



# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС EnergyCS

## для ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### Введение

Проектирование электроэнергетических систем, являющихся системами кибернетического типа, должно учитывать основные свойства таких систем: большое многообразие свойств и состояний, множество функционально разнообразных, но работающих в едином режиме элементов, сложность и разнообразие структуры и режимов работы, многовариантность развития и т.п. При этом проектировщикам приходится выполнять большое число расчетов установившихся режимов (УР) для проверки допустимости принятых решений как по условиям загрузки элементов электрических сетей, так и по возможностям регулирования потокораспределения и уровней напряжения. Кроме того, на основе моделирования установившихся режимов выполняются расчеты токов короткого замыкания (ТКЗ) для выбора и проверки оборудования по условиям термической и динамической стойкости и для проектирования релейной защиты и автоматики. Поэтому организации, занимающиеся проектированием развития электроэнергетических систем, широко используют различные программы для расчетов УР.

Основными требованиями к таким программам являются высокая точность и адекватность расчетов, надежность получения результата при высокой производительности выполнения расчетов. В настоящее время к этим требованиям добавилось еще одно: возможность визуализации результатов расчетов и их автоматизированного анализа.

В основе расчета УР лежит решение системы нелинейных уравнений большой размерности, что само по себе представляет большую сложность. Решение таких систем уравнений выполняется

численными итерационными методами, при этом возникают проблемы сходимости и однозначности решения. Практически все проблемы сходимости так или иначе связаны с корректностью задания исходных данных. При большом объеме данных, которые необходимо ввести для расчета, велика вероятность совершения ошибки, что может привести к расходящемуся итерационному процессу. Другой причиной может оказаться несоответствие заданных нагрузок пропускным способностям элементов электрической сети, что для больших электроэнергетических систем далеко не очевидно.

Решить проблему ошибок при вводе данных позволяет использование в качестве исходных данных первичных документов (паспортные данные оборудования, протяженность, марка проводов и вид опор линий электропередачи и т.п.) для элементов электрических сетей и автоматизация определения расчетных параметров их схем замещения. Первичные данные оборудования могут заноситься в электронный справочник и использоваться всеми модулями программного комплекса.

Все эти проблемы решены в программном комплексе **EnergyCS**, который позволяет выполнять на единой информационной модели электроэнергетической системы как расчеты установившихся режимов, так и расчеты токов короткого замыкания. Кроме того, в процессе эксплуатации на той же модели могут проводиться расчеты потерь электрической энергии. Для решения этих задач соответственно предназначены модули **EnergyCS UR**, **EnergyCS TKZ** и **EnergyCS Potery**. Они являются самостоятельными программами и могут работать независимо, но используют одну и ту же расчетную модель сети. Дополнительная информация,

необходимая для каждого из модулей, сохраняется в модели, однако никак не влияет на работу с этими данными других модулей. В основу работы всех модулей положен единый интерфейс и базовый расчет установившихся режимов.

### Расчеты установившихся режимов

В программном комплексе **EnergyCS** реализован многократно апробированный и хорошо себя зарекомендовавший метод Ньютона для решения системы нелинейных уравнений баланса мощностей в сочетании с методом Гаусса для решения линеаризованных систем уравнений на каждой итерации метода Ньютона. Для разомкнутых участков сети реализованы специальные топологические методы расчета, которые позволяют существенно улучшить сходимость метода Ньютона благодаря значительному сокращению размерности решаемой системы нелинейных уравнений. Применение топологических методов позволяет решить ряд специфических задач, применимых для разомкнутых сетей (таких как расчет нагрузок по отпуску мощности или энергии на головном участке), выполнять расчет разомкнутой сети с учетом коэффициентов неодновременности и т.п.

При проведении расчетов различных режимов электрических систем большое значение имеют удобство подготовки и коррекции исходных данных, а также наглядность получаемых результатов. Поэтому в программном комплексе **EnergyCS** использовано объектное моделирование электрической сети с автоматическим формированием расчетной схемы (модели) и графическое ее представление, приближенное по изображению к принципиальной схеме.

