

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Белянина Андрея Александровича «Исследование и разработка средств защиты и локации замыканий на землю фидера распределительной сети», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

### **1. Актуальность темы**

Диссертация Белянина Андрея Александровича посвящена актуальной проблеме, связанной с обеспечением надежной работы распределительных сетей 6–35 кВ, основным видом повреждения в которых являются однофазные замыкания на землю. На сегодняшний день существует достаточно много решений по организации селективного определения присоединения с однофазным замыканием на землю на основе разнообразных принципов. Однако, известные способы построения защит не обеспечивают требуемой степени селективности. Широкое внедрение микропроцессорной техники позволило по-новому взглянуть на эту проблему и дало толчок новым исследованиям в области защит от замыканий на землю. В связи с этим тема диссертационного исследования является актуальной.

### **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников из 100 наименований и двух приложений. Общий объем составляет 110 страниц.

В первой главе приведен обзор литературы по теме диссертации, рассмотрены работы отечественных и зарубежных исследователей, обоснован выбор направления исследований. В соответствии с выбранным направлением рассмотрены вопросы имитационного моделирования распределительных сетей, способных воспроизводить протекающие переходные процессы при замыканиях на землю. Также решена задача алгоритмического моделирования фидера в переходном режиме. Развитие принципов алгоритмического моделирования в работе привело к выделению подкласса дискретно-аналоговых алгоритмических моделей и открытию новых информационных составляющих, названных нормальными и локальными. Новым составляющим в диссертации уделено значительное внимание: описаны различия между локальным режимом и аварийным, раскрыта физическая сущность локального режима полностью наблюдаемой сети и разработана методика построения модели объекта в локальном режиме. В дополнение к вышеописанному в работе представлен алгоритм перемещения шунтов внутри модели локального режима, что позволяет далее использовать локальный режим для решения задачи локации повреждений.

Вторая глава посвящена решениям задачи поиска поврежденного присоединения при замыканиях на землю. Исследованы критерии неповрежденного состояния фидера, для реализации которых использованы алгоритмические модели, описанные в первой главе. Рассмотрено применение



нормальных и локальных составляющих тока нулевой последовательности в месте установки защиты в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Дано решение более общей задачи поиска поврежденного участка разветвленной распределительной сети при помощи локальных составляющих с привлечении информации со всех сторон сети.

В третьей главе рассмотрена задача локации замыканий на землю в фидере распределительной сети. Рассмотрено применение дискретно-аналогового моделирования, которое представляет локацию повреждения как поиск минимума целевой функции, строящейся для оценки соответствия алгоритмической модели реальному состоянию объекта. Рассмотрено применение энергетического критерия поиска места повреждения, для реализации которого используются разработанные алгоритмические модели. Предложен алгоритм поиска мест земляных замыканий с использованием локальных моделей при двухстороннем наблюдении. Важную роль в описываемом алгоритме играет предложенный метод переноса шунта в модели локального режима. Показана возможность использования аналогичного алгоритма при одностороннем наблюдении с использованием дополнительно энергетического критерия. Рассмотрено применение разработанного алгоритма для определения мест двойных замыканий на землю.

Четвертая глава посвящена полученным практическим результатам, полученным автором. Описано разработанное при участии диссертанта устройство микропроцессорной селективной защиты воздушных и кабельных линий электропередачи 6-35 кВ с любым режимом нейтрали «ТОР 110-ИЗН». Представлены результаты натурных испытаний (подстанция «Ханты-Мансийская») и опытной эксплуатации (подстанции «Новошешминская», «Олимпийская», «Рубин» и «Тюменская») разработанного устройства. Приведен анализ осциллограмм замыканий на землю, полученных при эксплуатации разработанных устройств. Здесь же рассмотрено применение разработанных способов определения поврежденного присоединения на основе новых информационных составляющих на модели реального энергообъекта с привлечением осциллограмм реальных замыканий на землю. По результатам проведенных испытаний, доказавших действенность предложенных способов, разработанные алгоритмы приняты к внедрению.

