

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электрические станции и электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Нагая Владимира Ивановича на диссертационную работу Кокорина Евгения Леонидовича, выполненную на тему: «Разработка методов управления эксплуатацией релейной защиты», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

На отзыв предоставлены: диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка из 98 наименований, автореферат.

**Актуальность темы.** Релейная защита и автоматика являются одним из важнейших элементов современных электроэнергетических систем, представляющих большое многообразие генерирующих источников, электрических сетей, потребителей и обеспечивающие их устойчивое функционирование как в аварийных, послеаварийных режимах, так и в нагрузочных режимах. Актуальность темы диссертации обусловлена также тем, что в условиях многообразия отношений субъектов электроэнергетики и зачастую противоречий их интересов требуется учет и согласование технических решений при выборе наилучшего варианта развития и функционирования электроэнергетических систем, в том числе и в части релейной защиты (РЗ). На сегодняшний день решения о приоритетности замены того или иного оборудования РЗ принимаются как на основании нормативных документов, так и на основании мнения сообщества специалистов, что допускает субъективность и недостаточную их оптимальность. Для формализации процесса принятия решений актуальна разработка методик оценки надежности электрической сети, учитывающая технические и экономические аспекты функционирования устройств релейной защиты и автоматики в различных режимных и схемных условиях с использованием обобщенного численного показателя.

### **Структура и объем диссертации**

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, и одного приложения. Работа изложена на 186 страницах, содержит 66 рисунков и 48 таблиц, список литературы включает 98 наименований.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, цели и задачи диссертационной работы.

**В первой главе** представлен обзор текущей структуры комплекса РЗ и выполнена оценка его надежности. Выполнен аналитический анализ существующих методов расчета надежности и нормативной документации. Автором отмечается, что в настоящее время не сформирован единый подход к анализу надежности устройств РЗ. Существующие методы расчета надежности устройств РЗ классифицированы автором на две группы: определяющие надежность как

безотказность устройств РЗА и определяющие надежность как готовность к действию.

В этой же главе автор сформировал задачи диссертационных исследований с позиции управления эксплуатацией РЗ, под которой принимаются правила по планированию и воздействию на системы РЗ (с позиции модернизации, дополнения и замены) и анализ их функционирования после установки их на электроэнергетическом объекте.

Во **второй главе** представлен оценочный анализ значимости учета надежности РЗ при решении задач надежности ЭЭС. Показано, что управление вероятностью неисправных состояний на протяжении периода эксплуатации устройства может выполняться посредством методов активного поддержания надежности. Автор на основе проведенного обзора источников информации показывает о недостаточности фактического опыта внедрения систем, реализующих метод активного поддержания надежности релейной защиты электроэнергетических систем. В диссертационной работе на основе результатов анализа уровня технологического совершенства современного оборудования сформирован вывод о его перспективности для реализации систем активного поддержания надежности электроэнергетических систем средствами РЗ и сформированы задачи последующего исследования.

В **третьей главе** описана предлагаемая соискателем модель состояний РЗ, и предложенный метод, позволяющий с применением указанной модели, определить вероятность неработоспособного состояния РЗ. Использование указанных предложений позволило сделать вывод о характере влияния внутренних факторов на вероятность нахождения РЗ в исправном состоянии. В работе показано, что повышение эффективности системы самодиагностики РЗ позволяет уменьшить интервал между ТО без снижения уровня надежности эксплуатируемого устройства. Доказано, что предлагаемый метод применим для решения ряда задач управления эксплуатацией релейной защиты, в частности, для выбора необходимой системы обслуживания для достижения требуемого уровня надежности РЗ.

В **четвертой главе** рассматривается предлагаемый соискателем метод расчета влияния отказов РЗ на величину потенциально недоотпущенной электроэнергии. Новизна метода заключается в возможности учета влияния РЗ не только на защищаемый элемент основного оборудования, но и на смежные с ним элементы, а также возможности учета разных типов отказов, дальнего резервирования и внутренних для устройства РЗ факторов на надежность ЭЭС. Показана применимость метода для решения задач управления эксплуатацией релейной защиты, таких как выбор направлений приоритетных реконструкций РЗ, технико-экономическое обоснование системы обслуживания РЗ в части ЭЭС и др., что подкреплено расчетными примерами.

