



## ➤ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС EnergyCS ТКЗ: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЛУЖБЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ "КОСТРОМАЭНЕРГО"

**Ф**илиал ПАО "МРСК Центра" – "Костромаэнерго" обеспечивает передачу и распределение электроэнергии на территории Костромской области (площадь 60,2 тыс. кв. км, численность населения около 654 тыс. человек). На балансе "Костромаэнерго" находятся 165 подстанций с высшим напряжением 35-110 кВ, 6488 ТП, РП 6-10/0,4 кВ, 134 линии 110 кВ общей протяженностью 2623 км, 88 линий 35 кВ общей протяженностью 2248 км. Общая протяженность линий электропередач по трассе – 23 818 км.

В составе ПАО "МРСК Центра" – "Костромаэнерго" 27 районов электрических сетей.

Кроме объектов Филиала ПАО "МРСК Центра" – "Костромаэнерго" на территории Костромской области расположены объекты следующих субъектов электроэнергетики: АО "Интер РАО – Электрогенерация" (Костромская ГРЭС), Филиала ПАО "ФСК ЕЭС" Вологодское ПМЭС, ПАО "ТГК-2" г. Кострома (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2).

В последнее время на территории Костромской области отмечается устойчивая тенденция к развитию распределенной энергетики: строительство генерирующих и когенерационных установок у потребителей (с единичными мощностями до 6 МВт).

Служба релейной защиты "Костромаэнерго" включает в себя отдел релейной защиты, в свою очередь состоящий из персонала РЗА аппарата управления и четырех участков отдела релейной защиты. "Костромаэнерго", как и многие другие региональные сетевые компании, в процессе реформирования электроэнергетики (прежде всего при выделении из состава РСК служб диспетчеризации и ЦС РЗА) столкнулась с проблемой актуализации сетевых моделей.

Региональным диспетчерским управлением были унаследованы штатные комплексы программного обеспечения типа АРМ СРЗА (ПК "БРИЗ"), а кроме того в последовавший за реформированием период происходил процесс перераспределения функций в части расчетов между региональным диспетчерским управ-

лением и региональной сетевой компанией. Поэтому для сетевой компании стала очень актуальной задача скорейшего восстановления математических моделей сети. В рамках решения этой задачи был приобретен программный комплекс EnergyCS ТКЗ, выбор которого определили и привлекательная стоимость, и впечатляющий набор инструментов.

Уже на первых этапах внедрения EnergyCS ТКЗ приятно удивил своими возможностями, благодаря которым в весьма сжатые сроки была решена задача создания модели сети 110-35 кВ.

Максимально упрощен процесс создания модели сети, расчет параметров любого элемента сети (воздушная, кабельная линия, трансформатор/автотрансформатор, реактор, конденсаторные батареи и т.д.) полностью автоматизирован.

Оператору достаточно ввести в базу данных справочной информации паспортные данные оборудования, а точнее – выбрать нужный тип устройства (например, двухобмоточный трансформатор –

