



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

ПВК «АРУ РЗА»

Способы повышения уровня автоматизации расчетов и выбора уставок устройств РЗА в рамках развития современного отечественного ПО. Комплексный анализ на основании замеров электрических величин.

Санкт-Петербург, 2022



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



Автоматизированный расчёт уставок ступенчатых защит

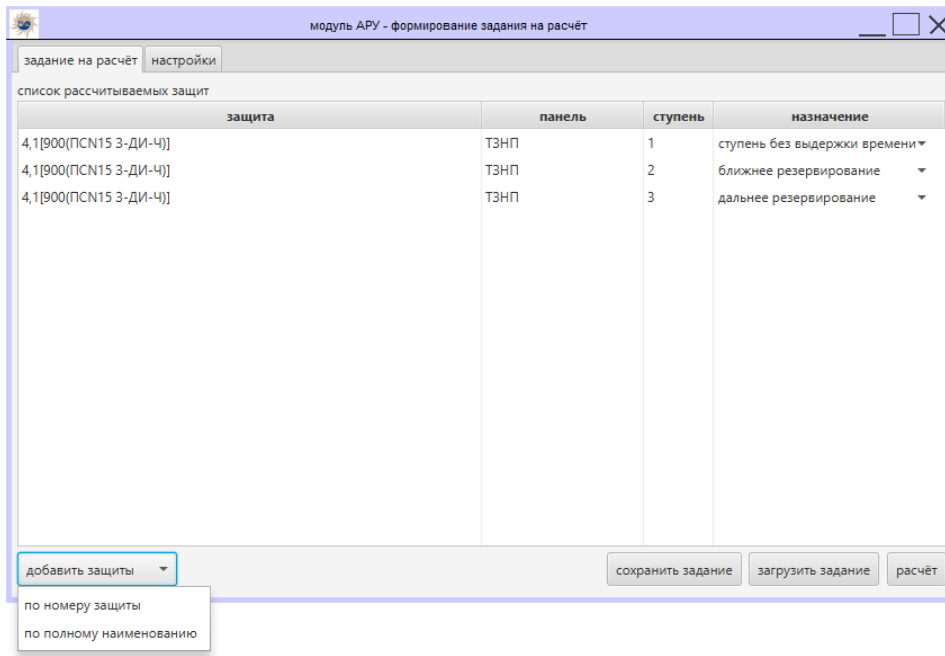
Предназначен для автоматического расчёта уставок защит с относительной селективностью одновременно по нескольким условиям, заданным пользователем.

Особенности:

- расчётные условия, сформированные модулем, 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



Интерфейс модуля



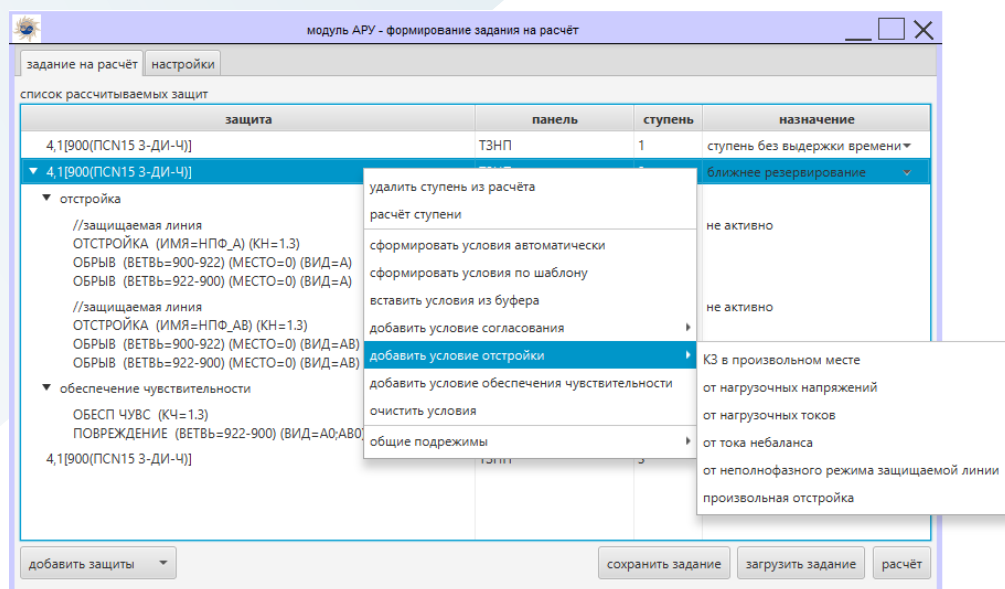
Окно модуля АРУ содержит следующие команды:

- Сохранить задание – сохранение задания в выбранное место на компьютере в файл;
- Загрузить задание – загрузка задания из файла;
- Добавить защиты – добавление защит к анализу:
 - По номеру защиты;
 - По полному наименованию;
- Расчет – расчет по исходным данным.



Формирование условий расчёта

- для каждой ступени определяется назначение
- автоматическое формирование расчётных условий по назначению. Особенности:
 - учёт схемы ПС для определения смежных объектов сети;
 - учёт направления действия защиты;
 - определение точек для обеспечения необходимой чувствительности;
- пользовательское добавление расчётных условий (по шаблону или с использованием универсального условия);
- настройка максимального и минимального числа одновременно отключаемых примыкающих элементов и генераторов станции





Список доступных шаблонов

- отстройка от КЗ в конце смежной параллельной линии со стороны конца объекта;
- отстройка в месте установки защиты;
- отстройка на шинах смежного напряжения защищаемого объекта;
- отстройка на шинах смежного напряжения ответвлений в направлении «вперёд»;
- отстройка при КЗ на параллельной линии в каскаде;
- отстройка в конце смежной параллельной линии со стороны конца объекта;
- отстройка в длительном режиме смежных объектов в направлении «вперёд» / «назад»;
- отстройка от ТНБ 1 по шинам смежного напряжения в направлении «вперёд» / «назад»;

Шаблон для формирования расчётных условий

Измените положение переключателей для учёта шаблона для формирования условий

использовать	описание условия
☐	отстройка от КЗ в конечных точках защищаемого объекта
☐	отстройка в месте установки защиты
☐	отстройка на шинах смежного напряжения ответвлений
☐	отстройка на шинах смежного напряжения защищаемого объекта
☐	отстройка на шинах смежного напряжения 1 пояса в направлении "вперёд"
☐	отстройка на шинах смежного напряжения 1 пояса в направлении "назад"
☐	отстройка при КЗ на параллельной линии в каскаде
☐	отстройка в конце смежной параллельной линии со стороны конца объекта
☐	отстройка в конце смежной параллельной линии со стороны начала объекта

сформировать по выбранным условиям

Управление

ном нагрузочном

нагрузочного режима;

ежных объектов в
а);

в узле установки

в начале установки

в конечных точках

в конечных точках
аде;

в конечных точках
нии «вперёд» / «назад».



Модуль автоматизированного расчёта уставок ступенчатых защит (АРУ)

Формирование подрежимов

- общие подрежимы для учета во всех расчётных условиях
- автоматическое формирование общих подрежимов. Особенности:
 - учёт сетевых элементов, примыкающих объектов и элементов генерации примыкающих станций;
 - перебор всех возможных сочетаний отключения с учётом критерия минимального и максимального числа отключений по типу объекта;
 - учёт схемы ПС.
- отдельные подрежимы для каждого расчётного условия
- блок генерации подрежимов с возможностью оптимизации:
 - задание однотипных элементов;
 - задание недопустимых сочетаний элементов;
 - настройка числа отключений при генерации подрежимов.

Окно расчётного условия

Команда расчётного условия

ОТСТРОЙКА КЗ (ЗАЩ=4,1) (ПАН=ТЗНП) (СТУП=1) (ВИД=А0;АВ0) (ВЕТВЬ=900-922,1) (МЕСТО=0) (КАСКАД=900)(КН=1.3)

режим для команды и отдельные подрежимы

```
//подрежимы из вариаций
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_1) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=1;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)//ЛИНИЯ;
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_2) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=2;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_3) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=3;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_4) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=5;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_5) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=1;2;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)//ЛИНИЯ;
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_6) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=1;3;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)//ЛИНИЯ;
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_7) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=1;5;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)//ЛИНИЯ;
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_8) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=2;3;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_9) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=2;5;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_10) //(ОПИСАНИЕ=)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТЫ=2;6;) (ЗАЕМЛИТЬ=ДА)
КОНЕЦ ПОДРЕЖИМА
ПОДРЕЖИМ (ИМЯ=вариация_условия_11) //(ОПИСАНИЕ=)
```

генерация подрежимов

номера манипулируемых объектов (элементы и ветви) (через ;)

1;2;3;5;6

максимальное число отключений

2

минимальное число отключений

1

ограничения при формировании вариаций

▼ однотипные элементы

Однотипные элементы (разделение типов - через перевод строки, элементов - через ;)

2;6

▶ настройки числа отключений

▶ недопустимые сочетания

сохранить расчётное условие

сформировать подрежимы



Интерфейс окна результатов расчёта

модуль АРУ - результаты расчёта

Расчётываемая защита: 4,1[900(ПСН15 3-ДИ-Ч)][ТЗНП] ступ. 2

Результаты расчёта уставок

условие расчёта	результат	состояние
▶ //защищаемая линия		
ОТСТРОЙКА (ИМЯ=НПФ_А) (КН=1.3)		
ОБРЫВ (ВЕТЬ=900-922) (МЕСТО=0) (ВИД=А)		
ОБРЫВ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0) (ВИД=А)		
▶ //защищаемая линия		
ОТСТРОЙКА (ИМЯ=НПФ_АВ) (КН=1.3)		
ОБРЫВ (ВЕТЬ=900-922) (МЕСТО=0) (ВИД=АВ)		
ОБРЫВ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0) (ВИД=АВ)		
▼ ОБЕСП ЧУВС (КЧ=1.3)		
ПОВРЕЖДЕНИЕ (ВЕТЬ=922-900) (ВИД=А0;АВ0) (МЕСТО=0)		
▶ подрежим "[ПОВРЕЖДЕНИЕ НА ВЕТВИ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0) (ВИД=А0;АВ0)]"		
▶ подрежим "[ПОВРЕЖДЕНИЕ НА ВЕТВИ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0) (ВИД=А0;АВ0)]"		
▶ СОГЛАСОВАНИЕ (КН=1.1) (ДТ=0.5)		
ЗАЩ Б (ЗАЩ=5,1) (ПАН=ТЗНП) (СТУП=1)		
ВЕР (ВИД=А0;АВ0) (УН=922) (ЭЛЕМЕНТЫ=5)		

