

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ» НА МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ-2025»

(3 декабря 2025 года, г. Москва, ВК «Тимирязев Центр», зал пленарных заседаний №1)

Конференция «Релейная защита и автоматизация энергосистем. Совершенствование эксплуатации и перспективы развития» традиционно привлекла к себе внимание актуальной повесткой и интересными спикерами.



Конференция 2025 года проведена под патронатом НП «СРЗАУ» и ООО «РИЦ «СРЗАУ» при поддержке титульного спонсора ООО НПП «ЭКРА», генеральных спонсоров Группы компаний «Прософт-Системы» и ООО НПП «Микропроцессорные технологии». Генеральный медиапартнер – журнал «Релейная защита и автоматизация».

В некоммерческом партнерстве «Содействие развитию релейной защиты, автоматики и управления в электроэнергетике» стало хорошей традицией проведение в рамках выставки «Электрические сети России» научно-практической конференции «Релейная защита и автоматизация энергосистем», что является одним из основных направлений деятельности Партнерства. Следует отметить, что инициатива создания общественной организации НП «СРЗАУ», представляющей интересы компаний и специалистов, работающих в сфере разработки, производства, проектирования, оперативно-диспетчерского управления и эксплуатации релейной за-

щиты, автоматики и управления в электроэнергетике, была озвучена и поддержана участниками XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Релейная защита и автоматика энергосистем 2008», прошедшей в Москве 27-25 мая 2008 года, и уже 7 октября 2008 года на собрании учредителей такая организация была создана. На протяжении 15 лет совместными усилиями Партнерства и одноименного издательства РИЦ «СРЗАУ» выпускается профессиональный научно-практический журнал «Релейная защита и автоматизация», входящий в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, «Белый список» научных журналов Минобрнауки России и имеющий довольно высокий рейтинг. Партнерство открыто для сотрудничества со всеми субъектами электроэнергетики.

Выставка и конференция проходят в непростые времена и, соответственно, само время подсказало нам тематику обсуждаемых на конференции проблем и вопросов: совершенствование эксплуатации и перспек-

тив развития релейной защиты и интегрированных систем управления, решение вопросов технологического суверенитета. В принципе это две взаимосвязанные темы касаются общей задачи – возрождения и развития отечественной электроэнергетики.

Импортозамещение. Тема, которая обсуждалась неоднократно. И в результате этих обсуждений можно сделать следующие выводы:

- Нельзя слишком упрощенно воспринимать готовность наших производителей к импортозамещению только по одному, и пока непонятному, критерию – отечественный производитель. Требуется комплексный подход.

- Важным инструментом по содействию импортозамещению является стандартизация. Развитие национальных стандартов позволит сократить импорт некачественных комплектующих, а также мотивировать отечественные предприятия на производство конкурентоспособной продукции. Соответственно надо развить базу сертификационных испытаний.

- Очевидно, что импортозамещение даст серьезный толчок технологическому развитию электротехнической отрасли России. При этом со стороны государства требуется разработка пакета мер по поддержке отечественных предприятий, способных производить конкурентную продукцию. Поддержка проектов импортозамещения должна осуществляться в том числе в рамках предоставления государственных субсидий на НИР и ОКР.

Развитие и поддержка отечественного производства не исключают возможности трансфера технологий, создания и локализации производства с привлечением иностранных инвестиций.

В настоящее время отечественные предприятия, в том числе входящие в Партнерство, составляют хорошую конкуренцию зарубежным компаниям как по номенклатуре, так и по интеллектуализации выпускаемых устройств и способны обеспечить реализацию курса на импортозамещение.

Совершенствование эксплуатации устройств РЗА, ПА и АСУТП, концептуальные вопросы развития интегрированных систем управления ЭЭС России. Вторая тема дня конференции. «Бомбу замедленного действия» в эксплуатацию устройств РЗА мы заложили, сами не зная того, еще в конце прошлого века, когда российские энергообъекты превратились в полигон проведения экспериментов внедрения и эксплуатации разнобразной аппаратуры РЗА, ПА и АСУТП практически всех известных мировых и многочисленных отечественных производителей. Плоды такой политики мы пожинаем уже сейчас в виде возникающих проблем с эксплуатацией большой разновидности устройств РЗА, ПА и АСУТП. Все эти проблемы влияют на формирование единого подхода к эксплуатации соответствующих устройств и систем. На недавно про-

