

ОТЗЫВ

официального оппонента Наумова В.А. на диссертацию

Литвинова Ильи Игоревича

«ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

1. Структура и объём диссертации

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего 86 наименований, и шести приложений. Диссертация изложена на 240 страницах, содержит 81 рисунок и 4 таблицы.

2. Актуальность темы диссертационной работы

Быстродействующая и селективная дифференциальная защита силовых трансформаторов должна надёжно выявлять и разграничивать внутренние короткие замыкания от аномальных режимов работы силового трансформатора (режимов броска тока намагничивания, перевозбуждения и внешних коротких замыканий). Устойчивость ее функционирования должна обеспечиваться при высоком уровне токов как внешних, так и внутренних КЗ, сопровождающихся медленно затухающими апериодическими составляющими, часто приводящими к насыщению измерительных трансформаторов тока (ТТ).

Несовершенство измерительных трансформаторов часто служит причиной ложных срабатываний дифзащиты, снижения чувствительности к внутренним повреждениям с малым током и замедления срабатывания защиты. Поэтому в полный рост стоит научная и техническая задачи разработки алгоритмов дифзащиты, обладающих повышенной устойчивостью функционирования в условиях искажения входных токов защиты.

В связи с этим тема оппонируемой диссертационной работы актуальна.

3. Оценка содержания диссертации

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы, поставлены задачи исследования, дан краткий анализ разработанности темы исследований, обоснованы методы исследований, даны основные положения, определяющие научную новизну и практическую ценность полученных результатов, приведены сведения об апробации и реализации результатов работы.

В **главе 1** на основе проведенного обзора существующих в настоящее время дифзащит силовых трансформаторов определяются наиболее перспективные направления совершенствования их алгоритмов. Выявлено, что сочетание дифференциального и дифференциально-фазного принципа действия повышает чувствительность дифзащиты. Акцентируется внимание на известном факте, заключающемся в том, что режим броска тока намагничивания, возникающий при включении трансформатора в работу, часто воспринимается дифзащитой как режим внутреннего КЗ. Показано, что насыщение

измерительных трансформаторов тока (ТТ) значительно усложняет разделение режимов внешнего КЗ и броска тока намагничивания от режимов внутреннего КЗ. Ставится задача повышения чувствительности к витковым замыканиям при перевозбуждении защищаемого трансформатора и модернизации алгоритма действия дифференциальной отсечки.

В главе 2 основное внимание обращено на математическое моделирование аварийных режимов работы силовых трансформаторов, в том числе различных режимов броска тока намагничивания трансформатора. Рассмотрена модель группы измерительных трансформаторов тока.

В главе 3 рассматриваются усовершенствования алгоритмов дифзащиты. Предлагается алгоритм определения сдвига фаз токов по точкам перехода их кривых через нуль. Отмечается, что алгоритм использует начальные интервалы кривых токов после КЗ, на которых измерительные трансформаторы тока еще не насыщены и правильно трансформируют первичные токи. Рассматриваются алгоритмы повышения эффективности дифзащиты в режимах последовательного броска тока намагничивания силового трансформатора.

Глава 4 посвящена реализации предлагаемых в работе алгоритмов в микропроцессорном терминале. Описываются программная и аппаратная части защиты, приводятся блок-схемы программы защиты.

К достоинствам работы можно отнести то, что в ней в достаточно большом объеме проведен анализ существующих научных исследований и технических решений, рассмотрены научные задачи исследования и моделирования режимов работы защищаемого объекта – силового трансформатора, что позволило реализовать комплексный подход к достижению цели диссертационного исследования.

4. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам Паспорта научной специальности 05.14.02:

п. 6 «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике»;

п. 9 «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике»;

п. 13 «Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике».

5. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

6. Методы исследования

В диссертационном исследовании применялись методы математического и имитационного моделирования, математического анализа и теоретических основ электротехники.

7. Степень обоснованности научных положений и достоверности полученных результатов.

Анализ содержания диссертационной работы показывает, что сформулированные в ней научные положения, выводы и рекомендации в достаточной мере обоснованы. Основные положения диссертации, выносимые на защиту, а именно:

- Математические модели силовых трансформаторов для анализа режимов броска тока намагничивания и КЗ;
- Совершенствование дифференциально-фазного принципа действия защиты силовых трансформаторов за счёт использования интервалов точной работы ТТ в переходных и установившихся режимах КЗ;
- Определение новых отличительных признаков при последовательном БТН и БТН нагруженного трансформатора;
- Алгоритм чувствительной защиты для выявления витковых замыканий в обмотках трансформатора в режиме перевозбуждения;
- Алгоритм дифференциальной отсечки, учитывающий положение выключателей, связывающих трансформатор с нагрузкой и энергосистемой, позволяет заключить, что диссертация решает задачу совершенствования дифференциальной защиты, актуальной для развития электроэнергетики.

