы, связанные с координацией работы релейной защиты и измерительных ТТ. Выполнен обзор основных направлений по предотвращению неправильной работы защит при насыщении трансформаторов. Автором разработаны алгоритмы коррекции нелинейно искаженного тока при насыщении ТТ, функционирующие в режиме реального времени и обеспечивающие надлежащее качество восстановления искаженного тока.

Пятая глава посвящена практическому применению разработанных алгоритмов. Адаптивная дифференциальная защита реализована в терминале основных защит трансформатора в качестве дополнительной к традиционной дифференциальной защите с процентным торможением, она позволяет повысить чувствительность к витковым замыканиям в обмотках. В этом же терминале реализован разработанный корректор тока при насыщении ТТ, позволяющий сохранить быстродействие защиты при внутренних КЗ с насыщением ТТ, а также повысить устойчивость защиты при внешних КЗ. Проведены функциональные испытания корректора тока на множестве осциллограмм с насыщением ТТ.

В заключении изложены основные результаты диссертационной работы.

Значимость полученных автором диссертации результатов для релейной защиты электроэнергетических систем

Теоретическая значимость результатов работы

1. Проведена классификация алгоритмических моделей защищаемых объектов в зависимости от способа наблюдения, предложены подходы к формированию замеров для защиты, использующей модель объекта.

2. Разработаны алгоритмы защиты трансформатора с применением его алгоритмической модели, которые обеспечивают быстродействующую отстройку от режимов броска намагничивающего тока и высокую распознающую способность к витковым замыканиям в обмотках.

3. Предложены адаптивные алгоритмы сравнения токов плеч для дифференциальной защиты трансформатора, позволяющие повысить чувствительность к витковым замыканиям в обмотках.

4. Разработаны алгоритмы сегментации и коррекции вторичного тока, позволяющие выделить участок правильной трансформации и восстановить нелинейно искаженный ток при насыщении трансформатора тока.

Практическая значимость результатов работы

1. Предложенный способ защиты с использованием алгоритмической модели трансформатора позволяет обеспечить надежную отстройку от переходных режимов бросков намагничивающего тока, в то же время обладает чувствительностью к витковым замыканиям в обмотках трансформатора.

2. Предложенные адаптивные алгоритмы дифференциальной защиты трансформатора повышают чувствительность к внутренним повреждениям трансформатора, превосходя традиционно используемые алгоритмы.

3. Разработанные алгоритмы сегментации и восстановления тока позволяют обеспечить правильную работу релейной защиты в условиях насыщения измерительных трансформаторов тока.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке усовершенствованных защит трансформаторов, программных модулей коррекции нелинейно искаженного тока при насыщении трансформаторов тока.

Вопросы и замечания по диссертации

1. Каким образом в алгоритмической модели производится учет остаточной намагниченности в сердечнике магнитопровода трансформатора?

2. Будет ли обеспечиваться в алгоритме защиты трансформатора с использованием алгоритмической модели объекта отстройка при перевозбуждении трансформатора?

3. Какова частота дискретизации в алгоритме защиты трансформатора с адаптивным масштабированием и адаптивным преобразованием токов плеч?

4. На рисунке 3 автореферата приведена модель двухобмоточного трансформатора в виде группы однофазных трансформаторов, что не

соответствует наиболее распространенной трехстержневой конструкции трансформаторов 110-220 кВ.

5. Каким образом влияют случайные факторы (например, погрешности ТТ) на выбор параметров срабатывания адаптивных вариантов предлагаемой релейной защиты?

6. Замечания редакционного характера. Например, глава 5 содержит всего лишь 10 страниц, целесообразно было бы распределить этот материал в других главах.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., № 842

В соответствии с п. 9 диссертационная работа является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

В соответствии с п. 10 диссертационная работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты.

В соответствии с п. 11, 13 основные научные результаты исследований опубликованы в 20 работах, из них 4 в рецензируемых научных изданиях, их количество соответствует требованиям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В соответствии с п. 14 диссертационная работа содержит ссылки на источники заимствования материалов и на работы других авторов.

Заключение

Исследования автора достаточно широко опубликованы в научно-технической литературе. Автореферат и публикации автора отражают основное содержание работы. Приведенные замечания и вопросы не снижают научной и практической ценности диссертации.

Диссертационная работа Атнишкина Александра Борисовича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач в области релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем. Работа соответствует всем требованиям ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв на диссертацию Атнишкина А. Б. «Адаптивные модификации алгоритма дифференциальной защиты трансформатора» составлен доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» Шарыгиным Михаилом Валерьевичем, обсужден и одобрен на заседании кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», протокол № 9 от «19» марта 2019 г.

Заведующий кафедрой «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» кандидат технических наук, доцент

Севостьянов Александр Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Телефон: +7(831) 436-63-07; факс: +7(831) 436-94-75; e-mail: nntu@nntu.ru

Web-сайт: <https://www.nntu.ru/>