Параметры защиты

способ отображения: первичные величины

параметр	расчётный диапазон	значение
	4 666.685 - 8 132.072	6 399.379
	-	В ЭЛЕМЕНТ
	-	0
	-	0
	-	0
	-	☒
	-	☐
	0.5 -	0.5

Условия уставки УСТ

определяющее условие нижнего диапазона:
СОГЛАСОВАНИЕ (КН=1.1) (ДТ=0.5)
ЗАЩ Б (ЗАЩ=5,1) (ПАН=ТЗНП) (СТУП=1)
ВЕР (ВИД=А0;АВ0) (УН=922) (ЭЛЕМЕНТЫ=5)
Описание режима:
подрежим "прим_присоед_вар_11":
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТ=3) (ЗАЗЕМЛИТЬ=ДА)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТ=1) (ЗАЗЕМЛИТЬ=ДА)

определяющее условие верхнего диапазона:
ОБЕСП ЧУВС (КЧ=1.3)
ПОВРЕЖДЕНИЕ (ВЕТЬ=922-900) (ВИД=А0;АВ0) (МЕСТО=0)
Описание режима:
подрежим "[ПОВРЕЖДЕНИЕ НА ВЕТВИ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0) (ВИД=А0)]":

Ок

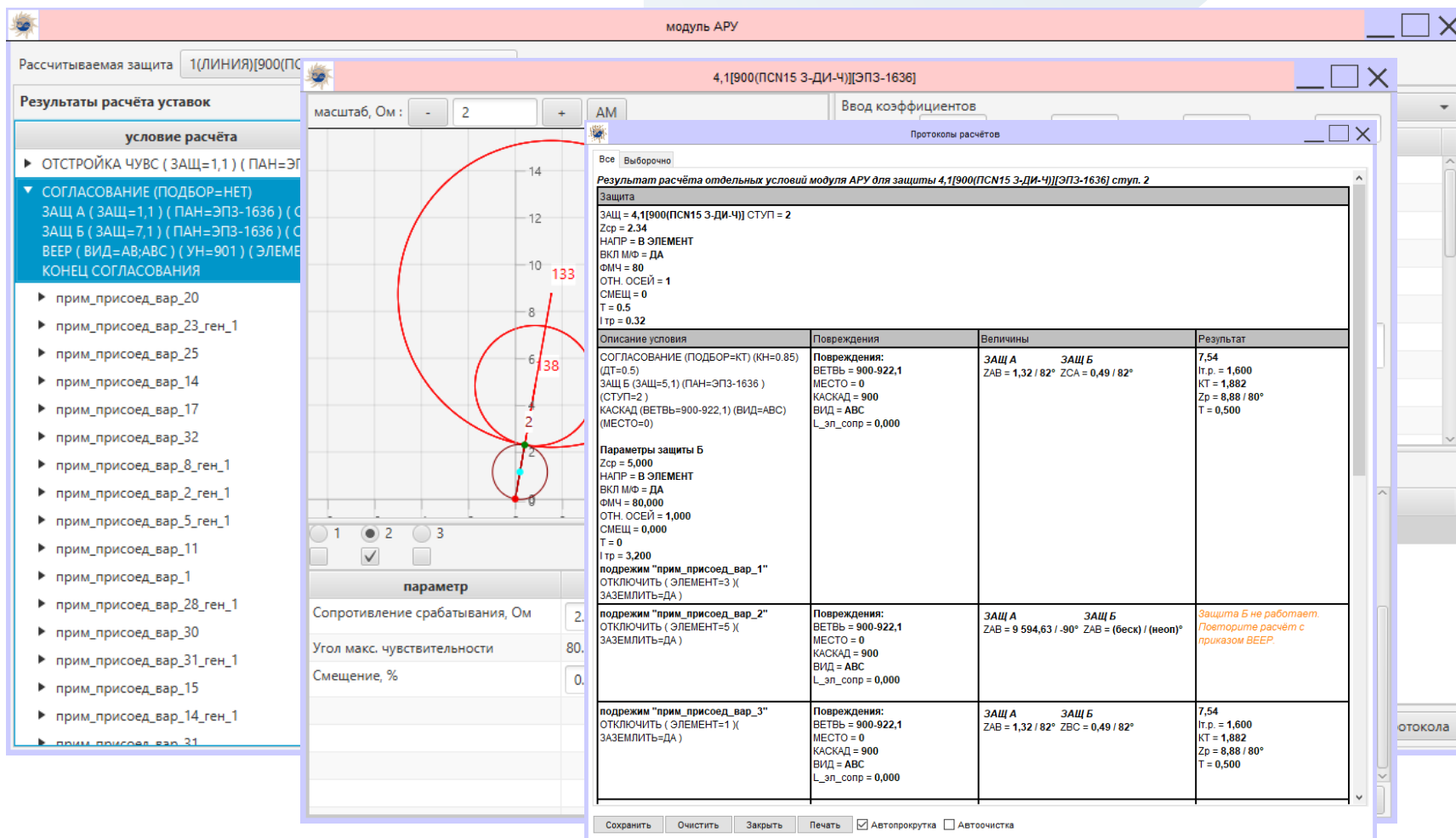
Результаты расчёта по определённым параметрам защиты

условие	результат	состояние
ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0)	Кч=1.652	☒
	Кч=1.652	☒
	Кч=1.652	☒
	Кч=1.804	☒

расчёт чувствительности сохранить уставки в фонд сохранить общий протокол



Результат расчёта





Модуль автоматизированного расчёта уставок ступенчатых защит (АРУ)

Вывод протокола

- В модуле имеется возможность вывода протокола как по каждому из расчётных условий, так и вывод общего протокола с помощью нажатия соответствующей кнопки.
- При выводе протокола можно настроить тип сортировки подрежимов:
 - как в файле задания на расчёт
 - как в окне отображения результатов

Выбор типа операции

Выберите тип сортировки подрежимов

- При выводе протокола можно выбрать тип формирования протокола
 - протокол текущей ступени защиты
 - протокол всех рассчитанных ступеней

Выбор типа операции

Выберите тип формирования протокола

ару [Режим ограниченной функциональности] - Word

Расчёт модуля АРУ для защиты 4,1[900(ПСН15 3-ДИ-Ч)]/[ЭПЗ-1636] ступ. 2. Результат расчёта фиксированных параметров.

Защита		
Описание условия	Величины	Результат
Угол МЧ определяется согласно углу суммарного сопротивления линии транзитной части	Z1=0,409 / 82°	ФМЧ=82,128

Защита			
Описание условия	Режим сети	Величины	Результат
Условия для расчёта уставки			
ОБЕСП. ЧУВСТ. (КЧ=1.25) ПОВРЕЖДЕНИЕ (ВЕТЬ=922-900) (ВИД=АВ;АВС) (МЕСТО=0) подрезим "[ПОВРЕЖДЕНИЕ НА ВЕТВИ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0%) (ВИД=АВ)] + прим. присоед. вар. 1" ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТ=3)(ЗАЗЕМЛИТЬ=ДА)	ВЕТЬ=922-900 МЕСТО=0 ВИД=АВ L_3л_соед.=0,000	ZAB=0,41 / 82°	Zmin=1,375 I_r.p.=0,000
подрезим "[ПОВРЕЖДЕНИЕ НА ВЕТВИ (ВЕТЬ=922-900) (МЕСТО=0%) (ВИД=АВ)] + прим. присоед. вар. 2" ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТ=5)(ЗАЗЕМЛИТЬ=ДА)	ВЕТЬ=922-900 МЕСТО=0 ВИД=АВ L_3л_соед.=0,000	ZAB=0,41 / 82°	Zmin=1,375 I_r.p.=0,000
подрезим "[ПОВРЕЖДЕНИЕ НА ВЕТВИ	ВЕТЬ=922-900	ZAB=0,41 / 82°	Zmin=1,375

Страница 1 из 5 Число слов: 1006 русский



Анализ срабатывания устройств РЗА

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:

- 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



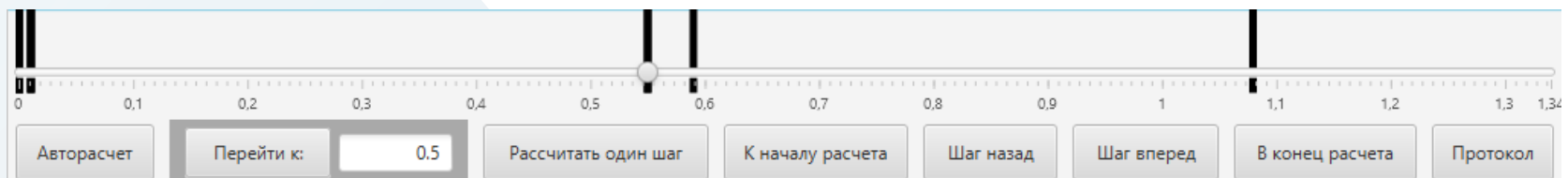
Состояния ступеней защиты

- **не чувс.** - расчётный коэффициент чувствительности оказался меньше требуемого. Программа делает вывод о том, что данная ступень защиты не чувствует повреждение с требуемым коэффициентом чувствительности;
- **отсчёт вв.** - расчётный коэффициент чувствительности больше или равен требуемому. Защита начинает отсчёт выдержки времени. В каждый следующий момент времени проверяется удержание защиты в модифицированной сети.
- **отказ** - отказ защиты. Отказ задаётся пользователем путём вызова соответствующей функции из контекстного меню строки таблицы.
- **откл.** - защита сработала и отключила ветвь со стороны установки защиты. Защита принимает данное состояние в случае, если расчётный коэффициент чувствительности оказался больше требуемого, а выдержка времени либо равна 0, либо стала меньше времени с момента когда защита почувствовала повреждение.
- **сброшена вв.** – сброшен отсчёт выдержки времени в результате срабатывания другой защиты.
- **откл. ненормат.** – защита сработала, но коэффициент чувствительности меньше нормативного.