**Автореферат**, изложенный на 24 страницах, отражает основное содержание диссертационной работы.

## **Степень обоснованности и достоверности научных выводов, положений и рекомендаций**

Исследования выполнены на базе теоретических основ электротехники, теории вероятностей и математической статистики. Разработанные алгоритмы тестировались на схемах ЭЭС, в частности схеме IEEE 14. Оценка эффективности рассматриваемых методов и алгоритмов оценивалась методом статистического моделирования. Для расчетов и программной реализации алгоритмов использовался программный комплекс MATLAB. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, отвечает требованиям, предъявляемым к научным квалификационным работам и согласуется с результатами, полученными другими исследователями.

## **Новизна научных результатов**

Соискателем предложен новый метод для расчета потенциальной длительности отключенного состояния основного оборудования по причине отказа РЗ любого вида, учитывающий многообразие потенциально возможных случаев неправильной работы устройств РЗ. Метод позволяет установить влияние топологии электрической сети, дальнего и ближнего резервирования и связей между электроэнергетическими объектами на характеристики надежности.

Также соискателем предложен обобщенный метод управления эксплуатацией РЗ, позволяющий анализировать комплекс РЗ с точки зрения технического и экономического критерия для повышения эффективности решений при эксплуатации и планировании развития сети.

## **Соответствие диссертации паспорту специальности 05.14.02 - Электрические станции и электроэнергетические системы**

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, а именно пунктам:

4. Разработка методов оценки надежности электрооборудования, структурных схем и схем распределительных устройств электростанций.

6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.

11. Разработка методов анализа структурной и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения.

13. Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

## **Практическая значимость работы**

Описанные в работе методы могут быть использованы при решении практических задач, связанных с оценкой необходимости усиления узких мест в ЭЭС, вызванных недостаточной надежностью релейной защиты.

## **Апробация работы и подтверждение опубликования основных положений работы**

Результаты исследований апробированы участием автора на 8 международных и всероссийских научно-практических конференциях. По результатам исследования опубликовано 16 научных работ, в том числе 2 работы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, включая 8 статей в изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus.

### **Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ**

Диссертационная работа Кокорина Евгения Леонидовича на тему: «Разработка методов управления эксплуатацией релейной защиты» в полном объеме отвечает критериям, которые указаны в п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой автором предложено новое научно обоснованное решение задачи управления эксплуатацией релейной защиты электроэнергетических систем.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации сформулированы рекомендации по использованию научных выводов и результатов диссертационного исследования. Полученные решения и выводы аргументированы.

### **Основные замечания по работе**

1. Требуется уточнить значение доли РЗА в технологических нарушениях на объектах электроэнергетических систем России в 25%, приведенного на стр. 5 диссертации, т.к. по данным официального документа ПАО «Россети» «Концепция развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса» 2015 г., принятого 22.06.2015. №356нр, правильные действия РЗА составляют 99,8% (приложение №1, табл.4). По данным ПАО «Россети» в 2018 году зафиксировано 77050 технологических нарушений (36798 связаны с повреждением оборудования) и доля РЗА составляет 1,7%. Также автор это подтверждает своими исследованиями, приводя таблицу 2.1 «Статистика отказов РЗ за 1997-2014 г.г.» на стр.47.

2. Пункт «Практическая значимость» (стр. 11 диссертации) требует конкретизации, в частности, в части влияния разработанного способа на систему для принятия обоснованных технических решений. Также данный пункт желательно подкрепить на защите конкретными примерами практического использования или рекомендациями для проектных организаций и энергетических компаний электросетевого комплекса. Основа для этого имеется. Примером является методика, изложенная при проведении тестовых испытаний на основе схемы IEEE 14. Результаты диссертации могут использоваться не только при эксплуатации в электросетевых компаниях, но и проектными организациями при проектировании РЗ вновь вводимых объектов, при их расширении и модернизации, а также Системным оператором ЕЭС РФ в своей оперативной деятельности, так и при разработке перспективных планов развития электроэнергетических систем.

