



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

СИМ в России и в мире. Общая информационная модель
для компаний электроэнергетики". Сочи - 2023

Современный программно- вычислительный комплекс для расчетов токов КЗ и автоматизации процесса выбора и проверки уставок устройств РЗА

Герасимов А.С - Директор по системным
исследованиям АО «НТЦ ЕЭС»



Основные требования к современному ПО для расчетов токов короткого замыкания и выбора уставок устройств РЗА

Общие функциональные требования к ПО

- Полное моделирование сети с графическим отображением модели сети
- Возможность расчёта токов КЗ
- Возможность расчёта уставок устройств РЗА
- Возможность расчёта сложной несимметрии
- Учёт любого коммутационного состояния сети и любого количества повреждений
- Возможность использования базы паспортных параметров оборудования
- Оценка и экспорт полученных результатов расчёта



Современные вызовы для разработчиков ПО для расчетов токов короткого замыкания и выбора уставок устройств РЗА

- **Моделирование всего современного оборудования**, влияющего на значения токов КЗ (преобразовательного оборудования, генерирующего оборудования ВЭС и т.п.)
- **Обеспечение быстродействия**, в том числе при работе с большими объёмами данных
- **Обеспечение гарантированной технической поддержки** и развития ПО через «единое окно» независимо от третьих лиц
- **Кроссплатформенность** – обязательная поддержка работы на ОС отечественного производства
- **Высокий уровень автоматизации** расчетных процессов для снижения трудозатрат персонала
- **Поддержка всех основных базовых операций** при работе с ПО: использование «буфера обмена», отмены и повтора операций, «отката» к сохраненному состоянию и т.п.
- **Обеспечение обмена информацией** с автоматизированными информационными системами через унифицированные форматы



ПВК «АРУ РЗА»



- Разработка ПВК «АРУ РЗА» начата АО «НТЦ ЕЭС» в 2014 году с «нуля»
- В период 2015-2019 гг. параллельно с процессом разработки велось тестирование ПВК «АРУ РЗА» в филиалах АО «СО ЕЭС» с разработкой рекомендаций по его совершенствованию
- В 2017 году ПВК «АРУ РЗА» включен в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных
- по итогам успешной опытной эксплуатации с 11.01.2021 г. – **ПВК «АРУ РЗА» введён в промышленную эксплуатацию в АО «СО ЕЭС»** (распоряжение №151р от 30.12.2020)
- ПВК «АРУ РЗА» удостоен международной премии «Время инноваций – 2021» в номинации «Проект года» (Дубай, 2021)
- Ежегодно выпускается новая версия ПВК «АРУ РЗА» с выпуском нескольких промежуточных обновлений в течение календарного года



Особенности ПВК «АРУ РЗА»

- **Полностью самостоятельная отечественная программная разработка** (все модули программы, включая расчётное ядро)
- **Оригинальные алгоритмы расчета** электрических параметров сети с использованием, в том числе, методов расчета в симметричных составляющих и в фазных координатах
- **Графический редактор собственной разработки**
- **Возможность одновременной работы с несколькими сетями**, благодаря мультиоконному режиму
- **Наличие нестандартных элементов для моделирования устройств FACTS и других нестандартных объектов:**
 - источник тока
 - СТАТКОМ (вставка постоянного тока)
 - статический тиристорный компенсатор
 - нелинейный элемент
- **Функционирование ПВК «АРУ РЗА» на отечественных ОС семейства Linux**
- **Автоматизация решаемых задач** с помощью различных специализированных модулей
- **Взаимодействие с внешними информационными системами**



Специализированные модули ПВК «АРУ РЗА» для упрощения и автоматизации решения расчетных задач

- **Дополнительные модули** интегрированы к функционалу основной программы, позволяют отказаться от использования дополнительных программ, а также снижают вероятность возникновения ошибок при переносе данных:
 - база паспортных параметров электрооборудования
 - модуль расчёта параметров схем замещения **ВЛ/КЛ**
 - модуль расчёта параметров схем замещения
 - возможность расчёта уставок основных и резервных устройств РЗ
 - модуль анализа срабатывания устройств РЗ с относительной селективностью
 - модуль формирования бланков параметрирования МП защит
 - модуль определения места повреждения по параметрам аварийного режима (**ОМП**)
 - модуль определения минимального состава генерирующего оборудования (**МСГО**)
 - модуль автоматизированного расчёта уставок устройств РЗ (**АРУ**)



Реализованные в ПВК «АРУ РЗА» модули для автоматизации процесса выбора уставок срабатывания устройств РЗА

Автоматизированный расчёт уставок ступенчатых защит

Предназначен для автоматического расчёта уставок защит с относительной селективностью одновременно по нескольким условиям, заданным пользователем.

