

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию  
Мартынова Михаила Владимировича  
«Исследование и разработка обучаемых модулей микропроцессорных  
защит линий электропередачи», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические  
станции и электроэнергетические системы»

### 1. Актуальность избранной темы

Совершенствование средств релейной защиты (РЗ) связано в определяющей мере с широким внедрением в практику разработки, проектирования и эксплуатации программно-технических - микропроцессорных (МП) устройств РЗ. Использование такой техники позволяет перейти к качественно новому поколению устройств, которые могут рассматриваться как интеллектуальные, обучаемые системы, целью обучения которых является распознавание отслеживаемых режимов при гарантированной отстройке от противостоящих им альтернативных режимов. По существу такое обучение связано с повышением эффективности функционирования (чувствительности и селективности) устройств РЗ за счет максимального использования доступной информации.

Именно таким актуальным проблемам совершенствования функциональных возможностей устройств РЗ на базе развития подхода к РЗ как к многомерной обучаемой системе и посвящено настоящее диссертационное исследование.

### 2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, где получили обоснование научные положения, выводы и рекомендации, списка литературы из 140 наименований и 3 приложений.

В первой главе приведены обзор отечественных и иностранных работ по теме диссертационного исследования, а также постановка задачи обучения релейной защиты. Представлен разработанный метод последовательного обучения многомерной релейной защиты и подробно рассмотрен способ распознавания сложного повреждения в электрической сети. Процедура обучения характеризуется как разрешение сопоставления между контролируемыми и альтернативными режимами защищаемого объекта ( $\alpha$ - и  $\beta$ -режимы). Задача обучения РЗА – не допустить срабатывания в  $\beta$ -режимах и обеспечить максимально высокую чувствительность к  $\alpha$ -режимам.

Во второй главе рассматривается актуальная задача эквивалентирования сложной имитационной модели электрической сети, назначением которой



является обучение модулей РЗА. Показано, что использование сложной многопараметрической модели связано со значительными вычислительными трудностями из-за необходимости расчета разветвленной электрической сети во многих режимах её работы. Предложено решение задачи построения эквивалентной модели на основе метода эквивалентного генератора. Рассмотрена задача выбора характеристик срабатывания реле, вводится понятие о прообразе граничной линии области отображения режимов работы защищаемого объекта, который представляется в качестве более общей методики задания характеристики срабатывания реле.

В третьей главе приведены примеры решения практической задачи применения разработанных теоретических методов к построению модуля фазового селектора, универсальность алгоритма которого заключается в отсутствии необходимости задания уставок срабатывания. Выполненные теоретические оценки распознающей способности существующих известных алгоритмов фазовой селекции - объектных характеристик распознавания токового избирателя поврежденных фаз (ИПФ) и ИПФ по замеру сопротивления, показали, что они не выполняют поставленную задачу. Предложены и синтезированы структуры универсального ИПФ, позволяющие распознать все контролируемые режимы.

Четвертая глава посвящена решению практической задачи построения модуля отстройки от КЗ за мощными трансформаторами ответственных подстанций, возникшей в процессе разработки устройства дифференциально-фазной защиты (ДФЗ) линий 110-220 кВ. Модуль реализован на основе разработанного метода последовательного условного отображения режимов и позволяет, автоматизируя процесс построения характеристик срабатывания, отстраивать ДФЗ от коротких замыканий за мощными трансформаторами ответственных подстанций без использования третьего блокирующего полуккомплекта на присоединении отпайки.

В пятой главе показана применимость предложенных теоретических положений к разработке обучаемых модулей адаптивной дистанционной защиты с высокой распознающей способностью (по заданию ОАО «Тюменьэнерго»). На основе анализа имитационной модели защищаемой линии выполнено сравнение распознающей способности модуля реле сопротивления, обученного по традиционной методике, и модуля, обученного с использованием информации множества режимов, в том числе, информации о текущем и о предшествующем режиме работы защищаемого объекта. При этом показано, что использование обучаемых модулей позволяет значительно повысить чувствительность защиты.



3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректностью исходных допущений, применением методов теоретических основ электротехники, теоретических основ релейной защиты, вычислительной геометрии, совпадением результатов математического и экспериментального моделирования.

4. Научную новизну положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяют:

4.1. Разработанные многомерные распознающие структуры, отличающиеся по способу своего действия от традиционных алгоритмов РЗА инвариантностью по отношению к типу защищаемого объекта, позволяющие повысить распознающую способность защиты до физически возможного предела и оценить вклад в распознавание аварийной ситуации отдельного модуля в составе многомерной структуры.