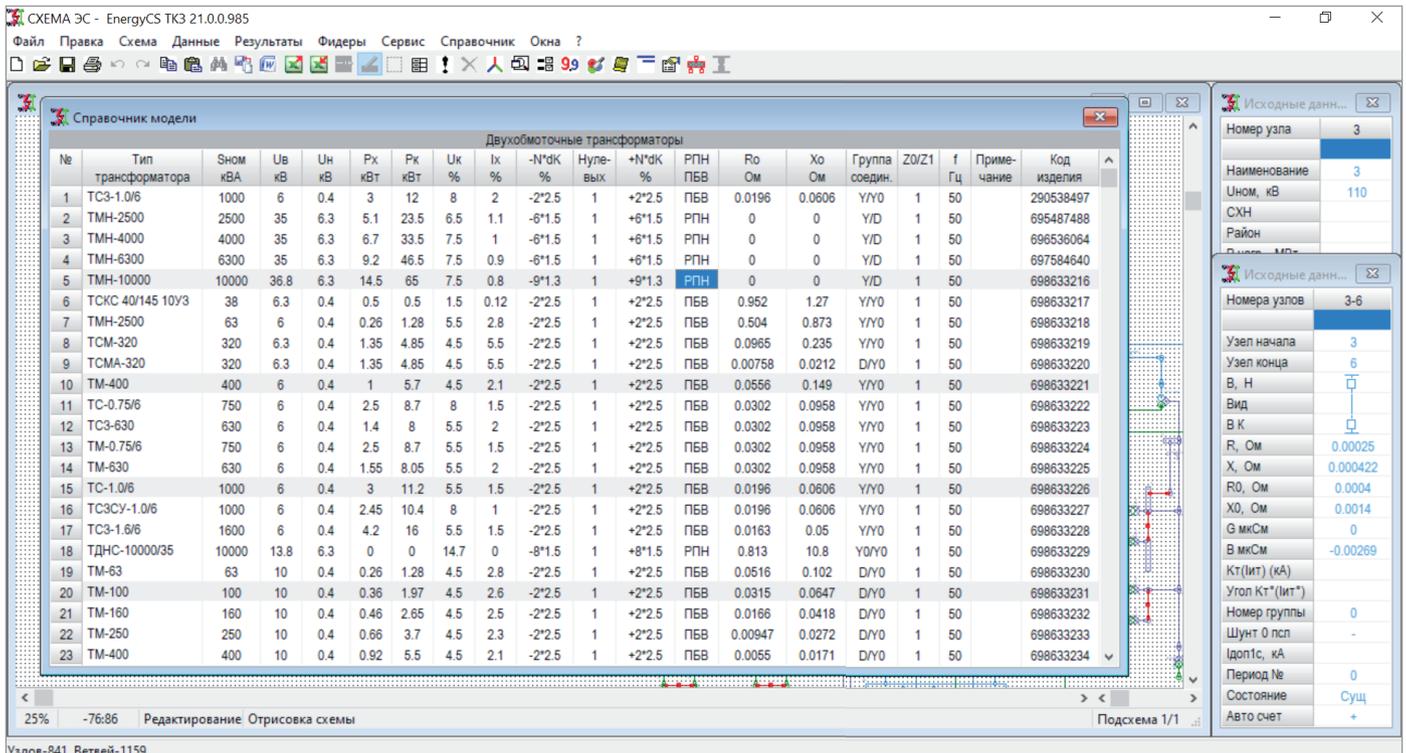


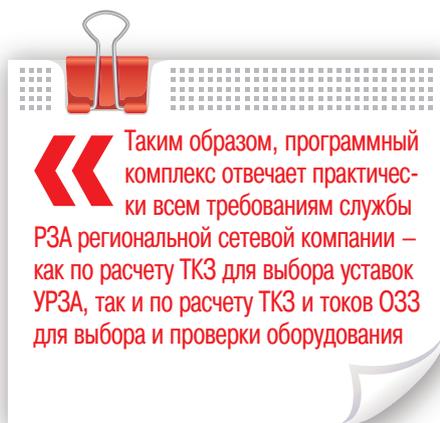
Рис. 1. Выбор двухобмоточного трансформатора из справочника

см. рис. 1), и все расчетные параметры элемента схемы замещения будут рассчитаны автоматически. Как недостаток можно отметить только то, что для расчета параметров линий с одножильными кабелями в справочнике приходится хранить параметры таких кабелей для разных случаев прокладки (например, в ряд или в трилистник), тогда как напрашивается возможность задания особенности прокладки, как и для ВЛ, чтобы программа самостоятельно выполняла расчеты параметров для таких кабелей. Надеемся, что при развитии EnergyCS TK3 этот момент будет учтен.

Комплекс поддерживает обмен данными с другими программами через файлы унифицированного формата для электротехнических расчетов, а также файлы текстовых форматов (например, CSV или XML). Ввиду отсутствия таких данных от сторонних субъектов эта возможность нами пока не использовалась, но представляется весьма удобной.

Если в базу данных справочной информации программного комплекса (к примеру, по трансформаторам/автотрансформаторам) введены паспортные данные, то при расчете ТКЗ можно не толь-

ко учитывать режим работы сети (включенное/отключенное положение отдельных элементов), но и производить расчеты с учетом рабочих положений РПН. При этом положения РПН можно ука-



зывать логическими номерами (например, от -9 до +9) или порядковыми номерами ответвлений. Допускаются возможность разного числа ступеней и шаг регулирования для значений выше и ниже номинального.