Схема любой электрической сети состоит из множества связанных между со-

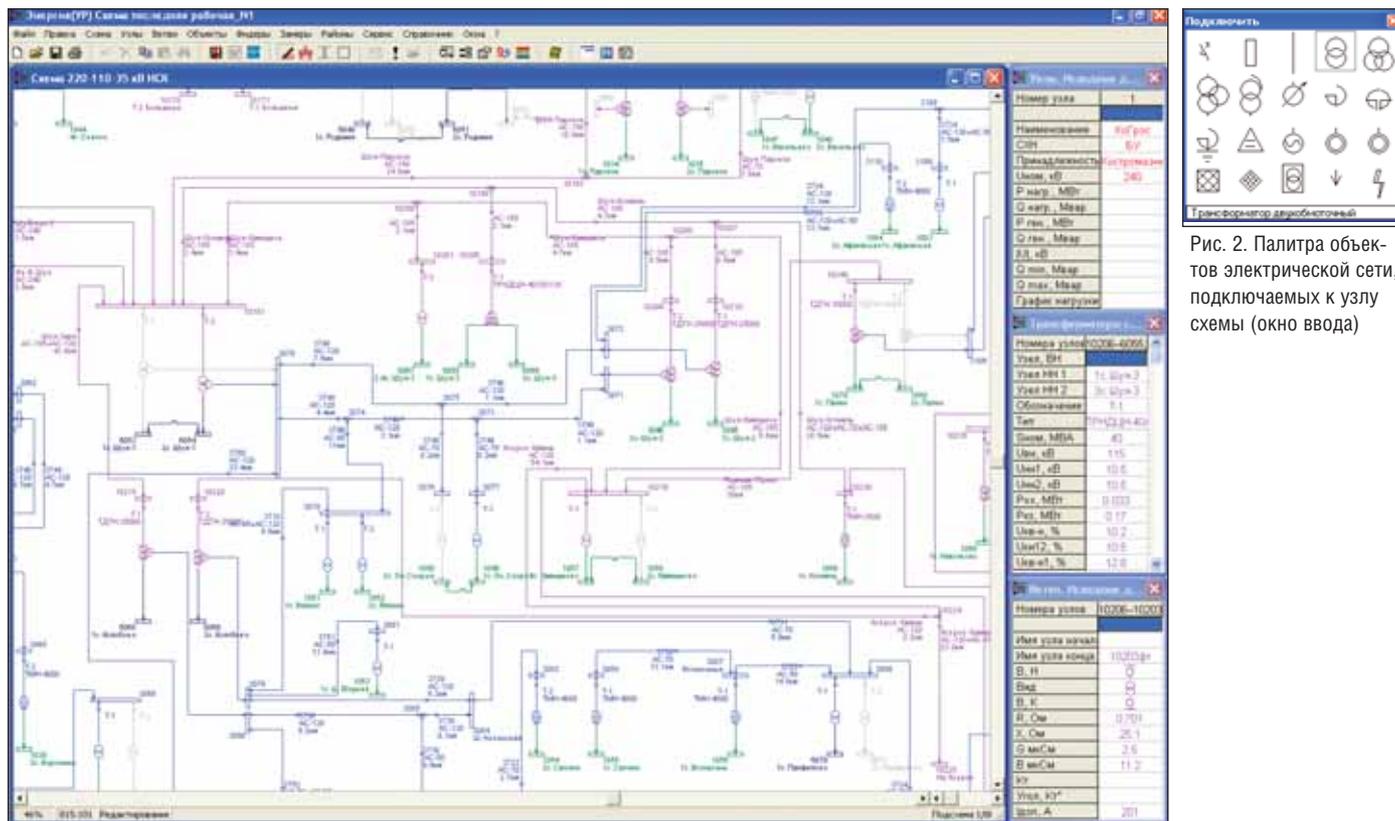


Рис. 1. Графическое окно модели проекта

бой объектов: воздушных и кабельных линий электропередачи, трансформаторов, шунтирующих и токоограничивающих реакторов, батарей конденсаторов, генераторов и т.п. Но в целом схема сети содержит ограниченное число видов объектов. Для каждого вида в программном комплексе предусмотрена отдельная таблица описания характерных свойств (параметров) объекта, а также таблица каталожных данных в базе справочной информации. Например, для объекта "воздушная линия" основными свойствами являются марка и сечение проводов, среднегеометрическое расстояние между фазами, число проводов в фазе и шаг расщепления, длина линии. Таблица проводов для различных марок, хранящаяся в базе справочной информации, содержит значения сечений и диаметров проводов, погонных активных сопротивлений и емкостных проводимостей, допустимых токов.

Ввод информации о схеме электрической сети производится в естественном для пользователя виде путем добавления новых объектов в графическом редакторе, а также задания им необходимых свойств в соответствующих таблицах. При этом автоматически создаются необходимые узлы и ветви расчетных схем замещения объектов. Параметры схемы замещения каждого объекта рассчитываются в программном комплексе на основе заданных свойств и справоч-

ной информации, которая хранится в отдельном файле базы данных. В процессе ввода постоянно отслеживается связь между объектами и соответствующими узлами и ветвями расчетной схемы. Это позволяет значительно упростить процесс подготовки исходной информации для расчетов режимов сложной электрической сети и исключить возможные ошибки при определении параметров схем замещения.

Вся введенная информация хранится в базе данных расчета. Для просмотра и редактирования она отображается в различных окнах экрана как в табличном, так и в графическом представлении. На рис. 1 приведен вариант экранной формы программы при выводе участка сложноразветвленной электрической сети в окне со схемой и таблицами с исходными данными (формами для задания исходных данных).