- Расчётные условия, сформированные модулем, основываются на специальном языке задания команд на расчёт, который также является компонентом ПВК «АРУ РЗА»
- Позволяет осуществлять проверку чувствительности рассчитанных защит и сохранять полученные уставки в фонд РЗА

Определение минимального состава генерирующего оборудования

При выводе в ремонт генерирующих блоков в системе изменяется токораспределение. Наибольшее влияние такое изменение состояния сети оказывает на защиты, находящиеся в электрической близости к объектам отключения.

Модуль предназначен для определения минимального количества находящегося в работе генерирующего оборудования по условиям функционирования РЗА.

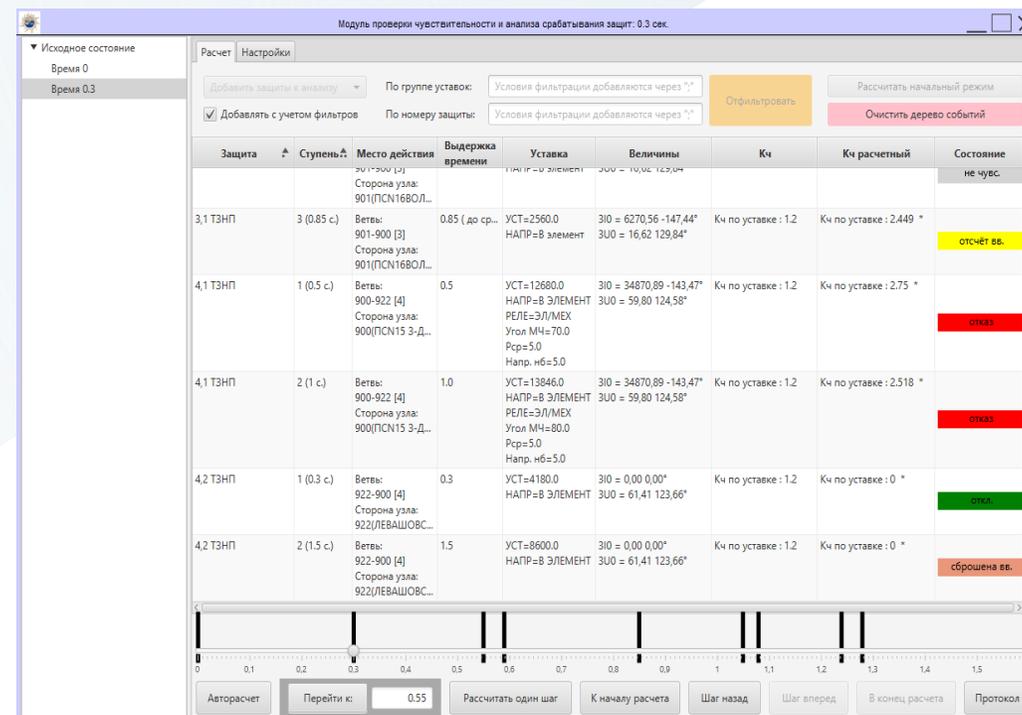


Реализованные в ПВК «АРУ РЗА» модули для автоматизации процесса выбора уставок срабатывания устройств РЗА

Анализ срабатывания устройств РЗ с относительной селективностью

Позволяет определять состояние группы защит в выбранный момент времени при наличии повреждения на сети. Для работы с модулем необходимо задать на сети начальные расчётные условия (установить повреждения и задать коммутации).

- Количество повреждений и защит в замере может быть произвольным
- Модуль производит расчёт дерева событий, построенного на основании времен срабатывания защит, добавленных в замер
- В каждый момент времени для каждой ступени защиты из выбранного списка производится расчёт чувствительности
- При прохождении итерации защита может производить модификации на сети, а именно отключение ветви, на которой установлена защита, со стороны узла установки





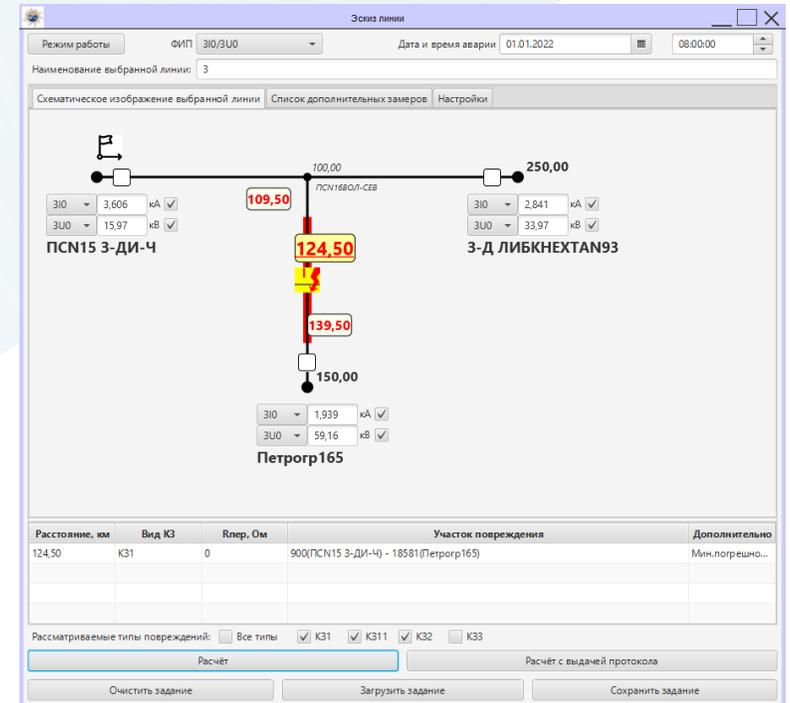
Реализованные в ПВК «АРУ РЗА» модули для автоматизации процесса выбора уставок срабатывания устройств РЗА