шедших конференциях уже отмечалась необходимость выработки нового подхода к эксплуатации и техническому обслуживанию микропроцессорных устройств и систем РЗА на основе ежегодно проводимой аналитической работы по итогам эксплуатации устройств РЗА (ранее проводимой фирмой ОРГРЭС). И конечно, нельзя обойти вниманием проблему нормативно-технического обеспечения внедрения и эксплуатации микропроцессорных систем РЗА и систем управления. За прошедшие десятилетия мы так и не смогли создать систему НТД, обеспечивающую эффективное внедрение и эксплуатацию МП систем РЗА. Наверное, пора оглянуться назад, тщательно проанализировать период внедрения и эксплуатации микропроцессорных систем, рассмотреть все плюсы и минусы для учета в перспективных разработках для создания интегрированных систем управления интеллектуальных энергосистем. А ведь многие сейчас озадачены разработкой и внедрением так называемых «цифровых подстанций» как составной части интеллектуальных сетей. В частности, на этой и предыдущих выставках представлены готовые решения по «цифровым подстанциям», но опять же базирующиеся на международном стандарте МЭК, а не на российском.

Цель конференции – анализ и обобщение опыта в создании и эксплуатации РЗА электрических систем, по общему мнению присутствующих, достигнута.

Участниками конференции стали более 150 специалистов, представлявших структуры управления ЭЭС, проектные организации, научные коллективы, фирмы, разрабатывающие и производящие средства РЗА, учебные заведения и другие заинтересованные организации.

Модераторы конференции д.т.н. Булычев Александр Витальевич, д.т.н. Мокеев Алексей Владимирович, к.т.н. Горожанкин Павел Алексеевич отметили, что главные итоги мероприятия не только в цифрах: они в эмоциях, впечатлениях и новых знаниях тех, кто стал организатором, партнером-спонсором, спикером, участником дискуссий; они в традициях конференции, обстоятельных докладах и ярких обсуждениях прошлых конференций; они в новых изделиях и программных средствах, которые будут разработаны на основе идей, прозвучавших на нынешней конференции. Они состоят еще и в том, что конференция позволяет более полно раскрыть потенциал каждого участника и вдохновить многих стать творцами будущих перемен.

Открывая конференцию, А.В. Булычев задал мотивирующий энергичный тон мероприятию патриотичной оценкой сложившейся ситуации: «Период безоговорочного предпочтения иностранной релейной защиты в России завершился!». Мы вновь начинаем строить РЗА на отечественных идеях и на отечественном оборудовании, как наши предшественники в начале 1900-х годов!

В этих, почти парадоксальных условиях, неизбежны проблемы. Но непременно находятся и решения, позволяющие преодолевать эти многоликие нескончаемые препятствия. Есть много хорошего, интересного, достойного, чем можно поделиться с коллегами!

Право первого выступления было предоставлено специалистам ООО НПП «ЭКРА».

1. Новые решения НПП «ЭКРА» в части защит генераторов от замыканий на землю (к.т.н. Воронов П.Л. – ООО НПП «ЭКРА» / ЧГУ им. И.Н. Ульянова).

Рассмотрены новые технические решения по совершенствованию защит от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в обмотках статора генератора для различных главных схем электростанций. Одной из новинок является модернизированное устройство наложения контрольного сигнала с частотой 25 Гц на сеть, работающую с заземлением нейтрали через дугогасящий реактор (ДГР). Оно предназначено для организации защиты от замыкания на землю в обмотках статора генератора, выявления повреждённого фидера и (или) непрерывного контроля степени расстройки компенсации ёмкостного тока. Указанное решение применяется совместно с комплектом защит генератора типа ШЭ111х. Другой новинкой является функция блокировки при неисправности цепей напряжения со стороны нейтрали генератора, дополняющая защиту от ОЗЗ обмотки статора генератора, работающего в составе блока генератор-трансформатор и не имеющего гальванической связи с системой собственных нужд или сетью потребителей.

2. Решения НПП «ЭКРА» для реализации ОМП волновым методом и по параметрам аварийного режима (Бондарев М.Д., Петров А.А., Воробьев Е.С. – ООО НПП «ЭКРА»).

