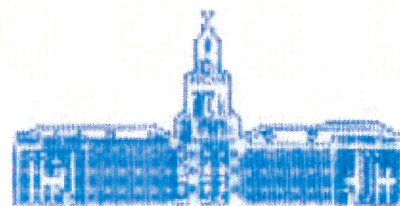




**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»**

111 250, Москва, проезд Завода Серп и Молот,
дом 10, офис 608, Тел. (495) +7 495 012 60 07
E-mail: dtv@nts-ees.ru, <http://www.nts-ees.ru/>
ИНН 7717150757

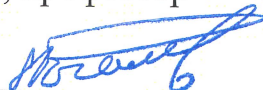


Основана в 1724 году

Российская Академия Наук
Секция по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике

УТВЕРЖДАЮ

Президент, Председатель
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор


_____ Н.Д. Рогалев
«15» 03 2023 г.

ПРОТОКОЛ № 1

совместного заседания Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Проблем надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России» и «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС», Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике

18 января 2023 года

г. Москва

Присутствовали: члены секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Проблем надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России», «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС», сотрудники АО «СО ЕЭС», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», НП «НТС ЕЭС», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», НИК С6 РНК СИГРЭ, ФГБУН «ИНЭИ РАН», ФГБУН «ИСЭМ СО РАН», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический

университет», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет (НЭТИ)», ФГБОУ ВО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет», ООО НПП «ЭКРА», ООО «РТСофт-СГ», ООО «НПП БРЕСЛЕР», «ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», всего **59** человек.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было отмечено, в условиях интеграции в распределительные сети объектов распределенной генерации (РГ), в том числе на основе возобновляемых источников энергии, требует обеспечить надежную работу устройств релейной защиты (РЗ) во всех схемно-режимных условиях. Известно, что традиционные устройства РЗ могут некорректно функционировать при переконфигурациях распределительной сети или при существенных изменениях режимов генерации и потребления в узлах нагрузки. Следовательно, необходима разработка способов их адаптации к работе в новых схемно-режимных условиях. Учитывая, что осуществить одномоментную замену всех устройств РЗ в распределительных сетях не представляется возможным по объективным причинам, то необходимо разработать критерии для осуществления их поэтапной замены. Основное требование – обеспечение надежной работы устройств РЗ в активных распределительных сетях.

С докладом «**Технология определения настроек релейной защиты в активных распределительных сетях с использованием их математических моделей**» выступил Андреев Михаил Владимирович, к.т.н., доцент, доцент Отделения электроэнергетики и электротехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Основные положения доклада приведены ниже. Презентация доклада прилагается (**Приложение 1**).

1. Представлены результаты анализа современного состояния исследуемой проблемы влияния спектра процессов в электроэнергетических системах (ЭЭС) на функционирование РЗ и их настроек, а также факторы, определяющие данное состояние и препятствующие её решению:

1.1. Для расчёта настроек РЗ в настоящее время используются предельно простые математические модели всего основного и вспомогательного оборудования. Данный фактор нивелирует необходимость детального моделирования самих РЗ, включая измерительные трансформаторы тока (ИТТ) и напряжения (ИТН).

1.2. Первичная режимная информация корректируется с использованием обобщённых коэффициентов, предположительно включающих возможные

погрешности преобразования ИТТ (ИНТ) и аппаратных реализаций РЗ.

В совокупности ряд отмеченных допущений и упрощений приводит к загроблению уставок РЗ и, в ряде случаев, к их неправильным действиям.

2. Наиболее эффективным способом настройки РЗ, обеспечивающим их надёжную и корректную работу в ЭЭС любой размерности и конфигурации, является математическое моделирование совокупности «энергосистема-защита» с использованием достаточно полных математических моделей как основного оборудования ЭЭС, так и ключевых программно-аппаратных узлов РЗ, включая ИТТ (ИНТ). При этом достоверно учитывается переходный процесс, возникающий в защищаемом объекте во время аварии, а также его влияние на функционирование и соответственно погрешности преобразования первичного контролируемого сигнала измерительными преобразователями и элементами РЗ. В рамках этого подхода сформулирована концепция определения настроек устройств РЗ, исключающая недостатки существующих подходов:

2.1. Формируется список режимов для настройки РЗ, необходимых для исследования математической модели защиты, который определяется следующими основными факторами:

- принципом действия РЗ – дистанционная, токовая, напряжения;
- условием контроля сигналов – на снижение, на повышение, на изменение знака;
- способом обеспечения селективности – абсолютная или относительная, что определяет потенциальную зону действия РЗ;
- особенностями функционирования защищаемого объекта и местом его установки в ЭЭС – это также определяет зону действия РЗ и особенности схем подключения.