Определения места повреждения по параметрам аварийного режима

Модуль ОМП предназначен для определения места повреждения в электрической сети на основе электрических величин (напряжение и ток прямой, обратной и нулевой последовательностей, фазные замеры), полученных с помощью фиксирующих приборов (ФИП) или любым другим способом.

Дополнительно разработан модуль определения места повреждения на ЛЭП для диспетчерского персонала.

- Исходной информацией для решения задачи ОМП являются значения величин тока и напряжения нулевой последовательности (I_{0} и U_{0}) или обратной последовательности (I_{2} и U_{2}), полученных от ФИП, и схема транзита на момент повреждения
- Возможность использования показаний ФИП, установленных и на других элементах электрической сети (дополнительные замеры)
- Возможность задания замеров как с нескольких сторон линии, так и с одной стороны (односторонний замер)





Реализованные в ПВК «АРУ РЗА» механизмы взаимодействия с внешними информационными системами

Реализация функционала в части автоматизации процессов расчетов привело к необходимости развития механизмов взаимодействия с внешними по отношению к ПВК информационными системами, использующимися в АО «СО ЕЭС».

В ПВК «АРУ РЗА» реализованы следующие механизмы

- Импорт параметров элементов сети и устройств РЗА
- Импорт информации о состоянии сети и устройств РЗА
- Импорт уставок устройств РЗА

Реализация данного функционала требует

- Формирования таблиц соответствия между номерами узлов, которые имеются в модели для расчета ТКЗ сети ПВК «АРУ РЗА», и идентификаторами (Uid) данных узлов (объекты класса BusbarSection подстанций, находящихся в сети, либо объекты класса VoltageLevel)
- Формирования таблиц соответствия между UID каждой уставки устройства РЗА, заданные в ИС СРЗА, и наименование аналогичного параметра в ПВК «АРУ РЗА»



Развитие функционала ПВК «АРУ РЗА» в части интеграции и взаимодействия с внешними информационными системами

Задача многопользовательских расчетов параметров эквивалентов на основании данных Единой информационной модели
(реализация 2023 – 2024 гг.)

Переход на формат обмена CIMXML при взаимодействии с внешними информационными системами

- Источником данных является единая информационная модель СО ЕЭС
- Серверная версия ПО с многопользовательским доступом
- Обеспечивается параллельного расчета эквивалентов не менее чем по 20 заданиям пользователей
- Обеспечивается решение задач как текущего обновления расчетных эквивалентов для ДЦ, так и расчет эквивалентов для перспективных расчетных моделей ТКЗ
- Обеспечивается возможность приема задания на расчет эквивалентов от внешних ИУС и обратной передачи результатов эквивалентирования через публичный API
- Результаты эквивалентирования должны выдаваться в том числе в формате CIMXML с использованием классов CIM (МЭК 61970-452, ГОСТ 58651)



Развитие функционала ПВК «АРУ РЗА» в части интеграции и взаимодействия с внешними информационными системами

Задача обеспечения обмена данными с внешними информационными системами в формате CIMXML с использованием классов CIM как для расчетной модели ТКЗ, так и для данных фонда РЗА

- Стандартом МЭК 61970-452:2021 «CIM static transmission network model profiles» предусмотрен профиль CIM для расчетов ТКЗ.
- Стандарт МЭК 61970-452:2021 предполагает применение профиля для расчетов ТКЗ совместно с другими профилями, описанными в стандарте (оборудования и управления режимом)
- Для обмена информацией о фонде РЗА возможно применение профиля CIM предусмотренного проектом ГОСТ «Профиль информационной модели устройств релейной защиты и автоматики»
- Для обеспечения полноценного обмена информацией между отечественными ПК
- Для расчета ТКЗ и выбора уставок РЗА необходимо расширение профиля CIM для задачи расчета ТКЗ, описанного в МЭК 61970-452:2021, с внесением изменений/дополнений в ГОСТ Р 58651



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

АО «Научно-технический центр Единой энергетической системы»

Россия, 194223, г. Санкт-Петербург,
ул. Курчатова, д. 1, лит. А.

+7 (812) 297-54-10
+7 (812) 552-62-23 (факс);
ntc@ntcees.ru

Россия, г. Москва,
деревня Румянцево, поселение
Московский, Центральная улица, 3Ас1

+7 (499) 788-15-88
ntc@ntcees.ru

ntcees.ru

