

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н., Степанова Сергея Федоровича на диссертацию Смирнова Артема Ивановича на тему: «Система адаптивной токовой защиты в электротехнических комплексах с распределенными электростанциями малой мощности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Актуальность темы диссертации

Для защит энергосистем от повреждений и ненормальных режимов работы, используются различные виды релейной защиты и автоматики (РЗА). При условиях правильной наладки, настройки и расчетов уставок срабатывания, современные устройства защиты способны предотвращать разрушающие действия всех видов повреждений и аварийных режимов, возникающих в энергосистеме. Однако развитие технологий альтернативной энергетики и внедрение их в традиционную структуру распределительных сетей приводит к изменению направления потоков мощности, возникают режимы качания и асинхронные режимы из-за многостороннего электропитания, изменяются уровни токов короткого замыкания. На данный момент релейная защита электросетей считается значительным техническим барьером для широкого использования распределенной генерации электроэнергии. Внедрение собственных генерирующих установок может привести к ложным срабатываниям и не срабатываниям релейной защиты, нарушению селективности, несинхронизированным АПВ и др.

Перечисленные факторы и проблемы свидетельствуют об актуальности научно-технических задач, решаемых в диссертации, а разработка и внедрение комплекса технических решений по реализации системы адаптации уставок срабатывания токовых защит позволяет значительно поднять надежность и безопасность работы электротехнических комплексов. В связи с этим, тема диссертационной работы Смирнова А.И. посвящённая разработке системы адаптации уставок срабатывания токовых защит в условиях распределенной генерации является чрезвычайно актуальной

Характеристика структуры диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. По каждой главе имеются выводы.

Во введение обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования. Сформулирована цель и изложены задачи исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, их научная новизна, приведены основные результаты работы, их теоретическая и практическая значимость.

В первой главе Смирнов А.И. выполнил обстоятельный анализ современного состояния научных исследований в области автоматической защиты электрических сетей и

N 508-9
от 08.12.2010

электрооборудования на предприятиях, убедительно и с глубоким пониманием существа стоящей перед ним проблемы, обосновал актуальность темы работы, сформулировал её цель и основные задачи, которые должны быть направлены на разработку адаптивных систем токовых защит в электротехнических комплексах в условиях распределенной генерации электроэнергии. Соответственно, анализ литературы затронул различные области энергетики, такие как, типы распределенной генерации и их устройство, системы защиты сети, токи короткого замыкания, качество электроэнергии и их зависимости от новых условий работы электросети.

Во второй главе рассмотрены основные виды релейной защиты, используемые в распределительных сетях и выделены их преимущества и недостатки в условиях распределенной генерации. Разработаны имитационные модели участка электросети с собственной генерирующей установкой с помощью которых проведено исследование влияния распределенной генерации на чувствительность токовой защиты и возникновения ложных срабатываний.

В третьей главе приводится описание процесса разработки системы адаптивной настройки параметров срабатывания токовой защиты. Разработан алгоритм определения структуры сети и назначения ступеней селективности, позволяющий автоматически определять новые устройства и пересчитывать последовательность срабатывания токовой защиты в условиях изменения топологии. Разработан алгоритм определения тока короткого замыкания в сетях с несколькими источниками электроэнергии на основе эквивалентных преобразований.

Четвертая глава посвящена проверке адекватности разработанных алгоритмов. Разработаны имитационные модели распределительной сети среднего напряжения, позволяющие реализовать изменение структуры сети, изменение вырабатываемой мощности, островной режим работы электросети, не сбалансированную нагрузку и др., чтобы всесторонне проверить работу систему адаптивной токовой защиты.

Заключение работы содержит изложение основных научных результатов и выводов.

Список литературных источников состоит из 152 наименований, 38 из которых принадлежат отечественным авторам и 114 иностранным.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений подтверждается использованием известных методов математического и имитационного моделирования. Адекватность методов, используемых в работе, подтверждается фундаментальными теориями исследования процессов при межфазных коротких замыканиях и применением современных и

проверенных ведущими научно-исследовательскими организациями программно-моделирующих комплексов, а также обсуждением основных результатов работы в рамках конференций и дискуссий по опубликованным статьям.

Научные положения, выводы и результаты в целом обоснованы ссылками на апробированные источники.

Обоснование первого защищаемого положения представлено во второй главе диссертации. Автором проведены теоретические исследования влияния распределенной генерации на токовую защиту ближнего и дальнего действия, в результате которых выявлена связь между вырабатываемой мощностью распределенной генерации, которая может изменяться по причине природных условий, отключения части генерирующих установок из-за низкого потребления или ремонтных работ.

Для подтверждения выявленной связи разработана компьютерная модель электротехнического комплекса, состоящего из источника распределенной генерации, подключенной к электросети, токовой защиты и центральной энергосистемы. Выявлена зависимость, отражающая влияние вырабатываемой мощности генерирующих установок на чувствительность токовой релейной защиты дальнего действия. Установлено, что изменение вырабатываемой мощности распределенной генерации в диапазоне до 10 МВт вызывает наибольшее влияние на распределение вкладов в ток короткого замыкания от распределенной генерации и центральной энергосистемы.

