

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий
по дисциплине «Организация информационного обмена данных в
электроэнергетике»
для студентов направления
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Направленность (профиль): Электроэнергетические
системы и сети

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Занятие 1. Средства контроля передачи технологической информации по информационной сети цифровых подстанций Wireshark	4
Теоретическая часть	5
Задание	11
Вопросы к практическому занятию	13
Занятие 2. Выявление сетевых атак путем анализа трафика	14
Теоретическая часть	15
Задание	28
Вопросы к практическому занятию	29
Список рекомендуемой литературы	30
Занятие 3. Расчет количества оборудования ЛВС и ШСК для заданной схемы подстанции	31
Термины, определения, обозначения и сокращения	31
Теоретический материал	35
Методика расчета количества оборудования ЛВС и ШСК	53
Пример поэтапного выполнения задания по расчету количества оборудования ЛВС и ШСК для заданной схемы подстанции.	57
Задание	65
Список используемых ресурсов	82
Занятие 4 Расчет количества ШПДС и ШПАС для заданной схемы подстанции	83
Теоретический материал	83
Примеры поэтапного выполнения задания по расчету количества ШПДС и ШПАС для заданной схемы подстанции.	88
Задание	97
Список используемых ресурсов	110
Занятие 5. Генерация сообщений Sample Values (SV) и их проверка	111

Теоретический материал по теме работы	111
Методика генерации сообщения Sample Values (SV) и их проверки	119
Пример поэтапного выполнения моделирования IED устройства и сообщений SV средствами Volcano.	128
Задание	132
Список используемых ресурсов	134
Занятие 6. Генерация сообщений GOOSE и их проверка	136
Теоретический материал по теме работы	136
Методика генерации сообщения GOOSE	143
Пример поэтапного выполнения моделирования GOOSE сообщений средствами IEDScout	149
Задание	153
Список используемых ресурсов	154
Занятие 7. Генерация идентификатора отчета MMS	155
Теоретический материал по теме работы	155
Методика генерации сообщения MMS и их проверки	166
Задание	167
Список используемых ресурсов	171
Занятие 8. Моделированию IED устройства средствами IEDScout	174
Теоретический материал по теме лабораторной работы	174
Пример поэтапного выполнения моделирования IED устройства и сообщений GOOSE средствами IEDScout.	188
Задание	194
Список используемых ресурсов	195
Занятие 9. Выбор цифровых трансформаторов тока и напряжения	196
Теоретический материал по теме работы	196
Задание	202

Пример решения	205
Список использованных источников	214

Занятие 1. Средства контроля передачи технологической информации по информационной сети цифровых подстанций Wireshark

Цель работы: усвоить механизмы контроля среды передачи технологической информации цифровых подстанций.

Задачи: закрепить навыки работы с оборудованием цифровых подстанций, информационной сетью, понять методику наблюдения процесса передачи информации от технологического оборудования подстанции и интерпретации информации о присоединении, раскрыть значение основных маркеров процесса передачи информации, оценить маркеры достоверности и значения категорий передаваемых сообщений.

Теоретическая часть

1. Общие сведения

Значительно углубить понимание сетевых протоколов можно, если увидеть их в действии, пронаблюдав за последовательностью сообщений, которыми обмениваются два элемента протокола, если вникнуть в детали работы протокола, заставив его выполнять определенные действия и наблюдать за этими действиями и их результатами. Такое можно осуществить либо с помощью моделируемых сценариев, либо в реальной сетевой среде, такой, как Интернет. В лабораторных работах этого курса вы, используя программу Wireshark, будете запускать сетевые приложения с различными сценариями на вашем компьютере (или на компьютере, одолженном у друзей; сообщите нам, если у вас нет компьютера, где можно запустить Wireshark). Вы будете наблюдать, как сетевые протоколы вашего компьютера взаимодействуют и обмениваются сообщениями с объектами протокола, исполняющегося в другом месте сети Интернет. Таким образом, вы и ваш компьютер будете являться неотъемлемой частью этих «живых» лабораторных работ. Вы будете наблюдать и учиться на собственном опыте.

В этой первой лабораторной работе вы познакомитесь с программой Wireshark и выполните несколько простых действий по захвату пакетов и наблюдению за ними.

Основной инструмент для наблюдения за сообщениями, которыми обмениваются элементы исполняемого протокола, называется анализатор пакетов (или сниффер). Как следует из названия, он анализирует (перехватывает) сообщения, которые отправляются или получаются вашим компьютером; он также обычно сохраняет и/или отображает содержимое различных полей протокола этих перехваченных сообщений. Анализатор пакетов является пассивной программой. Он только следит за сообщениями, отправленными и полученными приложениями и протоколами, запущенными на вашем компьютере, но сам никогда не отправляет пакеты. Полученные пакеты тоже никогда явно не адресуются анализатору. Он просто получает копию этих пакетов.