Исходя из этого очевидно, что к каждой РЗ нужен индивидуальный подход в формировании списка режимов для тестирования. При этом также нужно учесть режимы с наибольшим риском неправильных действий РЗ: для дистанционной – близкие к месту установки РЗ, для дифференциальной защиты трансформатора – режимы броска тока намагничивания и перевозбуждения защищаемого трансформатора (автотрансформатора) и т.д.

2.2. Формируется схема ЭЭС. Жестких требований к размеру схемы моделируемой энергосистемы ни в одном стандарте нет, однако, очевидно то, что чем меньше эквивалентирований, тем адекватнее результаты расчетов. Основное требование к схеме ЭЭС – должна быть возможность исследования защиты во всех необходимых режимах её работы. Чаще всего на практике ограничиваются региональной или областной энергосистемой, замещая все связи эквивалентными источниками или нагрузками.

2.3. Формируется модель ЭЭС. Для получения достоверных результатов должны использоваться максимально полные и достоверные трёхфазные математические модели основного оборудования ЭЭС.

2.4. Формируется модель РЗ. Математические модели РЗ, используемые для настройки защит должны достоверно воспроизводить физические процессы в первичных измерительных преобразователях, с учётом нелинейности их работы, особенности вычислительно-логической части (аналоговая электронная или цифровая обработка сигнала, алгоритм функционирования), а также стадии преобразования сигнала, например, из аналогового в цифровой для случая цифровой релейной защиты (ЦРЗ).

2.5. Реализация математических моделей ЭЭС и РЗ в соответствующих специализированных средствах. Для достижения максимальной достоверности результатов моделирования эти средства должны обеспечивать возможность решения совокупной модели «ЭЭС-РЗ», с учётом пп. 2.3, 2.4 с гарантированной методической точностью на всём непрерывном спектре процессов и режимов работы ЭЭС. В работе использован разработанный в Томском политехническом университете, при участии докладчика, симулятор ЭЭС – Всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС (ВМК РВ ЭЭС).

2.6. Выполняется моделирование режимов. Для каждой РЗ формируется перечень испытательных режимов, которые необходимо воспроизвести на модели «ЭЭС-РЗ».

2.7. На основании результатов моделирования формируются уставки и характеристики срабатывания защит, производится оценка чувствительности и селективности. Настройки РЗ определяются в процессе моделирования режимов в совокупной модели «ЭЭС-РЗ». После того, как выполнено моделирование всех расчетных режимов, определяются уставки РЗ. Данный подход позволяет настроить РЗ, учитывая при этом как влияние всего оборудования ЭЭС, так и измерительных преобразователей, и элементов измерительных цепей РЗ. При этом он является гибким с точки зрения адаптации к изменениям в ЭЭС – добавляя новые модели ВИЭ, FACTS и HVDC систем и др. в модель ЭЭС, можно анализировать их влияние на функционирование конкретной РЗ и учитывать это влияние в её настройках естественным образом.

3. Настройка пусковых органов РЗ (максимального действия, минимального действия, контроля направления мощности, дистанционные – контроля сопротивления, дифференциальные) с использованием траекторий изменения контролируемых ими величин, полученных в результате математического моделирования, позволяет обеспечить её безошибочное функционирование в режимах, в которых РЗ срабатывать не должна, сохранив при этом высокую чувствительность в режимах внутренних повреждений. Отмечены особенности настройки каждого из обозначенных пусковых органов:

3.1. Для органа максимального действия – формируется область в виде круга, радиус которого равен току срабатывания пускового органа. В итоге – подходящим для РЗ параметром срабатывания пускового органа является наибольшее, среди максимумов величин действующего значения тока или

напряжения, значение для всех режимов, в которых РЗ не срабатывает.

3.2. Для пускового органа минимального действия определяется минимум среди минимумов величин действующего значения тока или напряжения среди всех режимов настройки.