Управление расчётом

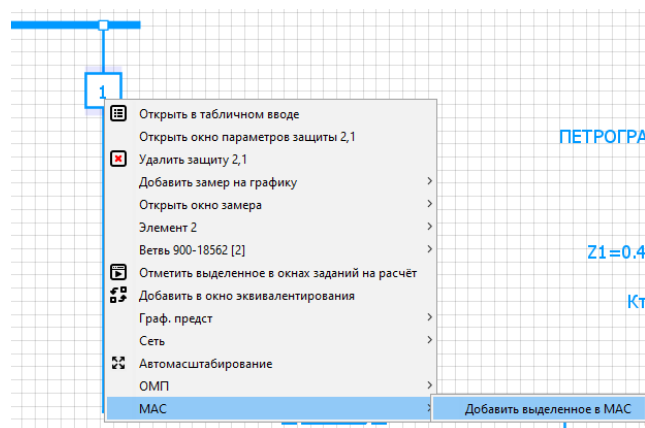
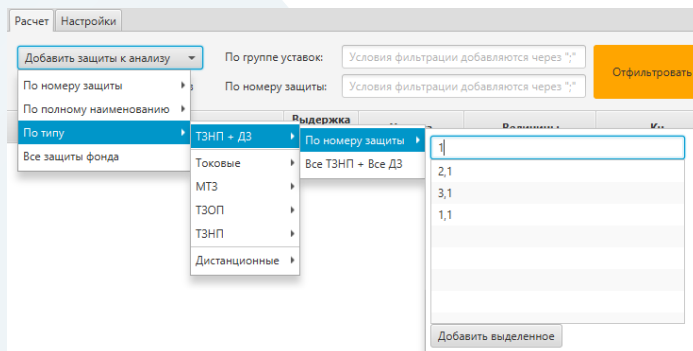
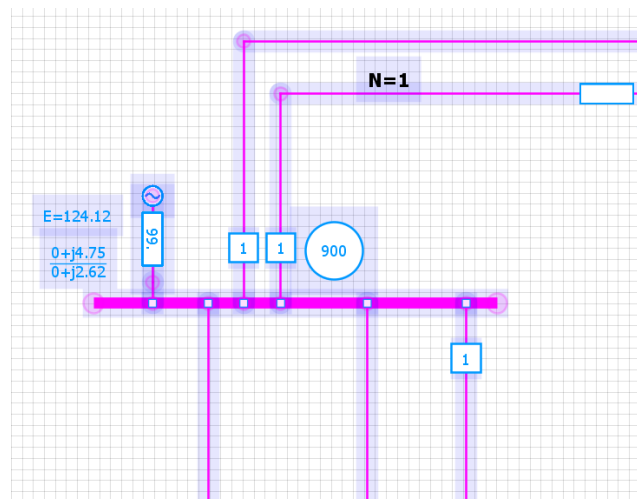
- **Авторасчёт** – автоматический расчёт всех итераций до момента срабатывания или не чувствительности защит.
- **Перейти к** – переход на произвольный момент времени.
- **Рассчитать один шаг** – расчёт следующего шага.
- **К началу расчёта** – переход к первой расчётной итерации.
- **Шаг назад** – перейти к предыдущему рассчитанному шагу. Предназначена для отображения состояния защит на предыдущем от текущего шаге.
- **Шаг вперед** – перейти к следующему рассчитанному шагу. Предназначена для отображения состояния защит на следующем от текущего шаге.
- **Авторасчёт** – автоматический расчёт всех итераций до момента срабатывания или не чувствительности защит.
- **В конец расчета** – переход к последней расчётной итерации.
- **Протокол** – переход к сформированному в результате расчёта протоколу.





Добавление защит к анализу

- Выделение в ГР фрагмента сети с интересующими защитами
- Контекстное меню защиты
- Добавление в окне модуля:
 - по номеру,
 - по наименованию,
 - по типу
 - все защиты фонда.
 - с использованием фильтров:
 - По группе уставок
 - По номеру защиты





Параметры определения чувствительности

▪ Дистанционная защита:

1. чувствительность по уставке
2. чувствительность по току точной работы (при задании в фонде РЗ параметров ТТ и ТН защиты)
3. чувствительность блокировки от качаний по $di1$ (чувствительный и грубый орган) и по $di2$ (чувствительный и грубый орган) (при задании в фонде РЗ параметров ТТ и ТН защиты, а также соответствующих уставок)

▪ Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП):

1. чувствительность по уставке
2. чувствительность реле мощности (при задании в фонде РЗ параметров ТТ и ТН защиты, а также соответствующих уставок)

▪ Токовая защита обратной последовательности (ТЗОП):

- чувствительность по уставке
- чувствительность реле мощности (при задании в фонде РЗ параметров ТТ и ТН защиты, а также соответствующих уставок)
- чувствительность реле напряжения (при задании в фонде РЗ соответствующих уставок)

▪ Максимальная токовая защита (МТЗ):

- чувствительность по уставке
- чувствительность реле мощности (при задании в фонде РЗ параметров ТТ и ТН защиты, а также соответствующих уставок)
- чувствительность реле напряжения (при задании в фонде РЗ соответствующих уставок)



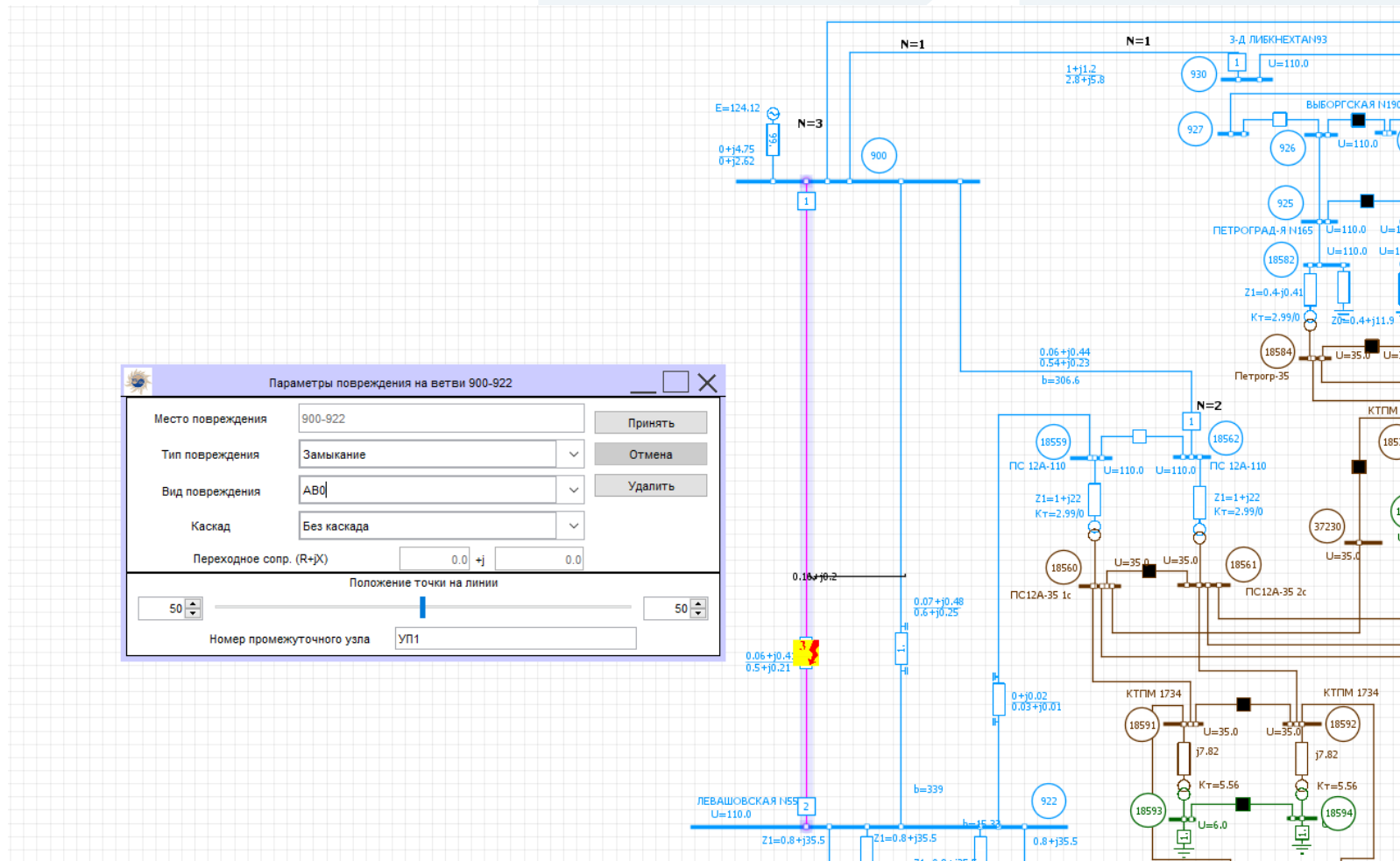
Пользовательское конфигурирование

- Пользователь самостоятельно конфигурирует набор дополнительных условий, по которым необходимо проверить чувствительность. Например, при расчёте чувствительности МТЗ или ТЗОП и задании уставок реле мощности и реле напряжения, в модуле произойдет расчёт 3-х коэффициентов чувствительности : **чувствительность по уставке, чувствительность реле мощности, чувствительность реле напряжения**. Среди расчётных коэффициентов чувствительности программа определяет обеспечение чувствительности по каждому из условий в соответствии с нормативными коэффициентами чувствительности и выбирает **минимальное** значение в качестве расчётного.
- Изменение нормативных коэффициентов чувствительности доступно на начальном шаге расчёта, срабатывание по общему минимальному Кч можно задать и отключить в настройках, также в настройках доступно изменение общего минимального Кч
- При расчёте итерации среди всех расчётных коэффициентов чувствительности программа определяет тот, по которому определено состояние защиты в данной итерации. После соответствующего коэффициента чувствительности в таблице отображается символ *.

