



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

ПВК «АРУ РЗА»

Современный программно-вычислительный комплекс в части автоматизации процесса выбора и проверки уставок устройств РЗА: требования и информационная безопасность.

Чебоксары, 2024

Докладчик:
Эрекайкин Е.И.



Основные требования к современному ПО для представления моделей энергосистем и выбора уставок устройств РЗА

Функциональные

- 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
- Моделирование всего оборудования, влияющего на значения токов КЗ
- Возможность использования базы паспортных параметров оборудования
- Оценка и экспорт полученных результатов расчёта

Не функциональные

- Быстродействие, в том числе при больших объёмах данных
- Независимость технологий от третьих лиц с обеспечением многолетней поддержки и развития
- Кроссплатформенность, в том числе поддержка работы на ОС отечественного производства (Linux)
- Высокий уровень автоматизации расчётов для снижения время- и трудозатрат персонала
- Простота работы с интерфейсом, взаимодействия с моделью сети, получения и обработки результатов расчёта
- Поддержка основных операций при работе с редакторами: отменить, вернуть, скопировать, вставить



Развитие ПВК «АРУ РЗА»

- Октябрь 2014 г. - начата разработка ПВК;
- 2017 г. - ПВК «АРУ РЗА» включен в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Запись в реестре №4128 от 11.12.2017 произведена на основании приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ от 07.12.2017 №680;
- 2015-2019 гг. - в АО «СО ЕЭС» тестирование ПВК «АРУ РЗА». По результатам был сделан вывод: ПВК «АРУ РЗА» **программно-совместим** с корпоративным программным комплексом АО «СО ЕЭС» для расчётов ТКЗ и РЗА;
- 11.01.2021г. – по итогам успешной опытной эксплуатации ПВК «АРУ РЗА» **введён в промышленную эксплуатацию в АО «СО ЕЭС»** (распоряжение №151р от 30.12.2020);
- 2021 г. - ПВК «АРУ РЗА» **удостоен международной премии «Время инноваций – 2021»** в номинации «Проект года» (Дубай, 2021);
- 01.03.2021 - **ПВК «АРУ РЗА» - основной расчетный комплекс в АО «СО ЕЭС»**, ПВК АРМ СРЗА – становится архивным.





Расчёт электрических величин

- Расчёт электрических параметров объектов сети при любых видах повреждений (КЗ, обрывы, замыкания фаз, сложные повреждения), включая множественные;
- Расчёт сети неограниченного размера;
- Коммутации объектов сети (с заземлением и без);
- Автоматический учёт схем соединений обмоток трансформатора;
- Расчёт сети с использованием моделей устройств FACTS (ВПТ, СТК, нелинейный элемент, источник тока);
- Расчёт ударных токов КЗ и накопленного теплового импульса;
- Функция расчёта производной схемы прямой последовательности при наличии несимметрии на сети;
- Расчёт токов качаний;
- Эквивалентирование сети;
- Учёт нагрузочных напряжений в узлах (в доаварийном и аварийном режимах).