Достоверность полученных результатов и выводов работы подтверждается сопоставлением результатов вычислительных экспериментов, основанных на применении разработанных математических моделей, с результатами экспериментов, приведенных в научной литературе.

8. Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций

Научную новизну представляют следующие результаты работы:

- 1) математическая модель силового трансформатора, учитывающая конструктивные особенности магнитного сердечника СТ;
- 2) усовершенствованный алгоритм определения сдвига фаз токов, использующий информацию на интервалах правильной трансформации первичного тока в условиях глубокого насыщения ТТ;
- 3) оценивание эффективности применения известных способов идентификации режима БТН и внутренних КЗ;
- 4) способ изменения уставок дифференциальной отсечки, позволяющий повысить её чувствительность.

9. Ценность для науки и практики результатов исследования

Теоретическую ценность работы представляют:

- 1) математическая модель силового трансформатора и порядок расчёта ее параметров;
- 2) новые алгоритмы для дифференциальных защит силовых трансформаторов, позволяющих повысить устойчивость их функционирования.

Практическую ценность работы определяют:

- 1) программный интерфейс, обеспечивающий интерактивную настройку математических моделей силовых трансформаторов и ТТ;
- 2) структура программного обеспечения и аппаратная реализация результатов диссертационного исследования в микропроцессорном терминале.

Результаты работы используются в разработках акционерного общества «Институт автоматизации энергетических систем (г. Новосибирск) и в учебном процессе кафедры «Электрические станции» Новосибирского государственного технического университета.

10. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Публикации автора полностью отражают результаты, полученные в диссертации. Автореферат раскрывает содержание диссертации, ее основные положения, выводы и рекомендации.

11. Соответствие полученных результатов поставленной цели и задачам

Полученные результаты соответствуют поставленной цели и задачам исследования.

12. Основные замечания и вопросы по диссертационной работе

12.1. Заключение в диссертационном исследовании и автореферате содержат разные по содержанию пункты. Формулировки основных результатов в Заключении и выводах к главам диссертации носят пространственный характер и зачастую стилистически не выверены, содержат грамматические ошибки, в связи с чем затрудняют однозначную трактовку полученных соискателем научных и практических достижений.

12.2. Соискатель расширительно толкует научную новизну работы.

12.2.1. В первом пункте раздела научной новизны соискатель утверждает, что «доказано, что при анализе БТН может быть использована модель группы однофазных трансформаторов вместо трехфазного трехстержневого СТ». Однако ссылка на источники научной литературы, посвященной исследованию броска токов намагничивания, не может служить основанием для такого утверждения. Утверждение соискателя, что результаты моделирования режимов работы силового трансформатора в рамках диссертационного исследования совпадают с аналогичными результатами других исследователей (последний абзац стр.14 автореферата), вызывает сомнения, поскольку системы уравнений, используемые соискателем при математическом описании различных режимов работы силового трансформатора, содержат многочисленные ошибки или описки. Например, система уравнений (2.16) и схема замещения магнитной системы (рисунок 2.6) в диссертации и аналогичные система (2) и схема (рисунок 3) в автореферате неправильно учитывают магнитный поток нулевой последовательности (не учтен коэффициент 3). Ошибки содержат уравнения (1), описывающие схему замещения силового трансформатора в режиме включения (рисунок 2) в автореферате и аналогичные система (2.9) и схема (рисунок 2.5) в диссертации: уравнение контура вторичных обмоток записано без учета маркировки на рисунке их начала.

Для правильной оценки научной новизны (в рамках обозначенного пункта) рассматриваемой работы необходимо принять во внимание, что многие проблемы, так или иначе обозначенные в своей работе соискателем, рассмотрены в известной работе профессора Дроздова А.Д. «Электрические цепи с ферромагнитными сердечниками в релейной защите» еще в 1965 г. (в списке литературы диссертационной работы эта книга

представлена в редакции 1986 г. под номером 48). Данное утверждение справедливо и по отношению к пункту 4 новизны диссертационного исследования.

12.2.2. В третьем пункте утверждается, что соискателем разработан способ дифзащиты, имеющий повышенную чувствительность к витковым замыканиям в режиме перевозбуждения силового трансформатора. Из материалов диссертационного исследования непонятна суть научной новизны, поскольку этот способ (раздел 3.1.2) полностью основан на способе, рассматриваемом профессором Засыпкиным А.С. в работе, отмеченной в списке литературы диссертации под номером 2.