Защита ▲	Степень ▲	Место действия	Выдержка времени	Уставка	Величины	Кч	Кч расчетный	Состояние
2,1 ТЗНП	1 (0 с.)	Ветвь: 900-18562 [2] Сторона узла: 900(ПСН15 3-Д...	0.0 (до сра...	УСТ=10000.0 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ РЕЛЕ=PM12 Угол МЧ=70.0 Ток. ср. ОНМ=1.0 Напр. ср. ОНМ=1.0	3I0 = 22607,51 -85,16° 3U0 = 55,21 -178,41°	Кч PM I : 1.2 Кч PM U : 1.2 Кч по уставке : 1.2 Кч PM : 1.2	Кч PM I : 108.24 Кч PM U : 83.242 Кч по уставке : 2.261 * Кч PM : 83.242	отсчёт вв.
2,1 ТЗНП	2 (0 с.)	Ветвь: 900-18562 [2] Сторона узла: 900(ПСН15 3-Д...	0.0	УСТ=30000.0 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ РЕЛЕ=PM12 Угол МЧ=80.0 Ток. ср. ОНМ=5.0 Напр. ср. ОНМ=5.0	3I0 = 22607,51 -85,16° 3U0 = 55,21 -178,41°	Кч PM I : 1.2 Кч PM U : 1.2 Кч по уставке : 1.2 Кч PM : 1.2	Кч PM I : 22.451 Кч PM U : 17.266 Кч по уставке : 0.754 * Кч PM : 17.266	не чувс.



Пример расчёта





Модуль анализа срабатывания устройств РЗА с относительной селективностью (МАС)

Задание отказа защит

Модуль проверки чувствительности и анализа срабатывания защит: 0.0 сек.

Исходное состояние

Расчет Настройки

Добавить защиты к анализу

По группе уставок: Условия фильтрации добавляются через ";"

Отфильтровать

Рассчитать начальный режим

Добавлять с учетом фильтров

По номеру защиты: Условия фильтрации добавляются через ";"

Очистить дерево событий

Защита	▲	Степень ▲	Место действия	Выдержка времени	Уставка	Величины	Кч	Кч расчетный	Состояние
			301-900 [3] Сторона узла: 901(ПСН1680Л...		НАПР=В ЭЛЕМЕНТ				не чувс.
3,1 ТЗНП		3 (0.85 с.)	Ветвь: 901-900 [3] Сторона узла: 901(ПСН1680Л...	0.85	УСТ=2560.0 НАПР=В элемент		Кч по уставке : 1.2	0	не чувс.
4,1 ТЗНП		1 (0.5 с.)	Ветвь: 900-922 [4] Сторона узла: 900(ПСН15 3-Д...	0.5	УСТ=12680.0 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ РЕЛЕ=ЭЛ/МЕХ Угол МЧ=70.0 Рср=5.0 Напр. нб=5.0		Кч по уставке : 1.2	0	отказ
4,1 ТЗНП		2 (1 с.)	Ветвь: 900-922 [4] Сторона узла: 900(ПСН15 3-Д...	1.0	УСТ=13846.0 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ РЕЛЕ=ЭЛ/МЕХ Угол МЧ=80.0 Рср=5.0 Напр. нб=5.0		Кч по уставке : 1.2	0	отказ
4,2 ТЗНП		1 (0.3 с.)	Ветвь: 922-900 [4] Сторона узла: 922(ЛЕВАШОВС...	0.3	УСТ=4180.0 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ		Кч по уставке : 1.2	0	не чувс.
4,2 ТЗНП		2 (1.5 с.)	Ветвь: 922-900 [4] Сторона узла: 922(ЛЕВАШОВС...	1.5	УСТ=8600.0 НАПР=В ЭЛЕМЕНТ		Кч по уставке : 1.2	0	не чувс.

0 0.1

Авторасчет

Перейти к: 0.0

Рассчитать один шаг

К началу расчета

Шаг назад

Шаг вперед

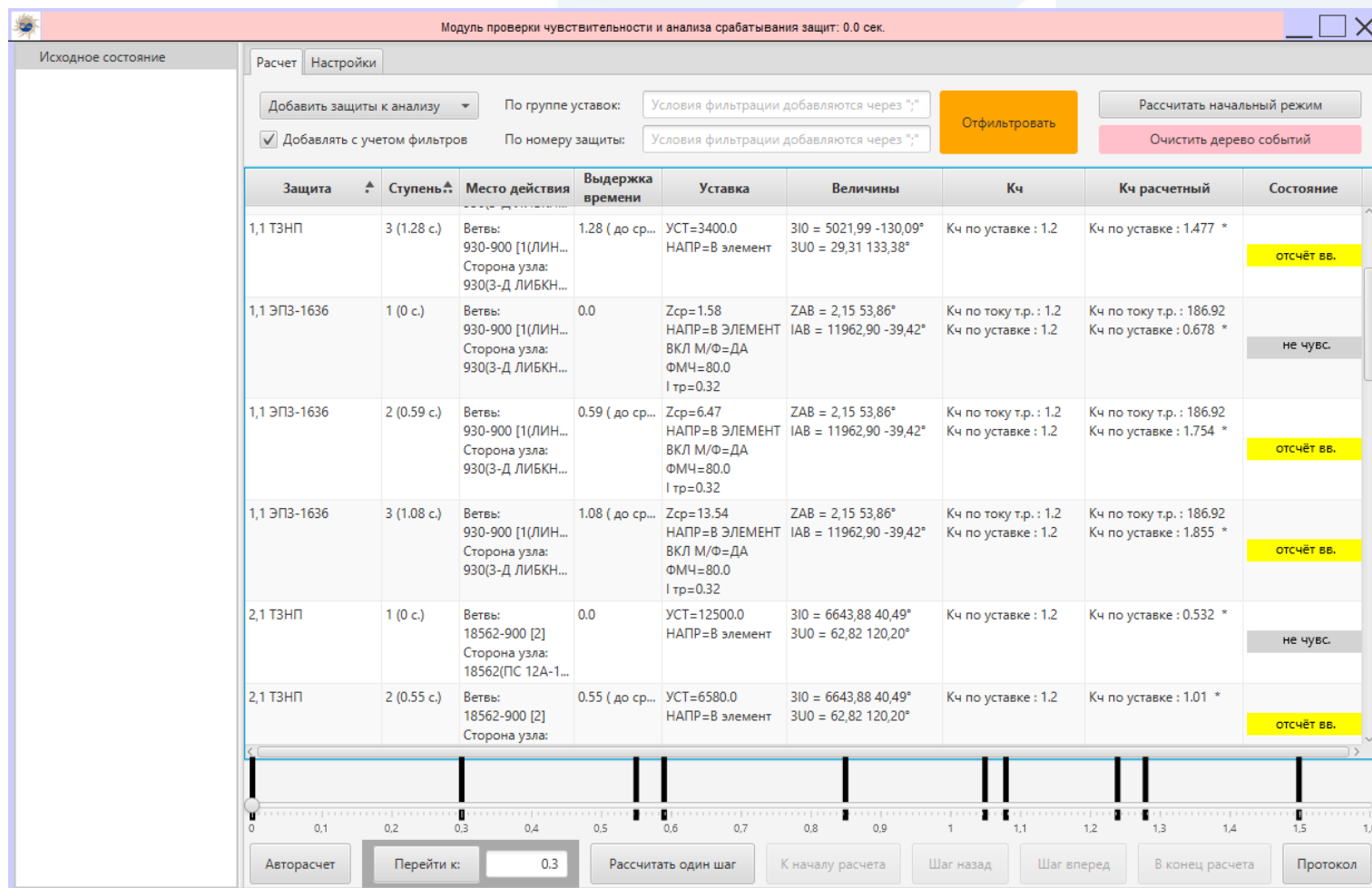
В конец расчета

Протокол



Модуль анализа срабатывания устройств РЗА с относительной селективностью (МАС)