На рисунке 1 показана структура анализатора пакетов. В правой части рисунка¹ находятся протоколы (в данном случае, Интернет-протоколы) и приложения (например, веб-браузер или FTP-клиент), которые обычно работают на вашем компьютере. Анализатор пакетов (в пунктирном прямоугольнике) является дополнением к обычному программному обеспечению вашего компьютера и состоит из двух частей.

Библиотека захвата пакетов получает копию каждого кадра канального уровня, который отправляется или получается компьютером. Известно, что сообщения, которыми обмениваются протоколы более высокого уровня, такие как HTTP, FTP, TCP, UDP, DNS или IP, в конечном счете, заключены в кадры канального уровня, которые передаются через физический носитель, такой, как кабель Ethernet. На рисунке 1 показано предположение, что физическим носителем является Ethernet, и поэтому все протоколы верхних уровней, в конечном счете, инкапсулируются в кадр Ethernet. Захват всех

кадров канального уровня, таким образом, дает все сообщения, отправленные/полученные всеми протоколами и приложениями, выполняющимися на вашем компьютере.

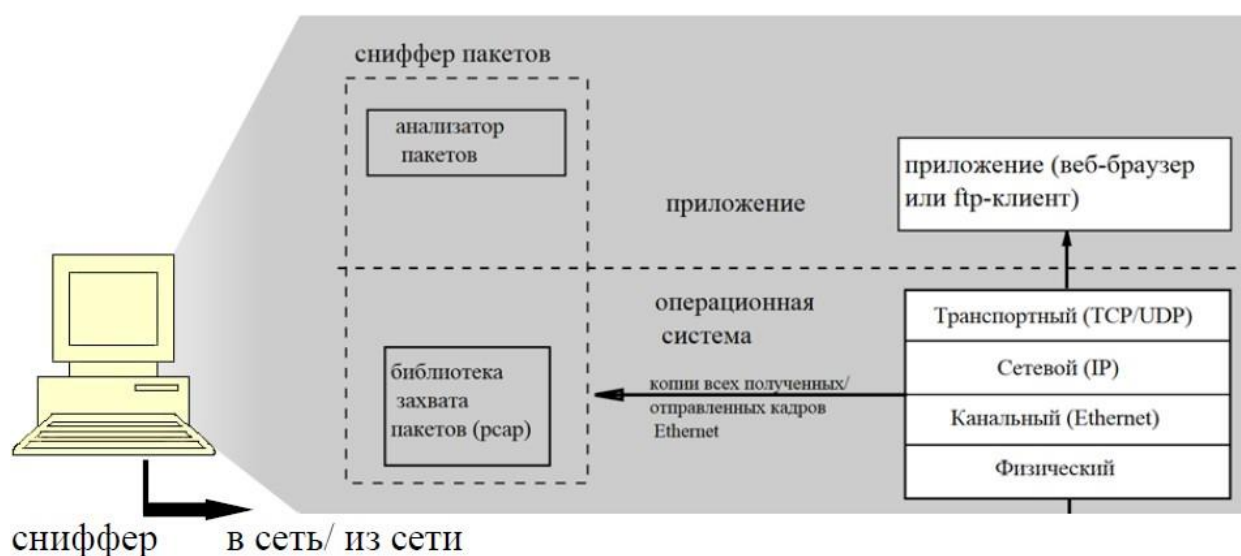


Рисунок 1 – Структура анализатора пакетов

Вторым компонентом является анализатор пакетов, который отображает содержимое всех полей в протокольном сообщении. Чтобы сделать это, анализатор пакетов должен «понимать» структуру всех сообщений, которыми обмениваются протоколы. Например, предположим, что мы хотим отобразить различные поля в сообщениях, которыми обменивается протокол HTTP на рисунке 1. Анализатор пакетов понимает формат Ethernet-кадров, и поэтому может идентифицировать IP-дейтаграммы внутри кадра Ethernet. Он также понимает формат IP-дейтаграммы, так что он может извлечь сегмент TCP из IP-дейтаграммы. И, наконец, он понимает структуру сегмента TCP, поэтому он может извлечь сообщение HTTP, содержащееся в сегменте TCP. Наконец, он понимает протокол HTTP и поэтому, например, знает, что первые байты сообщения HTTP будут содержать строку GET, POST или HEAD..