Каждому объекту электрической сети соответствует общепринятое графическое изображение, которое отображается на схеме при его добавлении. В схеме также могут присутствовать абстрактные ветви, не привязанные к конкретному объекту электрической сети. Выбор нужного объекта при его добавлении производится из списка объектов электрической сети (рис. 2).

Отдельные объекты соединяются между собой через общие шины (узлы расчетной модели). При добавлении но-

вых элементов на схему и при их соединении автоматически формируется расчетный граф электрической сети.

Параметры оборудования вводятся в соответствующие таблицы одновременно с вводом изображения схемы или, по усмотрению расчетчика, позднее. В правой части экрана, приведенного на рис. 1, расположены формы для ввода данных узлов и параметров линий, а в форме "Ветви. Исходные данные" отображены результаты расчета электрических параметров схемы замещения вводимого объекта.

Вообще (чисто теоретически) графическое изображение схемы не является обязательным элементом расчета. Программный комплекс допускает возможность ввода всей расчетной модели исключительно в табличном виде (рис. 3). Графическое изображение схемы может быть введено позднее, после ввода описания модели (так принято во многих других программах подобного класса), но это, как правило, неудобно.

Допускается вводить изображение лишь для анализируемой части электрической сети, оставляя неанализируемую часть только в табличном виде. То есть элемент, присутствующий в модели и учитываемый в расчете, не обязательно должен (но может) быть изображен на схеме. В то же время схема не может содержать элементов, не представленных в расчетной модели. При просмотре схемы

Рис. 2. Палитра объектов электрической сети, подключаемых к узлу схемы (окно ввода)

автоматически обеспечивается синхронизация табличного представления данных с указанным на схеме элементом.

При выполнении расчетов установившихся режимов сложных реальных электрических систем возникает необходимость работы с расчетной моделью большой размерности. Однако когда размерность задачи заметно превышает 1000 узлов, неизбежно возникают препятствия, которые не связаны с размещением модели в оперативной памяти компьютера, а определяются такими проблемами, как:

- устойчивость расчета (проблемы обеспечения сходимости);
- наблюдаемость результатов расчетов на схеме электрической сети.

В программном комплексе EnergyCS эти проблемы решены. Устойчивость расчета обеспечивается сразу в двух (или нескольких) направлениях. С одной стороны, применен надежный алгоритм решения уравнений узловых напряжений, использован стартовый алгоритм для получения "хороших" начальных приближений для решения нелинейных уравнений методом Ньютона, а с другой – в процессе расчета обеспечивается интеллектуальный анализ топологии сети, который позволяет выделять разомкнутые участки и применять для них более простые топологические методы расчета. Благодаря такому решению появляется возможность существенно снизить размерность уравнений узловых напряжений и соответственно значительно увеличить скорость расчета.

Наблюдаемость результатов расчетов на схеме электрической сети достигается следующими способами. Все элементы расчетной схемы могут быть классифицированы по принадлежности к различным районам и подрайонам. При этом предусмотрено до четырех уровней иерархии подрайонов, например:

Энергосистема

Сетевое предприятие

Сетевой район

Подстанция.

Названия уровней иерархии могут быть изменены пользователем в соответствии с поставленной задачей.

Вся информация – как исходные данные, так и результаты расчетов – может быть выделена и проанализирована по отдельным районам и подрайонам.

Кроме того, расчетную схему можно разбить на множество визуально независимых участков, каждый из которых может быть изображен на отдельной странице схемы (подсхеме).

Каждая подсхема имеет свое наименование, которое отображается в заголовке окна графического редактора. Для перехода от одной подсхемы к другой служит команда *Список подсхем* в позиции *Схема* главного меню и в контекстном меню. Для выбора подсхемы на экран выводится окно со списком имеющихся подсхем (рис. 4).

Чтобы обеспечить проведение многовариантных расчетов, связанных с исследованием режимов электрической сети при отключении отдельных ее элементов, в схеме замещения каждого элемента сети предусмотрены выключатели, которые не присутствуют в расчетной модели, но позволяют задавать включенное или отключенное состояние любого элемента. В частности, это дает возможность рассматривать одностороннее отключение линий электропередач, так как для них значимо, с какой именно стороны элемент подключен или отключен от схемы. Каждая ветвь в начале и в конце имеет маркеры таких выключателей (ветви с одним узлом подключения – например, шунты – только в начале). Маркер выключателя обозначается маленьким прямоугольником. Если прямоугольник закрашен, то с соответствующей сторо-

ны элемент отключен. Маркеры могут быть скрыты – в этом случае отключенное состояние элемента обозначается разрывом линии и перпендикулярной чертой. Изменение состояния выключателя производится простым щелчком мышью по маркеру на схеме. Включение и отключение ветвей изменяет топологию сети, соответствующим образом изменяется раскраска схемы. Участки, не связанные с балансирующим узлом (системой), оказываются окрашенными в специальный цвет отключенных элементов (например, в серый). Если применена раскраска по связности с системой, то в результате переключений изменяется окраска участков схемы.