3. Принятое допущение на стр.89 о полном дублировании функций основных и резервных защит весьма спорно, т.к. это предполагает полное резервирование на объектах электроэнергетики, что является весьма затратным и может использоваться на объектах высокого и сверхвысокого напряжения. К тому же основные и резервные защиты, как правило, выполняются по разным алгоритмам функционирования, что не позволяет выполнять их полное дублирование.

4. При проведении тестовых испытаний метода определения недоотпуска электроэнергии, вызванного отключением элементов первичной схемы на примере схемы IEEE 14 учитывалась ли длительность отключения первичного оборудования, линий электропередачи, изменение функций РЗ при ее обслуживании, изменении параметров срабатывания?

5. Выводы по диссертации во многих главах носят общий характер и желательна их конкретизация для практического использования специалистами по релейной защите и автоматике и научными работниками при проведении дальнейших исследований по рассматриваемой теме.

6. Замечания по данному пункту носят редакционный характер. По тексту диссертации отмечен ряд редакционных погрешностей в виде вставок сообщений текстового редактора (возможно вызванных при преобразовании файлов в формат pdf), например, на стр.48, 121, 143. Подписи рисунков желательно было сделать более содержательными, например, на рис.3-6 вместо «Зависимость  $P_{НЗ}$  от интервала между ТО с учетом  $\eta_{СК}$ » можно предложить название «Зависимость показателя неработоспособности защиты  $P_{НЗ}$  от интервала между ТО с учетом показателя эффективности самодиагностики  $\eta_{СК}$ ». Подрисуночные подписи на рис.3-15, рис.3-16 «Рисунок 3-15 Зависимость  $P_{НЗ}$  от интенсивности КЗ» требуют уточнения (очевидно, что здесь имеется ввиду «интенсивность потока КЗ»), имеются отрывы подрисуночных надписей от рисунков, например на рис.4-18. Соискатель в диссертации и автореферате указал разное ее число страниц 184 и 186 соответственно.

Тем не менее, перечисленные выше замечания не снижают значимости и положительной оценки работы.

### **Общее заключение**

Представленная диссертационная работа Кокорина Евгения Леонидовича является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое научно обоснованное решение задачи управления эксплуатацией релейной защиты, имеющее значение для развития электроэнергетической отрасли знаний. Диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку.

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и отражает последовательность их решения. В работе сделаны чёткие и

аргументированные выводы, сформулированы рекомендации по использованию научных выводов.


Представленные замечания не влияют на основные научные и теоретические результаты диссертации.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и разработанным теоретическим положениям, научной новизне полученных результатов и сформулированных рекомендаций с учётом сведений об апробации и публикациях.

Это даёт основание утверждать, что диссертационная работа на тему: «Разработка методов управления эксплуатацией релейной защиты» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует требованиям п. 9,10 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а её автор Кокорин Евгений Леонидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 -Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Электрические  
станции и электроэнергетические  
системы» ФГБОУ ВО «Южно-  
Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова»

Нагай Владимир Иванович

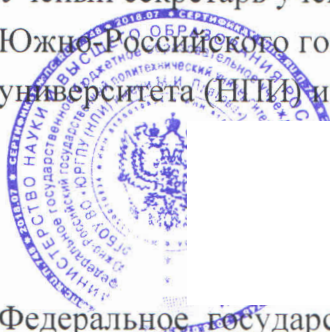


22.09.2011г.

Подпись Владимира Ивановича Нагая удостоверяю.

Ученый секретарь ученого совета

Южно-Российского государственного политехнического  
университета (НПИ) имени М.И. Платова



Нина Николаевна Холодкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Email: [estesrza@mail.ru](mailto:estesrza@mail.ru)

Телефон: +7 (8635) 255 211