Мы будем использовать анализатор пакетов Wireshark [wireshark.org] в этих лабораторных работах, который позволит нам отображать содержимое сообщений, переданных/полученных протоколами на разных уровнях стека

протоколов. (С технической точки зрения, Wireshark – это анализатор пакетов, который использует библиотеку захвата пакетов в вашем компьютере). Это бесплатная программа, которая поддерживает работу в операционных системах Windows, Linux/Unix и OS X. Это идеальный анализатор для наших лабораторных – он стабилен, имеет большую базу пользователей и хорошо документированную поддержку, которая включает в себя руководство пользователя (wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/), страницы электронного руководства (wireshark.org/docs/man-pages/) и подробный список часто задаваемых вопросов (wireshark.org/faq.html), богатый функционал, который включает в себя возможность анализировать сотни протоколов, и хорошо продуманный пользовательский интерфейс. Он работает в компьютерах, используя протоколы Ethernet, PPP и SLIP, 802,11 и многие другие технологии канального уровня (если среда, в которой он работает, позволяет Wireshark это делать).

Загрузка Wireshark

Чтобы запустить Wireshark, вам нужен компьютер, который поддерживает как Wireshark, так и одну из библиотек – libpcap или WinPCap. Библиотека libpcap, если она еще не присутствует в вашей операционной системе, устанавливается вместе с Wireshark. Список поддерживаемых операционных систем представлен на странице загрузки wireshark.org/download.html.

Для загрузки и установки Wireshark:

1. Перейдите по ссылке wireshark.org/download.html.
2. Загрузите установочный файл для вашей системы и установите Wireshark на компьютер.

Если у вас возникают сложности с установкой и запуском Wireshark, обратитесь к разделу Wireshark FAQ и вы найдете много полезной информации.

Запуск Wireshark

При запуске программы Wireshark, вы увидите главное окно, как показано ниже:

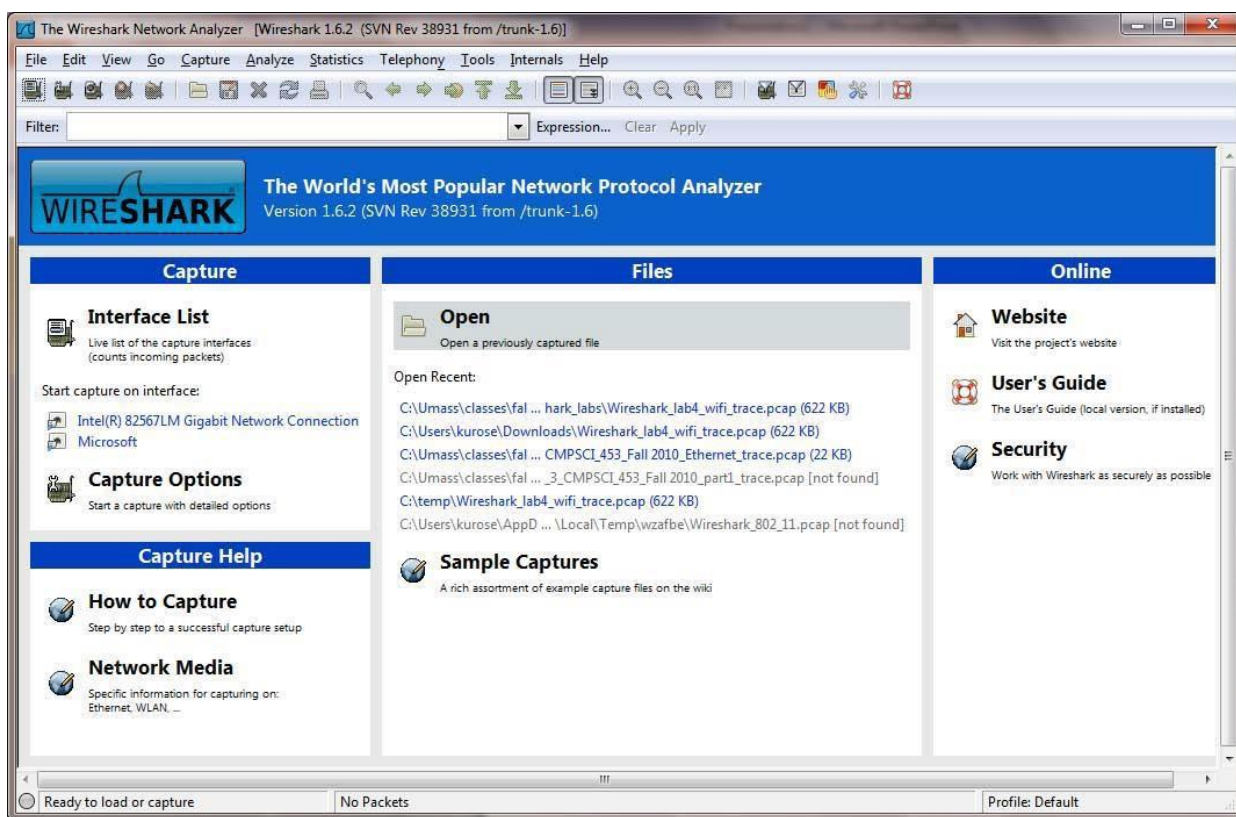


Рисунок 2 – Главное окно программы Wireshark

В левой верхней части окна вы увидите список интерфейсов (Interface list), в котором представлены все имеющиеся на вашем компьютере сетевые интерфейсы. После того, как вы выберете интерфейс, Wireshark будет перехватывать все пакеты, проходящие через него. В примере выше мы видим два интерфейса: Ethernet-интерфейс (Gigabit network Connection) и беспроводной интерфейс (Microsoft).

Если вы выберете один из интерфейсов, чтобы начать перехват пакетов (то есть дадите команду для Wireshark начать перехват пакетов на этом интерфейсе), появится окно (подобное тому, что вы видите ниже), показывающее информацию о перехваченных пакетах. Остановить захват пакетов вы можете, используя команду Stop (Стоп) в меню Capture (Захват).

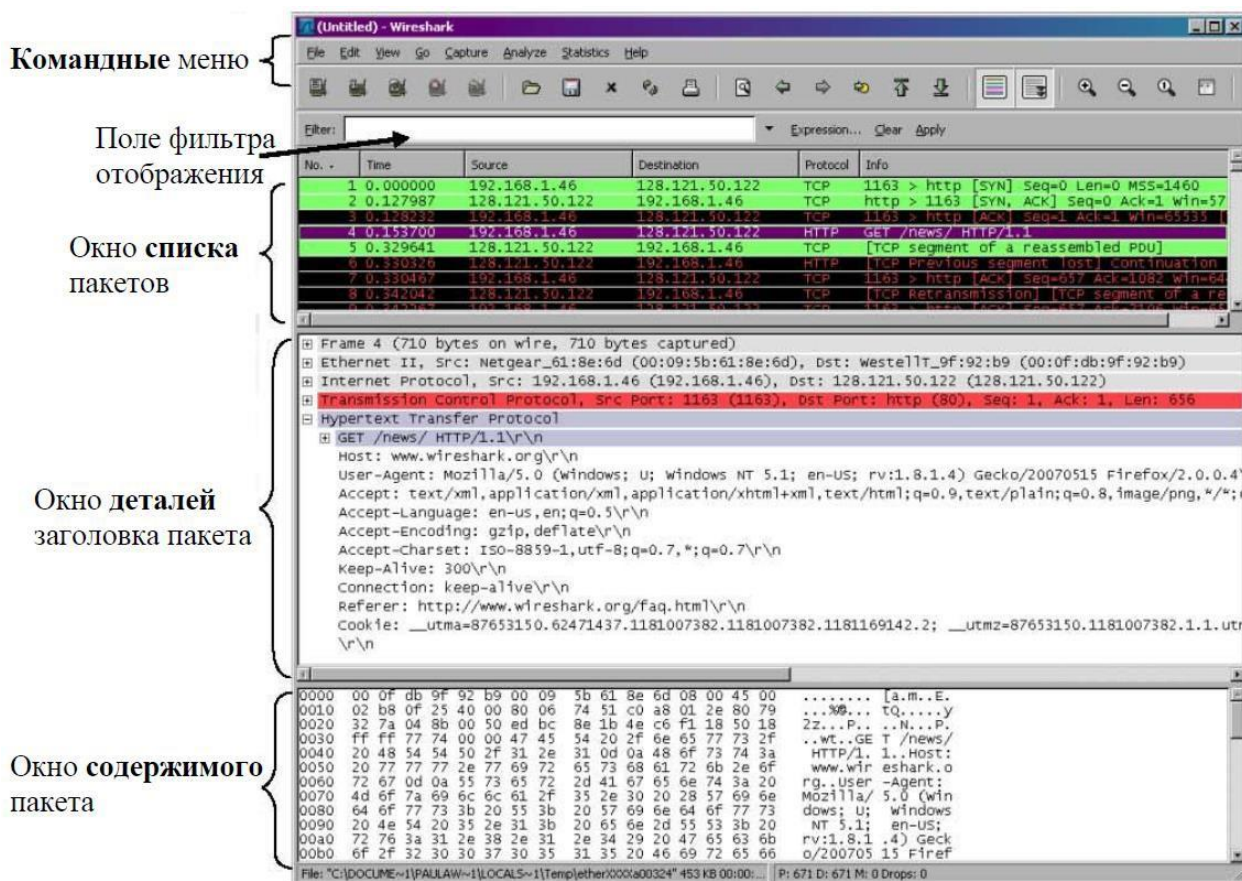


Рисунок 3 – Графический пользовательский интерфейс программы Wireshark во время захвата и анализа пакетов

