

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Сафонова Дмитрия Геннадьевича
«Управление компенсацией емкостных токов в электрических сетях среднего
класса напряжения при однофазных замыканиях на землю», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

1. Актуальность темы диссертации

В современной энергетике большое внимание уделяется повышению надежности и эффективности работы электрических сетей. В связи с этим обеспечение бесперебойного электроснабжения потребителей является важным аспектом в выборе режима работы нейтрали, когда речь идет о возникновении однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). В случае применения режима с компенсированной нейтралью допускается работа линии с ОЗЗ до устранения повреждения. Применение дугогасящих реакторов (ДГР) с системой управления в таких сетях позволяет произвести настройку компенсации емкостных токов, при этом необходимо обеспечить точность настройки ДГР, в противном случае возникает ряд негативных последствий.

В диссертационной работе Сафонова Д.Г. проведены исследования и решены научные задачи, позволяющие повысить точность параметров, используемых разработанной системой управления при настройке ДГР, посредством применения вейвлет преобразования (ВП) для компенсации емкостного тока в распределительных сетях при возникновении ОЗЗ.

Поставленные цели и результаты решения научных задач указывают на несомненную актуальность диссертационной работы Сафонова Д.Г.

2. Анализ содержания диссертации и автореферата и их соответствия установленным требованиям

Диссертационная работа Сафонова Д.Г. состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 112 наименований литературы, и пяти приложений. Диссертация изложена на 160 страницах, содержит 55 рисунков и 6 таблиц.

Во введении обоснована актуальность проведенных в диссертации исследований, представлены объект и предмет исследования. Сформулированы

цель и задачи диссертационной работы, научная новизна, описаны методы исследования, теоретическая и практическая значимость работы, а также апробация ее результатов. Перечислены положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ работы электрических сетей с компенсированной нейтралью, дана оценка перенапряжениям, возникающим в сетях. Обоснован выбор типа ДГР и способы управления им с учетом обеспечения высокой точности настройки, простоты технической реализации, экономичности в работе.

Во второй главе разработана математическая модель электрической сети 35 кВ с компенсированной через ДГР нейтралью в режиме ОЗЗ. Указанная модель включает в себя уравнения для определения емкости электрической сети при наличии несимметрии, а также уравнение настройки индуктивности ДГР на емкость сети.

Для оценки параметров режима работы электрической сети до ОЗЗ разработан алгоритм расчета установившегося режима электрической сети с ДГР.

В третьей главе разработан алгоритм работы системы управления ДГР, представленный в виде блок-схемы. Настройка ДГР осуществляется одним из двух способов: экстремальным или частотным. Экстремальный способ характеризуется настройкой ДГР в резонанс. При частотном способе в качестве основного инструмента для определения частоты свободных колебаний напряжения контура нулевой последовательности (КНП) принят математический аппарат вейвлет преобразования.

Для проверки предлагаемого алгоритма работы системы управления ДГР создана имитационная модель электрической сети с компенсированной нейтралью, позволяющая изменять конфигурацию сети и режим работы.

В четвертой главе в ходе разработки макета ДГР напряжением 35 кВ произведены расчеты магнитной части и обмоток ДГР. Выполнены расчеты индуктивности на основе теории поля, а также в программе ELCUT. Получены зависимости индуктивности ДГР от величины зазора в ходе экспериментальных испытаний на реальной подстанции.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, отражает ее основные положения и выводы. В диссертационной работе подробно

раскрыты положения, вынесенные на защиту, предложенные решения достаточно обоснованы. Структура диссертации обладает внутренним единством, текст написан грамотным языком и качественно оформлен.

3. Соответствие работы паспорту специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы по направлениям исследования:

- п. 6 «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике»;
- п. 7 «Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем»;
- 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».

4. Степень новизны научных положений, результатов и выводов

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

1. Разработана математическая модель распределительной электрической сети среднего напряжения с компенсированной нейтралью, учитывающая несимметрию взаимных индуктивностей и емкостей линии в режиме ОЗЗ.
2. Разработан алгоритм расчета установившегося режима электрической сети с ДГР для оценки начальных условий до возникновения ОЗЗ, в том числе напряжения смещения нейтрали.
3. Разработан алгоритм работы системы управления ДГР, в котором анализ частоты свободных колебаний напряжения КНП производится с помощью ВП.
4. Разработана имитационная модель распределительной электрической сети 35 кВ с разработанным алгоритмом системы управления ДГР.