### Расчеты токов короткого замыкания

При проектировании развития и реконструкции электрических сетей требуется выполнять не только расчеты установившихся режимов, но и множество расчетов токов короткого замыкания и токов замыкания на землю. Причем расчеты токов короткого замыкания выполняются для разных целей: для выбора оборудования и его проверки по стойкости токам короткого замыкания; для выбора релейных защит и расчета их уставок. Как правило, эти задачи решаются разными подразделениями проектного института и зачастую с использованием различных программных средств. Это, естественно, приводит к тому, что в подразделениях проектной организации используются различные модели одной и той же сети, что является причиной ошибок и противоречит принципам автоматизированного проектирования. В программном комплексе EnergyCS задача расчета токов короткого замыкания решена в специальном модуле EnergyCS TKZ. Расчеты токов короткого замыкания выполняются на той же модели, что и расчеты установившихся режимов. Модель, которая используется для расчета токов короткого замыкания, удовлетворяет самым жестким требованиям, предъявляемым к расчетам для выбора уставок релейных защит. Токи ветвей приводятся к своим номинальным напряжениям. При этом учитываются точные значения коэффициентов трансформации трансформаторов и изменения сопротивлений обмоток при переключении ответвлений РПН и ПБВ. Расчет узловых напряжений при коротких замыканиях производится методом Гаусса, по напряжениям узлов вычисляются токи в ветвях. Для расчета ЭДС в начальный момент короткого замыкания для системы, генераторов, синхронных и асинхронных двигателей в программе используются напряжения в установившемся режиме,

Номер узла	Наименование	СНП	Принадлежность	Уровень	В нач. МВ	Q нач. МВ	R ген. МВ	Q ген. МВ	А	Q ст. МВ	Q макс. МВ	График нагрузки
1	Восточная	-	Э.энерг	220								
2	Южная	-	Э.энерг	220	411.9	-27.7						
4	4ф	-	Э.энерг	220								
6	Северная	-	сет	110	74.2	32.6						
6	Северная	-	сет	6	3.73	2.22						
7	7ф	-	Э.энерг	220								
8	Восточная	-	сет	110	28.1	14						
9	Восточная	-	сет	6	22.3	12						
10	10ф	-	сет	220								
11	Южная	-	сет	110	53.3	38.6						
12	Южная	-	сет	6	30.9	17.6						
13	Грань 1	-	сет	110								

Рис. 3. Табличное представление исходных данных

№	Наименование подсхемы
1	Схема 220-110-35 кВ ИСК
2	Ершовская
3	Дурьба
4	Видальер
5	Занеска
6	ЦРП Бульвар
7	Ерковское
8	Дуновское
9	Богородское
10	Сарское

Рис. 4. Окно списка подсхем

предшествующем моменту возникновения короткого замыкания, — результаты расчета установившегося режима с учетом регуляторов напряжения и режима по активной и реактивной мощности (в строгом соответствии с требованиями ГОСТ). На самом деле полный расчет установившегося режима производится для каждого расчета токов короткого замыкания. Модуль EnergyCS TKZ не связан с модулем EnergyCS UR и может использоваться совершенно независимо. Для получения сопоставимых результатов можно включить режим программы, при котором ЭДС рассчитываются по номинальным параметрам — результаты будут соответствовать полученным иным способом (например, вручную или с использованием других программ). Однако при этом можно получить завышенные или заниженные значения токов короткого замыкания. На сегодня программный комплекс EnergyCS позволяет решать следующие задачи в рамках расчетов токов короткого замыкания:

- расчет начальных значений токов трехфазных коротких замыканий в сложносвязанных сетях;
- расчет начальных значений токов однофазных на землю коротких замыканий;
- расчет начальных значений токов двухфазных на землю коротких замыканий;
- расчет начальных значений токов двухфазных без земли коротких замыканий;

- расчет токов в тросах линий при коротких замыканиях на землю и оценка их термической стойкости;
- расчет емкостных токов однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью;
- расчет ударных токов коротких замыканий при трехфазных КЗ в соответствии с ГОСТ 27514-87;
- расчет значения периодической и апериодической составляющих тока КЗ в заданный момент времени;
- расчет действующего значения тока трехфазного КЗ в момент отключения;
- расчет интеграла Джоуля на момент отключения, а также термически эквивалентного и эквивалентного однопериодного токов короткого замыкания;
- построение векторных диаграмм токов и напряжений для произвольных узлов и произвольных ветвей сети.

Программа позволяет при заданной точке короткого замыкания рассмотреть распределение токов и напряжений по всем ветвям схемы, вывести в таблицу или на схему значения максимальных фазных значений токов КЗ, токов во всех фазах, токов по симметричным составляющим, а также построить векторную диаграмму токов для выбранной ветви и векторную диаграмму напряжений для выбранного узла.

Во время расчета несимметричного короткого замыкания в заданной точке схема нулевой последовательности формируется автоматически.