3.3. Для пускового органа направления мощности формируется угол максимальной чувствительности, который определяет поворот оси, разделяющей плоскость на сектор прямого направления и сектор обратного, а также, в случае необходимости, углы, уточняющие границы этих областей.

3.4. Для дистанционного пускового органа в зависимости от элементной базы задается та или иная характеристика срабатывания (ХС) в виде набора параметров, её определяющих. Широко применяются прямонаправленные круговые или полигональные (многоугольные) характеристики. Свойство направленности обеспечивается либо смещением ХС в область нужного направления, либо разделением её по характеристике направленности.

3.5. Для дифференциального пускового органа в рамках методологии настройки определяются параметры, на базе которых формируется четырехзонная ХС, разделяющая плоскость зависимости дифференциального от тормозного тока на область срабатывания и область блокировки.

В настройках каждого пускового органа присутствует параметр Δ , который отражает запас, принятый ввиду несовершенства средств математического моделирования ЭЭС и РЗ. Выполненные исследования показали, что отклонение результатов в ВМК РВ ЭЭС от записанных натуральных данных переходного процесса не превышает 5%. Для средств моделирования РЗ принята погрешность 10% на основании дополнительных исследований. В работе было принято значение $\Delta = 10 + 5 = 15\%$. Следует отметить, что параметр Δ не является заменой подстроечных коэффициентов, которые для каждой РЗ были разными и использовались для завышения или занижения уставок в существующих методиках. Параметр Δ – это оцененная погрешность математического моделирования процессов в ЭЭС и измерительных цепях РЗ.

4. Использование единой всережимной математической модели, включающей основные элементы входных измерительных цепей: ИТТ (ИТН), промежуточные преобразователи, частотные фильтры, реле и др., с учётом специфичных особенностей, например, гистерезис ИТТ и др., позволяет добиться большей достоверности воспроизведения физических процессов. Учитывая многообразие элементов измерительных цепей РЗ (ИТТ (ИТН), промежуточных преобразователей, реле, фильтров и др.) различных аппаратных реализаций, наиболее оптимальным вариантом является «гибкое» объединение их математических описаний, в нашем случае, передаточных функций. При этом, чтобы корректно учесть взаимовлияние элементов схемы РЗ, нагрузка элементов задана универсальной передаточной функцией, коэффициенты которой определяются в зависимости от структуры входных цепей РЗ.

5.1. Ввиду закрытости внутреннего исполнения устройств ЦРЗ на практике проектировщику невозможно определить состав измерительной, преобразовательной и вычислительно-логической частей ЦРЗ. Достоверно известны только ИГТ и ИГН. По этой причине необходимо предусмотреть идентификацию внутренних элементов ЦРЗ для дальнейшего использования математической модели для настройки РЗ. Применяемые на практике методы идентификации математических моделей, в частности, вещественный интерполяционный метод, предполагают наличие известных сигналов на входе и выходе. С входным сигналом нет сложностей. Основная проблема связана с выходным сигналом. На выходе ЦРЗ можно контролировать лишь действие выходных реле и бинарные сигналы, которые не являются информативными с точки зрения идентификации состава измерительной, преобразовательной и вычислительно-логической частей ЦРЗ с помощью описанных методов.

В работе идентификация внутреннего состава ЦРЗ осуществлялась путём сопоставления времени формирования команды на срабатывание реального устройства защиты и математической модели в нескольких тестовых режимах.

Подобные эксперименты нет необходимости проводить каждый раз при настройке ЦРЗ. Можно получить таблицу «типовых» времён срабатывания и в зависимости от конкретного типа терминала ЦРЗ выбрать заведомо определённый «оптимальный» внутренний состав защиты, обладающий схожими динамическими характеристиками, используемый при настройке РЗ с помощью их математических моделей.

6. Решение совокупной математической модели РЗ численными методами (явный метод Эйлера, усовершенствованный (неявный) методом Эйлера и неявный метод Рунге-Кутты 4-ого порядка) не удавалось найти (решение не сходилось). Вследствие чего её пришлось упростить: ограничить порядок. Даже после этого результаты моделирования процессов были искажены. Для решения этой проблемы был использован метод неявного интегрирования аналоговым способом, который используется при решении дифференциальных уравнений в ВМК РВ ЭЭС. Математическая модель реализована в виде специализированного гибридного процессора моделирования релейной защиты (СГПРЗ), который совместно с ВМК РВ ЭЭС использовался в работе для выполнения экспериментов. Созданная программно-аппаратная система, реализующая неявное непрерывное интегрирование дифференциальных уравнений аналоговым способом, обеспечивает методически точное решения совокупной модели измерительных цепей РЗ без необходимости каких-либо упрощений или ограничений. СГПРЗ может работать не только с ВМК РВ ЭЭС, но и с такими симуляторами как Real-Time Digital Simulator (RTDS) или средствами, способными воспроизводить режим, записанный в формате Comtrade.