Выбор конкретного метода реализации ОМП зависит от проектных условий на каждом из объектов: протяженности и типа линий (ВЛ, КВЛ) и требуемых параметров точности фиксации места повреждения. Возможность реализации любого из алгоритмов ОМП в одном устройстве на базе МП терминала, с возможностью программного выбора, является наиболее универсальным решением для обеспечения поиска мест повреждения линий на объектах ЕЭС России. Рассмотрены основные методы реализации функций ОМП, в том числе волновым и расчетом параметров аварийного режима, приведено описание реализованного МП устройства ОМП на базе линейки терминалов ЭКРА 200, а также отчеты по испытаниям алгоритмов и их точности работы.

3. Волновой метод определения места повреждения линии постоянного тока ООО «НПП Бреслер» (к.т.н. Ермаков К.И. - ООО «НПП Бреслер»).

Доклад посвящён применению волнового метода для выявления и локализации повреждений на линиях электропередачи постоянного тока. Алгоритм основан



на анализе фронтов электромагнитных волн, возникающих при коротком замыкании, и позволяет определить расстояние до места повреждения по разности времён прихода волн на разные концы линии. Исследование, проведённое на имитационной модели, подтвердило работоспособность и перспективность данного подхода. Показано, что волновой метод потенциально эффективнее для линий постоянного тока по сравнению с переменным из-за предсказуемости переходных процессов. Точность расчёта координаты повреждения зависит от технических характеристик устройств и волновых параметров линии. При этом для протяжённых линий постоянного тока рекомендуется уточнять волновые параметры в ходе эксплуатации.

4. Практический опыт применения системного конфигуратора для разработки SCD-файла (Силанов Д. Н. – ООО «НПП Бреслер»).

Проектирование высокоавтоматизированных подстанций строго регулируется нормативно-технической документацией, при этом особое внимание уделяется объемам проектной и рабочей документации. Обязательным является наличие цифровых файлов SCD и SSD. Однако отсутствие четких регламентов для создания цифровых проектов может приводить к низкой степени готовности конечных файлов и использованию подручных методов при наладке оборудования. Стандарт МЭК 61850 утверждает ключевые принципы разработки цифровых проектов, выделяя файл SCD как центральный элемент для внесения изменений и корректировок. Важно стандартизировать и регламентировать процесс создания файлов SCD и SSD, рассматривая его как отдельный этап работы, с учетом специфики МЭК 61850 и существующих нормативных документов на проектирование.

5. Расширенный мониторинг режимов РЗА: повышение эффективности эксплуатации высокоавтоматизированной подстанции (Гришин Д.Е. – ООО «НПП Бреслер»).

Использование стандарта МЭК 61850 и шкафов ШЭТ изменило подходы к принципам построения си-



стем РЗА. Эти изменения особенно ярко проявляются на третьей архитектуре высокоавтоматизированных подстанций. Внедрение объектов Mod и Ver для оперативного ввода и вывода функций РЗА привело к появлению альтернативных подходов, связанных с эксплуатацией устройств. В этих условиях потоки данных по стандарту МЭК 61850 могут иметь значения «invalid» в условиях нормальной работы. Крайне важно разработать четкие критерии для реакции устройств на различные режимы работы, чтобы избежать избыточных срабатываний сигнализации и обеспечить полную валидацию GOOSE-сообщений и SV-потоков.

6. Новые технологии релейной защиты в программах повышения квалификации ИПК РЗА (Булычева И.Б. – ЧОУ ДПО «ИПК РЗА», Никоноров Д.П. – ООО «ИНБРЭС»).

Специфика цифровой релейной защиты вызывает необходимость применять новые адаптированные к условиям цифровизации методы и технические средства обучения персонала. Предложены программы повышения квалификации специалистов по направлениям эксплуатации и выполнения проверок релейной защиты на высокоавтоматизированных подстанциях (ВАПС). Выделены особенности организации учебного процесса, в котором гармонично сочетается получение теоретических знаний и практических навыков работы с испытательным оборудованием серии РЕТОМ, терминалами релейной защиты Бреслер и Инбрэс. Показано новое учебно-методическое обеспечение и продемонстрирована лабораторная база для реализации этих программ. Особый интерес представляет учебный полигон, на котором размещена действующая модель ВАПС.

7. Автоматизированная система мониторинга устройств релейной защиты и автоматики (АСМ РЗА) на базе ПО RPA MONITOR и NPT PLATFORM (Доминевский Д.К. – ГК «ЭнергопромАвтоматизация»).

