

Программно-вычислительный комплекс для расчёта токов короткого замыкания и выбора уставок РЗА – ПВК АРУ РЗА¹

- **Абакумов С. А.**, главный инженер проектов, заместитель заведующего отделом развития энергосистем и энергообъектов АО “НТЦ ЕЭС”, Санкт-Петербург
- **Виштибеев А. В.**, канд. техн. наук, доцент, заведующий отделом развития энергосистем и энергообъектов АО “НТЦ ЕЭС”, Санкт-Петербург
- **Гаязов С. Е.**, инженер-программист отдела развития энергосистем и энергообъектов АО “НТЦ ЕЭС”, Санкт-Петербург
- **Марюшко Е. А.**, инженер отдела развития энергосистем и энергообъектов АО “НТЦ ЕЭС”, Санкт-Петербург

Представлен отечественный программно-вычислительный комплекс (ПВК) нового поколения “АРУ РЗА”, предназначенный для расчёта токов короткого замыкания, выбора уставок устройств РЗА и проверки электроэнергетического оборудования. Описаны уникальные особенности ПВК, показаны его основные преимущества, функции и перспективы развития.

Ключевые слова: программно-вычислительный комплекс, расчёт токов короткого замыкания, уставки РЗА, проверка электроэнергетического оборудования.

Энергетика, безусловно, является базовой отраслью промышленности Российской Федерации, поэтому внедрение современных отечественных технологий в энергетике – залог устойчивого развития всей страны. Одной из важнейших задач при проектировании и эксплуатации энергообъектов, для решения которой активно применяются программно-вычислительные комплексы (далее – ПВК), является расчёт токов короткого замыкания (КЗ) в электрической сети для выбора уставок релейной защиты и проверки электроэнергетического оборудования.

В настоящее время существует ряд отечественных и зарубежных ПВК, ориентированных на решение вышеприведённых задач, однако все они имеют определённые недостатки.

Так, зарубежные производители программного обеспечения не учитывают ключевые особенности российского подхода к составлению схем замещения для расчёта токов КЗ и выбора уставок РЗА. Существенным недостатком зарубежных ПВК является их высокая стоимость, а размещение команды разработчиков за пределами юрисдикции Российской Федерации не гарантирует должную техническую поддержку в процессе эксплуатации.

ПВК отечественного производства не полностью отвечают требованиям современного программного обеспечения в части производительности и эргономики, имеют ограниченный функционал и не позволяют учитывать современные типы оборудования, например, устройства FACTS.

В этой связи АО “НТЦ ЕЭС” с 2015 г. занимается разработкой программно-вычислительного комплекса нового поколения для расчёта токов КЗ в электрических сетях, автоматизированного расчёта уставок устройств РЗА и проверки электрического оборудования.

ПВК АРУ РЗА – это принципиально новый программный комплекс, разработанный на основе собственных уникальных алгоритмов расчёта больших электроэнергетических сетей и механизмов графического редактирования сети. На ПВК получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660558 и 2016660608, правообладатель: АО “НТЦ ЕЭС”.

¹ Публикуется на правах рекламы

Уникальными особенностями ПВК АРУ РЗА являются:

- принципиально новые алгоритмы расчёта электрических параметров сети;
- графический редактор собственной разработки;
- создание и расчёт сети с неограниченным количеством узлов и ветвей;
- источник тока, позволяющий моделировать различные устройства FACTS;
- расчёт параметров аварийного режима методами симметричных составляющих и фазных координат;
- импорт параметров элементов, топологии и графического изображения электрической сети из файлов ПВК АРМ СРЗА (формат *.SET и *.SGK) в уникальный формат ПВК АРУ РЗА – *.ARU (с возможностью редактирования всех параметров и топологии импортируемой схемы), позволяющий исключить необходимость повторного создания расчетных моделей в ПВК АРУ РЗА при их наличии в формате ПВК АРМ СРЗА.

Основные модули и функции ПВК АРУ РЗА:

Модуль графического редактора – предназначен для создания и редактирования графического изображения математической модели электрической сети (рис. 1).

Общей проблемой современных ПВК является наличие сложного функционала в ущерб эргономики пользовательского интерфейса. В результате выполнение даже простых операций отнимает дополнительное время, снижает эффективность работы специалиста. Интерфейс графического редактора ПВК АРУ РЗА выполнен в соответствии с национальным стандартом, регламентирующим разработку инструментов взаимодействия между человеком и системой – ГОСТ Р ИСО 9241-210-2012 “Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем”.