7. Для исследования разработанной технологии определения настроек РЗ в ВМК РВ ЭЭС реализована тестовая схема ЭЭС на основе реального

энергорайона Восточной Сибири. Модель содержит электрические сети напряжением 110-500 кВ с трансформаторами и автотрансформаторами различной мощности, основные электростанции с воспроизведением каждого генерирующего агрегата, комплексные модели нагрузки и средства компенсации реактивной мощности. В докладе продемонстрированы результаты настройки пусковых органов следующих защит:

7.1. Дистанционная защита ЛЭП 220 кВ. Для 1 степени различия настроек, рассчитанных по разработанной и существующей методикам, получились наиболее существенные. В частности, 1 степень могла ложно сработать при внешних КЗ при стандартной настройке. Для остальных ступеней такого не наблюдается. Чувствительность 1 степени в соответствии с существующим стандартом не оценивается. Однако по разработанной методологии эта процедура выполнена (точка КЗ взята на самой защищаемой ЛЭП на расстоянии 80% от общей длины ЛЭП относительно места установки) и соответственно уставки $R_{уст}$ и $X_{уст}$ выбираются так, чтобы эту чувствительность обеспечить.

7.2. Дифференциальная защита силового автотрансформатора 220/110/10 кВ. При использовании существующей методики настройки могло быть ложное действие всех комплектов при внешнем трёхфазном КЗ на стороне СН автотрансформатора. Основная причина ложного действия при этом связана со значительным смещением токов ВН и НН друг относительно друга, следствием чего является асинхронная работа синхронного двигателя, подключенного со стороны НН автотрансформатора. В итоге замеренные токи сторон ВН и НН не суммируются, а в некоторый момент времени почти полностью компенсируют друг друга (компенсация тока СН мала). В итоге это приводит к увеличению дифференциального тока. При других внешних КЗ смещение между токами на выходах измерительных частей со сторон ВН и НН изменялось незначительно, что в сумме компенсировало ток СН.

Результаты исследований функционирования РЗ в ЭЭС, реализованных в ВМК РВ ЭЭС, доказывают, что только в процессе математического моделирования совокупности «ЭЭС-РЗ» с использованием полных и достоверных математических моделей как основного оборудования ЭЭС, так и ключевых программно-аппаратных узлов РЗ, включая ИТТ (ИТН), можно выявить режимы, в которых защита может функционировать некорректно и отстроиться от них, в противном случае – их можно выявить только в процессе эксплуатации. Кроме того, существует вероятность нарушения устойчивой работы отдельных энергорайонов или ЭЭС в целом.

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Гусев Ю.П., Волошин А.А. (НИУ «МЭИ»), Лоскутов А.А., Куликов А.Л. (Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева), Жуков А.В., Ясько Д.В. (АО «СО ЭЭС»), Шапеев А.А. (ООО«НПП БРЕСЛЕР»), Назарычев А.Н. (Санкт-

Петербургский горный университет), Дони Н.А. (ООО НПП «ЭКРА»), Нагай В.И. (Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова), Илюшин П.В. (ИНЭИ РАН).

Гусев Ю.П. – профессор кафедры Электрические станции ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., профессор.

Задал докладчику следующие вопросы:

– как настраивать блокировку дифференциальной защиты трансформатора по 2 и 5 гармоникам? Где эти гармоники брать?

– как учитывать (рассчитывать) апериодическую составляющую при настройке РЗ?

– как настраивать защиты от однофазных и двухфазных замыканий на землю в сетях среднего напряжения? Как учитывать растекание токов нулевой последовательности по экранам кабелей и заземляющим устройствам?

Жуков А.В. – советник директора по управлению режимами ЕЭС АО «СО ЕЭС», к.т.н.