В докладе рассмотрен вариант построения автоматизированной системы мониторинга устройств релейной защиты и автоматики (АСМ РЗА) на двух уровнях

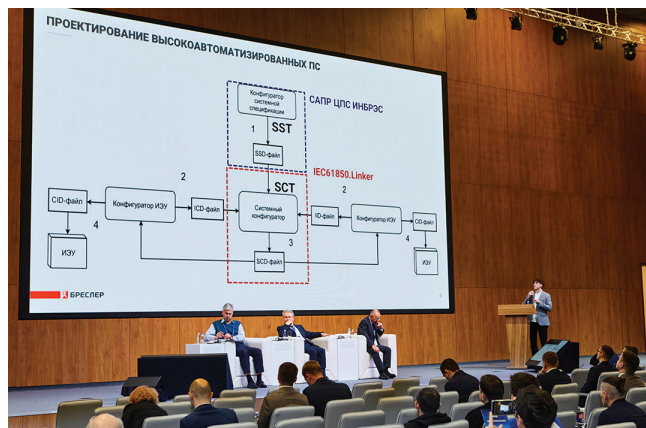
с применением программного обеспечения ГК «ЭнергопромАвтоматизация». Для реализации верхнего уровня АСМ применяется программный продукт NPT Platform, а для нижнего уровня - RPA Monitor. Рассмотрена структура построения передачи данных с энергообъекта в АСМ через брокер данных, возможность работы ПО АСМ РЗА в кластере серверов. Для старых подстанций, где по какой-то причине отсутствует возможность передачи данных из существующей АСУТП в АСМ РЗА, предусмотрена возможность увеличения количества каналов телемеханики с использованием разветвителя протокола. Представлен функционал двух программных продуктов. Показаны возможности ПО RPA Monitor для пользователя на энергообъекте и возможности для пользователя верхнего уровня АСМ РЗА, реализованного на ПО NPT Platform.

8. Применение системы адаптивной релейной защиты для повышения гибкости и надежности распределительных сетей (к.т.н. Близнюк Д.И. – ГК «Прософт-Системы»).

Поддержание актуальности уставок релейной защиты распределительных сетей осложнено их структурой, частыми изменениями топологии и многообразием ремонтных схем. Традиционный расчет уставок часто приводит к неселективным срабатываниям или к увеличению выдержек времени из-за невозможности учесть все режимы. Для решения этих проблем разработана система адаптивной релейной защиты. Она в реальном времени оценивает текущие уставки, вычисляет оптимальные значения с учетом режима сети и дистанционно управляет ими. В докладе описываются принципы работы системы, проблемы построения расчетной модели на базе CIM и оптимизации уставок с применением МТЗ с обратнoзависимыми времятоковыми характеристиками. Система обеспечивает корректную работу защит в любых схемах, адаптируя уставки под текущую ситуацию. Это повышает надежность и гибкость сети, расширяя возможности её реконфигурации. Автоматизация снижает количество ложных срабатываний и трудозатраты на расчеты. Эффективность системы подтверждается опытно-промышленной эксплуатацией в распределительной сети Екатеринбурга.

9. Цифровой двойник модуля ЦОС УПАСК как современный инструмент для его модернизации и проведения испытаний (д.т.н. Киреев С.Н., к.т.н. Чирков Ю.Г., Чирков А.Г. – ГК «Прософт-Системы»).

В современных УПАСК используется цифровой обработка сигналов (ЦОС), реализованная на процессорах DSP. В настоящее время реализация ЦОС для УПАСК стала возможна на универсальных процессорах с ARM-архитектурой. Для разработки нового программного модуля ЦОС, его отладки и оценки помехоустойчивости реализован цифровой двойник на объектах языка Matlab. Он имитирует дуплексную работу двух УПАСК



по ВЧ-каналу. При этом моделируются потери в линии, задержка сигнала, а также формирование шума и помех. В модели реализованы разные варианты кодировки команд: одночастотная, двухчастотная параллельная и последовательная. При оценке помехоустойчивости имеется возможность менять частотные планы, задавать совместимость с УПАСК разных производителей. Произведена верификация и валидация модели на множестве различных тестов и оценка помехоустойчивости для аттестованного в ПАО «Россети» устройства АВАНТ К400. Подтверждено его соответствие всем требованиям СТО ПАО Россети. Выполнена кодогенерация на языке С для формирования программного обеспечения модуля ЦОС для 64-битного процессора ARMv8.

