ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА EnergyCS ТКЗ В СЛУЖБЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ "КАРЕЛЭНЕРГО"

Филиал ПАО "Межрегиональная распределительная сетевая компания Северо-Запада" ("МРСК Северо-Запада") "Карелэнерго" обеспечивает передачу и распределение электроэнергии на территории Республики Карелия (площадь 180,5 тыс. км^2, население около 630 тыс. человек). На балансе "Карелэнерго" находятся 153 подстанции с высшим напряжением 110 – 35 кВ, 88 линий 110 кВ и порядка 700 линий 35 – 10(6) кВ. Общая протяженность всех линий составляет 11 760 км.

Филиал "Карелэнерго" состоит из аппарата управления и трех производственных отделений (ПО): Западно-Карельские, Южно-Карельские и Северные электрические сети. В аппарате управления и каждом ПО имеется своя служба РЗА.

С момента разделения объектов карельской энергосистемы между ПАО "ТГК-1" (электростанции), ПАО "ФСК ЕЭС" (сеть 330 – 220 кВ), ПАО "МРСК Северо-Запада" (сеть 110 кВ и ниже) и образования Карельского РДУ филиал "Карелэнерго" в расчетах своих сетей был ограничен максимальными и минимальными значениями суммарных эквивалентов системы на шинах 110 кВ энергообъектов Республики Карелия, предоставляемыми Карельским РДУ.

По полученным эквивалентам удовлетворительно просчитывалась только сеть 35 кВ и ниже. Для качественного расчета линий 110 кВ, даже тупиковых, этих данных было недостаточно. Расчеты, необходимые для анализа аварийных отключений и ремонтных режимов работы сети, при рассмотрении оперативных заявок в подавляющем большинстве были просто неосуществимы.

Для выхода из сложившейся ситуации требовалась собственная программа, способная моделировать системообразующую сеть 110 – 330 кВ с учетом объектов генерации и эквивалентов смежных энергосистем. При этом, поскольку служба РЗА аппарата управления выполняет расчеты по сети 110 – 35 кВ, а службы РЗАИ ПО – по сети 35 – 10(6) кВ, к приобретаемой программе предъявлялись два отдельных требования:

- для службы РЗА аппарата управления, функционально входящей в центр управления сетями (ЦУС) филиала "Карелэнерго", данная программа должна максимально просто и наглядно формировать режимы для выполнения быстрых оперативных расчетов;
- для службы РЗАИ ПО, постоянно нагруженной расчетом уставок защит линий 10(6) кВ в связи с выполнением работ по реконструкции и новым технологическим присоединениям,