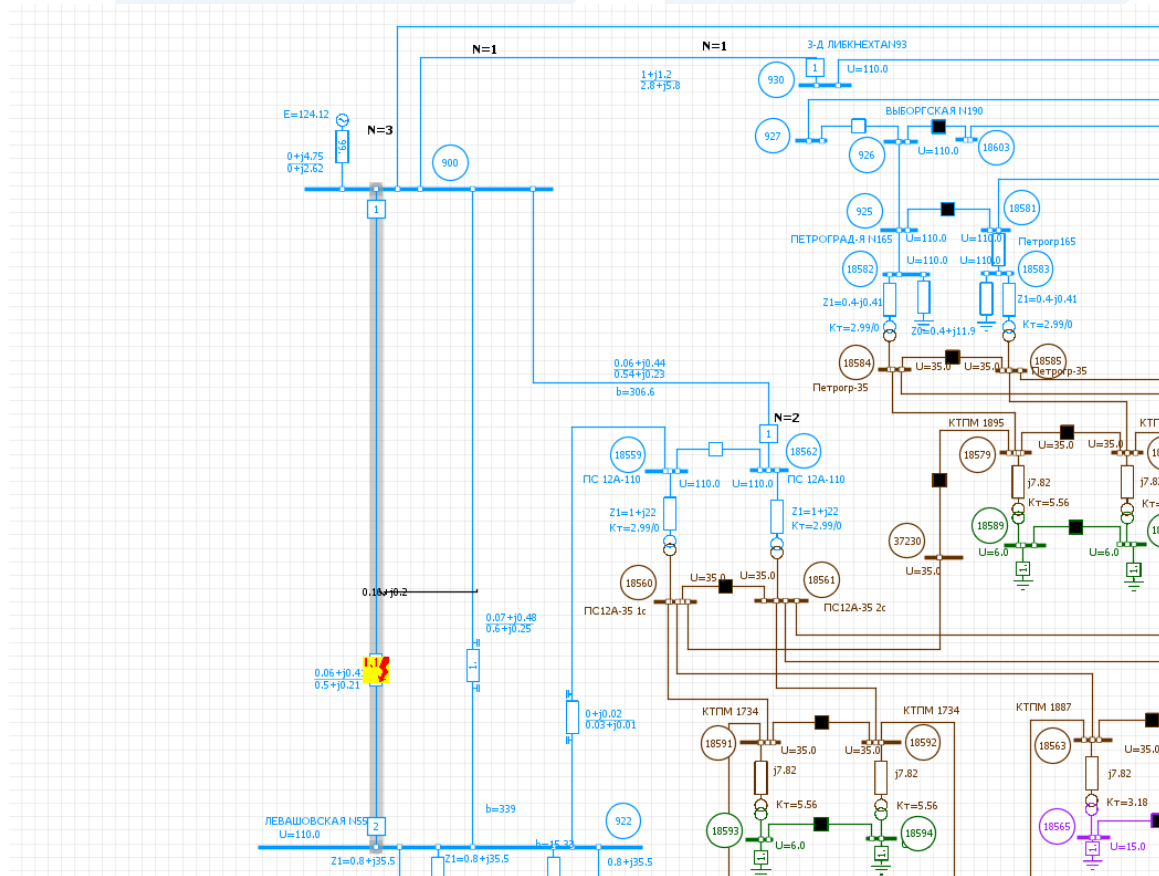
Начальный режим





Первый шаг расчёта ($t = 0,3$ с)

- Ветвь 900-922 [4] отключена со стороны узла 922 вследствие срабатывания 1 ступени 4,2 ТЗНП при $K_ч$ по уставке : 2.887
- сброс выдержки времени 2 ступени ТЗНП защиты 2,1 (ветвь 18652-900)
- сброс выдержки времени 2 ступени ТЗНП защиты 4,2 (ветвь 900-922)

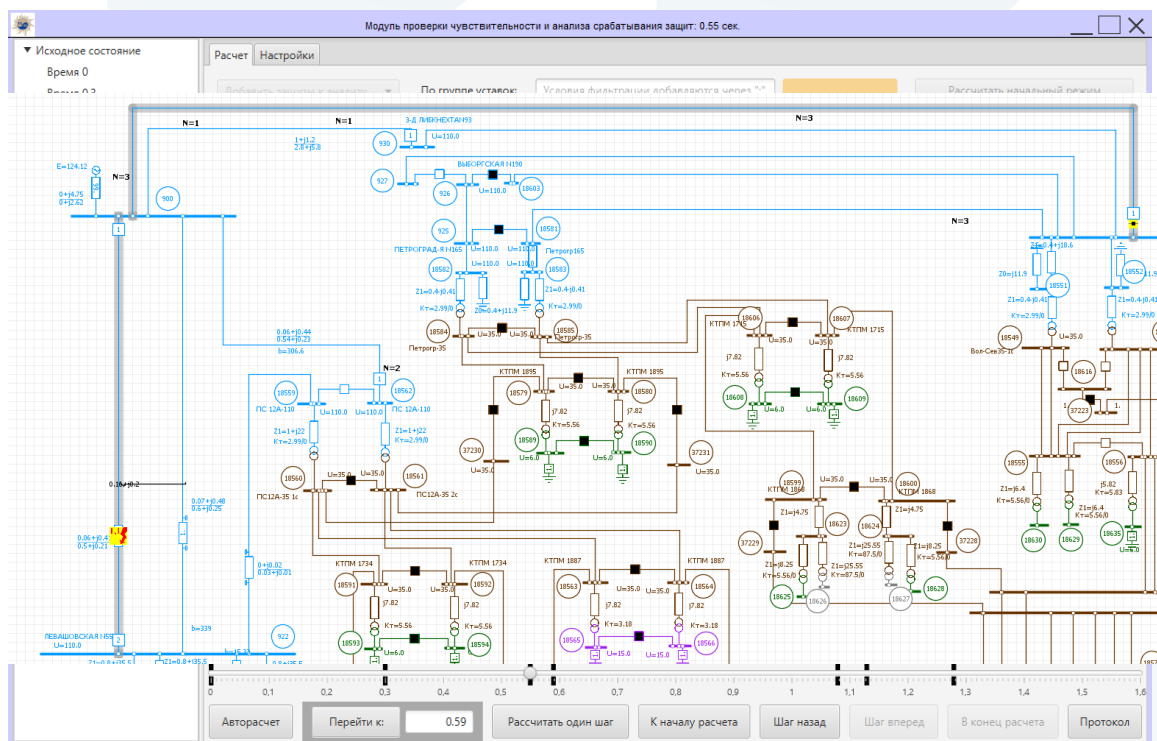




Модуль анализа срабатывания устройств РЗА с относительной селективностью (МАС)

Второй шаг расчёта ($t = 0,55$ с)

- Ветвь 900-901 [3] отключена со стороны узла 901 вследствие срабатывания 2 ступени 3,1 ДЗ-503 при коэффициенте чувствительности больше 1, но меньше нормативного
- сброс ВВ 3 ступеней ДЗ-503 и ТЗНП защиты 3,1 (ветвь 901-900), а также 3 ступени ТЗНП защиты 2,1 (900-18562)
- запуск выдержки времени 2 ступени ТЗНП защиты 1,1 (ветвь 930-900)

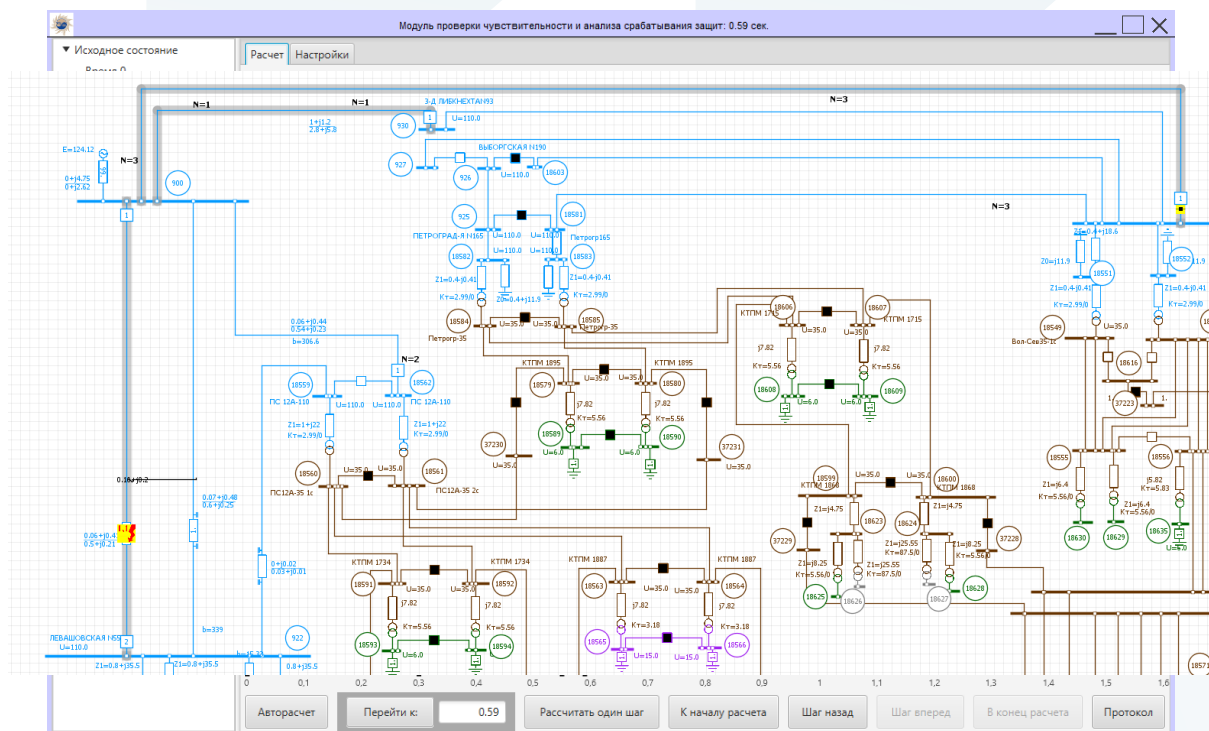




Модуль анализа срабатывания устройств РЗА с относительной селективностью (МАС)

Третий шаг расчёта ($t = 0,59$ с)

- Ветвь 900-930 [1 (ЛИНИЯ)] отключена со стороны узла 930 вследствие срабатывание 2 ступени ЭПЗ-1636 защиты 1,1 (ветвь 930-900) при K_4 по уставке : 1.986*
- сброс выдержки времени 3 ступени ЭПЗ-1636 защиты 1,1 (ветвь 930-900) и 2 и 3 ступеней ТЗНП защиты 1,1 (ветвь 930-900)