10. Совершенствование эксплуатации аппаратуры связи РЗА (к.т.н. Чирков Ю.Г., Чирков А.Г., Сагалов Д.С. – ГК «Прософт-Системы»).

Существующий регламент обслуживания оборудования связи предполагает проведение периодических проверок, при которых контролируется ряд параметров каналаобразующей аппаратуры, требующих вывода канала связи из работы. Полученный в результате модернизации аппаратуры связи в соответствии с СТО 6947007-33.040.20.316-2021 потенциал позволяет реализовать постоянную проверку большинства ключевых параметров, а также осуществлять их мониторинг автоматически. Рассматривается ряд встроенных в оборудование функций, обеспечивающих контроль состояния канала связи, цепей питания и исполнительных цепей. Особое внимание уделяется такой функции, как ВЧ регистратор канала связи, позволяющей сохранять в формате comtrade осциллограммы, снятые на выходе фильтра приемника. Ее применение, с настраиваемыми триггером события, длительностью записи и временем предыстории, позволит повысить качество анализа ситуаций, связанных с прохождением команд РЗ и ПА, в том числе в условиях воздействия помех. Описанный функционал полностью соответствует новым технологическим требованиям и спосо-



бен обеспечить обслуживание аппаратуры связи РЗА «по состоянию».

11. Влияние насыщения измерительных трансформаторов тока на работу дифференциальной защиты с торможением и методы снижения ложных срабатываний (Илюхин Е.В. – ООО НПП «Микропроцессорные технологии»).

При пусках мощных асинхронных двигателей (АД) возможно насыщение измерительных трансформаторов тока, что провоцирует ложные неселективные срабатывания дифференциальной защиты с торможением силового трансформатора. Рассматривается реализация детектора насыщения дифференциальной защиты трансформатора в составе устройства релейной защиты Алтей-БЗП. При этом рекомендуется использовать алгоритм дифференциальной защиты, основанный на обработке мгновенных отсчетов тока. Это позволяет существенно снизить вероятность неселективных отключений в пусковых режимах АД. Эффективность детектора насыщения для предотвращения ложного срабатывания защиты продемонстрирована для защиты Алтей-БЗП при пуске асинхронного двигателя 4АРМ-8000/10000УХЛ4.

12. Современные устройства РЗА (Майстренко Г.В. – ООО НПП «Микропроцессорные технологии»).

В современных энергосистемах повышаются требования к надёжности, компактности и функциональной насыщенности устройств релейной защиты и автоматики. Традиционный подход, когда блоки питания, защита от дуговых замыканий и контроль температуры токоведущих частей реализуются отдельными модулями, требует дополнительных соединений, усложняет проектирование и повышает риск отказов. В устройстве Алтей-01 наряду с основными функциями РЗА реализованы дополнительные функции: оптическая дуговая защита, реле дешунтирования, блок питания от токовых цепей, защита от перегрева токоведущих частей Меллисса. Интеграция этих решений в едином устройстве позволяет существенно повысить отказоустойчивость, сократить монтажные работы, уменьшить габариты и

упростить эксплуатацию оборудования. Приведены результаты опытной эксплуатации устройств защиты на действующих энергообъектах.

13. Реализация релейной защиты присоединений 6-35 кВ, встроенной в цифровой трансформатор тока и напряжения (Ульянов Д.Н., д.т.н. Мокеев А.В., Пискунов С.А. – ООО «Инженерный центр «Энергосервис» / САФУ).

Применение измерительных трансформаторов с цифровым выходом дает дополнительные преимущества, в том числе связанные с повышением надёжности функционирования релейной защиты. С появлением цифровых измерительных трансформаторов меняется топология измерительного канала защиты и функциональные назначения его компонентов. Рассмотрены примеры миграции части функций из устройств релейной защиты в первичный преобразователь (цифровой измерительный трансформатор). Использование в шине процесса вместо SV-потока мгновенных значений потока синхровекторных измерений (SP-потока) позволит значительно повысить пропускную способность сети передачи данных шины процесса и снизить требования к вычислительной мощности конечных устройств, реализующих функции РЗА за счет того, что вся обработка входного сигнала и определение значений комплексной амплитуды и фазового угла уже произведена непосредственно в самом измерительном трансформаторе. Данный факт позволяет встраивать функционал устройств релейной защиты и автоматики непосредственно в цифровые измерительные трансформаторы, что очевидным образом сказывается на повышении надёжности работы релейной защиты и автоматики.