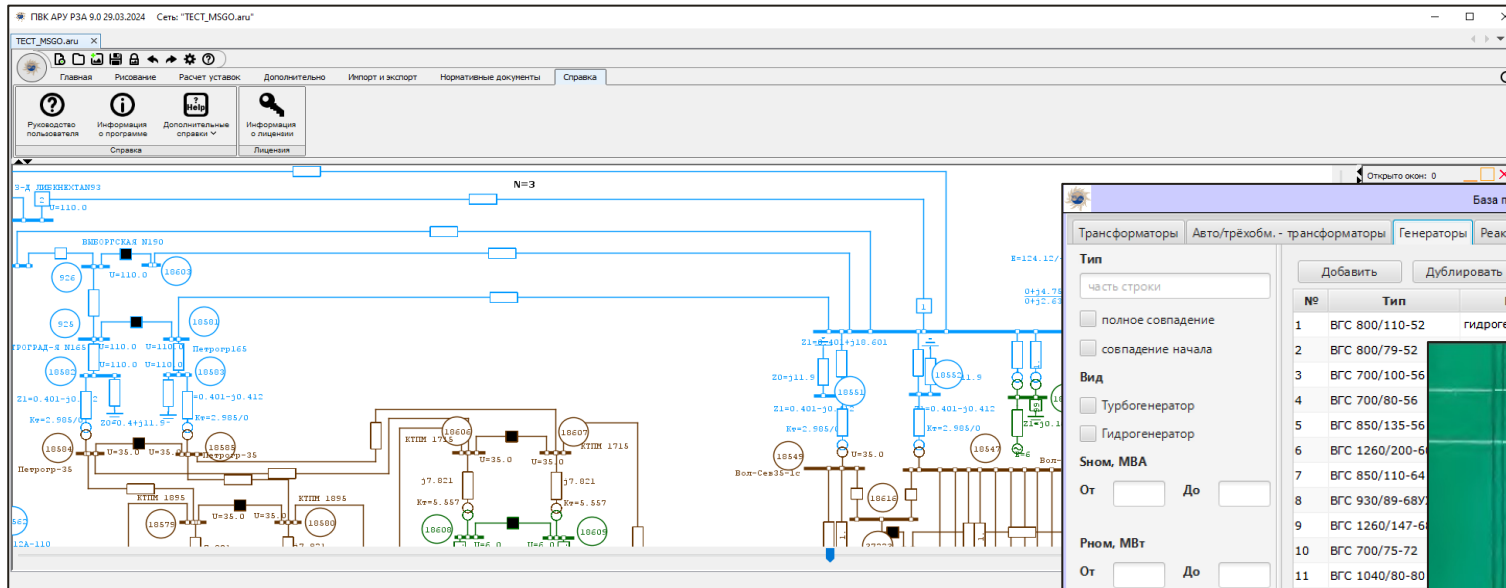
Расчёт уставок устройств РЗА

- Полный спектр условий для расчёта уставок ступенчатых защит (токовых и дистанционных);
- Расчёт уставок основных защит, с функцией автоматического выбора расчётного режима при вводе электрических величин и генерацией подробной пояснительной записки;
- Проверка чувствительности ДЗ по уставке, по току точной работы, устройства блокировки при качаниях;
- Проверка чувствительности токовых защит по уставке, реле мощности, реле напряжения;
- Фонд РЗА для хранения и использования информации о защитах;
- Анализ срабатывания выбранного набора защит сети путём пошагового расчёта состояния сети, с учётом коммутаций ступеней защит в каждом шаге;
- Автоматизированный расчёт уставок;
- Модуль определения минимального состава генерирующего оборудования по условиям функционирования РЗА.



Функциональные возможности ПК «АРУ РЗА»

Графический интерфейс



The screenshot shows the 'База паспортных параметров оборудования' dialog box. It contains a table of equipment parameters and a book cover overlay. The table has columns for '№', 'Тип', 'Вид', 'Сном, МВА', 'Рном, МВт', 'Уном, кВ', 'cosφ', and several 'Xd' and 'Xq' columns. The book cover overlay is green and white, with the title 'РАСЧЕТЫ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИКИ В СЕТЯХ 110-750 кВ' and the publisher '«ЭНЕРГИЯ»'.

