

Методические указания по проверке функции терминала РЗА

1. Введение

Цель работы: отработка навыков проверки пуска и срабатывания функции терминала релейной защиты и автоматики (РЗА) на основе моделирования переходных процессов и анализа данных COMTRADE.

Область применения: лабораторные испытания, проверка проектных решений, обучение специалистов, пуско-наладочные работы.

Перечень используемого оборудования и программного обеспечения (ПО):

- Терминал Сириус-3ЛВ-05 (МЭК 61850 III тип архитектуры, SV/GOOSE/MMS);
- ПК с базовым набором периферийных устройств для выполнения работы с установленным ПО (Waves, Старт-3, Конфигуратор IED, WireShark, генератор потоков Sampled Values, браузер с доступом в интернет);
- Комплект проводов: USB Type A - Type B, медный Ethernet-кабель, провод питания терминала ~220В.

2. Подключение к терминалу и проверка параметров настройки устройства

Подключиться к терминалу следует с помощью конфигурационной утилиты «Старт-3», используя стандартный кабель USB Type A – Type B. После установления соединения необходимо перейти в раздел параметрирования устройства и определить активные уставки по току и времени. При необходимости рекомендуется провести анализ логики работы защиты, включая условия пуска, блокировки, а также взаимодействие со вспомогательными функциями (например, логическими элементами И/ИЛИ, задержками и межфункциональными связями). Все выявленные параметры, в том числе значения уставок, номера ступеней, задержки времени и особенности алгоритма работы, следует зафиксировать в протоколе проверки с указанием даты, версии конфигурации и наименования проверяемого терминала.

3. Моделирование электромагнитных переходных процессов и формирование COMTRADE-файлов

С использованием онлайн-сервиса «Лаборатория РЗА» необходимо смоделировать простую электрическую сеть с односторонним питанием, включающую в себя следующие элементы: источник питания(S1), выключатель(Q1), воздушную линию электропередачи(OL1) и нагрузку(L1). Данная схема послужит базовой моделью для проведения последующих испытаний и формирования переходных процессов, используемых при проверке функций терминала РЗА.

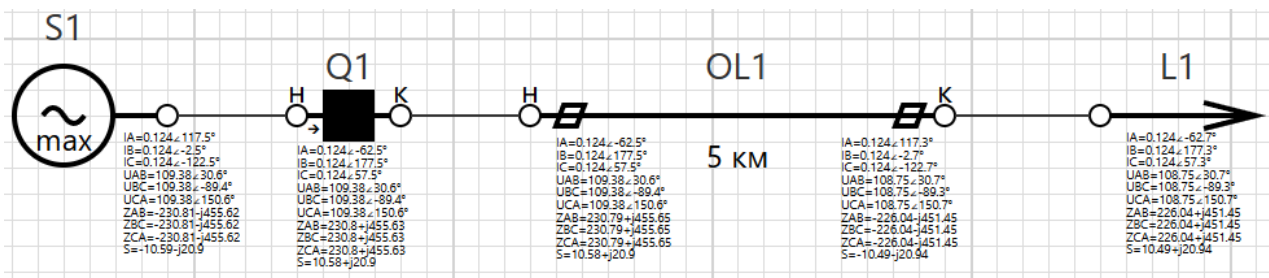


Рисунок 1 – Исследуемая сеть 110 кВ с односторонним питанием

Выполнить настройку параметров элементов схемы таким образом, чтобы они соответствовали условиям защищаемого участка сети. Для редактирования характеристик любого элемента необходимо дважды щёлкнуть ЛКМ по его значку на схеме, после чего откроется окно свойств. В параметрах силового выключателя следует дополнительно активировать функцию записи переходных процессов в формате COMTRADE, установив тумблер «Сохранять результаты расчёта в отчёт». Это обеспечит автоматическое сохранение данных моделирования, необходимых для последующего анализа работы защиты.