Формирование схемы осуществляется на основе

- топологической структуры расчетной схемы;
- информации о схеме групп соединения обмоток трансформатора и режима его нейтрали;
- информации о взаимном влиянии ВЛ, проходящих в общих коридорах с учетом геометрии подвески проводов на опоре;
- информации о наличии и способе заземления грозозащитных тросов.

Результаты расчетов могут быть выведены непосредственно на схему или в таблицы. Окончательные документы можно формировать с использованием MS Word на основе заранее заготовленных шаблонов.

В программе предусмотрено несколько вариантов представления результатов расчета ТКЗ.

При первом варианте расчетчик определяет узел, в котором следует рассмотреть возможность короткого замыкания. В результате получаются токи короткого замыкания в данном узле при трехфазном, двухфазном, однофазном и двухфазном КЗ на землю, а также значение ударного тока и постоянная времени затухания свободной составляющей. Для каждого вида КЗ во всех ветвях определяется распределение токов, а для всех узлов — остаточные напряжения (рис. 5).

При втором варианте программа выполняет расчеты ТКЗ для множества

указанных узловых точек схемы. В этом случае на схему могут быть выведены только значения токов в выделенных узлах, а в таблицу — токи во всех выделенных узлах и примыкающих к ним ветвях. Кроме начальных значений токов КЗ для всех видов повреждений, в таблицу выводятся режимные параметры для оценки теплового и динамического действия токов трехфазного КЗ, то есть для каждой примыкающей к узлу КЗ ветви выводятся результаты расчета ударного тока, интеграла Джоуля, термически экви-

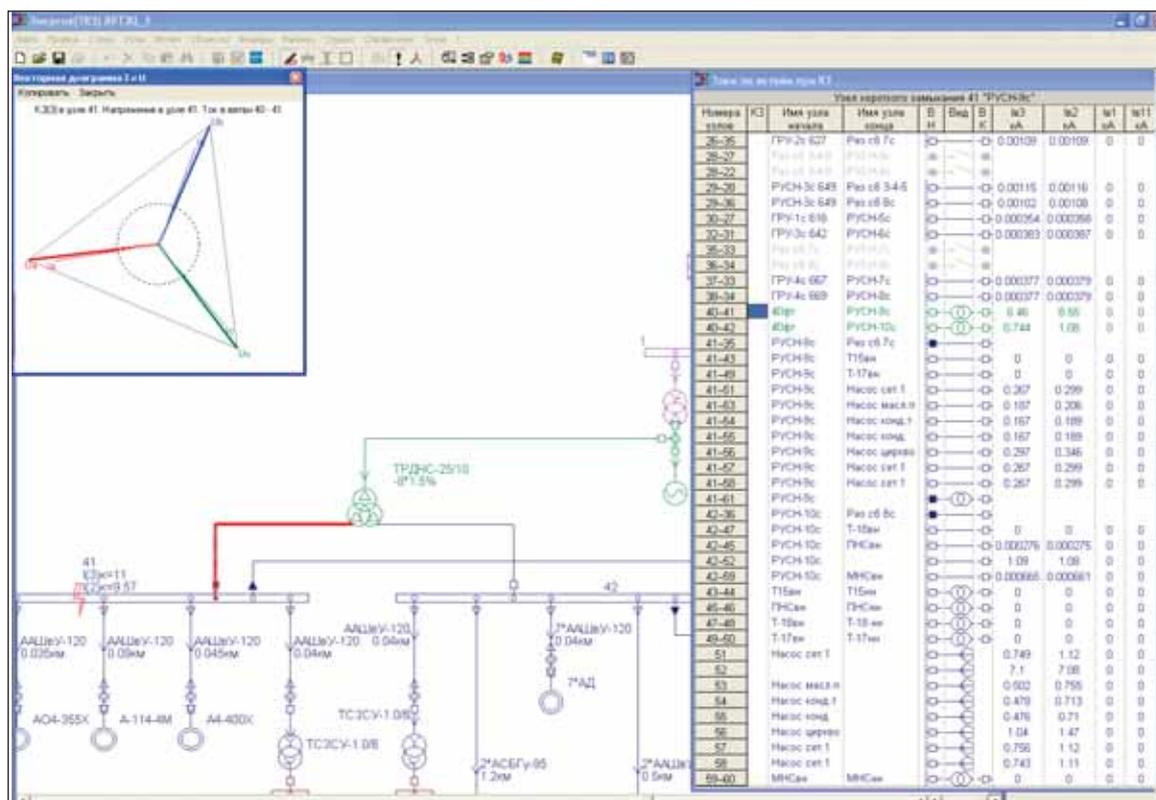


Рис. 5. Результаты расчета токораспределения (ТКЗ) при коротком замыкании в одной точке

валентного и эквивалентного односекундного токов (рис. 6).