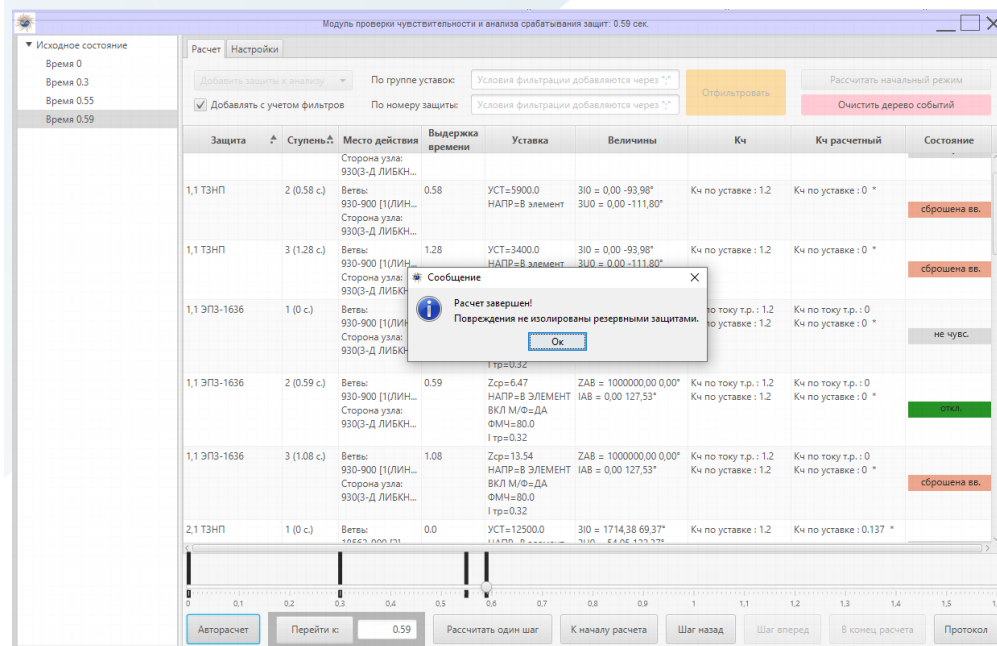




Завершение расчёта

В результате окончания расчёта все защиты, находящиеся в замере, должны иметь одно из четырёх состояний:

- не чувствует повреждение;
- защита сработала и отключила ветвь со стороны установки;
- защита сработала и отключила ветвь со стороны установки при коэффициенте чувствительности меньше нормативного;
- защита не сработала вследствие сброса выдержки времени.





Определение места повреждения

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.

Особенности:

- высокая скорость и точность расчёта;
- в качестве показаний фиксирующих приборов могут быть заданы любые виды замеров;
- элемент поиска может быть сложной конфигурации с различными вариантами ветвления. Анализируются все возможные пути расчёта.
- модуль самостоятельно определяет ошибочные данные замеров;
- число мест установки фиксирующих приборов не ограничено. Места установки приборов также могут быть заданы произвольно.



Возможности модуля

- просмотр всех видов КЗ;
- подбор переходного сопротивления;
- определение ошибочных замеров;
- определение вероятности места повреждения;
- возможность расчёта по фазным замерам;
- возможность расчёта в нескольких подрежимах;
- вывод наиболее вероятного и всех потенциально возможных мест повреждения;
- решение обратной задачи.

Протоколы расчётов

Все Выборочно

ПВК АРУ РЗА - версия 31.08.2021 - сеть ТЕСТ_ОМП
Дата: 14 сентября 2021 г. Время: 12:40 UTC : +7
Расчёт ОМП
Дата аварии : 29 декабря 2020 г. 15:23:21
Исходные данные:

Объект сети	Значение замера
900(ПСН15 3-ДИ-Ч)-18562(ПС 12А-110)	I2 = 8.521
922(ЛЕВАШОВСКАЯ N55)-18559(ПС 12А-110)	I2 = 5.206
900(ПСН15 3-ДИ-Ч)	U2 = 32.64
922(ЛЕВАШОВСКАЯ N55)	U2 = 34.76

Режим - исходный режим
Изменения

Команда
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТ=6;) (ЗАЗЕМЛИТЬ=ДА)
ОТКЛЮЧИТЬ (ЭЛЕМЕНТ=352;) (ЗАЗЕМЛИТЬ=ДА)
ИЗМЕНИТЬВЫКЛЮЧАТЕЛЬ (НОМЕР=18560-18561) НА (СОСТ=вкл)

Количество определенных мест повреждения - 1. Виды этих повреждений:

Путь поиска: Ветви поиска : 900-18562; 18562-18559; 18559-922
Тип повреждения: Зам. КЗ2 900-18562[74.917%] (89.9 км. от узла 900)
Место повреждения: 89.9 км. от узла 900(ПСН15 3-ДИ-Ч)
Обход линии: с 81.9 по 97.9 км. на участке 900(ПСН15 3-ДИ-Ч) - 922(ЛЕВАШОВСКАЯ N55)
Замеры с допустимой погрешностью:

замер	значение в режиме	разница, %
900(ПСН15 3-ДИ-Ч)-18562(ПС 12А-110) I2 = 8.521	8.527	0.068
922(ЛЕВАШОВСКАЯ N55)-18559(ПС 12А-110) I2 = 5.206	5.201	0.104
900(ПСН15 3-ДИ-Ч) U2 = 32.64	32.639	0.004
922(ЛЕВАШОВСКАЯ N55) U2 = 34.76	34.759	0.004

Сохранить Очистить Закрыть Печать ☐ Автопрокрутка ☐ Автоочистка

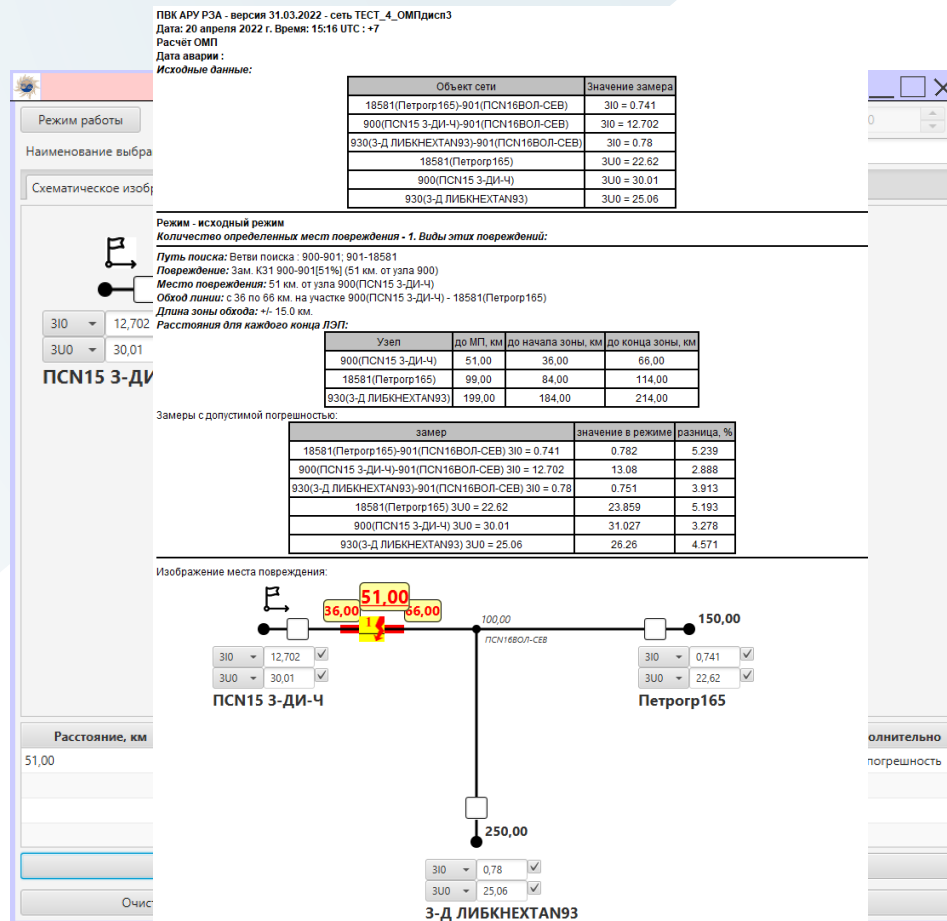


Модуль ОМП для диспетчерского персонала

- приспособлен под нужды диспетчерского персонала
- добавлена визуализация полученных результатов расчётов

Работа с модулем сводится к следующему алгоритму:

1. пользователь выбирает ЛЭП для расчета ОМП;
2. отмечает подстанцию/электростанцию, от которой будет начинаться отсчет расстояния до места повреждения;
3. настраивает режим работы сети и вводит показания ФИП;
4. получает информацию о расчётном МП и протокол расчета.





Определение минимального состава генерирующего оборудования

При выводе в ремонт генерирующих блоков в системе изменяется уровни токов короткого замыкания. 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.

Особенности:

- расчётные условия, сформированные модулем, 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



Основные особенности модуля МСГО

Возможности

- формирование множества вариаций одновременных отключений генерирующих блоков и дополнительных элементов сети;
- расчёт для каждой итерации чувствительности и селективности действия рассматриваемых защит;
- алгоритм полностью исключает повторения с целью расчета только уникальных вариаций;
- информативный и удобный протокол с выводом о допустимости или недопустимости того или иного режима работы сети;
- **учёт наличия основных защит;**

Последовательность расчёта

- задание исходных данных:
 - электрическая станция
 - блоки «генератор + трансформатор»;
 - дополнительно манипулируемые элементы;
 - группировка однотипных элементов;
 - анализируемые защиты;
 - начальный режим работы сети.
- расчет множества уникальных вариаций состава оборудования;
- анализ результатов расчета с целью определения допустимости каждого из составов;
- вывод протокола.



Исходные данные. Станция

Работа с модулем МСГО начинается с создания электрической станции

- В таблицу "Элементы" требуется добавлять все элементы групп генератор-трансформатор, они будут использоваться для перебора вариаций в модуле МСГО. Также требуется добавлять внутренние сетевые элементы станций (например, ветви, выключатели), которые не являются генерирующим оборудованием станции. Данные элементы не будут использоваться в переборе вариаций в модуле МСГО.
- В таблицу "Узлы" требуется добавлять все внутренние узлы станций, а также точки подключения станции к сети. Введённые узлы будут использоваться для поиска защит и для определения отходящих присоединений.
- Отходящими присоединениями автоматически будут считаться те подключённые к узлам станции объекты, которые не состоят в элементах, внесённых в состав станции.