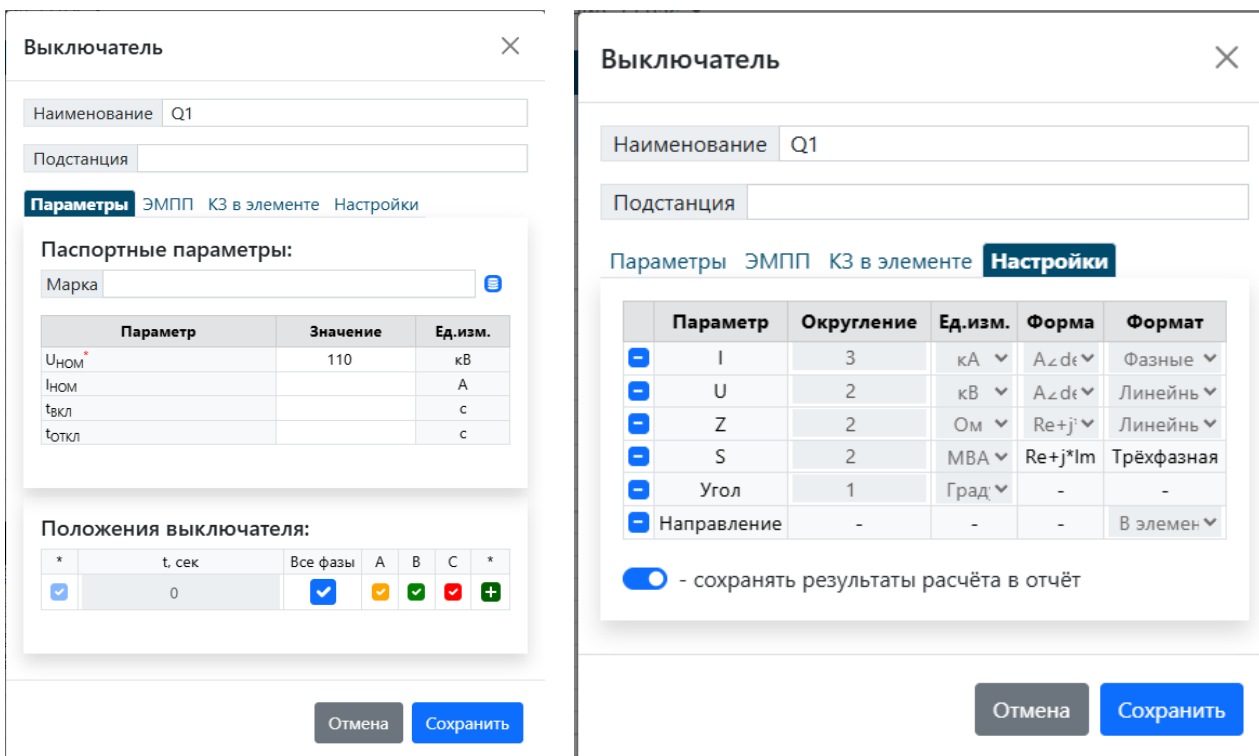


Рисунок 2 – Настройки элемента «Силовой выключатель»

В главном меню выбрать пункт «Проект → Настройки...» и в открывшемся окне перейти на вкладку «Модули». В списке доступных модулей необходимо активировать модуль

ЭМПП (электромагнитные переходные процессы), после чего выполнить выбор и настройку требуемых параметров моделирования. Следует задать достаточную продолжительность переходного процесса для корректной регистрации всех стадий короткого замыкания, а также указать формат и параметры выгрузки COMTRADE-файла, который будет использоваться для последующей проверки работы терминала РЗА.