Обратил внимание на некорректность статистических данных по функционированию устройств РЗА в российских электрических сетях, представленных докладчиком в качестве обоснования целесообразности проведения данной научно-исследовательской разработки – в ежегодных статистических данных АО «СО ЕЭС» по итогам функционирования устройств РЗА сетей классом напряжения 110-750 кВ ЕЭС России процент некорректной работы устройств РЗА существенно меньше, чем обозначено докладчиком.

Утверждения докладчика о том, что основными факторами, определяющими ошибки в настройках РЗ являются: «использование неполной и в большинстве случаев малодостоверной информации о режимах и процессах в ЭЭС при расчёте уставок РЗ, а также загромождение уставок из-за учёта в соответствующих методиках вносимых конкретными РЗ и первичными преобразователями погрешностей приближенными обобщенными коэффициентами» не выдерживает критики.

Предложенная к обсуждению тема безусловно является актуальной для решения задач надежного и эффективного функционирования энергосистем, учитывает мировые тренды развития электроэнергетики, внедрения цифровых и информационных технологий в РЗА, является перспективной для определения конкретных направлений развития технологии РЗА энергосистем будущего. Однако, основные задачи разработки докладчиком в полной мере не раскрыты, а представленные материалы вызывают многочисленные технические вопросы.

Концептуальное решение проблем развития технологий РЗА на платформе моделирования является очевидным шагом развития современных технологий. Материалы доклада не обосновывают «дорожной карты» реализации

предложений автора, что является недостатком доклада, поскольку автор систематизирует результаты своих разработок в качестве концептуального подхода к решению рассматриваемой проблемы, а любая концепция предполагает доказательство перспективности, инновационности развития технологий и ее реализуемости с позитивными технико-экономическими показателями для отрасли.

Отметил, что предложенные к рассмотрению на совместном заседании Секций НП «НТС ЕЭС» материалы доклада не соответствуют заявленной теме доклада, поскольку в них не представлены результаты исследования и применения предлагаемых докладчиком подходов для определения настроек релейной защиты конкретно для активных распределительных сетей.

Высказал мнение, что возможность практического применения предлагаемых докладчиком методов и средств их реализации в проектных организациях, службах РЗА эксплуатирующих компаний убедительно не доказана.

Лоскутов А.А. – доцент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», к.т.н., доцент.

Отметил, что специфика работы активных распределительных сетей отличается от высоковольтных сетей. В продолжение этой мысли был задан вопрос: как эти особенности учтены в предлагаемых моделях?

Второй вопрос касался верификации ВМК РВ ЭЭС, было ли это сделано? Было ли выполнено сравнение результатов, полученных с применением ВМК РВ ЭЭС, с аналогичными результатами в RTDS?

Ясько Д.В. – заместитель начальника Службы релейной защиты и автоматики АО «СО ЕЭС».

Задал докладчику следующие вопросы:

– в чем отличие предложенной автором концепции от существующей методики определения параметров РЗ?

– в чем новизна предлагаемого подхода?

Высказал сомнение о корректности интерпретации приведенной статистики неправильной работы устройств РЗ по видам организационных причин и типам устройств РЗ, составленной АО «СО ЕЭС», поскольку правильнее было бы анализировать отдельно технические ошибки и организационные.

Высказал мнение, что усложнение методики определения уставок РЗ не реализуемо на практике. Также отмечена сложность определения начальных данных для математических моделей ЭЭС и РЗ.

Отметил, что в настоящее время специалисты АО «СО ЕЭС» не

наблюдают такого большого количества неправильных действий, как отмечено в представленном докладе.

Илюшин П.В. – Председатель секции «АСРЭ и РЭР», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н.

Высказал мнение, что представленные в докладе принципы настройки пусковых органов РЗ, не следует называть методологией. Правильней назвать это совершенствованием методических основ выбора параметров настройки устройств РЗ.

Шапеев А.А. – руководитель Департамента технической аналитики ООО «НПП Бреслер».

Высказал мнение о том, что обозначенная тематика исследований является актуальной и практически значимой.

Отметил, что в Чебоксарах долгое время занимаются информационной теорией релейной защиты, в частности был предложен подход с распознаванием контролируемых (α -режимы) и альтернативных (β -режимы) режимов защищаемого объекта. Предлагаемый докладчиком подход очень схож с тем, что было сделано Чебоксарской научной школой. В связи с этим возник вопрос, учитывались ли в представленной научной работе существующие наработки Чебоксарских учёных и знаком ли с ними докладчик?

