

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВПО «Нижегородский
государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»
к.т.н., доцент

_____ Н.Ю. Бабанов

«__» _____ 2015 г.

Отзыв

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (ФГБОУ ВПО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева») на диссертационную работу Воронова Павла Ильича **«Информационные аспекты защиты и локации повреждений электрической сети»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

1. Актуальность темы

Микропроцессорная техника, а также развивающиеся средства коммуникаций предоставляют возможности существенного увеличения объёма информации, доступной для анализа современным цифровыми устройствам релейной защиты и автоматики. Для эффективного использования имеющейся информации требуются интеллектуальные алгоритмы защиты и локации повреждений в электрической сети. Диссертация направлена на разработку новых методов релейной защиты и локации повреждений, использующих результаты наблюдений как текущего, так и предшествующего режимов работы электроэнергетических объектов, а для линий электропередачи также информацию о токах и напряжениях на удалённой подстанции.

Тема диссертационной работы является несомненно актуальной и направлена на совершенствование методов и средств интеллектуальной релейной защиты.

2. Структура работы

В первой главе работы приведён анализ технических решений, характеризующий процесс адаптации современной релейной защиты. Подробно рассмотрено физическое явление нераспознаваемости трёхфазных коротких замыканий при неограниченной вариации угла передачи мощности в линиях электропередачи, которое заключается в принципиальной невозможности различить контролируемые и альтернативные режимы. Выявлено различие в понятиях нераспознаваемости зоны и места повреждения. Выделены два вида адаптации релейной защиты: прямая, заключающаяся в изменении характеристик срабатывания защиты в зависимости от предшествующего короткому замыканию режима, и косвенная, использующая в замере защиты информацию о предшествующем режиме. Показана реализация прямой адаптации с применением многомерной дискретной структуры. Приведены основные закономерности такой структуры.

Вторая глава посвящена вопросам адаптации дистанционной защиты линий электропередачи. Рассмотрены три варианта выполнения дистанционной защиты: на базе неадаптивного реле, а также реле с прямой адаптацией и реле с косвенной адаптацией. Защиты настраивались для работы в режимах коротких замыканий на фоне асинхронного хода. Полученные результаты показали преимущество реле с прямой адаптацией. Приведён алгоритм адаптивной дистанционной защиты для сложной модели линии электропередачи на основе многомерной дискретной структуры.

Третья глава посвящена разработке алгоритмов определения места повреждения и выявления повреждённых фаз в линиях электропередачи при двухстороннем наблюдении. Приведена алгоритмическая модель наблюдаемого объекта с предполагаемым местом повреждения. Предложена модель повреждения для всех видов коротких замыканий и обрывов проводов. Представлены разработанные критерии повреждения многопроводной системы при двухстороннем наблюдении. Предложен алгоритм локации мест двойных замыканий для синхронизированных наблюдений.

В четвёртой главе рассмотрена задача цифровой обработки сигналов, а именно актуальная задача выделения наблюдаемых электрических сигналов

на фоне шумов и помех. В работе рассмотрены два способа подавления шумов: сингулярный спектральный анализ и кратномасштабный анализ (разновидность вейвлет-анализа). Способы фильтрации сигналов на фоне шума рассмотрены применительно к различным видам сигналов. Приведены примеры подавления шумов для реальных и модельных осциллограмм с последующей обработкой адаптивными фильтрами.

В пятой главе диссертационного исследования изложены варианты применения новых алгоритмов в устройствах релейной защиты, выполненных на современных микропроцессорных терминалах серии «ТОР 300» производства ООО «Исследовательский центр «Бреслер» (г. Чебоксары). В устройстве «ТОР 300 АДЗ 110» реализована адаптивная дистанционная защита с использованием многомерной дискретной структуры. В локаторе «ТОР 300 ЛОК 220» применены разработанные в диссертации критерии повреждения при двухстороннем наблюдении и сингулярный спектральный анализ. Кратномасштабный анализ использован при разработке реле для автоматики опережающего деления сети, реализованного в устройстве «ТОР 300 АОДС 503». Приведены результаты испытаний на модельных и реальных осциллограммах короткого замыкания.

3. Значимость полученных автором диссертации результатов для релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем

Значимость для теории заключается в следующем:

1) Исследовано явление нераспознаваемости трёхфазных коротких замыканий в линиях электропередачи, что позволяет оценить характеристики распознающей способности алгоритмов релейной защиты. Предложена структура многомерного дискретного пространства, позволяющая в удобной форме хранить информацию о наблюдаемом объекте, и рассмотрены основные свойства такой структуры.