Интерфейс Wireshark содержит пять основных областей:

- Командные меню представляет собой стандартные раскрывающиеся меню, расположенные сверху окна. Сейчас нас интересуют меню File (Файл) и Capture (Захват). Меню File (Файл) предназначено для сохранения захваченных пакетов, для открытия файла с уже сохраненными данными пакетов, а также для выхода из программы. Команды в меню Capture (Захват) позволяют начать захват пакетов.

- Окно списка пакетов отображает построчно информацию по каждому захваченному пакету, включая номер пакета (присваивается здесь в программе, а не содержится ни в какой заголовке) время, когда пакет был перехвачен, адреса источника и приемника, тип протокола а также специальную информацию, относящуюся к протоколу. Список пакетов можно отсортировать по любому из этих полей простым нажатием на имя соответствующего столбца. В поле тип протокола отображается самый верхний уровень протокола, то есть протокол, являющийся либо исходным, либо конечным для конкретного пакета.

- В окне деталей заголовка пакета отображается подробная информация о пакете, выбранном в предыдущем окне (строка с этим пакетом подсвечена). (Чтобы выбрать пакет в окне списка, просто наведите указатель мыши на соответствующую строку и нажмите левую кнопку мыши). Сюда включена информация о кадре Ethernet (полагаем, что пакет проходил через интерфейс Ethernet) и IP-дейтаграмме, содержащейся в пакете. Объем отображаемой информации в этом окне можно уменьшать или увеличивать, сворачивая или разворачивая группу строк, используя значки плюс минус слева в строке.

- Окно содержимого пакета отображает все, что содержится в захваченном пакете, в шестнадцатеричном формате и в формате ASCII.

- Вверху графического окна пользователя, непосредственно под командным меню находится поле фильтра отображения, в которое может быть введено имя протокола или что-то еще, чтобы отфильтровать информацию, отображаемую в окне списка пакетов (и, следовательно, в двух следующих за ним окнах). В приведенном ниже примере, мы будем использовать это поле, чтобы Wireshark скрыл (не отображал) все пакеты, кроме тех, которые соответствуют сообщениям протокола HTTP.

Задание

Пробный запуск Wireshark

Рекомендуется для первой лабораторной работы использовать именно на Ethernet-соединении, а не беспроводную связь. Выполните следующее:

1. Запустите ваш любимый браузер, и в нем откроется домашняя страница.
2. Запустите программу Wireshark. Вы увидите начальное окно, показанное на рисунке 2. Программа еще не начала захватывать пакеты.

Чтобы начать работу, выберите в меню Capture (Захват) команду Interfaces (Интерфейсы). Откроется окно Wireshark: Capture Interfaces (Wireshark: Интерфейсы для захвата), показанное на рисунке 4.

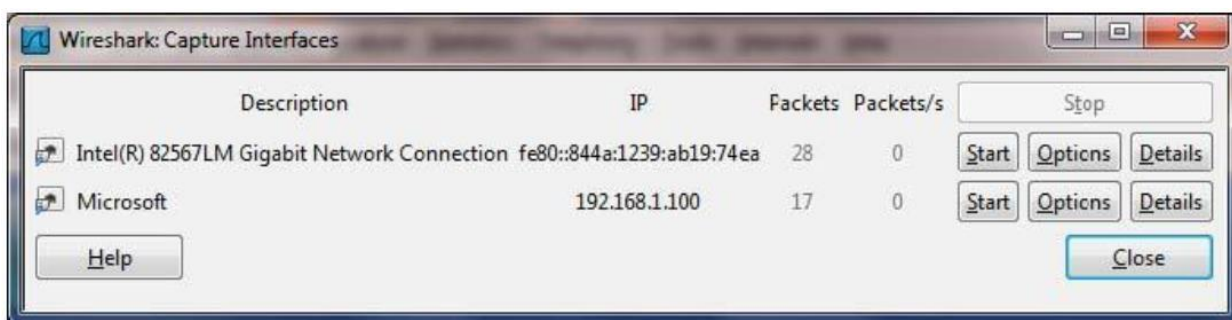


Рисунок 4 – Окно выбора интерфейса Wireshark: Capture Interfaces

Вы увидите список всех интерфейсов вашего компьютера, а также текущее число прошедших через интерфейсы пакетов. Нажмите кнопку Start (Запуск) рядом с тем интерфейсом, который хотите анализировать (в нашем случае Gigabit Network Connection). Начнется захват пакетов – программа Wireshark теперь перехватывает все пакеты, полученные или отправленные вашим компьютером.