Назарычев А.Н. – профессор кафедры Электроэнергетики и электромеханики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», д.т.н., профессор.

Отметил актуальность тематики исследований и высокое качество представленных результатов.

Обозначил, что в представленной в докладе статистике не сходятся цифры, т.е. в сумме не выходит 100%. Высказал мнение, что со статистическими данными следует работать более аккуратно.

Обратил внимание на то, что докладчику необходимо усилить обоснование актуальности выполненных исследований в своём докладе.

Дони Н.А. – директор по науке – заведующий отделом систем РЗА ООО НПП «ЭКРА», к.т.н.

Отметил, что тематика доклада не соответствует представленному в нем материалу, поскольку в докладе не представлены исследования предлагаемых докладчиком подходов в активных распределительных сетях.

Высказал мнение, что разработанная технология больше подходит для разработчиков РЗ, чем для проектировщиков. Поскольку исследование ЭЭС и РЗ

в динамике не нужно службам РЗ, осуществляющим выбор параметров срабатывания (уставок) РЗ. В связи с этим вопрос, для кого автор позиционирует результаты своей работы?

Обратил внимание, что узлы РЗ и ИТТ (ИТН) должны моделироваться отдельно, а не в связке.

Нагай В.И. – заведующий кафедрой Электрические станции и электроэнергетические системы ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», д.т.н., профессор.

Подчеркнул актуальность тематики исследований и отметил, что результаты работы схожи с трудами Чебоксарской научной школы.

Также высказал мнение о том, что разработанная технология больше подходит для разработчиков РЗ, чем для проектировщиков.

Задал докладчику следующие вопросы:

– почему при описании принципов настройки дистанционного пускового органа траектории импеданса для разных режимов начинаются в одной точке?

– почему при описании принципов настройки дифференциального пускового органа в режиме внутреннего КЗ тормозной ток больше, чем при внешнем КЗ?

Высказал мнение, что по результатам моделирования ЭЭС и РЗ следовало бы выдавать рекомендации по корректировке существующих поправочных коэффициентов.

Волошин А.А. – заведующий кафедрой Релейной защиты и автоматизации энергосистем ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Отметил, что направление исследований выбрано актуальное.

Высказал мнение, что проблема в докладе была поставлена некорректно: не все ошибки расчетов связаны с закруглением уставок. Нужно работать над решением проблем согласования РЗ, идентификации нагрузочных режимов и др.

Отметил, что в докладе обозначена необходимость использования максимально полных моделей, но нет конкретики, что они из себя должны представлять. Кроме того, высказано мнение, что усложнение моделей элементов ЭЭС приведет к большему числу человеческих ошибок. Следовало бы работать над вопросами автоматизации расчетов режимов и выбора параметров настройки устройств РЗ для исключения человеческого фактора.

Куликов А.Л. – профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», д.т.н., профессор.

Задал докладчику следующие вопросы:

– насколько быстрые переходные процессы можно воспроизвести в ВМК РВ ЭЭС?

– можно ли в ВМК РВ ЭЭС воспроизвести волновые процессы?

Высказал мнение о том, что следовало бы заняться изучением волновых процессов и учесть их в дальнейших исследованиях, поскольку данный вопрос в настоящее время слабо изучен.

Обратил внимание, что следовало бы также заняться вопросом автоматического согласования параметров настройки устройств РЗ, так как это является наиболее актуальной проблемой.

Отметил, что направление исследований правильное и интересное.

Заслушав выступления экспертов по результатам дискуссии, совместное заседание Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Проблем надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России», «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **отмечает:**

1. Важность, актуальность и перспективность тематики проводимых автором доклада научных исследований для решения задачи адаптивного автоматического определения параметров настройки комплексов РЗА электросетевого комплекса в реальных схемно-режимных условиях работы энергосистемы страны на платформе применения цифровой техники и информационных технологий.

2. Большую проделанную работу по исследованию методов и систематизации решений по выбору параметров настройки (уставок) устройств релейной защиты с использованием математических моделей оборудования ЭЭС и устройств релейной защиты.