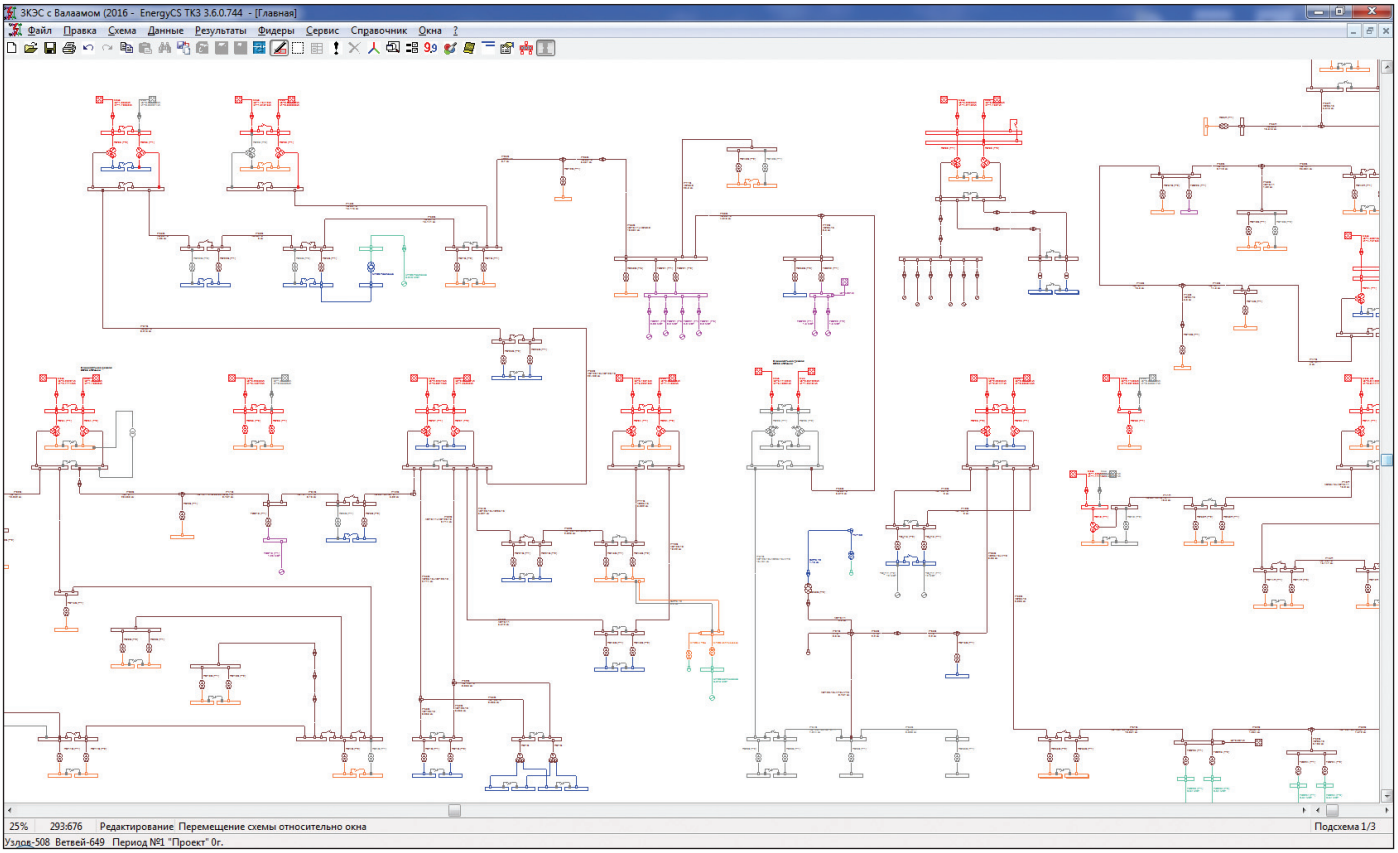

Рис. 1. Главная расчетная схема ПО "Западно-Карельские электрические сети"

требовалась программа, во-первых, выполняющая расчеты одновременно с созданием расчетной схемы, а во-вторых, моделирующая расчетную схему автоматически с построением схемы первичной сети. Автоматическое создание расчетной схемы исключило бы возможность расчетных ошибок и при этом избавило инженеров служб РЗАИ ПО от отдельной трудоемкой задачи по ведению схемы замещения сети 35 – 10 кВ.

С конца 90-х годов в "Карелэнерго" началось внедрение микропроцессорных устройств РЗА, и к концу 2010 года их общее количество превысило несколько сотен. Применение микропроцессорных устройств РЗА позволяет уменьшить общее время отключения поврежденного электрооборудования, сокращая ступень селективности между защитами смежных присоединений, но в то же время требует более точных значений уставок. Это дополнительно подталкивало к приобретению современного программного комплекса для расчета параметров аварийных режимов.

На рынке программного обеспечения 2012-2013 годов из всего программного обеспечения для расчета токов короткого замыкания полностью отвечал предъявленным требованиям только программный комплекс EnergyCS ТКЗ (разработка компании "СиСофт Девелопмент"). Также немаловажную роль в выборе именно этой программы сыграло заочное знакомство с ней по проектам технологических присоединений. Расчеты ТКЗ, выполненные проектными организациями с использованием EnergyCS ТКЗ, никогда не вызывали замечаний.

Кроме того, перед внедрением программы службой РЗА аппарата управления была протестирована бесплатная пробная версия. За месяц тестирования не было зафиксировано ни одного программного сбоя, подтверждены корректность вычисления параметров электрооборудования и общее соответствие расчетов ГОСТ Р 52735-2007 "Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ".