Дополнительно следует отметить, что группы соединения трансформаторов/автотрансформаторов также указываются в базе данных справочной информации, а использование этой информации при расчете в сочетании с возможностью задания режима заземления нейтралей позволяет корректно производить расчеты несимметричных коротких замыканий за трансформатором/автотрансформатором. На рис. 2 показан расчет тока КЗ на шинах 10 кВ трансформатора. Это доступно не во всех программах расчета ТКЗ.

Интерфейс EnergyCS TK3 очень удобен и не вызывает сложностей при освоении. В помощь специалисту, работающему с программным комплексом, – продуманная и подробная справочная информация, а также хорошо организованная поддержка от разработчика.

EnergyCS TK3 позволяет рассчитывать начальные значения периодической составляющей ТКЗ, а также выполнять расчет токов замыкания на землю (в сетях с изолированной нейтралью и в сетях с компенсированной или резистивно-заземленной нейтралью). Выполняются расчеты апериодической и периодической составляющих тока КЗ в произвольный момент времени, расчет ударных значений токов ко-

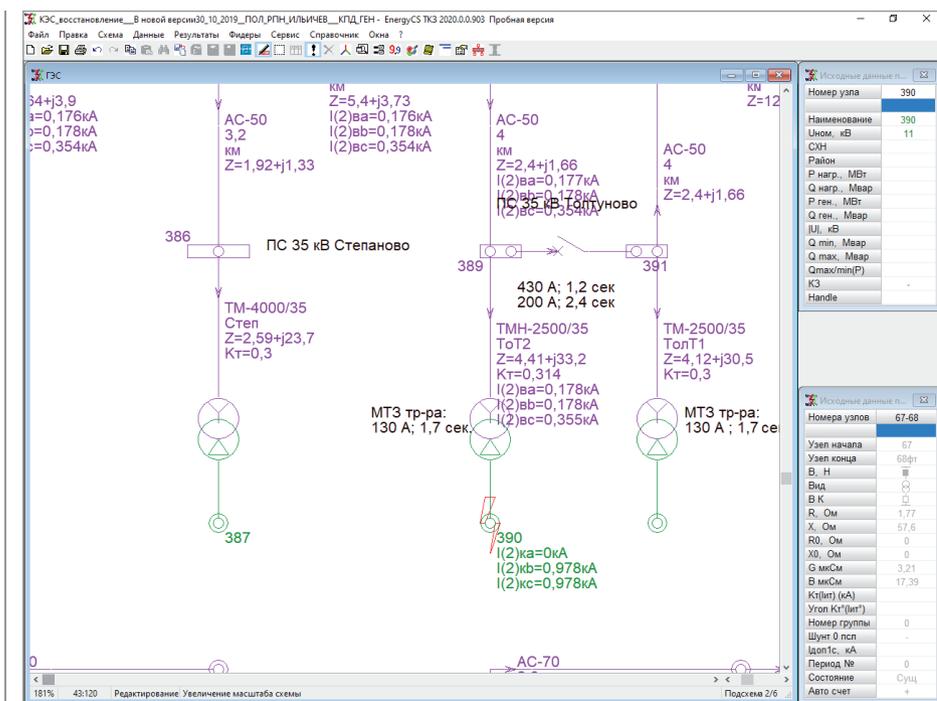


Рис. 2. Расчет ТКЗ на шинах 10 кВ трансформатора с учетом группы соединений

роткого замыкания, расчеты интеграла Джоуля для заданных интервалов времени и термически эквивалентного однопериодного тока КЗ. Таким образом, программный комплекс отвечает практически всем требованиям службы РЗА региональной сетевой ком-

пании – как по расчету ТКЗ для выбора уставок УРЗА, так и по расчету ТКЗ и токов ОЗЗ для выбора и проверки оборудования. При этом нужно отметить отсутствие возможности рассчитывать сложные виды (различные сочетания) продольных и поперечных несимметрий.

Очень надеемся, что соответствующий инструмент появится в следующих версиях программы.

Мы не стремимся рассказать здесь обо всех функциональных возможностях EnergyCS TK3, но заметим, что некоторые из них оказались для нас совершенно неожиданными. Например, возможность учета частоты сети, отличной от стандартной в 50 Гц. На рис. 3 показана возможность настройки частоты сети. Скорее всего, это интересно проектировщикам, работающим для зарубежного заказчика.