Кратко характеризуя представленную работу, необходимо отметить, что в ней приведено комплексное исследование проблемы замыканий на землю в распределительных сетях, по результатам которого автором были предложены способы определения поврежденного присоединения, поиска участка сети с повреждением и поиска мест замыканий на землю.

Необходимо отметить следующие достоинства данной работы:

- комплексный подход к исследованию и последовательность в решении, начиная от вопросов моделирования, переходя к алгоритмам определения поврежденного присоединения, затем поиска поврежденного участка и заканчивая определением места замыканий на землю;



- результаты исследований и разработанные алгоритмы защищены патентами РФ;

- работа имеет практическую направленность, часть исследований уже нашла применение в серийно выпускаемом устройстве «ТОР 110-ИЗН» производства ООО «ИЦ «Бреслер», а часть находится на стадии внедрения.

### **3. Достоверность полученных результатов и новизна исследований**

Результаты, выводы и рекомендации, изложенные в работе, основываются на современных достижениях в области релейной защиты и автоматики энергосистем, методах теоретических основ электротехники и релейной защиты.

Достоверность результатов, полученных автором, подтверждается грамотным применением математического аппарата, совпадением результатов математического и экспериментального моделирования, опытом эксплуатации разработанного устройства.

В рассматриваемой диссертационной работе представлены новые алгоритмические модели фидера, позволяющие работать в базисе мгновенных значений, новые информационные составляющие, названные нормальными и локальными. Приведено их описание, принципы расчета и применение в рамках темы диссертации.

Разработаны новые селективные способы определения поврежденного присоединения на основе контроля сопротивления присоединения по нулевой последовательности, а также на основе нормальных и локальных составляющих наблюдаемых токов нулевой последовательности.

Разработаны новые способы определения мест однофазных и двойных замыканий на землю с использованием энергетического критерия по мгновенным величинам и с использованием локальных составляющих.

### **4. Вопросы и замечания**

По содержанию диссертационной работы имеются следующие вопросы и замечания:

1. Представленные в диссертации алгоритмы определения поврежденного присоединения и поиска мест замыканий на землю рассматриваются на примерах радиальных электрических сетей, в то время как по тексту описывается работоспособность алгоритмов в сетях различной конфигурации. Возникает вопрос, проводились ли исследования в кольцевых сетях и в сетях с наличием гальванической связи на смежных присоединениях?

2. На страницах 55 и 72 диссертации используется термин «регулярные способы», смысл которого не раскрывается.

3. В главе 4, описывающей практическое применение диссертационного исследования и результаты опытной эксплуатации, отсутствует конкретное указание типов кабелей, на которых проводились испытания. В то время как процессы, протекающие в кабелях с бумажно-масляной изоляцией и с изоляцией из

сшитого полиэтилена, сильно разнятся, из материалов диссертации непонятно к чему относятся полученные результаты.

4. Исследования, приведенные в диссертации, строятся в предположении о резистивном характере повреждения, однако это предположение нигде не обосновывается. К тому же дуга представляет собой нелинейный элемент, что так же не отражено в диссертации.

### 5. Заключение

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации в целом.

Основные положения диссертации с достаточной полнотой изложены в автореферате. Материалы диссертации опубликованы в 35 научных работах, в том числе в 4 статьях в изданиях из перечня ВАК РФ и 5 патентах РФ на изобретение. Результаты исследований докладывались и обсуждались на международных, всероссийских и региональных конференциях.

Диссертация «Исследование и разработка средств защиты и локации замыканий на землю фидера распределительной сети» соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о присуждении учёных степеней, в ней содержится решение задачи, имеющей существенное научное и практическое значение для развития релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, её содержание соответствует специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», а её автор Белянин Андрей Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук,  
главный инженер  
Общества с ограниченной ответственностью  
«Научно-производственное предприятие Бреслер»  
(ООО «НПП Бреслер»)  
+7-8352-36-73-33  
[alexp@bresler.ru](mailto:alexp@bresler.ru)

Павлов Александр Олегович

Дата 11.11.2015

М.П.

Подпись А.С. Павлова  
удостоверяю:

Генеральный директор  
ООО «НПП Бреслер»  
428018, г. Чебоксары  
Ядринское шоссе, 4в

Ефимов Николай Самсонович