В 2013 году аппарат управления "Карелэнерго" приобрел программный комплекс EnergyCS ТКЗ. После недолгой опытной эксплуатации программы было принято решение о внедрении ее в службах РЗАИ производственных отделений. И уже в начале 2014 года на совещании инженеров служб РЗА "Карелэнерго", занимающихся расчетами параметров настройки устройств РЗА, были подведены первые положительные итоги применения программы.

На первом этапе созданы главные расчетные схемы ПО филиала (рис. 1). В схемах отображены сеть 35 кВ и подстанции 110/35/10(6) кВ с подключенными эквивалентами сети 110 кВ от РДУ. Данные схемы стали основными для ПО – они позволяют определять параметры аварийных режимов в любой точке сети 35 кВ и ниже.

Создание собственной общей модели сети 330-110-35 кВ карельской энергосистемы включало в себя трудоемкий процесс сбора информации по смежным энергообъектам. На данный момент в рабочую расчетную модель энергосистемы внесены данные, полученные от филиала АО "СО ЕЭС" Карельского РДУ, от филиалов "Вологдаэнерго" и "Колэнерго" ПАО "МРСК Северо-Запада", АО "Ленэнерго", Карельского предприятия МЭС ПАО "ФСК ЕЭС", филиала "Карельский" ПАО "ТГК-1", АО "Норд Гидро", а также крупных потребителей, таких как ОАО "РЖД" (рис. 2). И если собственное обо-