12.2.3. В пятом пункте предлагается способ адаптивного изменения уставок дифференциальной отсечки, позволяющий повысить её чувствительность. Из раздела 3.3 диссертации следует, что предлагается способ выбора уставки отсечки в зависимости от изменения конфигурации прилегающей к силовому трансформатору сети. Данное инженерное решение скорее относится к практической значимости работы.

12.3. В разделе практической значимости работы полагается, что разработанные в диссертации средства могут быть полезны проектным организациям, осуществляющим расчёт уставок защит трансформаторов. Однако для проектных организаций в первую очередь важно иметь разработанную методику для расчетов, а в диссертации такой работы не проводилось.

12.4. Непонятно, что имеется в виду, когда в четвертом пункте раздела практической значимости работы заявляется, что «экспериментальным путём подтверждена техническая реализуемость предложенных способов защиты с повышенной устойчивостью функционирования»? Реализация предложений в микропроцессорном терминале не означает достижимость заявленных функциональных усовершенствований дифференциальной защиты, поскольку нет подтверждения проверки ее возможностей на действующем объекте электрической сети.

12.5. В диссертации слишком много места (около трети основного текста) уделяется анализу существующих алгоритмов дифференциальной защиты. Многие места в тексте носят описательный характер, снижая научное значение работы. Отсутствуют ссылки на научные работы известных специалистов по дифференциальной защите (например, профессора, докт. техн. наук А.М. Дмитриенко, старшего научного работника канд. техн. наук А.М. Наумова), мало представлены работы зарубежных авторов. Текст работы содержит большое количество сокращений, затрудняющие чтение: например, в первом абзаце второй главы диссертации (стр. 57) одно предложение содержит 5 сокращений.

12.6. В математических формулах, устанавливающих соотношения между мгновенными электрическими величинами, используются обозначения, принятые в электротехнике для обозначений действующего значения.

13. Соответствие диссертации критериям «Положением о присуждении учёных степеней»

Диссертационная работа И.И. Литвинова соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, установленным действующей редакцией Положения о присуждении учёных степеней:

4.1 Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития электроэнергетики как отрасли знаний (п. 9 Положения).

4.2 Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов. Предложенные решения в достаточной степени аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями (п. 10 Положения).

4.3 Основные научные результаты диссертации опубликованы в 3 рецензируемых научных изданиях; 2 научных изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Web of Science, на одно из решений получен патент на изобретение (п. 11 и 13 Положения).

4.4. В диссертации корректно и в полном объеме приведены ссылки на авторов и источники заимствованных материалов. Соискателем отмечен личный вклад в выполненную научную работу (п. 14 Положения).


14. Заключение

В целом, несмотря на указанные выше замечания и вопросы, диссертация Литвинова Ильи Игоревича «Повышение устойчивости функционирования дифференциальной защиты силового трансформатора» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решается задача совершенствования дифференциальной защиты, имеющей значение для развития электроэнергетики.

Автореферат и публикации автора в должной степени отражают полученные и представленные в диссертации результаты; автореферат раскрывает суть работы, её научные положения, выводы и рекомендации. Содержание диссертационной работы соответствует формуле и областям исследования научной специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» (п.6: разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике; п.9: разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике).

Диссертация соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., № 842.

На основании вышеизложенного считаю, что Литвинов Илья Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы».

<p>Официальный оппонент Заслуженный изобретатель Чувашской Республики, заместитель генерального директора – технический директор Общества с ограниченной ответственностью Научно-производственного предприятия «ЭКРА» (ООО НПП «ЭКРА»), кандидат технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы</p>	 <p>Лаунов Владимир Александрович</p>
---	--

Созыв погужа 05.10.2018
А. Русина А.А.

С отзывом ознакомлен 05.10.2018
Литвинов И.И.

Сведения:

Полное наименование организации: Общество с ограниченной ответственностью
Научно-производственное предприятие «ЭКРА»

Юридический адрес: Чувашская республика – Чувашия, г. Чебоксары,
пр-кт И.Я. Яковлева, 3, помещение 541, 428020

Телефон: 8-917-650-17-69

Эл. адрес: naumov_va@ekra.ru

Должность: Заместитель генерального директора – технический директор

Ф.И.О.: Наумов Владимир Александрович

Подпись Наумова В.А. удостоверяю

старший юрист-консульт ООО
НП «ЭКРА» Иванов Алексей
Владимирович