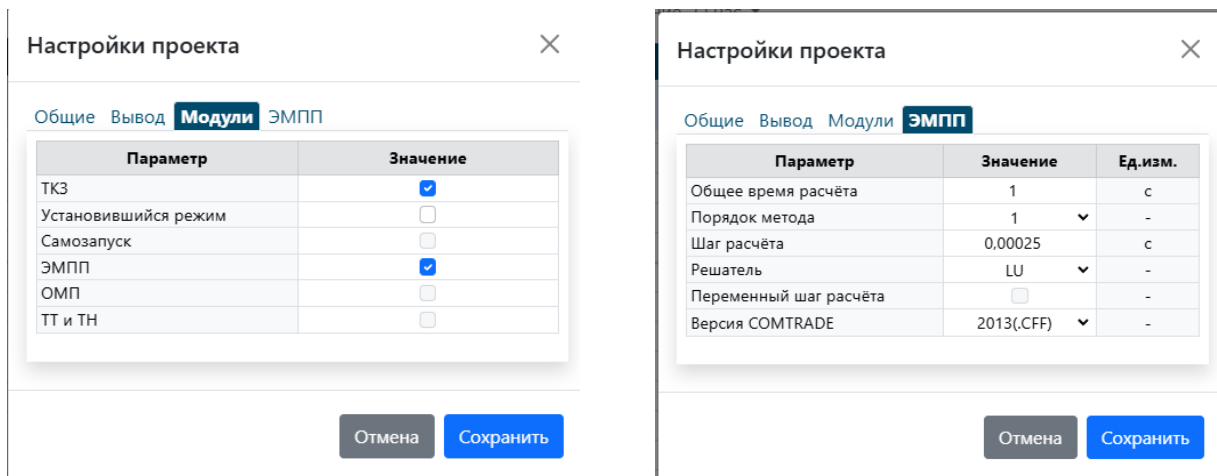


Рисунок 3 – Настройки проекта и модуля ЭМПП

Сохранить созданный проект необходимо через меню «Проект → Сохранить на сервер». После завершения операции следует дождаться уведомления о успешном сохранении. Все сохранённые проекты автоматически становятся доступными для последующей загрузки и просмотра через пункт меню «Проект → Проекты...».

В процессе проверки функции терминала РЗА необходимо обеспечить испытания в трёх характерных режимах работы, подтверждающих корректность его функционирования. Во-первых, следует проверить несрабатывание защиты в нормальных режимах работы и при отсутствии короткого замыкания, чтобы убедиться в отсутствии ложных срабатываний. Во-вторых, требуется подтвердить срабатывание терминала при возникновении внутренних коротких замыканий в зоне действия защиты, что демонстрирует её чувствительность и правильность уставок. В-третьих, необходимо убедиться в несрабатывании при внешних коротких замыканиях, когда токи превышают уставки, но место повреждения находится вне контролируемой зоны — это подтверждает селективность и корректность логики работы защиты.

Запуск расчёта выполняется через главное меню по пути «ЭМПП → Расчёт». После старта необходимо дождаться уведомления о завершении моделирования и автоматического формирования файла COMTRADE. Полученный файл следует открыть в программе Waves для проверки корректности записанных осциллограмм токов и напряжений, а также соответствия амплитуд и временных характеристик заданным параметрам модели. Каждый результат расчёта необходимо сохранить под уникальным именем в формате:

«Variant_V_Mode_M_Date_DD_MM_YY»,

где V — номер варианта задания, M — номер исследуемого режима, а DD_MM_YY — текущая дата (день, месяц, год).

Примеры успешно выполненных расчётов переходных процессов представлены на рисунках 4-5.