При добавлении элементов и узлов автоматически будут загружены:

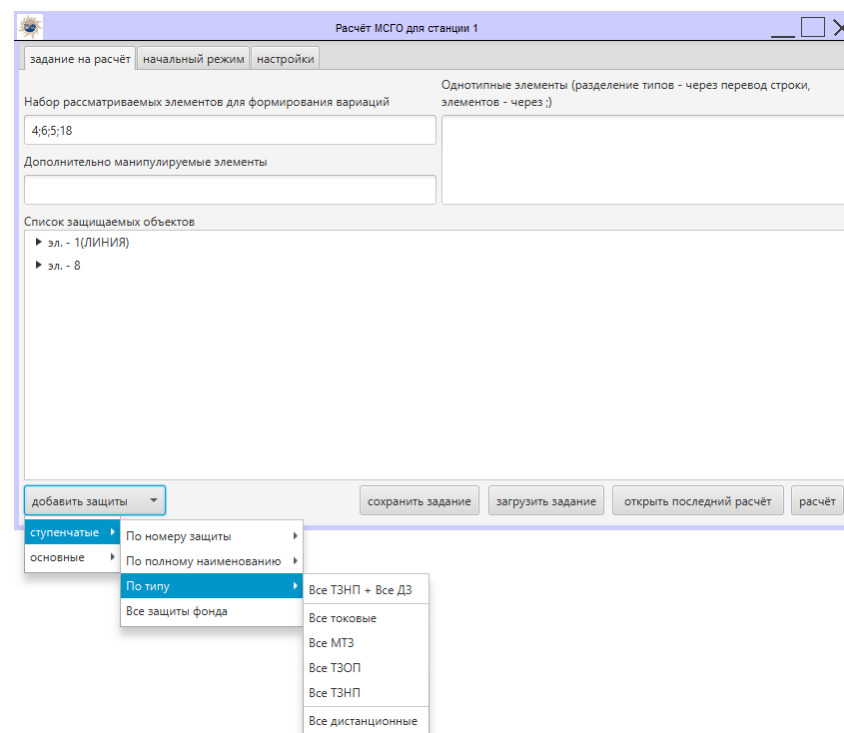
- Узлы;
- Элементы групп генератор-трансформатор станции;
- Сетевые элементы станции;
- Защиты станции;
- Элементы отходящих присоединений;
- Защиты отходящих присоединений.



Интерфейс модуля МСГО

Вкладка "**Задание на расчёт**" содержит следующие команды:

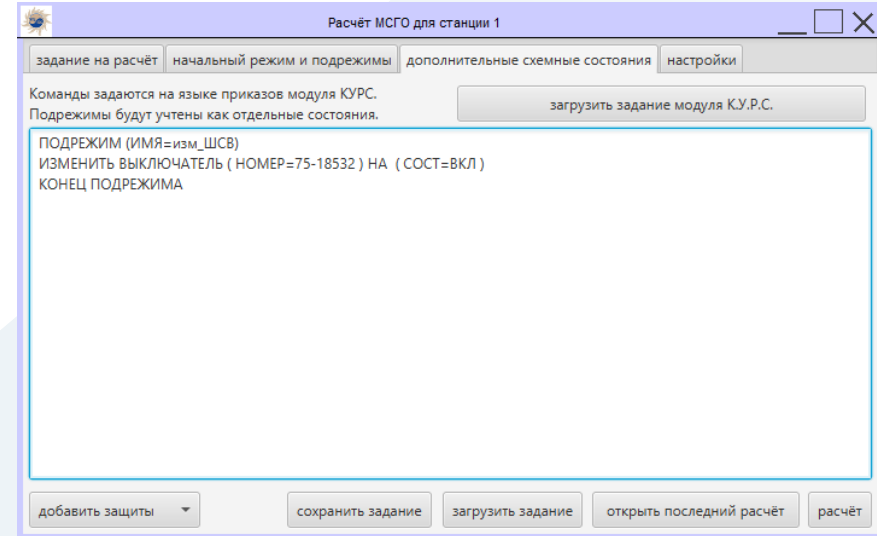
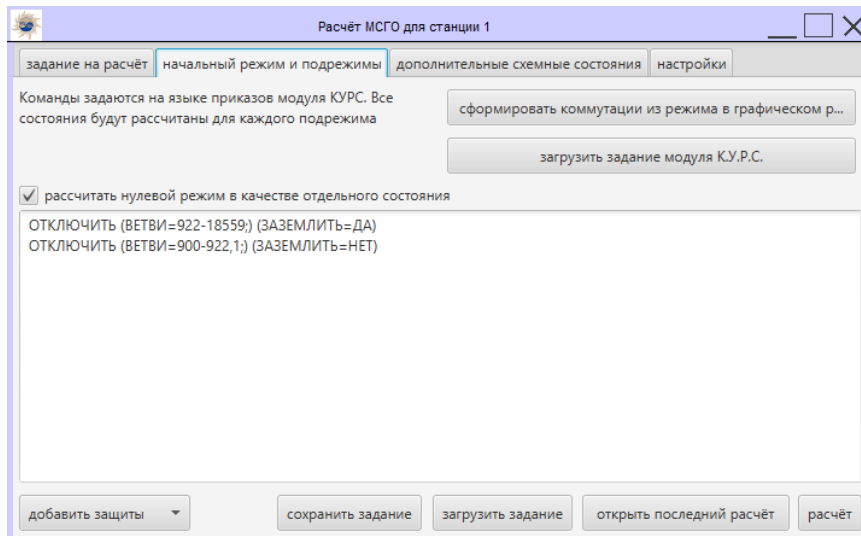
- Сохранить задание – сохранение задания в выбранное место на компьютере в файл;
- Загрузить задание – загрузка задания из файла;
- Открыть последний расчёт – открытие окна с результатами последнего проведённого расчёта. При закрытии окна модуля МСГО последний расчёт сбрасывается и в дальнейшем не будет доступен для открытия.
- Расчёт – расчёт по исходным данным.
- Добавить защиты – добавление защит к анализу:
 - – Ступенчатые;
 - * По номеру защиты;
 - * По полному наименованию;
 - * По типу:
 - ▪ Все ТЗНП + Все ДЗ;
 - ▪ Все токовые;
 - ▪ Все МТЗ;
 - ▪ Все ТЗОП;
 - ▪ Все ТЗНП;
 - ▪ Все дистанционные;
 - * Все защиты фонда.
 - – Основные





Интерфейс модуля МСГО

- Вкладка "**Начальный режим и подрежимы**" позволяет сформировать начальный режим сети, который будет учтён в расчётах модуля МСГО, с помощью задания коммутаций на языке модуля К.У.Р.С.. Все состояния, заданные на данной вкладке, будут рассчитаны для каждого подрежима.
- Также доступна функция импорта коммутаций, сделанных в ГР, с помощью кнопки "сформировать коммутации из режима в графическом редакторе".
- Загрузить сохранённое задание на языке К.У.Р.С. можно с помощью нажатия соответствующей кнопки.
- Вкладка "Дополнительные схемные состояния" позволяет сформировать с помощью задания коммутаций на языке модуля К.У.Р.С. дополнительные подрежимы, которые при расчёте МСГО будут учтены как отдельные состояния.





Интерфейс модуля МСГО

Вкладка "Настройки" позво

- Максимальное/минимал
- задать верхнюю и нижнюю

- ступенью без ВВ считается
- срабатывания для ступени
- данному значению будут

- ступень селективности – п

- использовать фильтрацию
- времени в модуле МСГО;

- не добавлять ступени с вр
- предварительной фильтро

- коэффициент отстройки
- для ступеней без выдержк
- возможность задать отде
- выше. Для токовых защит:
- выполненным. Для дистан
- условие считается выполн
- селективности;

- Нормативные коэффици
- критерием допустимости

- ДЗШ - К4 при КЗ на
- ДЗЛ/ДФЗ/НВЧЗ - К4
- ДЗ/МТЗ/ТЗОП/ТЗНП
- ДЗ/МТЗ/ТЗОП/ТЗНП
- ДЗ/МТЗ/ТЗОП/ТЗНП

Расчёт МСГО для станции 1

задание на расчёт начальный режим и подрежимы дополнительные схемные состояния **настройки**

наименование параметра	значение
макс. число одновременно отключаемых элементов	2
мин. число одновременно отключаемых элементов	1
макс. число одновременно отключаемых дополнительных элементов	2
мин. число одновременно отключаемых дополнительных элементов	0
ступенью без ВВ считается с временем сраб. меньше либо равным, с	0.2
Ступень селективности, с	0.5
Использовать фильтрацию по времени	☐
не добавлять ступени с временем сраб. больше, с	1.5
ТЗНП - коэффициент отстройки для ступени без ВВ	3
ТЗНП - коэффициент отстройки для ступени без ВВ 500 кВ и выше	3
ТЗНП - К4 при КЗ в месте установки защиты	1.5
ТЗНП - К4 при КЗ в конце защ. объекта	1.2
ТЗНП - К4 при согласовании	1.0
ДЗ - коэффициент отстройки для ступени без ВВ	0.85
ДЗ - К4 при КЗ в конце защ. объекта	1.2
ДЗ - К4 при согласовании	1.0
ДЗ - К4 по току т.р. при КЗ в конце защ. объекта	1.2
ТЗОП - коэффициент отстройки для ступени без ВВ	1.3
ТЗОП - коэффициент отстройки для ступени без ВВ 500 кВ и выше	1.3
ТЗОП - К4 при КЗ в месте установки защиты	1.5
ТЗОП - К4 при КЗ в конце защ. объекта	1.2
ТЗОП - К4 при согласовании	1.0
МТЗ - коэффициент отстройки для ступени без ВВ	1.3
МТЗ - коэффициент отстройки для ступени без ВВ 500 кВ и выше	1.5
МТЗ - К4 при КЗ в месте установки защиты	1.5
МТЗ - К4 при КЗ в конце защ. объекта	1.2
МТЗ - К4 при согласовании	1.0
ДЗШ - К4 при КЗ на защищаемых шинах	2.0
ДЗЛ - К4 при КЗ на защищаемой линии	2.0
ДФЗ - К4 при КЗ на защищаемой линии	2.0
НВЧЗ - К4 при КЗ на защищаемой линии	2.0
Основные защиты - органы по мощности	2.0
Основные защиты - органы по сопротивлению	1.5
Основные защиты - органы по напряжению	2.0
Основные защиты - органы по току	2.0