№	Тип	Вид	Сном, МВА	Рном, МВт	Уном, кВ	cosφ	Xd", о.е.	Xd', о.е.	Xd, о.е.	Xq", о.е.	Xq', о.е.	Xq, о.е.
1	ВГС 800/110-52	гидрогенератор	35.0	28.0	10.5	0.8	0.27	0.41	1.1	0.0	0.0	0
2	ВГС 800/79-52							0.36	1.02	0.0	0.0	0
3	ВГС 700/100-56							0.32	0.9	0.0	0.0	0
4	ВГС 700/80-56							0.32	0.81	0.0	0.0	0
5	ВГС 850/135-56							0.3	0.86	0.0	0.0	0
6	ВГС 1260/200-6							0.35	1.03	0.0	0.0	0
7	ВГС 850/110-64							0.29	0.7	0.0	0.0	0
8	ВГС 930/89-68У							0.35	0.9	0.0	0.0	0
9	ВГС 1260/147-6							0.28	0.76	0.0	0.0	0
10	ВГС 700/75-72							0.35	0.9	0.0	0.0	0
11	ВГС 1040/80-80							0.28	0.67	0.0	0.0	0
12	ВГС 850/70-88							0.34	0.7	0.0	0.0	0
13	ВГС 1260/89-10							0.31	0.67	0.0	0.0	0
14	ВГС 1525/135-1							0.32	0.66	0.0	0.0	0
15	СВ-420/60-24							0.27	1.02	0.0	0.0	0
16	СВ-546/80-36							0.38	1.09	0.0	0.0	0
17	СВ-546/90-40							0.305	1.01	0.0	0.0	0
18	СВ-325/130-12							0.19	1.09	0.0	0.0	0
19	СВ-800/76-60							0.28	0.998	0.0	0.0	0

Графический редактор

Контроль параметров

Диалоговые окна

Табличный ввод



Функциональные возможности ПВК «АРУ РЗА»

Защиты с абсолютной и относительной селективностью

ПВК «АРУ РЗА» позволяет производить расчёты уставок срабатывания по методикам от производителя. Значения уставок сохраняются в фонд устройств РЗ с последующим использованием в других модулях.

Особенности и возможности модуля:

- Реализованы модули, позволяющие рассчитывать уставки защит, основанных на дифференциальном принципе (**ДЗШ** (ABB, ЭКРА, Siemens, PHT, ДЗТ), **ДФЗ** (ЭКРА, Micom, эл-мех), **ДЗЛ** (ABB, ЭКРА, Micom, GE, Siemens, эл-мех), **НВЧЗ** (ЭКРА, эл-мех), **ВЧБ** (ЭКРА, эл-мех));
- Модули расчёта имеют привязку к модулю **К.У.Р.С.**, для учёта подрежимов, с автоматическим формированием файла приказов, и выбором требуемого расчётного режима;
- Модули автоматически формируют пояснительную записку;
- Сохранение и загрузка задания на расчёт;
- Фонд устройств основных защит (24 моделей защит по умолчанию + пользовательский конструктор защиты);
- В модуле **К.У.Р.С.** реализованы специальные команды для расчёта уставок токовых защит с относительной селективностью (**МТЗ**, **ТЗНП**, **ТЗОП**) и дистанционных защит (**ДЗ** на эл-мех и микроэл. базе; ЭКРА; Сириус, Micom; Siemens; ABB; Сириус; Релематика; универсальная ДЗ);
- Использование пуска по напряжению для МТЗ и ТЗОП;
- Использование реле направления мощности разных типов для токовых защит;
- Графический интерфейс для выбора уставок дистанционных защит, с возможностью графического расчёта;
- Фонд устройств РЗ, с сохранением в файл формата *.faru;



Повышение уровня автоматизации расчётов

Модули для автоматизации процесса выбора уставок срабатывания устройств РЗА

Автоматизированный расчёт уставок ступенчатых защит.

Формирование необходимых расчётных условий для выбора основных уставок срабатывания защит с последующим определением допустимых диапазонов.

Анализ срабатывания.

Поэтапный просмотр в течение времени состояния группы защит и коммутационного состояния объектов сети при наличии повреждения.

Определение места повреждения.

Определение места повреждения в электрической сети на основе электрических величин, полученных с помощью фиксирующих приборов (ФИП) или любым другим способом.

Определение минимального состава генерирующего оборудования.

Проверка корректности работы устройств РЗА (основных и резервных защит) при различных конфигурациях сети.

Определение места повреждения для диспетчерского персонала.



Модуль анализа срабатывания устройств РЗА

Модуль **MAC** 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).

Особенности и возможности модуля:

- 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;
- Имеется возможность редактирования режима в каждый момент времени для моделирования различных **вариантов развития аварии**.