Для расчетов токов КЗ с целью определения уставок релейной защиты предусмотрен расчет токов, протекающих через заданную ветвь при коротких замыканиях в заданном множестве узлов. Пример таблицы приведен на рис. 7.

Расчеты токов замыкания на землю для сетей с изолированной нейтралью производятся топологическим методом в этом же модуле и могут быть выведены на схему или в таблицы наряду с результатами расчетов ТКЗ.

Пример расчета ТКЗ для системы собственных нужд тепловой электростанции показан на рис. 8.

### Расчеты потерь энергии

В состав программного комплекса EnergyCS включен модуль расчета потерь электрической энергии (EnergyCS Potery), позволяющий определять технологический расход электроэнергии на ее транспорт (технические потери) как за заданный отчетный период времени, так и на предстоящий период (так называемый норматив потерь). Этот модуль мо-

жет использоваться (как отдельно, так и совместно с другими модулями программного комплекса) эксплуатирующими организациями, такими как предприятия магистральных электрических сетей, распределительные сетевые компании и их отдельные структурные подразделения, муниципальные предприятия электрических сетей или энергетические подразделения крупных и средних промышленных предприятий.

Программа EnergyCS Potery использует ту же самую расчетную схему электрической сети, что и другие программы комплекса EnergyCS, обеспечивая описание в общей модели как системообразующих, так и распределительных сетей. Это позволяет выполнять расчеты потерь электроэнергии в сетях разного уровня различными методами с соблюдением единства режима. Выбор метода расчета потерь энергии осуществляется на основе анализа топологии сети. В зависимости от возможностей получения данных об изменении нагрузок узлов за расчетный период для сложноразветвленной сети могут применяться или метод, использующий статистическое моделирование графиков нагрузок по обучающим выборкам графиков, или метод прямого почасового интегрирования по графикам электрических нагрузок. Для разомкнутых участков сети применяются методы средних нагрузок и коэффициента формы с учетом отпуска электроэнергии за рассматриваемый интервал времени и характерных суточных графиков нагрузок на головных участках. Отчеты о результатах расчета потерь энергии соответствуют регламентированным нормативным документам.

Программа предусматривает ввод графиков потребляемой или отпускаемой энергии как вручную (включая копирование через системный буфер обмена), так и через специальный файл обмена (в формате CSV или XML) непосредственно из системы телеизмерений или АСКУЭ. Это позволяет оперативно с минимальными трудозатратами получать отчеты по потерям электрической энергии.

### Документирование результатов

Для документирования результатов расчетов в EnergyCS предусмотрены средства вывода на печать таблиц и схем как с исходными данными, так и с результатами расчетов. В то же время для создания проектной документации, соответствующей требованиям стандартов (в том числе и стандартов предприятия), необходимы дополнительные системы.

Для формирования табличных отчетов в программном комплексе предусмотрено создание документов MS Word на основе заранее заготовленных шаблонов. Любая таблица, представленная в про-