14. Повышение надёжности функционирования ДФЗ в сложных режимах сети (Ефремов А.В., к.т.н. Ефремов В.А. – ООО «Релематика» / ЧГУ им. И.Н. Ульянова).

Для дифференциально-фазной защиты производства ООО «Релематика» разработаны способы и методы по повышению надёжности функционирования защиты в режимах отключения внешнего повреждения и протекания по линии транзитного тока, перехода внешнего несимметричного повреждения в симметричное, сложных повреждений, вызывающих ложную работу защит на дифференциально-фазном принципе. В дифференциально-фазных защитах, производимых ООО «Релематика», при использовании аварийных составляющих обеспечивается селективная работа защиты при следующих режимах: при броске тока намагничивания силового трансформатора на ответственной подстанции, при внешнем броске тока намагничивания силового трансформатора на смежной подстанции. Рассмотрены вопросы обеспечения совместимости защит разных поколений. Представлена методика расчета коэффициента чувствительности при вводе

пусковых/отключающих реле тока нулевой последовательности при совместной работе с электромеханическими панелями типа ДФЗ-503 и с модулем ДФЗ панели ПДЭ-2003. На линиях с пофазным управлением выключателями в МП ДФЗ рекомендуется быстродействующее реле тока, обеспечивающее селективное действие при неуспешных ОАПВ.

15. Совместимость с электромеханическими панелями ДФЗ при вводе в пусковые/отключающие реле тока нулевой последовательности (к.т.н. Ефремов В.А., Ефремов А.В., Миронов С.П., Михайлов М.В. – ООО «Релематика» / ЧГУ им. И.Н. Ульянова).

С появлением микропроцессорных дифференциально-фазных защит (ДФЗ) обострилась проблема совместимости с полукомплектами электромеханических ДФЗ. По требованиям совместимости необходимо включать в полукомплекты ДФЗ перечень не только идентичных измерительных органов и алгоритмов их действия, но и располагать одинаковыми параметрами срабатывания в полукомплектах защиты. О такой совместимости с электромеханическими панелями ДФЗ-201 заявил ряд отечественных производителей. Для обеспечения совместимости микропроцессорных полукомплектов защит с электромеханическими при вводе в них тока нулевой последовательности (3I0) необходимо для получения необходимой чувствительности защиты выполнить ряд условий. Сложности здесь заключаются в том, что характеристика ИО электромеханической панели после ввода в него 3I0 будет иметь вид нелинейной функции. Весь комплект уставок срабатывания электромеханической панели будет состоять из девяти семейств, в каждом из которых находится до семи кривых. В микропроцессорном ДФЗ производитель «Релематика» для обеспечения чувствительности полукомплектов во всех возможных режимах оказывается достаточным выполнить выбор уставок данного ИО микропроцессорного полукомплекта в единственном режиме – в режиме минимального КЗ, с последующим выполнением алгоритма согласованности чувствительности полукомплектов.

16. Применение систем накопления электроэнергии для регулирования частоты в энергосистемах с высокой долей ВИЭ (Бердышев И.И. – ООО ЦИТМ «Экспонента»).

Во всём мире в энергосистемы активно внедряются возобновляемые источники энергии (ВИЭ). В России к 2035 г. ожидается ввод 11,4 ГВт мощностей на ВИЭ, что составит 4,7% установленной мощности и 2,3% генерации. Рост доли ВИЭ снижает участие синхронных генераторов (СГ), обеспечивающих инерцию и регулирование частоты, что приводит к увеличению амплитуды и длительности низкочастотных колебаний в энергосистеме. Кроме того, изменяется структура потоков мощности и режимы коротких замыканий, что вызывает новые задачи при проектировании и настройке релейной

защиты. Перспективным средством повышения устойчивости является использование систем накопления электроэнергии (СНЭЭ), способных участвовать в общем первичном регулировании частоты (ОПРЧ) благодаря малому времени отклика (30–100 мс). В работе исследована реализация ОПРЧ с помощью СНЭЭ в системе с высокой долей ВИЭ. Моделирование выполнено на динамической модели двухзонной энергосистемы с ВИЭ и СНЭЭ в среде Engae. Результаты показали, что применение СНЭЭ снижает амплитуду и длительность отклонений частоты, повышая управляемость режимами без необходимости ввода дополнительных пиковых мощностей.

17. Кластерный подход при создании высокоавтоматизированных подстанций с применением функционально-динамической архитектуры (Капустин А.В. – АО «РАСУ»).

