

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Суслова Константина Витальевича
на диссертацию *Шендера Сергея Евгеньевича* на тему «Централизованная защита дальнего резервирования в электрической сети на основе синхронизированных векторных измерений»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из введения, четырёх глав с выводами, заключения, библиографического списка из 116 наименований.

Актуальность темы диссертации

На сегодняшний день в энергосистеме России распределительная сеть 110-220 кВ построена параллельно системообразующей сети 500 кВ. При этом, ввиду сложности и разветвленности распределительной сети, в ней представлены линии с несколькими питающими концами. В свою очередь, требования к релейной защите системообразующей и распределительной сетей слабо отличаются, т.к. режимы работы и принципы построения электрических сетей обоих классов напряжения сильно схожи. Однако в распределительной сети 110-220 кВ имеются особенности, не свойственные системообразующей сети, например, режимы работы нейтралей трансформаторов и автотрансформаторов. Дополнительно, сложность распределительной сети приводит к тому, что применение классических и сложных в настройке защит становится очень дорогим и трудозатратным.

При этом, на сегодняшний день остается нерешенной проблема согласования резервных защит без необходимости увеличения выдержек времени срабатывания на отдельных участках сети при использовании данных защит. Это приводит к замедлению отключения коротких замыканий и как следствие, более длительному протеканию токов коротких замыкания и снижению ресурса оборудования. В связи с этим является актуальной и перспективной разработка решения, позволяющего отойти от классической методологии согласования ступеней резервных защит и решить проблему согласования резервных ступеней. Это свидетельствует об актуальности выбранной Шендером С.Е. темы исследования.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа Шендера С.Е. состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 116 наименований. Содержит 127 страниц, 40 рисунков и 10 таблиц.

Содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, представлена степень её разработанности, представлена цель работы, сформулированы задачи, которые решались для достижения поставленной цели исследования, определены объект исследования и научная новизна. Показана научная и практическая значимость, приведены методы исследования и указаны положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор способов дальнего резервирования, применяющих в отечественной электроэнергетике, а также методов определения места повреждения в электроэнергетической сети. Показаны проблемы классической методологии обеспечения селективности ступеней дальнего резервирования, приводящие к необходимости увеличения выдержек времени срабатывания. Помимо этого, выполнен анализ применимости существующих методов ОМП для обнаружения точки короткого замыкания в частично наблюдаемой электрической сети. Показано, что на сегодняшний день отсутствуют средства и методы, позволяющие локализовать точку короткого замыкания в частично наблюдаемой сети.

Во второй главе автором приведена структура централизованной защиты дальнего резервирования, работающей по измерениям устройств синхронизированных векторных измерений, установленных в узлах питания в исследуемой электрической сети. Рассмотрены особенности построения данной защиты, критерии её применимости и ограничения. Приведены требования к сети передачи данных, временным задержкам в каналах связи, устройствам РЗА и серверу, на котором предполагается развертывание предлагаемого алгоритмического обеспечения.

В третьей главе приводятся метод фиксации возникновения короткого замыкания и метод локализации точки повреждения в электрической сети. Описан математический аппарат и показана его применимость в контексте поставленной задачи исследования. Рассмотрены ограничения предлагаемых методов. В главе также представлены реализации алгоритма контроля срабатывания централизованной защиты и разрешения срабатывания ступеней дальнего резервирования, в зависимости от существующей реализации исполнительной части непосредственно на объекте в электрической сети.

В четвертой главе приведены результаты и анализ работы предлагаемой централизованной защиты дальнего резервирования. Показано, что ее применение позволяет решить проблему обеспечения селективности защит дальнего резервирования в рассматриваемых режимах работы электрической сети, а также в исследуемой топологии. Показаны

проблемы и особенности предлагаемой защиты, возникающие при реализации на предлагаемом алгоритмическом обеспечении.

В заключении обобщены результаты диссертационной работы, подтверждающие решение поставленных задач.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика:

- п.8. «Разработка и обоснование алгоритмов и принципов действия устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики для распознавания повреждений, определения мест и параметров повреждающих (возмущающих) воздействий в электрических сетях».
- п.10. «Разработка цифровых и физических методов анализа и мониторинга режимных параметров основного оборудования электростанций, электрических сетей и систем электроснабжения».
- п.11. «Разработка методов мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид».
- п.16. «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике, паспорта специальности».

Степень обоснованности положений и достоверности полученных выводов и результатов

Обоснованность научных положений, выводов и результатов подтверждается корректным применением фундаментальных теоретических методов исследования в рассматриваемой области и методов расчета установившихся режимов ЭЭС. Основные выводы подтверждены вычислительными экспериментами на тестовой электрической сети.

Достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается результатами вычислительных экспериментов, проведенных на математической модели, признанной научным сообществом.

Результаты не противоречат исследованиям других авторов и устоявшимся практикам в данной области.

Новизна работы и научных результатов

Новизна представленной на отзыв диссертационной работы определяется предложенной инновационной методологией, позволяющей отказаться от согласования ступеней резервных защит посредством выдержек времени с необходимостью загробления данных выдержек.

Наиболее значимыми новыми результатами, полученными в диссертационной работе, являются:

- разработка метода выявления возникновения короткого замыкания в

электрической сети на основе синхронизированных векторных измерений;

- разработка метода локализации точки короткого замыкания в частично наблюдаемой электрической сети по данным синхронизированных векторных измерений в условиях ограниченности этих измерений;
- разработка алгоритмов разрешения срабатывания ступеней дальнего резервирования, реализованных на существующем локальном или на отдельном устройстве РЗА.