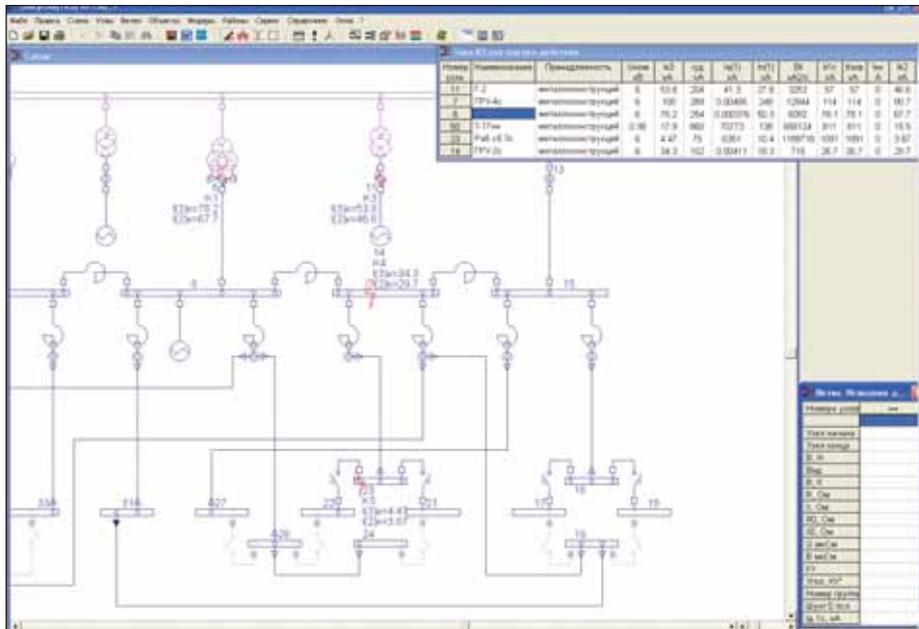


Рис. 6. Результаты расчета ТКЗ при коротком замыкании в нескольких точках

Номер КЗ	Обозначение узла	Z1 Ом	ΔD Ом	Контрольная ветвь 1											
				I(0) кА	I(1) кА	I(2) кА	I(3) кА	I(4) кА	I(5) кА	I(6) кА	I(7) кА	I(8) кА	I(9) кА	I(10) кА	I(11) кА
1	5	3.07+15.5	0.258+9.07	2.21	2.58	2.57	1.91	2.58	3.08	1.01	0.787	0.944	526	0	0
2	7	4.18+15.7	2.49+21.5	2.14	1.93	2.14	1.86	1.93	1.78	0.838	0.906	0.774	526	0	0
3	8	0.033+0.198	0	1.58	0	0	1.37	0	0	0.0363	0	0	45.7	0	0
4	11	5.72+18.6	1.77+60.3	6.51	3.22	5.99	6.64	3.22	2.12	6.27	2.09	5.59	1000	0	0

Рис. 7. Токи КЗ в контрольной ветви

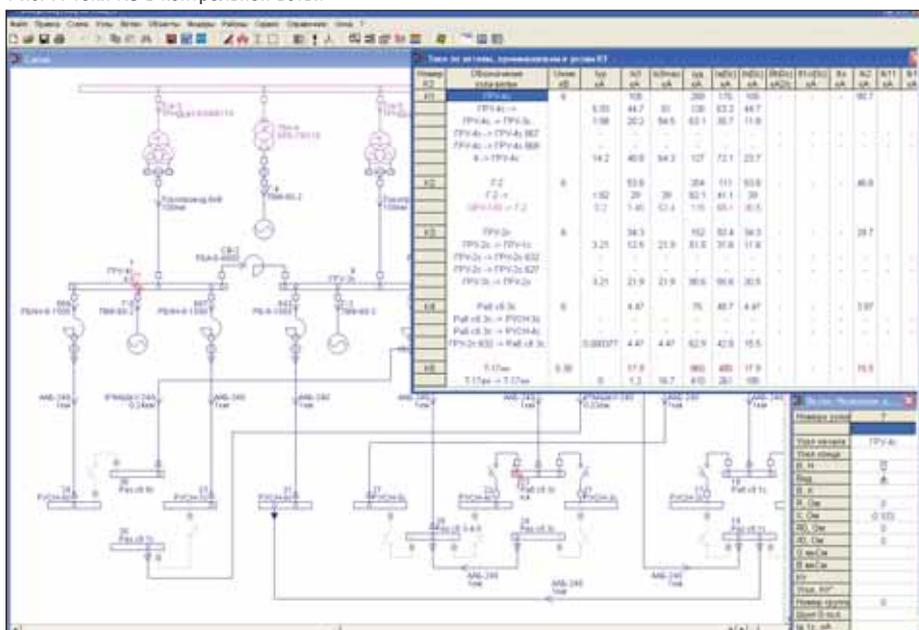


Рис. 8. Пример расчета ТКЗ для системы собственных нужд

грамме, может быть передана в MS Word как напрямую (с использованием COM-технологии), так и через системный буфер или текстовый файл обмена.

Изображение схемы может быть доведено до уровня проектного документа с использованием AutoCAD. Схема передается в AutoCAD напрямую (с использованием COM-технологии) или через файл обмена в формате DXF. При этом изображение схемы, полученной в AutoCAD, по виду максимально приближается к изображению, наблюдаемому в окне EnergyCS. При передаче изображения цвета схемы транслируются в слои AutoCAD, отдельный слой создается для текста.

Изображение схемы может быть передано не только в CAD-систему, но и в любое приложение, поддерживающее графику. Через системный буфер обмена изображение схемы или ее участка можно поместить в документы MS Word, Excel, Paint и т.п.

### Опыт применения

Программный комплекс EnergyCS и его отдельные модули успешно используются в ряде проектных и эксплуатирующих организаций. К настоящему време-

ни имеется опыт применения программного комплекса EnergyCS для расчета установившихся режимов и потерь электроэнергии в энергосистеме, расчетная модель которой содержит более 16 000 узлов и свыше 17 500 ветвей. Эта модель включает схему с участками сети от шин 220 кВ системообразующей сети до шин 0,4 кВ трансформаторных подстанций распределительных сетей. Визуально вся расчетная модель разбита на системообразующую часть, где представлены подстанции с высшим напряжением 220-110-35 кВ, и множество распределительных сетей, отходящих от шин 6-10 кВ этих подстанций, каждая из которых изображена на отдельной подсхеме, но при этом остается частью единой системы и может работать в едином режиме.