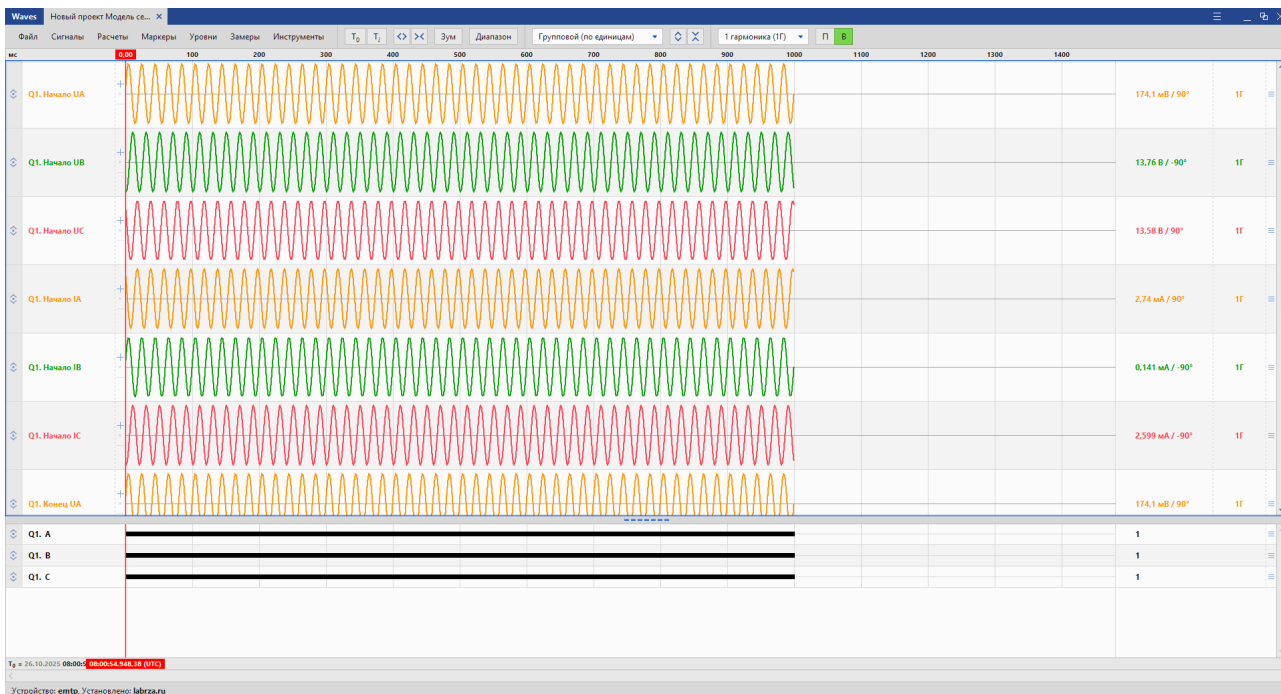


Рисунок 4 – Пример записи I и U с Q1, длительность 1 сек без КЗ

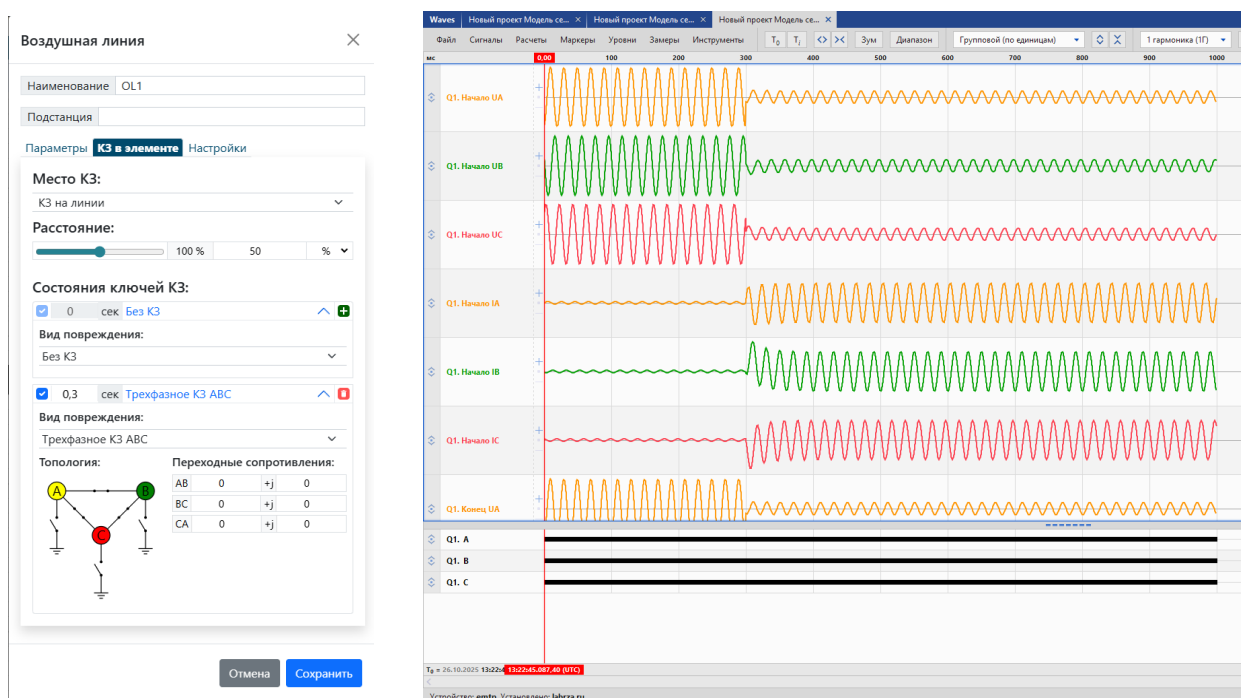


Рисунок 5 – Пример записи I и U с Q1, длительность 1 сек с КЗ в момент времени 0,3 сек.