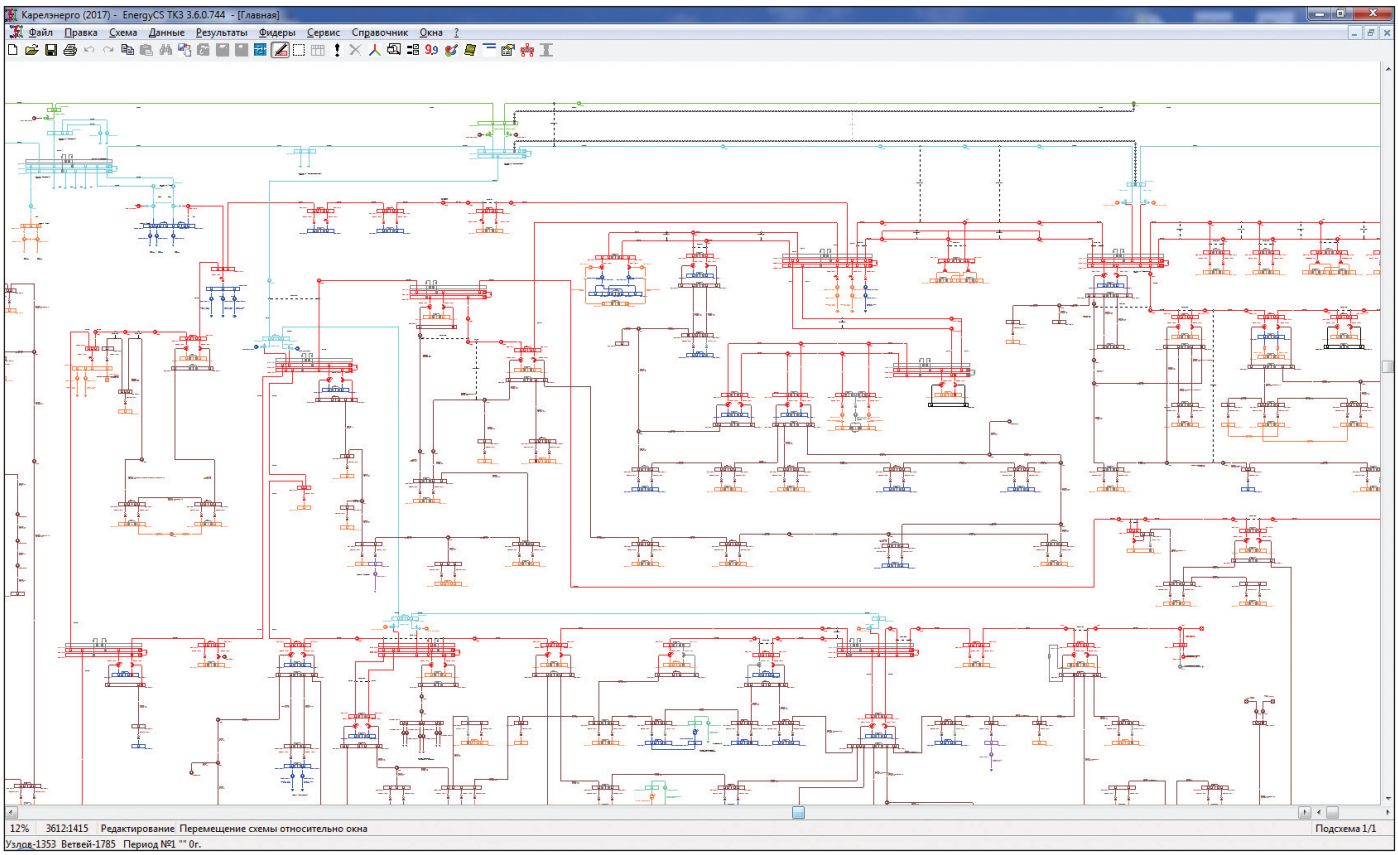

Рис. 2. Главная расчетная схема филиала "Карелэнерго"

рудование и генерация на территории Карелии представлены в модели в качестве готовых объектов (линий, трансформаторов, генераторов и т.д.), создание схем замещения и определение параметров которых выполняются автоматически на основании справочных данных и заданных свойств, то данные по оборудованию смежных сетей заведены, главным образом, в виде ветвей сопротивлений из программы "АРМ СРЗА". Оба варианта задания элементов модели сети сочетаются без потери качества и удобства расчета.

Достоверность полученной модели сети была сопоставлена с соответствием расчетных значений токов КЗ значениям, предоставляемым РДУ. Разность результатов в среднем не превышала 10 % и была связана, прежде всего, с большей степенью детализации сети 220 – 330 кВ у РДУ и с разными подходами к определению параметров ЛЭП. На данный момент анализ модели энергосистемы выполняется на основании фиксируемых регистраторами аварийных событий значений токов КЗ при повреждениях и включении короткозамыкателей при работе устройств РЗА.

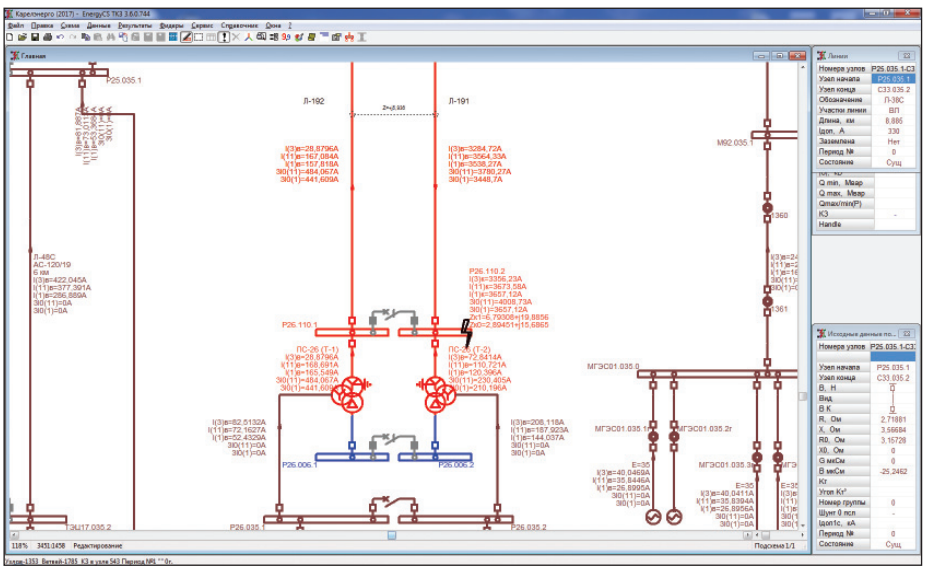

Рис. 3. Пример расчета на шинах 110 кВ филиала "Карелэнерго"