5. Практическая значимость работы

1. Разработана программа для расчета установившегося режима распределительной электрической сети с ДГР, с помощью которой могут быть

рассчитаны токи и напряжения, потери мощности в элементах сети до возникновения ОЗЗ.

2. Создана система управления для ДГР плунжерного типа, позволяющая осуществить его настройку на емкостный ток в автоматическом режиме.

3. Создан физический макет ДГР плунжерного типа с электрогидроприводом.

4. Разработаны программа и методика проведения стендовых исследований макета ДГР и системы управления для подтверждения ее работоспособности.

Использование результатов диссертационной работы в учебном процессе и на производстве подтверждается соответствующими актами внедрения.

6. Степень достоверности результатов и обоснованности выводов исследования

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы обеспечивается корректным использованием методов математического моделирования, вейвлет анализа, теоретических основ электротехники, теории поля, а также достаточно хорошим совпадением результатов моделирования с экспериментальными данными на физических объектах. Автором корректно используется вейвлет анализ для программной фильтрации и определения частоты напряжения свободных колебаний КНП.

7. Апробация и публикация результатов диссертационной работы

По теме диссертационной работы опубликовано 9 научных работ, из которых 5 в рецензируемых изданиях, входящих в Перечень рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в материалах конференций, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science, 2 работы в трудах всероссийских и международных научных конференций, имеется 1 свидетельство о регистрации электронного ресурса.

8. Замечания по диссертационной работе

В целом основные положения, выводы и результаты диссертационной работы возражений не вызывают. По работе имеются следующие замечания:

1. Во введении диссертации в качестве предмета исследования указана система регулирования ДГР, а далее в тексте рассматривается система управления ДГР.

2. В разделе 2 диссертации в математической модели расчета установившегося режима электрической сети не учитываются устройства компенсации реактивной мощности и прочие линейные регуляторы параметров режима и качества электроэнергии.

3. Математическая модель представлена для расчета установившегося режима электрической сети 35 кВ с воздушными линиями. Можно ли по данной модели выполнять расчет электрических сетей с кабельными линиями напряжением 6-10 кВ?

4. Непонятно, как выполнялась верификация результатов расчета установившегося режима электрической сети. Как оценивалась адекватность математической модели?

5. Как в разработанном алгоритме работы системы управления ДГР учитывалось изменение частоты электрической сети?

6. Недостаточно обоснованы преимущества вейвлет разложения сигналов применительно к решаемой задаче. Автору следовало бы выполнить сравнительную оценку точности определения частоты свободной составляющей напряжения в контуре нулевой последовательности различными методами.

7. Непонятно, как оценивать изменение конфигурации линий в блоке 21 рисунка 3.4, диссертации если не вся электрическая сеть будет находиться под оперативно-диспетчерским управлением одного собственника.

8. Разработанный автором алгоритм работы системы управления ДГР основан на компенсации емкостных токов основной частоты в электрических сетях. Выполнялась ли автором экспериментальная оценка спектрального состава указанных емкостных токов в реальных электрических сетях 6-35 кВ с нелинейными нагрузками? Какая доля емкостных токов будет скомпенсирована ДГР при искажениях синусоидальности токов и напряжений в рассматриваемой электрической сети?

9. В разделе 3 диссертации нарушен порядок нумерации формул. Низкое качество некоторых рисунков (рис. 1,1 и 1.2).

Указанные замечания не препятствуют в целом положительной оценке проведенных в диссертации исследований.

9. Общее заключение о соответствии диссертационной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Диссертационная работа Д.Г. Сафонова «Управление компенсацией емкостных токов в электрических сетях среднего класса напряжения при однофазных замыканиях на землю» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой содержится решение задачи повышения точности настройки дугогасящего реактора в электрических сетях с компенсированной нейтралью.

Работа обладает внутренним единством, выполнена самостоятельно, хорошо изложена. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Новые научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение для развития электроэнергетических систем.

Диссертационная работа соответствует требованиям, изложенным в п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), а автор Сафонов Дмитрий Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры «Подвижной состав электрических
железных дорог» федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Омский государственный
университет путей сообщения» (ОмГУПС (ОМИИТ))

Третьяков Евгений
Александрович

«25» декабря 2019 г.

Подпись Третьякова Евгения Александровича заверяю:

Начальник Управления кадров, делами
и правового обеспечения

О. Н. Попова

Почтовый адрес: 644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Телефон: (3812) 31-42-19

Электронный адрес: eugentr@mail.ru