Панель инструментов ПВК, основанная на принципе разбиения панели инструментов на отдельные вкладки, объединяет все команды по вкладкам и группам в зависимости от их назначения и предостав-

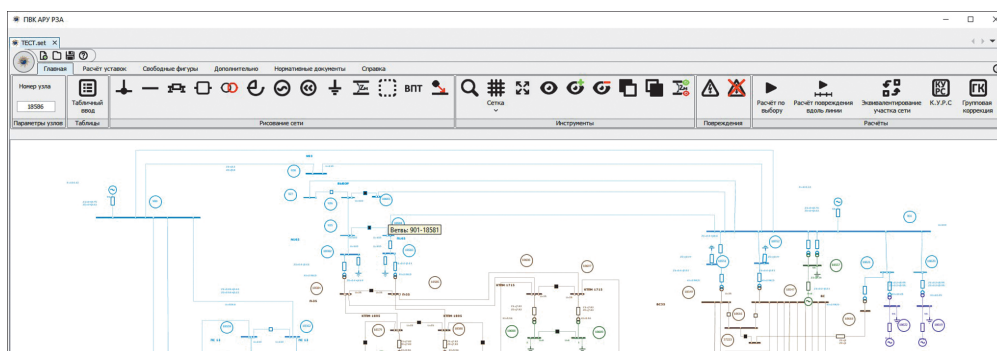


Рис. 1. Окно графического редактора ПВК АРУ РЗА

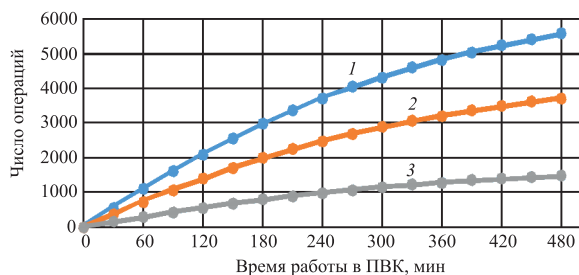


Рис. 2. Зависимость количества выполненных операций за период времени для ПВК с разным уровнем эргономики интерфейса:

1 – ПВК "АРУ РЗА"; 2 – ПВК с выбором команд через выпадающее меню; 3 – ПВК с вводом команд через консоль

ляет быстрый доступ к наиболее востребованным функциям, уменьшая время на поиск, выбор и выполнение часто используемых команд. В сравнении с другими схемами организации интерфейса, характерными для отечественных и зарубежных ПВК по расчёту токов КЗ, пользователь ПВК АРУ РЗА может выполнить значительно больше операций по модификации топологии сети и расчёту её электрических параметров за идентичный промежуток времени (рис. 2).

Модуль табличного редактора – предоставляет пользователю доступ к параметрам элементов сети, представленным в виде таблиц. Все элементы разбиты по типам (генератор, линия, трансформатор и т.д.) на соответствующие вкладки, что облегчает поиск и изменение параметров конкретного элемента. Доступны функции редактирования топологии сети с автоматическим внесением изменений в графическую схему сети.

Мультиоконный режим работы – архитектура ПВК АРУ РЗА позволяет одновременно просматривать, редактировать и производить расчёты на неограниченном количестве схем.

Модуль Команд Управления и Расчёта Сети (модуль К.У.Р.С.) – позволяет сформировать задание на расчёт в виде файла команд с учётом различных типов повреждений в разных точках сети и учётом отключения или изменения параметров элементов схемы в различных подрежимах работы сети. В результате выполнения файла команд пользователь получает протоколы расчётов для всех заданных подрежимов и повреждений. Благодаря модулю К.У.Р.С. исчезает необходимость последовательного изменения схемы сети для проведения отдельного расчёта, что существенно сокращает общее время выполнения работы по проведению расчётов.

Модуль импорта данных – позволяет загрузить в ПВК АРУ РЗА файлы базы сети в формате *.SET и файлы дополнительного графического изображения схемы сети в формате *.SGK, созданные в ПВК АРМ СРЗА, с сохранением параметров всех элементов, топологии и графического изображения сети в уникальный формат ПВК АРУ РЗА – *.ARU с возможностью дальнейшего редактирования. Модуль исключает необходимость повторного создания расчетных моделей в ПВК АРУ РЗА, что обеспечивает комфортный и быстрый переход на новый программный продукт.

Модуль расчёта электрических величин – позволяет производить расчёт электрических параметров сети в доаварийном режиме и при следующих типах повреждений: короткое замыкание (с возможностью учёта переходного сопротивления и возможностью последовательного расчёта заданного типа повреждения в нескольких точках одной линии), каскад, обрыв, сложные несимметричные повреждения.