Защита	Ступень	Место действия	Выдержка времени	Уставка	Величины	Кч	Кч расчетный	Состояние
1,1 ТЗНП	3 (1,28 с)	Ветвь: 930-900 (1 ЛИН... Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН...	1,28 (до ср...	УСТ=3400.0 НАПР=В элемент	3I0 = 5021,99 -130,09* 3I0 = 29,31 133,38*	Кч по уставке : 1,2	Кч по уставке : 1,477 *	отсчёт вв.
1,1 ТЗНП	2 (0,58 с)	Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН... Ветвь: 930-900 (1 ЛИН... Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН...	0,58	УСТ=5900.0 НАПР=В элемент	3I0 = 0,00 -93,98* 3I0 = 0,00 -111,80*	Кч по уставке : 1,2	Кч по уставке : 0 *	сброшена вв.
1,1 ТЗНП	3 (1,28 с)	Ветвь: 930-900 (1 ЛИН... Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН...	1,28	УСТ=3400.0 НАПР=В элемент	3I0 = 0,00 -93,98* 3I0 = 0,00 -111,80*	Кч по уставке : 1,2	Кч по уставке : 0 *	сброшена вв.
1,1 ЭПЗ-1636	1 (0 с)	Ветвь: 930-900 (1 ЛИН... Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН...	0,0			Кч по току т.р. : 1,2 Кч по уставке : 1,2	Кч по току т.р. : 0 Кч по уставке : 0 *	не чувс.
1,1 ЭПЗ-1636	2 (0,59 с)	Ветвь: 930-900 (1 ЛИН... Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН...	0,59	Zcp=6,47 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ ВКЛ М/Ф=ДА ФМЧ=80,0 I тр=0,32	IAB = 1000000,00 0,00* IAB = 0,00 127,53*	Кч по току т.р. : 1,2 Кч по уставке : 1,2	Кч по току т.р. : 0 Кч по уставке : 0 *	отсчёт вв.
1,1 ЭПЗ-1636	3 (1,08 с)	Ветвь: 930-900 (1 ЛИН... Сторона узла: 930З-Д ЛИБКН...	1,08	Zcp=13,54 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ ВКЛ М/Ф=ДА ФМЧ=80,0 I тр=0,32	IAB = 1000000,00 0,00* IAB = 0,00 127,53*	Кч по току т.р. : 1,2 Кч по уставке : 1,2	Кч по току т.р. : 0 Кч по уставке : 0 *	сброшена вв.
2,1 ТЗНП	1 (0 с)	Ветвь: 11643-000,00...	0,0	УСТ=12500.0	3I0 = 1714,38 69,37*	Кч по уставке : 1,2	Кч по уставке : 0,137 *	отсчёт вв.



Автоматизированный расчёт уставок ступенчатых защит

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

Особенности и возможности модуля:

- Расчётные условия основываются на языке задания команд на расчёт модуля К.У.Р.С., который также является компонентом ПВК «АРУ РЗА»;
- Функционал модуля значительно упрощает процесс **расчёта уставок** защит;
- Позволяет осуществлять **проверку чувствительности** рассчитанных защит и сохранять полученные уставки в фонд РЗА.

The screenshot displays the 'модуль АРУ - формирование задания на расчёт' (ARU module - forming the calculation task) window. It features a 'задание на расчёт' (calculation task) tab and a 'настройки' (settings) tab. The main area shows a 'список рассчитываемых защит' (list of calculable protections) table with columns for 'защита' (protection), 'панель' (panel), 'ступень' (stage), and 'назначение' (designation). A specific protection '4,1[900(ПСН15 3-ДИ-Ч)]' is selected, showing its settings like 'отстройка' (offset) and 'ближнее резервирование' (nearby backup). Below this, the 'результаты расчёта уставок' (calculation results) table is visible, listing various calculation conditions and their corresponding results and statuses. To the right, the 'Параметры защиты' (protection parameters) table shows settings for parameters like 'УСТ', 'НАПР', 'PM_УГОЛ', etc. At the bottom, there is a 'Проверка чувствительности по определённым параметрам защиты' (sensitivity check) section with a table of results.