Как только вы начнете захват пакетов, появится окно, подобное показанному на рисунке 3. В нем отображаются перехваченные пакеты.

Выбрав в меню Capture (Захват) команду Stop (Стоп), вы можете остановить захват пакетов. Но не останавливайте пока процесс. Давайте перехватим что-нибудь интересное. Чтобы сделать это, мы должны будем воспроизвести сетевой трафик. Воспользуемся веб-браузером, который использует протокол HTTP, который мы будем детально изучать, чтобы загрузить контент с веб-сайта.

Не завершая работу Wireshark, введите в браузере адрес <http://gaia.cs.umass.edu/wireshark-labs/INTRO-wireshark-file1.html>.

После того, как ваш браузер отобразил страницу INTRO-wireshark-file1.html (строка с поздравлением), остановите захват пакетов, выбрав в меню Capture (Захват) команду Stop (Стоп). Окно Wireshark теперь должно выглядеть так же, как показано на рисунке 3. Теперь у вас есть реальные данные по пакетам, которыми обменивался ваш компьютер с другим объектом сети! HTTP-сообщения обмена с веб-сервером gaia.cs.umass.edu должны быть где-то в списке захваченных пакетов. Но там присутствует также множество других типов пакетов (видите различные типы в поле Protocol (Протокол) на рисунке 3). Даже если кроме загрузки веб-страницы вы больше ничего не делали, все равно на вашем компьютере работает множество других протоколов, скрытых с глаз. Мы поговорим о них позднее, а пока нужно просто помнить, что в сети происходит всегда гораздо больше событий, чем заметно наглядно.

Для того чтобы отобразить страницу, ваш браузер связывается с HTTP-сервером по адресу gaia.cs.umass.edu и обменивается HTTP-сообщениями с сервером, чтобы загрузить эту страницу. Кадры Ethernet, содержащие эти HTTP-сообщения (а также все другие кадры, проходящие через адаптер Ethernet) будут перехвачены программой Wireshark.

3. Укажите значение http (все имена протоколов в Wireshark пишутся в нижнем регистре) в поле фильтра отображения. Затем нажмите кнопку Apply

(Применить) (справа от этого поля). Это приведет к тому, что в окне списка пакетов будут отображаться только HTTP-сообщения.

4. Найдите сообщение GET протокола HTTP, отправленное с вашего компьютера на HTTP-сервер `gaia.cs.umass.edu` (ищите его в окне списка захваченных пакетов (см. рис. 3)), содержащее также введенный вами адрес `gaia.cs.umass.edu`. Когда вы выделите найденную строку с сообщением HTTP GET1, то в окне деталей заголовков появится информация по заголовкам кадра Ethernet, IP-дейтаграммы, сегмента TCP и сообщения HTTP 2. Пользуясь кнопками + и - в левой части окна, вы можете по желанию сворачивать или разворачивать строки. Сверните, например, информацию о кадре и протоколах Ethernet, IP и TCP, а развернутой оставьте ту, что относится к протоколу HTTP. Теперь окно вашей программы Wireshark должно выглядеть примерно так, как показано на рисунке 5.

5. Завершите работу Wireshark.

Вопросы к практическому занятию

1. Предназначение анализаторов сетевого трафика.
2. Что такое сниффер?
- 3 Способы осуществления перехвата сетевого трафика
- 4 Что может быть обнаружено в результате анализа сетевого трафика?
- 5 Основные функциональные возможности программы Wireshark
- 6 Для чего применяется неразборчивый (англ. promiscuous mode) режим сетевой карты?
- 7 Что показывает Ethernet Internet traffic Statistic ?
- 8 Что такое IP- адрес?
- 9 Что такое информационная сеть?

Занятие 2. Выявление сетевых атак путем анализа трафика

Цель работы: усвоить принципы определения конфигурации информационной сети цифровой подстанции и поиска потенциальных уязвимостей.

Задачи: закрепить навыки пользования программным продуктом для оценки основных характеристик информационной сети, исследования сетевой топологии. Выявление сетевых атак путем анализа трафика цифровой подстанции.

Теоретическая часть

Выявление сетевых атак путем анализа трафика

Этапы сетевой атаки

Стандартные сетевые атаки производятся в три этапа: сбор информации, выявление уязвимых мест атакуемой системы и реализация выбранной атаки.