Практическая значимость и теоретическая ценность полученных результатов

Теоретическая и практическая ценность заключается в предложенной методологии настройки резервных защит без необходимости увеличения времени срабатывания, что, в свою очередь, снижает длительность протекания токов короткого замыкания. Помимо этого, разработан метод локализации точки короткого замыкания в частично наблюдаемой электрической сети. Данный метод позволяет выявлять место повреждения в целом энергорайоне электрической сети в условиях ограниченности измерений.

В рамках диссертационной работы была разработана программа для ЭВМ, которая может быть применена как самостоятельный программный модуль для выполнения расчетов по локализации места короткого замыкания в электрической сети, а также контексте решения задачи настройки ступеней дальнего резервирования при организации централизованной защиты.

Личный вклад автора

Автором предложена структура централизованной защиты дальнего резервирования в частично наблюдаемой электрической сети на основе синхронизированных векторных измерений. Помимо этого, предложена альтернативная методология согласования резервных защит, решающая проблемы существующей классической методологии. Разработан метод локализации точки короткого замыкания в электрической сети, апробирована его работоспособность на тестовых схемах.

Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Шендера С.Е. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены в «Положении о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», утвержденного Приказом ректора ФГАОУ ВО УрФУ от 8 мая 2024 г. №450/03. В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

1. Тема и содержание диссертации Шендера С.Е. соответствует паспорту научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.
2. Указанная соискателем цель работы – разработка централизованной защиты дальнего резервирования в электрической сети на основе синхронизированных векторных измерений – реализована в рамках представленной диссертационной работы. Научно-практические решения, представленные автором, обоснованы и сопоставлены с результатами экспериментальных и аналитических исследований других авторов.
3. Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе по всем квалификационным признакам: по цели, задачам, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.
4. Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором структурно-содержательно.
5. Научные публикации Шендера С.Е., изданные в период с 2022 по 2024 гг. соответствуют диссертационной работе и с достаточной полнотой отражают её суть, основные результаты и выводы.

Диссертационная работа Шендера С.Е. написана доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания, доступно и репрезентативно.

Основные результаты диссертационной работы Шендера С.Е. представлены в 7 научных работах, из них 2 – в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ, а также одна в издании, входящем в международную базу цитирования Scopus. Результаты обсуждались на международных научных конференциях и семинарах различного уровня.

В диссертационной работе Шендера С.Е. сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов научной деятельности.

Вопросы и замечания по диссертации

При ознакомлении с диссертационной работой и авторефератом возникли следующие вопросы и замечания:

1. На рисунках 2.3 – 2.5 приведены примеры точек КЗ в узлах в конце второго пояса. Не совсем понятно, на основании чего были выбраны именно эти точки.
2. Для лучшего восприятия предлагаемого алгоритма следовало бы его привести в виде блок-схемы.
3. Каковы четкие ограничения имеются для применимости предлагаемого алгоритма? В каких случаях данный алгоритм неприменим?

4. Каким образом на практике можно применить результаты исследований, представленных в таблицах 4.4.-4.7. Т.е. исходя из представленных данных некоторые точки КЗ будут некорректно определяться. И что в таком случае делать?
5. Автором на стр.87 утверждается, что для практической реализации вычислительной задачи достаточно ограничить число моделируемых режимов КЗ и для этого можно приблизительно локализовать точку замыкания, выполнив расчет напряжений сети для КЗ в каждом узле сети. Каким образом это можно осуществить для реальной сложнзамкнутой сети?
6. Автором предлагается реализация алгоритма контроля срабатывания централизованной защиты дальнего резервирования и разрешения срабатывания ступеней дальнего резервирования для двух случаев: в существующем локальном МП РЗА и на промежуточном устройстве, связанном с локальным устройством РЗА. Желателен подробный сравнительный анализ преимуществ и недостатков того и иного способов реализации.

Приведенные замечания и вопросы не снижают высокой положительной оценки диссертационной работы, поскольку существенно не влияют на основные выводы, а также полученные научные и практические результаты.

Общее заключение

В целом диссертационная работа является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, обладающей всеми необходимыми признаками. Работа выполнена на актуальную тему, разработанные методы и алгоритмы характеризуются научной новизной. Полученные в работе результаты имеют практическую значимость. Сформулированные автором выводы являются обоснованными и достоверными. В работе предложена структура централизованной защиты дальнего резервирования, которая позволяет решить проблему согласования резервных защит при текущих принципах построения резервных защит, а также при применении классической методологии. Также разработан метод локализации повреждения в районе электрической сети. Результаты работы использованы при разработке программ для ЭВМ.

Диссертация оформлена по общепринятой структуре, изложение материалов соответствует требованиям к рукописным научным работам.

Диссертационная работа Шендера С.Е. на тему «Централизованная защита дальнего резервирования в электрической сети на основе синхронизированных векторных измерений» полностью отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ».

Основываясь на сказанном выше, считаю, что соискатель Шендер Сергей Евгеньевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор Института гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»


Суслов Константин Витальевич

Тел. (моб): +7(914) 870-46-73

E-mail: SuslovKV@mpei.ru

12 ноября 2024 г.

Суслов
Константин Витальевич



Полное наименование организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Юридический адрес: Россия, 111250, г. Москва, внутригородская территория города федерального значения муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.

Телефон: +7 (495) 362-75-60 (справочная),

E-mail: universe@mpei.ac.ru