С каждым годом неуклонно растёт количество используемых в национальной энергосистеме устройств FACTS с нелинейными характеристиками. Для надёжного выбора уставок устройств РЗА и проверки оборудования необходим корректный учёт влияния подобных устройств при расчёте токов КЗ. Существующие отечественные программные комплексы не содержат в номенклатуре своих элементов математические модели современных устройств FACTS.

Принципиальной особенностью моделей устройств FACTS в ПВК АРУ РЗА является учёт различного поведения оборудования в зависимости от состояния прилегающей электрической сети, таким образом, модель имеет активную составляющую, которая отслеживает изменения в прилегающей электрической сети и аналогично реальному устройству изменяет своё поведение.

Модуль расчёта эквивалентной схемы электрической сети – позволяет создать через графический редактор эквивалентную сеть на основе существующей сети.

Модуль расчёта уставок релейной защиты – представляет собой пошаговый расчёт уставок и проверку чувствительности устройств РЗА с заданными, в соответствии с рекомендациями производителей и "Руководящими указаниями по релейной защите", значениями коэффициентов расчётных формул и диапазонами уставок. Модуль расчёта уставок интегрирован с расчётным ядром ПВК, что обеспечивает автоматический импорт результатов вычислений токов КЗ в формулы для расчёта уставок и коэффициентов чувствительности. Таким образом, пользователю остаётся ввести минимальное число дополнительных исходных данных для проведения расчётов. По окончании процедуры расчёта формируется текстовый документ, содержащий значения уставок и протокол расчёта уставок в виде пояснительной записки (в формате MS Word) для максимально быстрого формирования пояснительных записок и научно-технических отчётов.

Функция автоматического расчёта параметров схемы замещения элементов сети по паспортным данным оборудования – производит автоматический расчёт параметров схемы замещения в симметричных составляющих, при вводе параметров элемента сети в виде паспортных данных оборудования, что снижает время создания математической модели сети и вероятность совершения ошибок в процессе ввода параметров.

ПВК АРУ РЗА – динамично развивающийся ПВК, в ближайшее время пользователю будут доступны следующие модули и функции:

- модуль анализа срабатывания защит для обеспечения ближнего и дальнего резервирования с проверкой корректности работы устройств РЗ;
- модуль расчёта параметров ВЛ и КЛ;
- библиотека силового оборудования с заданными параметрами, с возможностью редактирования и создания собственных образцов оборудования;
- библиотека устройств РЗА;
- модуль автоматического формирования бланков параметрирования микропроцессорных защит;
- модуль взаимодействия с ПВК по расчёту динамической устойчивости и электрических режимов.

ПВК АРУ РЗА является молодым продуктом, но уже имеется положительный опыт его внедрения на ведущих предприятиях электроэнергетики России. В декабре 2015 г. АО "СО ЕЭС" произвело закупку ПВК АРУ РЗА, с января 2016 года он принят в опытную эксплуатацию в отдельных подразделениях АО "СО ЕЭС". Помимо этого, с июня 2016 года АО "НТЦ ЕЭС" выполняет расчёты токов КЗ для проверки оборудования и выбора уставок устройств РЗА в представленном программном комплексе ПВК АРУ РЗА.

Заключение

ПВК АРУ РЗА – отечественный программный комплекс, разработанный с использованием современных информационных технологий, снижающий трудозатраты пользователя на выполнение расчётов и имеющий следующие основные преимущества:

- принципиально новые (уникальные) алгоритмы расчёта электрических параметров сети;
- высокопроизводительную библиотеку отображения и редактирования графической схемы сети собственной разработки;
- наличие элемента "источник тока", который позволяет моделировать устройства FACTS;
- наличие активных моделей устройств FACTS, реагирующих на изменение состояния окружающей сети;
- расчёт параметров аварийного режима методами симметричных составляющих и фазных координат;
- импорт параметров элементов, топологии и графического изображения электрической сети из файлов ПВК АРМ СРЗА в форматах *.SET и *.SGK в уникальный формат ПВК АРУ РЗА – *.ARU (с возможностью редактирования всех параметров и топологии импортируемой схемы). Возможность импорта данных позволяет исключить необходимость повторного создания расчётных моделей в ПВК АРУ РЗА при их наличии в формате ПВК АРМ СРЗА.

По вопросам приобретения ПВК АРУ РЗА обращаться:
Телефон: (383) 328 12 51, (383) 328 12 54.
E-mail: ntcees@nsk.so-ups.ru