4.2. Разработанный способ распознавания сложного повреждения электрической системы, позволяющий повысить распознающую способность защиты благодаря предложенной методике разложения сложного противостояния групп режимов на элементарные противостояния отдельных режимов.

4.3. Решенная в диссертации граничная задача РЗА как основа общей методики задания характеристик срабатывания.

4.4. Разработанная методика эквивалентирования, которая позволяет заменить исходную сложную многопараметрическую имитационную модель электрической сети эквивалентной моделью с минимальным числом варьируемых параметров.

5. Практическая ценность результатов работы определяют следующие предложенные и разработанные достижения диссертанта:

5.1. Методы обучения многомерных распознающих структур, примененные к синтезу алгоритмов релейной защиты, обладающих повышенной распознающей способностью.

5.2. Методика эквивалентирования имитационной модели защищаемого объекта с большим числом варьируемых параметров простой эквивалентной моделью с минимальным числом варьируемых параметров, что необходимо для сокращения вычислительных затрат при обучении РЗА.

5.3. Многомерная распознающая структура универсального избирателя поврежденных фаз.

5.4. Многомерный алгоритм модуля отстройки от коротких замыканий за мощными ответвительными подстанциями.

5.5. Обучаемые модули для адаптивной дистанционной защиты линий электропередачи.

Тема рассматриваемой диссертации соответствует профилю специальности 05.14.02 "Электрические станции и электроэнергетические системы". Результаты выполненных исследований и разработок в достаточной мере отражены в публикациях автора.

#### 6. Замечания и вопросы по диссертации

6.1. Описание процедур обучения РЗ по существу сводится к определению областей распознавания и отображению их на уставочных областях (плоскостях). Следовало бы пояснить, каким образом эти процедуры обучения практически реализуются в обучаемых устройствах РЗ. Такое разъяснение необходимо на уровне постановки задачи, так как оно даёт однозначное представление о перспективах и практически безграничных возможностях обучения современных программно-технических средств РЗ по сравнению с традиционными.

6.2. Важным элементом обучения являются уставочные плоскости, выбор которых осуществляется по существу интуитивно. Поэтому важно представлять возможности разработки методических подходов при выборе наиболее «представительных» уставочных плоскостей.

6.3. В работе упомянуто (стр.22), что в случае объектного пространства высокой размерности для получения границы отображения режимов «... применяются оптимизационные процедуры...». Следовало бы разъяснить основное содержание и направленность такого рода процедур.

6.4. В качестве показателей эффективности устройств РЗ, рассматриваемых в работе, отсутствует такой важный показатель как «быстродействие». Представляется, что его учет должен был бы обусловить особенности (может быть, значительные) в предлагаемых методиках обучения, в том числе связанные с возможным влиянием составляющих электромагнитных переходных процессов, сопровождающих возмущения (например, КЗ) в энергосистемах.

6.5. Вывод 5 к 3-ей главе (стр.163) об абсолютной распознающей способности синтезированной многомерной распознающей структуры универсального фазового селектора параллельного типа выглядит в определенной мере декларативно, так как не разъяснен в материалах главы.

6.6. Возможность решения задач теоретического анализа, выдвигаемых практикой эксплуатации и проектирования РЗ, связанная с развитием и использованием информационной теории РЗ, может быть полезна широкому кругу специалистов проектных и эксплуатирующих организаций, организаций-разработчиков. Однако используемые в этой теории понятия и определения



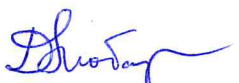
весьма тяжеловесны, слабо корреспондируются с традиционными понятиями и определениями и, главное, недостаточно разъяснены.

К таким понятиям, используемым в работе, например, относятся: распознающая способность и её физический предел, дедуктивный метод обучения, противостояние конгломератов режимов, прообраз граничной линии и т.п.

Приведенные замечания не подвергают сомнению основные результаты и выводы по диссертации и не снижают безусловно положительную оценку работы в целом. Диссертация Мартынова М.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований по развитию подходов к РЗ как к многомерной обучаемой системе предложены методы и средства повышения эффективности функционирования (чувствительности и селективности) устройств РЗ за счет максимального использования доступной информации.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы», а ее автор Мартынов Михаил Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук,  
заместитель генерального  
директора ОАО «Институт  
«ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»  
по научной работе  
+7 903 974-40-79  
Lubarskyi\_D@oaoesp.ru

  
01.12.2014

Любарский Дмитрий Романович

Подпись Любарского Д.Р. заверяю.

Начальник Отдела управления  
персоналом  
ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»  
105318, Москва, Ткацкая ул., 1



 Михайлушкина Е.М.