Дополнительные модули ПВК «АРУ РЗА»

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

Особенности и возможности модуля:

- **Множество** автоматически сформированных расчётных вариаций **схемно-режимных состояний** сети;
- Функционал модуля значительно упрощает процесс решения задачи МСГО;
- Позволяет осуществлять **проверку чувствительности и селективности** анализируемых защит сети.

The screenshot displays two windows from the MSGO software. The top window, titled 'Расчёт МСГО для станции 1', shows configuration options for the calculation, including 'задание на расчёт', 'начальный режим и подрежимы', 'дополнительные схемные состояния', and 'настройки'. The bottom window, titled 'модуль МСГО - результаты расчёта', shows a table of results.

№	защита	режим	результат	комментарии
1		исходный режим	условно-допустимый состав	
2		исходный режим + доп.состояние - подрежим "и..."	условно-допустимый состав	
	эл. - 8		защищён с нарушениями	8,1 ТЭНП ступ. 1 - нарушение селективности
	ступенчатые защиты			
	8,1(900(ПСН15 3-ДИ-Ч)) ТЭНП		нарушение селективности	
	ступ. 1			
	УСТ=5590,0; НАПР=В элемент; T=0		нарушение селективности	
	селективность		селективность не обеспечивается	
	отстройка		селективность не обеспечивается	
		Зам. К31 900-901[100%]	Ko = 1.334	
		Зам. К311 900-901[100%]	Ko = 1.114 - нарушение	
		Зам. К311 900-930[100%] Каскад[900(ПСН15 3-ДИ-...]	Ko = 5.167	
		Зам. К311 900-930[100%] Каскад[900(ПСН15 3-ДИ-...]	Ko = 4.911	
	проверка срабатывания других защит		селективность обеспечивается	
		конец зоны срабатывания : Зам. К31 900-901[93.257%]	селективность обеспечивается	время откл. со своей стороны 0,55 с (8,1 ТЭНП)
		конец зоны срабатывания : Зам. К311 900-901[97.006%]	селективность обеспечивается	время откл. со своей стороны 0,55 с (8,1 ТЭНП)
	ступ. 2			
	УСТ=1150,0; НАПР=В элемент; T=0,55		условно-допустимый состав	
	8,2(901(ПСН16ВОЛ-СЕВ)) ТЭНП		нарушение селективности	



Развитие взаимодействия с внешними информационными системами, функционирующими на базе CIM

Задача импорта параметров элементов сети и устройств РЗА (платформа СК-11)

- возможность как создания новой сети, так и актуализации уже имеющейся
- настройка участка и объёма импорта
- отдельный импорт параметров элементов сети и устройств РЗА
- возможность эквивалентирования участка сети при импорте
- создание протокола импорта

Задача импорта состояния сети и устройств РЗА (ОИК СК-11 и ИУС «СІМ-ЗРП»)

- настройка участка и объёма импорта
- отдельный импорт состояния элементов сети и устройств РЗА
- возможность выбора момента времени, по состоянию на который требуется импорт
- обработка ситуаций возникновения различий в составе элементов сети при импорте
- создание протокола импорта

Задача импорта уставок (система ИС СРЗА)

- возможность импорта данных основных и ступенчатых защит
- настройка участка и объёма импорта (отдельные устройства РЗА, набор функций РЗА, набор ступеней защит)
- возможность актуализации уставок всех имеющихся в сети РЗА
- режим сопоставления уже имеющихся в сети устройств РЗА и загружаемых устройств с выводом различий
- создание протокола импорта



Научно-технический центр
Единой энергетической системы



Эрекайкин Евгений Иванович
АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы».

+7 (812) 297-54-10

+7 (812) 552-62-23 (факс)

По всем техническим вопросам,
связанным с работой ПВК «АРУ РЗА»,
обращаться к Абакумову С.А.
Abakumov-SA@ntcees.ru
+79232446014

ntcees.ru