4. Анализ конфигурации терминала. Работа с CID-файлом

Выполнить подключение к терминалу для работы с информационной моделью по схеме, показанной на рисунке 4.



Рисунок 6 – Схема подключения ПК к терминалу Сириус-3ЛВ-05

Для проверки наличия связи между терминалом и персональным компьютером следует в командной строке выполнить команду **ping**, указав **IP-адрес сетевого порта терминала**. Успешное выполнение команды, подтверждающее корректное сетевое соединение, показано на рисунке 5. Узнать IP адрес терминала можно через ПО Старт-3 или с лицевой панели устройства в разделе параметров сети.

```
Администратор: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
(C) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corp.), 2009. Все права защищены.

C:\Users\Миша>ping 192.168.0.122

Обмен пакетами с 192.168.0.122 по 32 байтами данных:
Ответ от 192.168.0.122: число байт=32 время=2мс TTL=64
Ответ от 192.168.0.122: число байт=32 время=1мс TTL=64
Ответ от 192.168.0.122: число байт=32 время=1мс TTL=64
Ответ от 192.168.0.122: число байт=32 время=1мс TTL=64

Статистика Ping для 192.168.0.122:
    Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0
    (0% потерь)
    Приблизительное время приема-передачи в мс:
    Минимальное = 1мсек, Максимальное = 2 мсек, Среднее = 1 мсек

C:\Users\Миша>
```

Рисунок 7 – Результат успешного выполнения команды **ping**

В случае неуспешного **ping** проверить целостность физического подключения и свойства адаптера Ethernet ПК в локальной сети через «Центр управления сетями и общим доступом» как показано на рисунке 8.

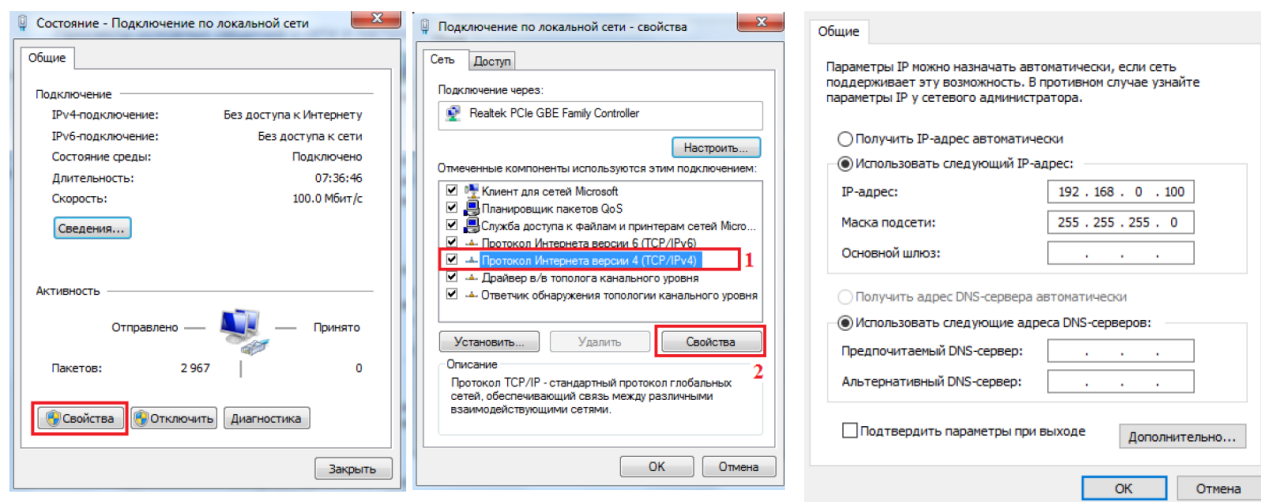


Рисунок 8 – Настройка IP – адреса компьютера

С помощью ПО Конфигуратор IED подключиться к терминалу, выполнить выгрузку CID-файла из конфигурации терминала и провести анализ его содержимого. Необходимо определить структуру подписки на потоки Sampled Values, включая идентификаторы потоков (APPID, MAC-адрес, VLAN), количество передаваемых каналов, частоту дискретизации, а также типы передаваемых сигналов (токи, напряжения и т.д.). Все полученные сведения следует зафиксировать в протоколе испытаний, указав параметры подписки и особенности конфигурации терминала.