Кластерная ВАПС с функционально-динамической архитектурой является перспективным направлением в построении РЗА и АСУТП энергообъектов. Данный подход в совокупности с новыми алгоритмами резервирования позволяет достичь ключевых целей внедрения «цифровых» технологий в электроэнергетике. При этом экономический эффект возможен не только на этапе проектирования, изготовления и пуска наладки, но и в период эксплуатации за счет унификации аппаратной составляющей, которая позволяет сократить количество и номенклатуру устройств на объекте и ЗИП (применения унифицированных кластеров). Сокращается количество и номенклатура разнообразного оборудования, которое в свою очередь приведет к минимизации эксплуатационных затрат и повысит само качество эксплуатации системы в целом. За счет дополнительного применения новых принципов резервирования обеспечивается более высокий уровень отказоустойчивости: система предусматривает эшелонированное резервирование критически важных компонентов, что обеспечивает намного более высокий уровень отказоустойчивости.

18. Оборудование для проверки автоматических выключателей переменного и постоянного тока (к.т.н. Александров Н.М. – ООО «НПП «Динамика»).

Автоматические выключатели играют ключевую роль в защите электрических сетей. Однако со временем и под воздействием эксплуатационных факторов их работоспособность может снижаться, что повышает риск отказов. Проверка автоматических выключателей как постоянного, так и переменного тока позволяет своевременно выявлять неисправности, обеспечивать надежность работы электрических установок и соответствие нормативным требованиям. В линейке устройств НПП «Динамика» есть несколько устройств, предназначенных для тестирования оборудования подстанций переменным и постоянным током. В докладе показаны особенности проведения испытаний автоматических

выключателей с помощью прогрузочных установок постоянного и переменного тока РЕТОМ-30КА, РЕТОМ-21, РЕТ-3000 и РЕТ-500А.

19. Методы и средства испытаний интеллектуальных систем релейной защиты и автоматики (к.т.н. Шалимов А.С., Смирнов Ю.Л., Рыжов Э.П. – ООО «НПП «Динамика»).

Рассмотрены методы и средства испытаний оборудования релейной защиты и автоматики (РЗА), выполненные в соответствии со стандартом МЭК 61850, с учетом особенностей эксплуатации и взаимодействия с сетевым оборудованием и подстанционной системой обеспечения единого времени (СОЕВ). Представлены технические решения для автоматических проверок интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) РЗА и анализа сетевого трафика МЭК 61850, работающих под отечественными операционными системами на базе Linux – Astra Linux, ALT Linux, Red OS без использования эмуляторов и слоёв совместимости (Wine). Модернизировано специальное программное обеспечение «Генератор SV-потоков МЭК 61850» для приборов РЕТОМ-61850, РЕТОМ-61850.1 для испытаний ИЭУ РЗА в сложных режимах при нарушении передачи сетевых данных МЭК 61850-9-2 (SV), включая возможности комплексных проверок типовых шкафов серии ШЭТ с подпиской до 24 SV-потоков. Кроме сетевых искажений в порядке передаваемых данных SV-потоков и нарушениях структуры кадра сетевого пакета, моделируются комбинированные искажения, позволяющие комплексно оценить устойчивость ИЭУ к реально возможным возмущениям при эксплуатации оборудования высокоавтоматизированной подстанции.

20. Мобильный лабораторный стенд «Высокоавтоматизированная подстанция» (к.т.н. Трофимов А.В., Доброхотов Д.С., Зозулин Н.А. – НИУ «МЭИ»).

Дается описание компактного мобильного лабораторного стенда, предназначенного, с одной стороны, для участия в различных выездных мероприятиях (выставки, дни открытых дверей), с другой стороны – для организации подготовки специалистов в области высокоавтоматизированных подстанций (ВАПС). Стенд включает как программно-технический комплекс (ПТК) ВАПС, так и действующий макет объекта управления (подстанция 110/10 кВ). В состав ПТК входят все основные виды интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ отечественных производителей): преобразователь аналоговых и дискретных сигналов; контроллер присоединения; терминал защит; измерительный преобразователь; устройство единого времени; сетевые коммутаторы шин станции и процесса; ноутбук с программным обеспечением для реализации SCADA, программирования ИЭУ, конфигурирования по МЭК 61850. Стенд работает как единое целое, позволяя наглядно изучать основные элементы технологии реализации ВАПС от формирования файла конфигурации подстан-

ции до изучения цифрового обмена по стандартным протоколам (MMS, GOOSE, SV) с помощью сканеров Ethernet.