### Заключение

Применение программного комплекса EnergyCS на этапе проектирования электрических сетей различного назначения позволяет достаточно быстро сформировать расчетную модель — трудозатраты на создание модели с использованием объектного моделирования окупаются значительным сокращением

времени проведения множества расчетов как установившихся режимов, так и токов короткого замыкания. Кроме того, расчетная модель может быть передана заказчику вместе с проектной документацией. В этом случае заказчик получает не только документы, обосновывающие проектные решения, но и готовую информационную модель проектируемой сети, которая может использоваться при решении задач эксплуатации. Например, при принятии решений о возможных последствиях оперативных переключений, анализе последствий аварийных повреждений, оперативном анализе потерь мощности и технических потерь электрической энергии. Такой подход в полной мере соответствует принципам, положенным в основу CALS-технологии.

*Николай Ильичев,*

*Вячеслав Серов,*

*Анатолий Кулешов*

*к.т.н., доценты Ивановского государственного*

*энергетического университета*

*Ольга Михалева*

*CSoft*

*Тел.: (495) 913-2222*

*E-mail: mihaleva@csoft.ru*

# Автоматизация комплексного проектирования

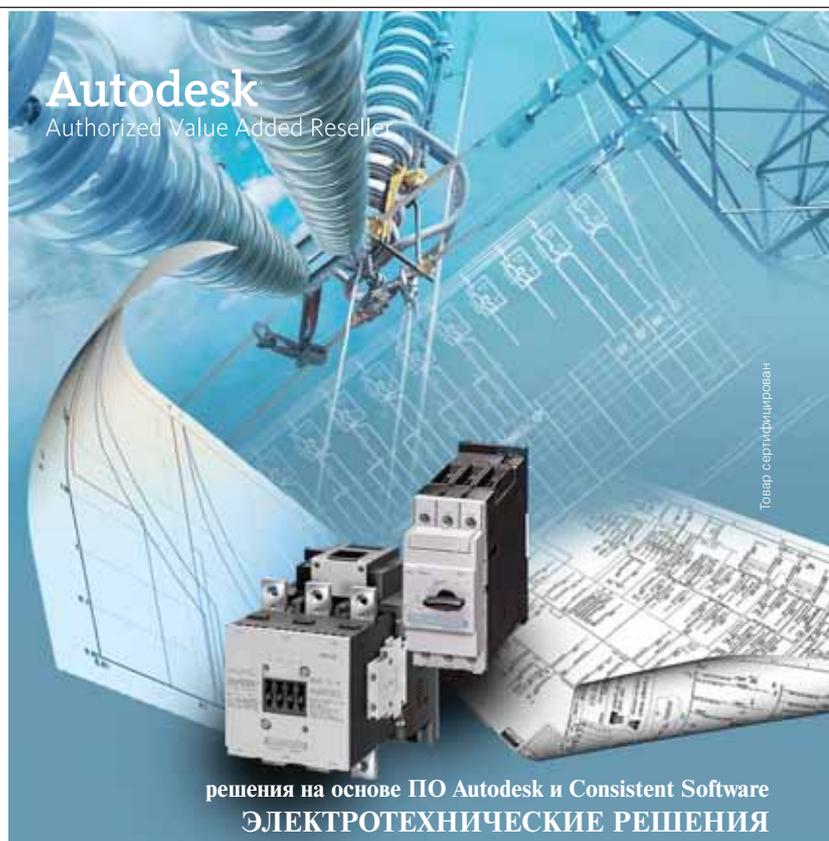
- изыскания, генплан и транспорт
- технология и трубопроводный транспорт
- строительные конструкции и архитектура
- системы контроля и автоматики
- электротехнические решения
- электронный архив и документооборот

**CSoft**  
Consistent Software

Москва, 121351,  
Молодогвардейская ул., д. 46, корп. 2  
Тел.: (495) 913-2222, факс: (495) 913-2221  
Internet: www.csoft.ru E-mail: sales@csoft.ru

Санкт-Петербург (812) 496-6929  
Воронеж (4732) 39-3050  
Екатеринбург (343) 215-9058  
Казань (843) 540-5431  
Калининград (4012) 93-2000  
Краснодар (861) 254-2156  
Красноярск (3912) 65-1385  
Нижний Новгород (8312) 30-9025

Омск (3812) 51-0925  
Пермь (3422) 35-2585  
Ростов-на-Дону (863) 261-8058  
Тюмень (3452) 26-1386  
Хабаровск (4212) 41-1338  
Челябинск (351) 265-6278  
Ярославль (4852) 73-1756



Товар сертифицирован

**решения на основе ПО Autodesk и Consistent Software  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

Автоматизация комплексного проектирования промышленных объектов обеспечивает административно-плановым службам возможность точного планирования, оперативного контроля и учета работ производственных отделов. Производственные отделы обеспечиваются мощными средствами для решения профильных задач, объединенными в единую среду проектирования.

Решения в области конструирования электротехнического оборудования и проектирования систем электроснабжения, защиты и освещения объектов и территорий различного назначения, базирующиеся на программном обеспечении Autodesk и Consistent Software, обеспечивают автоматизацию выполнения наиболее сложных работ по созданию электрических схем, проведению расчетов, настройке и созданию выходной табличной и графической документации проектов.