3. Необходимость продолжения исследований и согласования тематики работ с планами НИОКР по развитию технологий РЗА, информационных технологий, проводимых субъектами электроэнергетики, разработчиками и производителями РЗА, с учетом реализуемых решений по цифровой трансформации электроэнергетической отрасли.

4. Необходимость разработки концептуальных вопросов современного развития отечественной системы РЗА на платформе цифровых и информационных технологий, решающей задачи надежной и эффективной работы ЕЭС России с учетом перспектив ее инновационного развития.

Совместное заседание Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Проблем

надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России», «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **решило:**

1. Рекомендовать докладчику продолжить исследования в тематической области, которая была заявлена в названии доклада, а также учесть существующие наработки признанных отечественных научных школ релейной защиты и автоматики. Следует усилить обоснование актуальности работы и более четко сформулировать объект и предмет исследований.

2. Учесть в дальнейшей работе по данной тематике замечания и предложения, высказанные участниками совместного заседания секций НП «НТС ЕЭС» в ходе обсуждения доклада.

3. Рекомендовать докладчику детальнее проработать вопрос необходимости использования, для решения задачи выбора параметров настройки устройств релейной защиты, полных математических моделей основного оборудования энергосистем, а также более четко обосновать необходимость моделирования всех узлов релейной защиты, в том числе ИТТ (ИТН) в связке с ними.

4. Рекомендовать докладчику проработать вопрос применимости результатов исследований на практике с учетом задач, решаемых специалистами РЗА на всех уровнях – от разработки и проектирования до эксплуатации программно-технических комплексов РЗА на объектах электроэнергетики, в диспетчерских центрах и центрах управления сетями.

5. Рекомендовать докладчику, учитывая, что материалы доклада не в полной мере соответствовал заявленной теме доклада, поскольку в нем не были представлены рекомендации по применению предлагаемых подходов для определения параметров настройки устройств релейной защиты в активных распределительных сетях, подготовить новый доклад на заявленную тему и повторно представить его на заседании секций НП «НТС ЕЭС».

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В., в котором отметил, что разработка подходов к решению вопросов обеспечения надежности функционирования устройств РЗ в активных распределительных сетях с объектами РГ, включая ВИЭ, является актуальной задачей. Проведение научно-исследовательских работ по данной тематике необходимо, однако требует учета как зарубежного, так отечественного опыта в этой области. Отечественные распределительные сети и принципы организации релейной защиты в них имеют существенные особенности, которые принципиальны при разработке новых предложений и

рекомендаций. Важно, чтобы новые предложения было возможно использовать эксплуатационным персоналом, отвечающим за обеспечение надежности функционирования устройств релейной защиты в активных распределительных сетях. Поэтому, предлагаемые усложнения процессов моделирования при выборе параметров настройки устройств релейной защиты должны быть всесторонне обоснованы, а получаемые эффекты должны быть существенными, с точки зрения технической и экономической целесообразности.

Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор


В.В. Молодюк


Ученый секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


Я.Ш. Исамухамедов

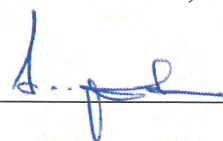
Председатель секции «АСРЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», ученый секретарь
Секции по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по системным
исследованиям в энергетике, д.т.н.


П.В. Илюшин

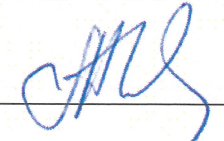
Ученый секретарь секции
«Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные
энергоресурсы» НП «НТС ЕЭС»


Д.А. Ивановский

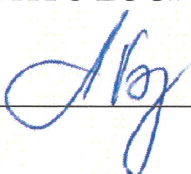
Председатель секции «Проблем
надежности и эффективности релейной
защиты и средств автоматического
системного управления в ЕЭС России»
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


А.В. Жуков

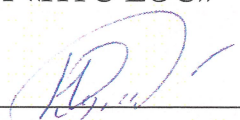
Ученый секретарь секции «Проблем
надежности и эффективности релейной
защиты и средств автоматического
системного управления в ЕЭС России»
НП «НТС ЕЭС»


А.И. Расщепляев

Председатель секции «Управления
режимами энергосистем, РЗА»
НП «НТС ЕЭС»


А.Ф. Бондаренко

Ученый секретарь секции «Управления
режимами энергосистем, РЗА»
НП «НТС ЕЭС»


Ю.И. Лужковский