Этап сбора информации заключается в изучении сетевой топологии атакуемой сети, определении типа и версии операционной системы атакуемого узла, выявлении доступных сетевых и иных сервисов, функционирующих на атакуемом узле.

Этап выявления уязвимых мест атакуемой системы осуществляется после или параллельно с этапом сбора информации. Его суть заключается в выяснении версий используемого на атакуемом узле сетевого ПО, выявлении его конфигурации и в анализе наличия уязвимостей в указанном ПО и его настройках.

И, наконец, этап реализации атаки – это либо отправка определенных последовательностей сетевых пакетов на определенные сетевые службы, приводящая к неработоспособности узла, либо выполнение каких-либо запросов к сетевым службам удаленного узла, результатом которых будет получение доступа к защищаемой информации.

В целом первые два этапа не могут быть классифицированы как преступление. Как указывается в [1], компьютерными сетевыми преступлениями являются предусмотренные уголовным законодательством общественно опасные деяния, совершенные на основе удаленного доступа к объекту посягательства с использованием глобальных компьютерных сетей в качестве основного средства достижения цели. Таким образом, компьютерным преступлением является лишь третий этап – реализация атаки.

Вместе с тем выполнение третьего этапа практически невозможно без проведения двух первых этапов атаки. Следовательно, защите должны подлежать и информация о сетевой топологии, и перечень доступных сервисов, и версии программного обеспечения, и т. п.

Исследование сетевой топологии

Задача изучения сетевой топологии заключается в выявлении сетевых узлов, присутствующих в заданном диапазоне адресов. При этом распространенные сетевые сканеры, такие как nmap, netcat, InterNetView, решают данную задачу чаще всего путем ICMP-сканирования.

Как известно, протокол ICMP используется для определения доступности сетевых узлов. Стандартной программой, применяющей протокол ICMP, является утилита ping. Функционирование утилиты ping сводится к отправке на тестируемый узел запроса и получению ответа. Отправляемый запрос называется ICMP-запросом (тип пакета

ECHO_REQUEST), а получаемый ответ – ICMP-ответом (тип пакета ECHO_REPLY).