В результате внедрения программного расчета токов КЗ в филиале "Карелэнерго" получена возможность оперативно определять значения аварийных параметров в любой точке сети и в любых интересующих режимах работы (рис. 3). В том числе и для самостоятельного задания эквивалентов главных схем ПО филиала. Упростилась задача расчетов сложных по конфигурации линий 10(6) кВ; линий, предусматривающих в различных режимах работы питание от разных центров (рис. 4). Благодаря этому сократилось время, затрачиваемое на расчеты токов КЗ и на определение максимальных и минимальных режимов работы сети.

Расчет в одной программной среде позволил филиалу "Карелэнерго" обеспечить единообразие в расчете как параметров отдельного электрооборудования, так и токов КЗ в целом. Упростилась за-

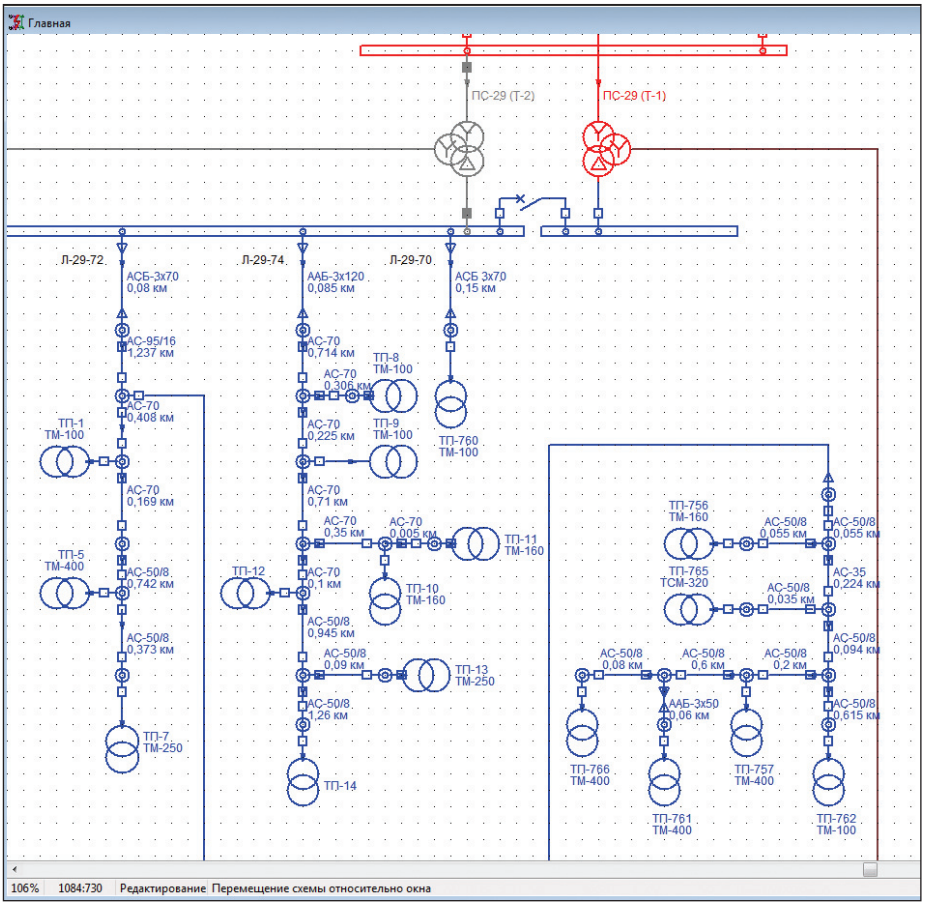

Рис. 4. Сеть 6 кВ, отходящие линии 6 кВ от ПС 110/35/6 кВ

дача ведения и корректировки централизованной расчетной базы данных (рис. 5, 6).