Благодаря широкому распространению ЦРАС (цифровых осциллографов) и функций осциллографирования в микропроцессорных терминалах РЗА представляется интересным случай сравнить расчетные результаты постоянной времени сети по программному комплексу (см. ГОСТ Р 52735-2007 в части методики определения постоянной времени сети) и по данным непосредственно физического процесса. А также сопоставить осциллограммы, полученные из замеров, с расчетными. К сожалению, пока EnergyCS TK3 выдает осциллограмму только в табличном виде с шагом 1 мс (рис. 4). Надеемся со временем увидеть ее и в виде графика.

Программный комплекс EnergyCS TK3 заслуживает высокой оценки прежде всего за ту оперативность, которую он

Наименование	Ur кВ	Ur %	U(3) кВ	U(3) %	U(2) кВ	U(1) кВ	U(11) кВ
52	6.3	105	3.19	53.2	3.48	4.4	3.48
53	6.3	105	3.19	53.2	3.48	4.4	3.48
54	6.3	105	3.19	53.2	3.48	4.4	3.48
55	6.3	105	3.19	53.2	3.48	4.4	3.48
56	110	100	30.5	27.8	36.8	61.6	36.8
57	110	100	43.5	39.6	47.9	61.6	47.9
58	110	100	30.5	27.8	36.8	61.6	36.8
59	110	100	43.5	39.6	47.9	61.6	47.9
60фт	110	100	0.795	0.722	30.1	61.5	30.1
61	35	100	K3	-	12.27	0	0
62	6	100	0.0543	0.905	2.06	4.21	2.06
63фт	110	100	43.5	39.6	47.9	61.6	47.9
64	35	100	17.35	49.6	19.1	24.5	19.1
65	6	100	2.97	49.6	3.27	4.21	3.27
66	6	100	0.0543	0.905	2.06	4.21	2.06
67	6	100	2.97	49.6	3.27	4.21	3.27
68	6	100	0.0543	0.905	2.06	4.21	2.06
69	6	100	2.97	49.6	3.27	4.21	3.27
70	6	100	0.0543	0.905	2.06	4.21	2.06
71	6	100	2.97	49.6	3.27	4.21	3.27
73	35	100	17.35	49.6	19.1	24.5	19.1
74	35	100	0	0	12.26	0.00246	0.00123
75	6.3	105	3.12	52.1	3.44	4.42	3.44
76	6.3	105	0	0	2.21	4.42	2.21
77	35	100	0	0	12.26	0.0298	0.0149
478	35	100	17.35	49.6	19.1	24.5	19.1
479	35	100	0	0	12.26	0.0298	0.0149