21. APS. ACM РЗА: оперативный анализ аварий и мониторинг устройств РЗА (Григорьев Д.А. – ООО «РТСофт-Смарт Грид»).

В докладе представлена система мониторинга, которая создана при участии специалистов эксплуатации целенаправленно для оптимизации затрат времени на восстановление участков электрических сетей, после отключения их релейной защитой. В предлагаемой системе содержатся осциллограммы и журналы. Они доступны к просмотру сразу после аварии в едином определенном месте. Проводится анализ аварийной ситуации на основе полученных данных в автоматическом режиме. Система готовит ответ за считанные минуты. APS. ACM РЗА поможет систематизировать всю собираемую информацию от устройств РЗА на протяжении жизненного цикла. Система мониторинга сама подсказывает, какое устройство требует внимания, и предложит его проверить.

22. Если не в EXEL. Как посчитать уставки РЗА подстанции 110 кВ (Рыбин И.С. – ООО «РТСофт-Смарт Грид»).

Расчёт защит с относительной селективностью является «слабым звеном» в автоматизации расчётов релейной защиты. Ни один существующий инструмент расчёта уставок РЗА не позволяет выбрать уставки защит всей подстанции целиком, с учётом взаимосвязанности защит друг с другом через условия согласования. Эта особенность вынуждает выполнять расчёт таких защит вручную или с помощью таблиц Excel, что, очевидно, не может быть эффективным решением. Рассматриваемый в докладе программный комплекс позволяет перейти от разрозненного расчёта отдельных защит к работе с единой цифровой расчётной моделью энергообъекта. Такой подход позволяет выполнить как первичный расчёт параметров настройки всех защит подстанции, так и последующий при изменении исходных данных. На примере подстанции 110/10 кВ продемонстрировано, как пройти путь от ввода исходных данных до готового пакета документов: пояснительной записки и бланков уставок.

23. Выявление неполнофазных режимов на ВЛ 110 кВ с помощью индикаторов КЗ фирмы «АНТРАКС» (к.т.н. Горожанкин П.А. – ООО МНПП «Антракс»).

Наиболее вероятные причины неполнофазных режимов на ВЛ-110 кВ - обрыв (отгорание) шлейфа или обрыв фазного провода. Существующие комплексы релейной защиты при малых токах ВЛ и при отсутствии замыкания на землю такой режим не всегда чувствуют, вследствие чего режим может существовать длительное время (до нескольких суток). В докладе предложено для выявления этого режима использовать



индикаторы короткого замыкания с высокой чувствительностью по току (от 1 А перв.) и возможностью контроля угла между током и напряжением.

Выявление неполнофазных режимов осуществляется с использованием нескольких алгоритмов:

- пофазное сравнение емкостных токов;
- пропадание тока в одной фазе;
- увеличение тока обратной последовательности.

Два комплекта индикаторов – в начале и в конце ВЛ – позволяют выявить неполнофазный режим, возникший в результате обрыва провода в любой точке ВЛ.

24. Обеспечение технической возможности реализации ДУ для УПАСК (Денисов Е.А. – ООО «Урал-энергосервис»).

В 2024 г. были внесены изменения в ФЗ №35 «Об электроэнергетике», в частности, появились требования об обязательном обеспечении технической возможности реализации дистанционного управления для ряда устройств РЗА. В докладе приводится обзор требований актуальных нормативно-правовых актов и нормативно-технической документации в части дистанционного управления РЗА, обзор требований к шкафам УПАСК. Дана оценка степени их корреляции в условиях реальной обстановки в электроэнергетике и указаны проблемные места. Предложены варианты решений по исполнению оборудования с учетом актуальных требований. Представлен опыт реализации предлагаемых решений с описанием обнаруженных достоинств и недостатков, а также даны предложения о дополнении СТО 56947007-33.040.20.288-2019 для гармонизации в соответствии с существующей нормативно-технической документацией.

Уважаемые коллеги!

Благодарим вас за доверие и внимание к конференции «Релейная защита и автоматизация энергосистем. Совершенствование эксплуатации и перспективы развития». Ждем вас на очередном форуме «Электрические сети - 2026» в ВК «Тимирязев центр» 17-19 ноября 2026 г.