Второе защищаемое положение раскрыто в третьей главе и подтверждается в четвертой. Разработан алгоритм адаптивной токовой защиты способный следить за изменениями, происходящими в распределительной сети, приспосабливаться к расширению сети и корректировать необходимые настройки срабатывания защиты. Адекватность работы алгоритма подтверждается на компьютерной модели распределительной сети, где имитируются различные режимы работы электросети в ходе которых возникают короткие замыкания.

Научная новизна работы

– Алгоритмы адаптивной настройки параметров срабатывания токовой защиты учитывающие изменения, происходящие в системе до короткого замыкания, что позволяет уменьшать требования к каналам связи между конечными устройствами и центральным блоком управления релейной защитой.

– Автоматическое определение последовательности срабатывания защит в соответствии с изменением направления потока мощности сети при изменении её структуры позволяет уменьшить количество необоснованных отключений источников распределенной генерации.

– Дополнительные принципы выбора точки подключения источников распределенной генерации электроэнергии, отличающиеся от известных введением учета параметров генерации и основанные на выявленных зависимостях вклада тока центральной энергосистемы от мощности распределенной генерации и ее типа.

Замечания по диссертации

При ознакомлении с работой возникли следующие вопросы и замечания:

1. Стр.50 «Вклад сети в ток короткого замыкания будет определяться полным сопротивлением фидера, локальной мощностью короткого замыкания, относительной мощностью распределенной генерации, её расположением и способом *подключения*» о каких способах может идти речь ?
2. Стр.51 Таблица 2.2 - нет указания для каких сечений жил приведены данные. Параметры L , Ом/км и C , Ом/км имеют неправильное обозначение. Индексами L и C принято обозначать индуктивность (Гн) и емкость (мкФ), правильное написать X_L и X_C . Вызывают сомнения, указанные величины этих параметров.
3. Стр.52 Рис.2.10а,б - Нет описания приведенных алгоритмов. Не понятно, что за параметры R_L , $R_{\text{поз}}$. Если это исходные данные, то они должны появиться в начале. Что значит параметр $K3+0.5$? Где собираются результаты расчета параметров и где они выводятся?
4. Лист 54. В модели и в более ранних рассуждениях есть линия соединения РГ с системой. Параметры линии генератора должны были попасть в формулу 2.13. Параметры линии будут влиять на токораспределение. Надо объяснить, почему их не стали учитывать.
5. На этой же странице «....в тестовой модели *параметры линий установлены* так, чтобы влияние распределенной генерации на ток короткого замыкания было максимальным....». Параметры линий необходимо было указать для лучшего понимания Ваших графиков.
6. «Место короткого замыкания добавленного фидера итеративно изменяется в диапазоне, как показано на рисунке 2.10б» По данным этого рисунка невозможно изменить диапазон от 1 до 50 км с шагом 5 км.
7. Стр.72 Нет указания как определяется время *t_{max} до устранения неисправности в системе* формула 3.1.
8. Стр.103 «рассчитывается в *центральной блоке управления* токовой защитой и обозначает величину вклада генератора в ток короткого замыкания для каждого реле». Нужно было привести структуру центрального блока.

В тексте диссертации имеется ряд опечаток и неточностей. Например:

- Стр.59 Не технический термин –«....вклад тока короткого замыкания распределенной генерации направлен вверх по фидеру к точке короткого замыкания»
- Для заданной селективной работы требуется последовательность срабатывания реле нагрузки *H4, P7, P4* и *P2*.(пропущено *P13*)
- Стр.82 - От источника электроэнергии до места короткого замыкания.

Общая оценка и заключение по диссертации

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной задачи в области обеспечения чувствительности и надёжности релейной защиты в условиях вариативности параметров генерации электроэнергии, которая соответствует специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. Диссертация имеет внутреннее единство, написана с использованием правильных технических терминов. Рисунки выполнены с соблюдением стандартов.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук* (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы прошли публичное обсуждение на 7 всероссийских и международных конференциях в период с 2017 по 2020г.

Анализ публикаций автора позволяет утверждать, что содержание диссертации отражено в них с требуемой полнотой ВАК.

Автореферат с достаточной полнотой отражает содержание диссертации.

По диссертации можно сделать вывод, что работа Смирнова Артема Ивановича представляет собой самостоятельное законченное научное исследование. Отмеченные выше замечания не ставят под сомнение основные положения работы, новизну и значимость её результатов и выводов.

Диссертация «Система адаптивной токовой защиты в электротехнических комплексах с распределенными электростанциями малой мощности», представленная на соискание

ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а ее автор – Смирнов Артем Иванович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент,

Профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехнология»

«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
доктор технических наук

 / Степанов Сергей Федорович /
« 23 » 11 2020г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, Тел.: +7 (8452) 99-87-79,

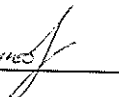
E-mail: tishenkonv@sstu.ru

сайт: <http://www.sstu.ru>

Подпись д.т.н. Степанова Сергея Федоровича
заверяю

Ученый секретарь Ученого совета
СГТУ имени Гагарина Ю.А.
доктор культурологии, доцент



 Тищенко Наталья Викторовна
« 23 » 11 2020