5. Формирования SV-потоков из сформированных COMTRADE-файлов

5.1 Сообщить преподавателю/эксперту о своей готовности к работе с генератором SV потока. Он должен запустить и подготовить её к работе.

5.2 Загрузить ранее выгруженный CID-файл в утилиту для формирования потоков Sampled Values. После загрузки необходимо проверить корректность распознанных подписок, убедиться в соответствии сетевых параметров (адреса, идентификаторы потоков, частота передачи кадров) конфигурации терминала. Пример корректно выполненной настройки приведён на рисунке 9.

Network & SV Settings

Import CID

Выберите файл IED_12.cid **Import CID**

Streams: **+ Add** **Remove**

Current Stream (RTDSMU02)

Name: svID:

Dst MAC: Src MAC:

APPID: VLAN ID: VLAN Prio:

confRev: smpRate:

Рисунок 9 – Выбор и импорт CID файла устройства с описанием настроек

5.3 Загрузить COMTRADE-файл в утилиту и выполнить сопоставление каналов измерений, указав соответствие между фазными токами и напряжениями, используемыми при формировании потоков Sampled Values. Пример настройки и привязки каналов представлен на рисунках 10–11.

COMTRADE Files

Тип файлов:
 CFG + DAT CFF

CFF file:

Upload & Analyze

Source: Новый проект Модель сети - результаты ЭМПП (1).cff
Channels: 12
Samples: 4001