Рис. 3. Настройка параметров модели, ввод частоты сети

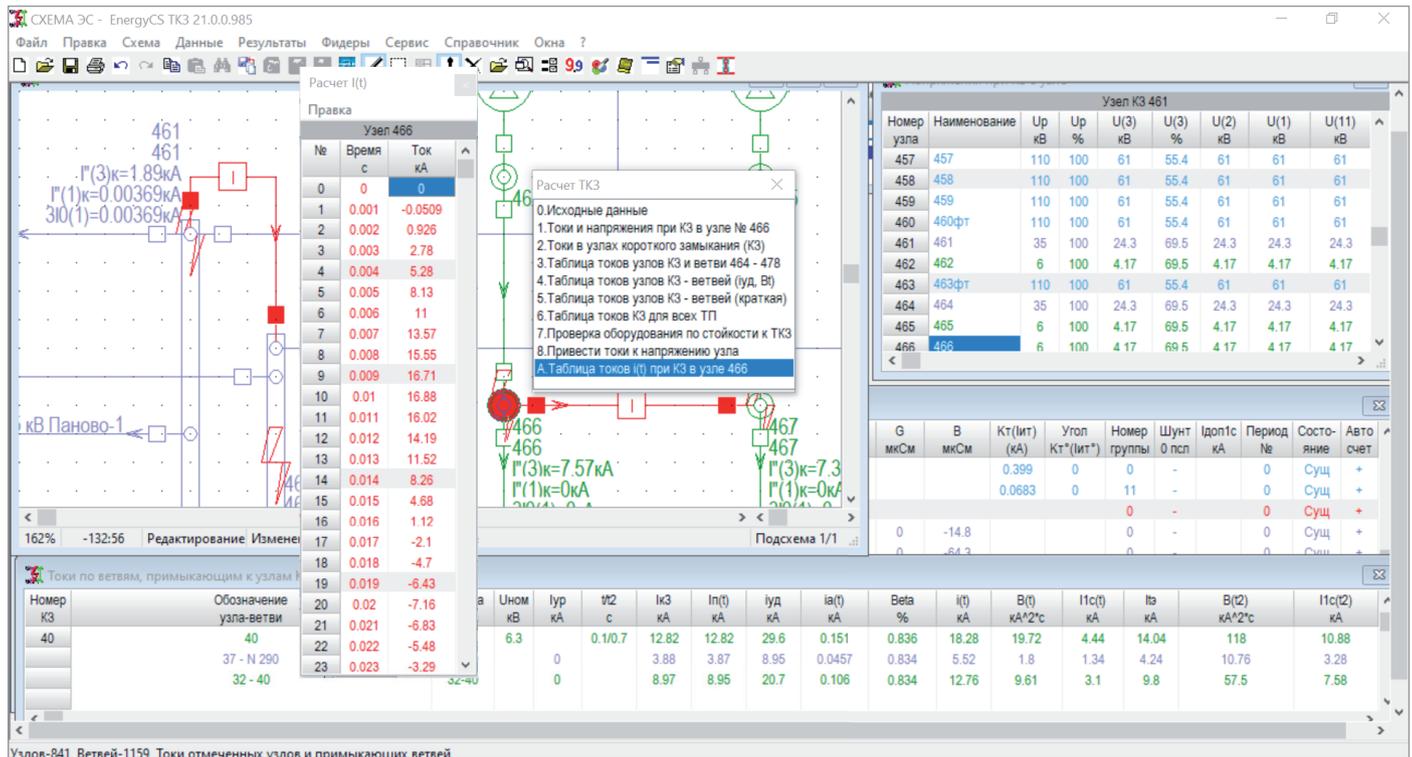


Рис. 4. Примеры таблиц с результатами расчетов



Рис. 5. Расчет токов КЗ на стороне ВН и на стороне НН для всех ТП модели

обеспечивает пользователю в части выполнения текущей работы. Например, с его использованием был в самые сжатые сроки произведен большой объем расчетов по допустимости режимов закольцовки фидеров 6-10 кВ. Программа может выполнять и документировать расчеты по всем ТП 6/10 кВ фидера или по модели в целом. При этом ТКЗ на стороне 0,4 кВ рассчитываются с учетом сопротивления дуги (рис. 5). Как уже сказано, на территории Костромской области работают сразу несколько субъектов электроэнергетики, поэтому задача построения актуальной модели сети для корректных расчетов, необходимых организации, требует в целом ряде случаев не только получить значения эквивалентов от смежных участков сетей субъектов, но и развер-

нуть эти участки в модели сети. При соответствующем взаимодействии заинтересованных сторон эта задача решается с помощью EnergyCS ТКЗ довольно просто (как и при необходимости учета схем и наличия генерации у потребителя). Обоснование технических решений в части модернизации сетей невозможно без использования современных программных комплексов к числу которых, безусловно, относится и EnergyCS ТКЗ. Отметим, что именно EnergyCS ТКЗ используется большинством проектных организаций, выполняющих работы по заказам "Костромаэнерго" и потребителей. Это очень удобно, так как позволяет автоматически вносить изменения в модель сети и, как следствие, минимизировать ошибки, связанные с переносом данных из одной модели в другую.

*Юрий Долгушев,*  
ведущий инженер отдела релейной защиты и противоаварийной автоматики  
ОАО "МРСК Центра" – "Костромаэнерго"  
Тел.: + 7 (4942) 396-365  
www.mrsk-1.ru

*Евгений Королев,*  
начальник службы релейной защиты, автоматики, измерений и метрологии  
ОАО "МРСК Центра" – "Костромаэнерго"

*Николай Ильичев,*  
к.т.н., начальник отдела разработки программного обеспечения для электроэнергетических расчетов  
CSoft Development