2) Новый способ дистанционной защиты с адаптацией линий электропередачи позволяет обеспечить селективную работу при коротком замыкании, в том числе в асинхронном режиме.

3) Предложенные способы локализации повреждений в многопроводных системах при двухстороннем наблюдении позволяют оценить расстояние до мест простых (короткое замыкание в одной точке) и сложных (короткие замыкания с обрывами проводов, места двойных замыканий) повреждений.

4) Исследованные способы подавления шумов в наблюдаемых процессах на основе сингулярного и кратномасштабного анализа позволяют повысить точность оценки составляющих токов и напряжений.

Значимость для практики заключается в следующем:

1) Предложенный метод модификации характеристик релейной защиты обеспечивает высокую распознающую способность защиты при заданной её селективности.

2) Методика построения адаптивной дистанционной защиты с применением многомерной дискретной структуры позволяет повысить распознающую способность, в том числе при замыканиях в режимах асинхронного хода.

3) Разработанные критерии повреждений в линиях электропередачи при двухстороннем наблюдении позволяют точно определить расстояние до мест простых и сложных повреждений.

4) Приведённая методика выделения электрических сигналов на фоне шумов с использованием сингулярного и кратномасштабного анализов позволяет повысить точность оценки информационных составляющих наблюдаемых процессов.

4. Вопросы и замечания к работе

1) Разработанный алгоритм адаптивной дистанционной защиты позволяет обеспечить чувствительность к коротким замыканиям на фоне асинхронного режима. Каким образом моделировались такие режимы? Учитывалась ли работа блокировки при качаниях мощности?

2) Веденное разделение адаптации защиты (стр. 8 автореферата, стр.11 диссертации) на прямую и косвенную, на наш взгляд, является не до конца полным. С этой точки зрения, целесообразно говорить об адаптации характеристик срабатывания и адаптации измерительной части релейной защиты. Например, к какому виду адаптации можно отнести изменение алгоритма принятия решения защитой при реконфигурации сети и передачи команд на основе МЭК 61850?

3) Почему возникла необходимость введения понятия «дешумизация». В технической литературе достаточно много устоявшихся терминов, характеризующих аналогичные процессы, например, «фильтрация сигналов

на фоне шумов», «подавление шумов», «выделение сигналов из шума» и др. В чем необходимость по-новому назвать этот процесс?

4) В диссертационной работе практически отсутствует сопоставительный анализ предлагаемых алгоритмов фильтрации сигналов на фоне помех (сингулярный спектральный и кратномасштабный анализ) с известными (дискретное преобразование Фурье, метод наименьших квадратов). Каковы численные характеристики выигрыша и какими вычислительными затратами это достигается?

5) Как будут работать алгоритмы определения места повреждения при двухстороннем наблюдении в случае несинхронизированных наблюдений на подстанциях? Учитывались ли возможные погрешности измерительных трансформаторов тока и напряжения?

6) Редакционные замечания, связанные с оформлением диссертационной работы:

- названия глав диссертации не в полной мере отражают специфику содержательной части. Например, гл.1 «Основные понятия и определения», гл.5 «Внедрение»;

- не пропорциональное распределение материала между подразделами диссертационной работы. Например, объем подраздела 3.3 составляет менее одной страницы, большую часть которого занимает рисунок;

- ссылки на литературу выполнены не должным образом.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке новых алгоритмов релейной защиты и локализации повреждений электрической сети, использующих в своей работе большой объем доступной информации. Метод адаптации дистанционной защиты, использующий информацию о текущем и предшествующем режимах может быть использован для построения высокочувствительной защиты линий электропередачи, а разработанные критерии повреждений при двухстороннем наблюдении могут быть использованы в современных микропроцессорных устройствах релейной защиты для повышения точности определения места повреждения.

Отдельные положения диссертационной работы целесообразно использовать в учебном процессе по дисциплинам «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Цифровая обработка сигналов в системах защиты и управления».

6. Заключение

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

Диссертационная работа Воронова Павла Ильича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач в области релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем. Работа отвечает специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», требованиям ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Отзыв на диссертацию Воронова П.И. на тему «Информационные аспекты защиты и локализации повреждений электрической сети» обсуждён и одобрен на заседании кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВПО НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 3 от «29 октября 2015 г.

Заведующий кафедрой «Электроэнергетика,
электроснабжение и силовая электроника»
ФГБОУ ВПО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»
д.т.н., профессор

Лоскутов
Алексей Борисович

603950, РФ, Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, д. 24, корпус 1, ауд. 1267
Тел.: (831) 436-93-89, e-mail: loskutov@nntu.nnov.ru