Что касается преимуществ работы именно с EnergyCS ТКЗ – это простота и понятность. Расчетная схема создается в виде однолинейной первичной схемы сети, а расчетный режим формируется отключением/включением элементов непосредственно в графической схеме.

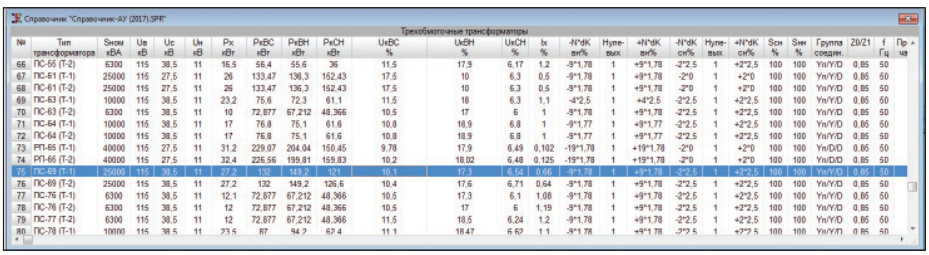

Рис. 5. Представление данных по силовым трехобмоточным трансформаторам

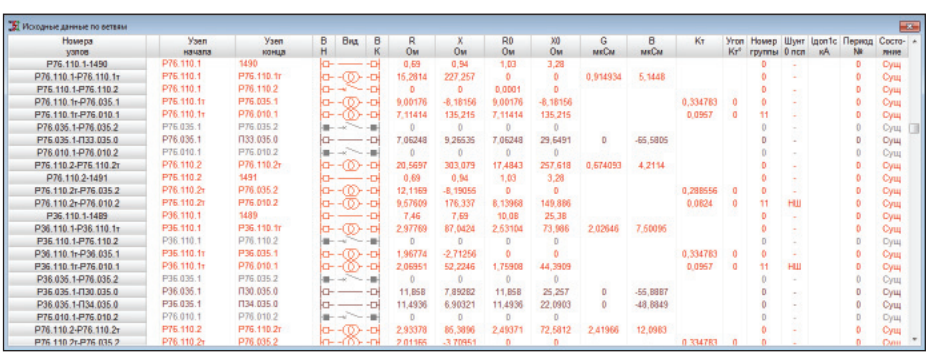

Рис. 6. Представление данных по ветвям схемы замещения

Большим плюсом программы является своевременная техническая поддержка. Заявленное разработчиками желание развиваться с учетом нужд всех своих пользователей подтверждается постоянно предоставляемыми консультациями по наилучшему использованию ПО, а также его адаптацией к потребностям пользователей. Так, например, в результате взаимодействия с разработчиками, кроме стандартно предусмотренной естественной нумерации узлов, появилась возможность альтернативной произвольной нумерации узлов с большим числом знаков и допускающей буквы в номерах, а также добавлена возможность упрощенного задания сопротивления нулевой последовательности трансформаторов через отношение Z0/Z1, возможность ввода глубины расположения эквивалентного обратного провода в земле, реализованы другие полезные изменения.

Наряду с плюсами в программе есть и недостатки. Например, программа не может рассчитывать токи при сложных КЗ в двух точках сети, нет возможности расчетов сочетания однофазного КЗ с обрывом фазы и др. При создании модели нельзя переносить фрагменты схемы из одной модели в другую простым копированием – для этого приходится сначала сохранять фрагмент на диске, а потом вставлять его необходимое количество раз. Интересной была бы одновременная работа с несколькими моделями – с возможностью переноса фрагментов из модели в модель, отображения расчетной схемы на карту местности или ее спутниковый снимок.

В целом программа EnergyCS ТКЗ выполняет заявленные функции и на данный момент полностью отвечает требованиям и потребностям служб РЗА филиала "Карелэнерго". Следует отметить, что программа EnergyCS Режим, полностью совместимая по модели с EnergyCS ТКЗ, также используется филиалом "Карелэнерго", однако объединение моделей для ТКЗ и расчета установившихся режимов – это пока вопрос на перспективу.

Алексей Егоров,
инженер по РЗА

Николай Ильичев,
технический директор CSoft Иваново
E-mail: ilichev@csoft.ru