добавить защиты сохранить задание загрузить задание открыть последний расчёт расчёт

ных элементов – позволяет
ительных элементов;

задать максимальное время
ия меньше или равным

пений защит по выдержке

использоваться для

конце защищаемого объекта
НП, ТЗОП, МТЗ, а также имеется
я классов напряжения 500кВ и
настройках, условие считается
орый задан в настройках,
имальном нарушении

ление которых будет являться



Исходные данные. Дополнение и оптимизация

- Работа с модулем МСГО начинается с задания исходных данных, необходимых для расчета.
- Пользователь может добавить к контролируемым защитам другие защиты, требуемые для рассмотрения, вручную.
- Также пользователь может ввести дополнительно манипулируемые элементы путём перечисления через разделитель точка с запятой (";"), данные элементы будут участвовать в создании вариаций, поочерёдно отключаясь модулем для расчёта.
- Для оптимизации расчётов существует функция группировки однотипных элементов. По умолчанию автоматически группируются элементы с одинаковыми параметрами, например, однотипные блоки генератор-трансформатор. Также пользователь может вручную создавать списки однотипных элементов, используя для разделения элементов в одном списке знак точка с запятой (";"), а для разделения списков - перевод строки (клавиша Enter).
- Также для оптимизации перед проведением расчётов откроется дополнительное окно со списком вариаций, где можно из списка всех доступных автоматически сгенерированных модулем вариаций выбрать для расчёта только те, что интересуют пользователя

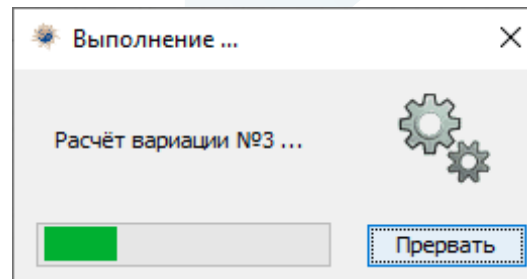
использовать	описание условия
☒	исходный режим
☒	исходный режим + доп.состояние - подрежим "изм_ШСВ"
☒	исходный режим + откл. эл. : 6
☒	исходный режим + откл. эл. : 5
☒	исходный режим + откл. эл. : 4
☒	исходный режим + откл. эл. : 18
☒	исходный режим + откл. эл. : 6; 5
☒	исходный режим + откл. эл. : 6; 4
☒	исходный режим + откл. эл. : 6; 18
☒	исходный режим + откл. эл. : 5; 4
☒	исходный режим + откл. эл. : 5; 18
☒	исходный режим + откл. эл. : 4; 18

сохранить и продолжить



Особенности расчёта

- После выбора интересующих пользователя вариаций будет произведён расчёт и анализ выполнения условий селективной и чувствительной работы каждой из защит при различных КЗ в зоне действия защит для различных выбранных составов оборудования. Условия проверки чувствительности и селективности формируются автоматически.
- Во время расчёта будет отображено окошко, в котором будет демонстрироваться выполнение расчёта и количество рассчитанных вариаций с возможностью прервать расчёт в любой момент.



- При прерывании расчёта пользователю будут представлены те вариации, расчёт которых был произведён до прерывания операции расчёта.



Интерфейс окна результатов расчёта

В окне результатов представлена таблица с пятью столбцами:

- № – порядковый номер вариации;
- Защита – номер и наименование рассматриваемой защиты, а также на разных уровнях дерева в данном столбце отображаются номер и наименование элемента, тип защиты и рассматриваемое условие;
- Режим – подробности режима, в котором проверялось выполнение условий;
- Результат – результат проверки условий. В зависимости от выполнения или не выполнения условий подсвечивается зелёным или красным цветом соответственно (для условно-допустимого состава - оранжевый цвет).
- Комментарии – добавление пользовательского либо автоматически сформированного комментария.

№	защита	режим	результат	комментарии
1		исходный режим	условно-допустимый состав	
2		исходный режим + доп.состояние + подрежим "и..."	условно-допустимый состав	
8	эл. - 8		защищён с нарушениями	8,1 ТЗНП ступ. 1 - нарушение селективности
ступенчатые защиты				
8,1[900(ПСН15 3-ДИ-Ч)] ТЗНП			нарушение селективности	
ступ. 1			нарушение селективности	
УСТ=5590.0; НАПР=В элемент; Т=0				
селективность			селективность не обеспечивается	
отстройка			селективность не обеспечивается	
		Зам. К31 900-901[100%]	Ко = 1.334	
		Зам. К311 900-901[100%]	Ко = 1.114 - нарушение	
		Зам. К311 900-930[100%] Каскад[900(ПСН15 3-ДИ-Ч)]	Ко = 5.167	
		Зам. К31 900-930[100%] Каскад[900(ПСН15 3-ДИ-Ч)]	Ко = 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 ТЗНП)
		конец зоны срабатывания : Зам. К311 900-901[97.006%]	селективность обеспечивается	время откл. со своей стороны 0.55 с (8,1 ТЗНП)
ступ. 2			условия соблюдаются	
УСТ=1150.0; НАПР=В элемент; Т=0.55				
8,2[901(ПСН16ВОЛ-СВВ)] ТЗНП			нарушение селективности	



Возможные результаты расчёта

Относительно допустимости состава:

▪ недопустимый состав:

- состав оборудования электростанции, при котором возникает возможность появления длительного КЗ на защищаемом элементе из-за снижения чувствительности всех устройств основных защит и ступеней резервной защиты, осуществляющих ближнее резервирование этого элемента, и при этом отсутствуют мероприятия, обеспечивающие исключение такой возможности;
- состав оборудования электростанции, имеющей в составе своей главной схемы СВ (ШСВ), при котором возникает возможность (при отсутствии ДЗШ и возникновении КЗ на этой секции (системе) шин) обесточения секций (систем) шин, примыкающих к СВ (ШСВ), из-за недостаточной чувствительности его защит;

- **допустимый состав** - состав оборудования электростанции, при котором обеспечиваются регламентированные ПУЭ чувствительность и селективность всех устройств РЗ, за исключением ступеней защит, предназначенных для обеспечения дальнего резервирования;

▪ условно-допустимый состав:

- состав оборудования электростанции, при котором обеспечивается чувствительность ко всем видам КЗ хотя бы одной из основных защит или ступеней резервных защит, предназначенных для обеспечения ближнего резервирования, установленных на защищаемом элементе, что исключает возможность появления длительного КЗ;
- состав оборудования электростанции, при котором не обеспечивается селективность ступеней резервных защит, предназначенных для обеспечения ближнего резервирования, что создает вероятность излишнего отключения неповрежденной ЛЭП или оборудования.



Возможные результаты расчёта

Относительно соблюдения группы условий для конкретной панели защит (чувствительность и селективность):

- объект не защищён;
- защищён с нарушениями;
- объект защищён;
- объект отключен;

Относительно соблюдения группы условий для конкретной защиты (чувствительность и селективность):

- условия не соблюдены - чувствительность или селективность не обеспечивается. При раскрытии уровней дерева можно узнать, какое именно из условий не соблюдается;
- условия соблюдены - чувствительность и селективность обеспечиваются для данной защиты либо ступени;



Реализованные мероприятия по вводу в допустимую область

В ПВК «АРУ РЗА» реализованы следующие мероприятия по вводу в допустимую область:

- учёт каскадного действия защит
- отключение только генератора в энергоблоке
- пользовательская корректировка режима
- пользовательский перевод в допустимые состояние

Особенности:

- В случае, если при расчёте будет обнаружена ТЗНП, для которой не соблюдаются условия чувствительности, и в рассматриваемый элемент входит нейтраль - автоматически в расчёте будет рассмотрен подрежим с отключением только генератора.
- При согласовании с защитами АТ в случае, если условия отстройки не выполняются, но в обеспечивается согласование, будет сделан вывод о соблюдении условий селективности, а также в поле «комментарий» будет добавлен соответствующий комментарий.



Результат расчёта

- Определяется состояние элементов расчёта:
 - **ступень** – соблюдение условий селективности и чувствительности
 - **защита** – соблюдение требований всех дочерних ступеней
 - **защищаемый объект** – соблюдение условия надёжной защиты объекта в данной вариации
 - **вариация** – соблюдение условий по всем защищаемым объектам
- Просмотр и сохранение подробных протоколов по каждому расчёту
- Сохранение полного протокола расчёта
- Автоматическое формирование приказа на языке К.У.Р.С. для граничных состояний
- Построение таблицы МСГО



Заключение

- Начиная с процесса выбора уставок и заканчивая полным анализом срабатывания устройств РЗА, у пользователя в распоряжении имеется уникальный многофункциональный программно-вычислительный комплекс ПВК «АРУ РЗА», который позволяет производить расчёт уставок по всем необходимым условиям и обработку получаемых результатов, имеющих удобный информативный вид представления для последующей работы с ними.
- Для корректного выбора уставок устройств релейной защиты рассматривается множество различных режимов работы системы, а также учитывается одновременно поведение не только анализируемой, но и других защит, которые могут оказать влияние на действие или бездействие рассматриваемой защиты
- Автоматизированные пакетные расчеты всех требуемых условий и выбор необходимых уставок на основании подробных результатов расчёта позволяют существенно снизить число рутинных однотипных операций, что способствует значительному сокращению время- и трудозатрат в совокупности со снижением влияния человеческого фактора на итоги проделанной работы.



Научно-технический центр
Единой энергетической системы

Благодарим за внимание!

www.arurza.ru

АО «НТЦ ЕЭС»

630007, г. Новосибирск, ул. Коммунистическая, 2

БЦ «Евразия», офис 708

Телефон: +7 (383) 328-12-54 ; факс: +7 (383) 328-12-51

E-mail: ntcees@nsk.so-ups.ru

info@arurza.ru

АО «НТЦ ЕЭС»

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

Телефон: +7 (812) 297-54-10; факс: +7 (812) 552-62-23

E-mail: ntc@ntcees.ru