Рисунок 10 – Выбор и импорт COMTRADE файла

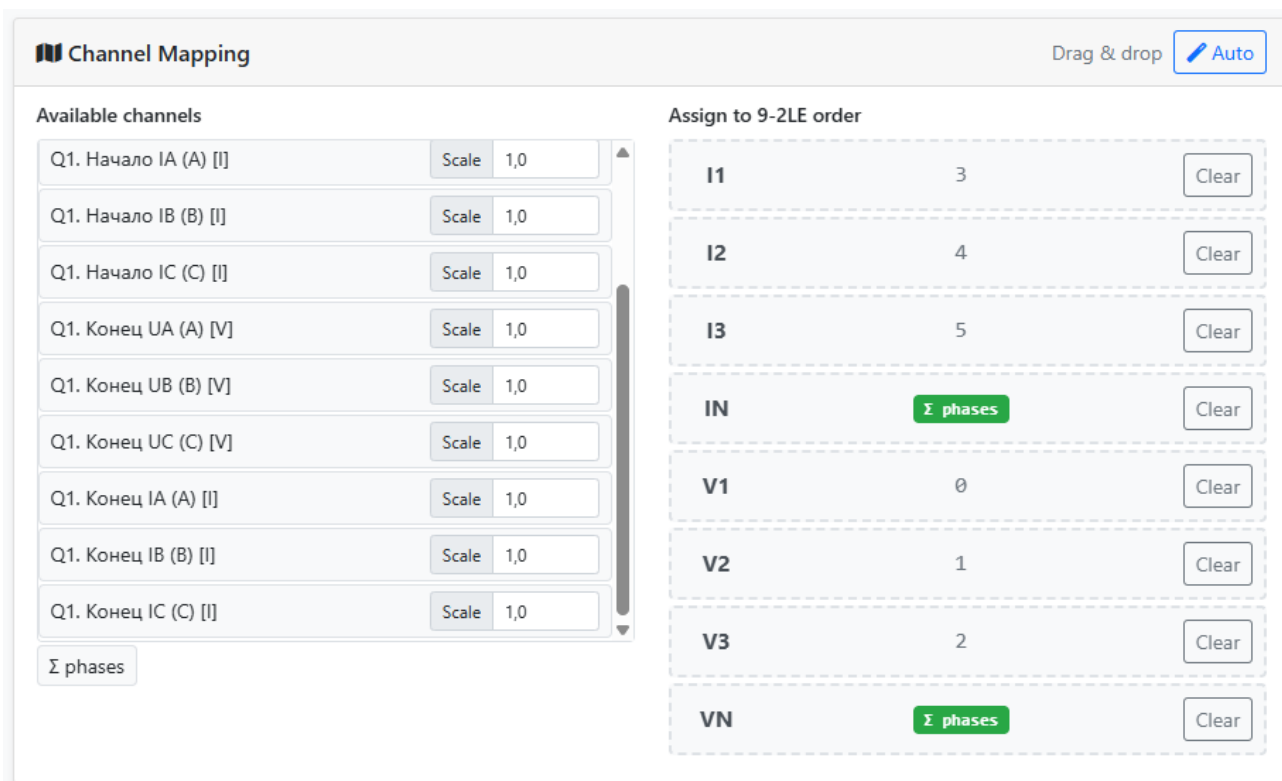


Рисунок 11 – Выбор и импорт COMTRADE файла

5.4 Запустить генерацию SV-потока и наблюдать реакцию терминала: срабатывание, индикацию, формирование записи события в журнале устройства см. Рисунок 12.

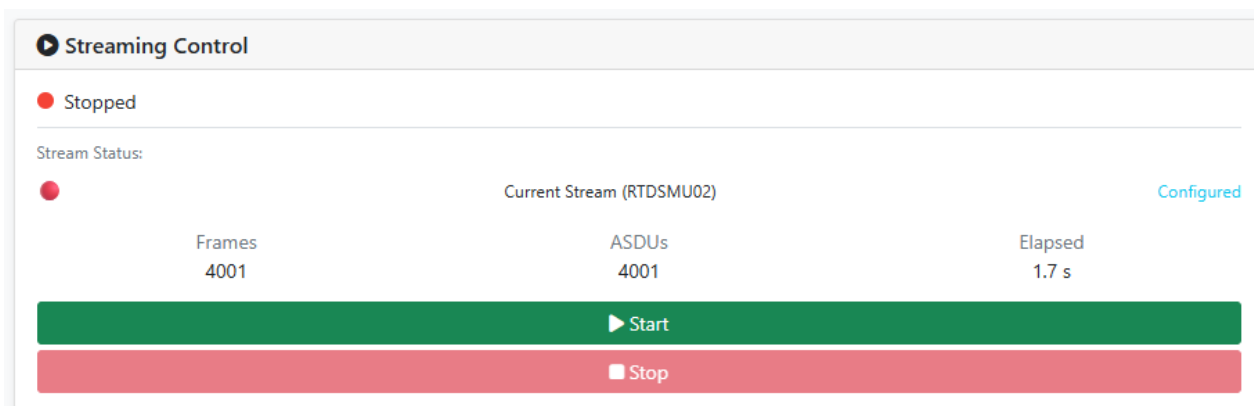


Рисунок 12 – Меню пуска и останова генерации SV потоков

Дополнительно проверить наличие пакетов SV через специализированное ПО WireShark.

- 5.6 Зафиксировать результаты и сделать выводы.
- 5.7 Повторить пункты 5.2-5.6 для остальных режимов сети.

6. Анализ результатов

Произвести анализ полученных результатов испытаний, оценить качественное соответствие работы терминала РЗА во всех проверяемых режимах. Проверить чтобы в протокол были отражены основные положения: уставки терминала, уровни установившихся токов, а также выводы для каждого режима работы защищаемой сети. Такой подход обеспечит полноту документации и позволит объективно оценить корректность функционирования защиты.

Список источников для самоподготовки

1. ПО Старт-3 <https://www.rza.ru/catalog/programmnoe-obespechenie/po-start-3.php>
2. ПО Конфигуратор IED <https://www.rza.ru/catalog/programmnoe-obespechenie/konfigurator-ied.php>
3. Групповое РЭ по МП терминалам Сириус <https://www.rza.ru/upload/iblock/4d1/b312f18j51nxk8fxp49pj20d86qwg299/grupповое-RE-Sirius-BPVA.650612.002.pdf>
4. Онлайн сервис Лаборатория РЗА <https://labrza.ru/tkzf/>
5. ПО Waves <https://dev.ekra.ru/software/package?packageId=2>