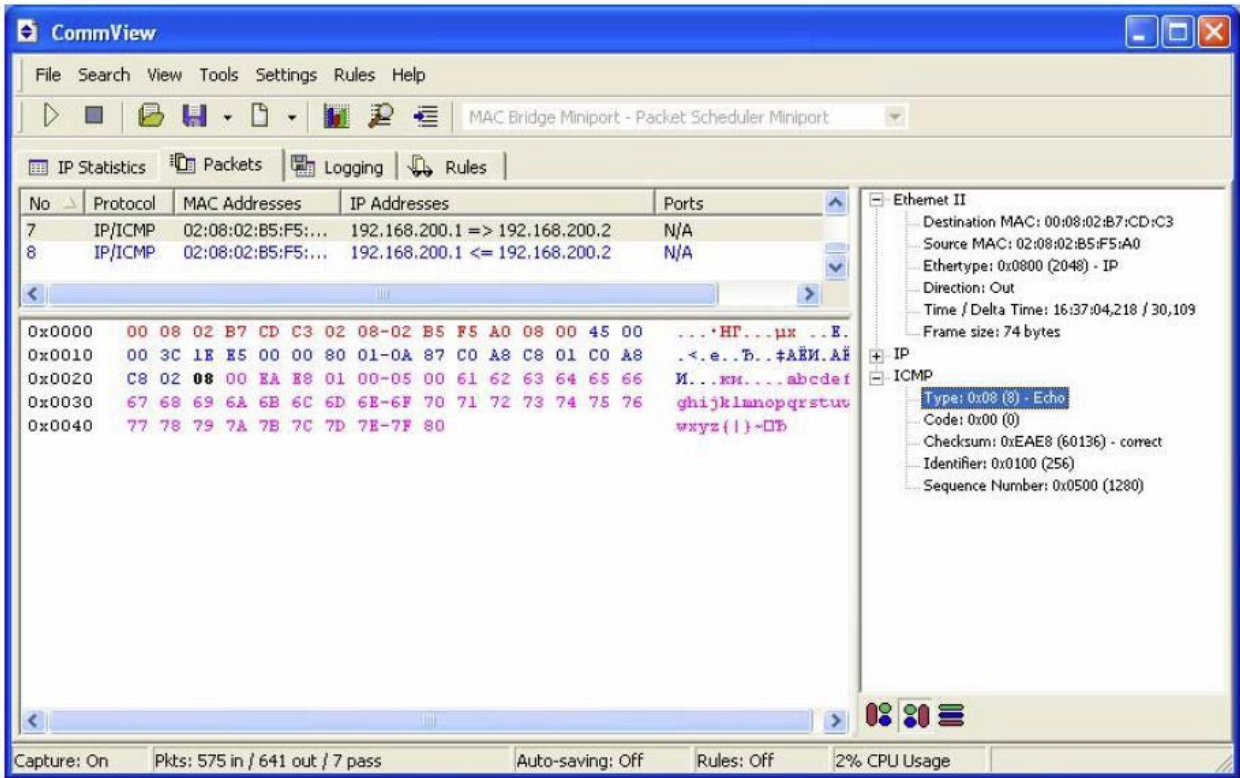


Рисунок 2.1 – Исходящий ICMP-запрос

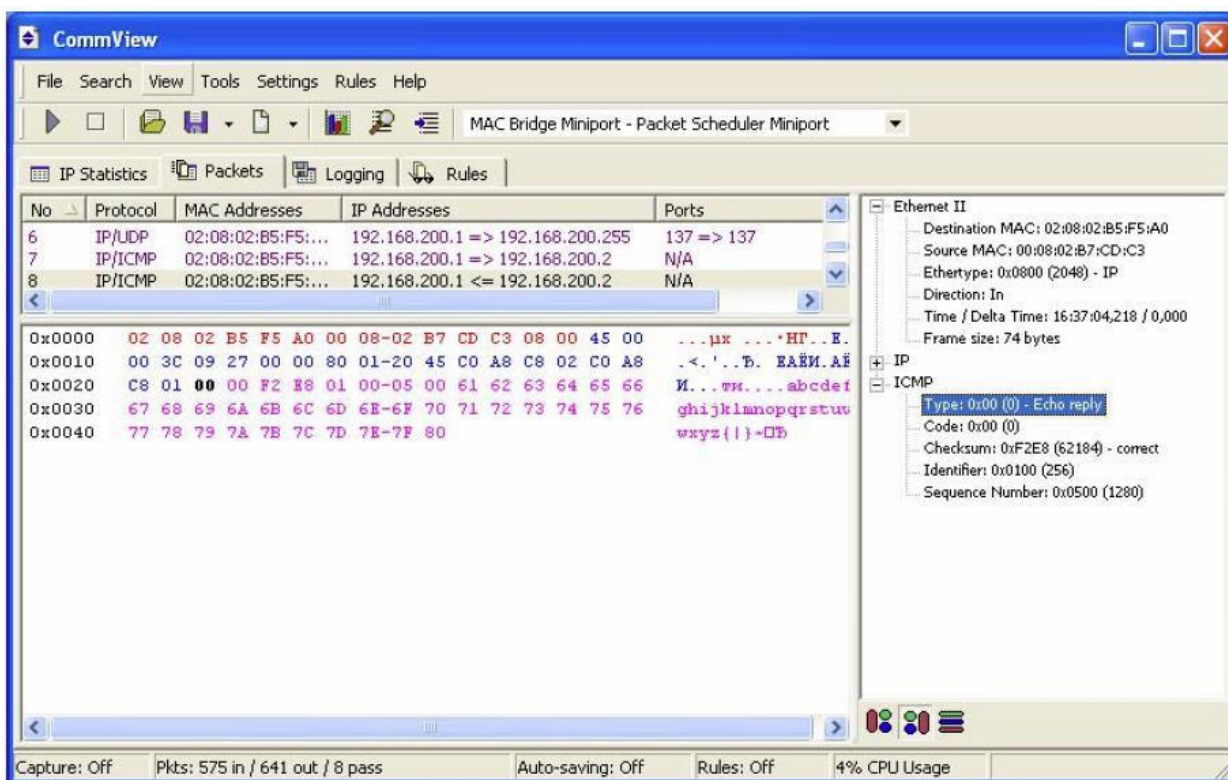


Рисунок 2.2 – Входящий ICMP-ответ

Так, если на компьютере под управлением, например, ОС Windows с IP-адресом 192.168.200.1 производится выполнение команды ping 192.168.200.2 с целью тестирования доступности узла с IP-адресом 192.168.200.1, то в сети можно наблюдать четыре последовательно передаваемые пары сообщений: исходящий ICMP-запрос (тип ICMP-пакета – 0x08, Echo, рисунок 2.1) и входящий ICMP-ответ (тип ICMP-пакета – 0x00, Echo-Reply, рисунок 2.2).

Аналогичные пакеты имеют место при сканировании, которое производится, например, сканером InterNetView (рисунок 2.3). Единственным отличием является то, что вместо четырех последовательных пар пакетов в трафике присутствует только одна пара: ICMP-запрос и ICMP-ответ.

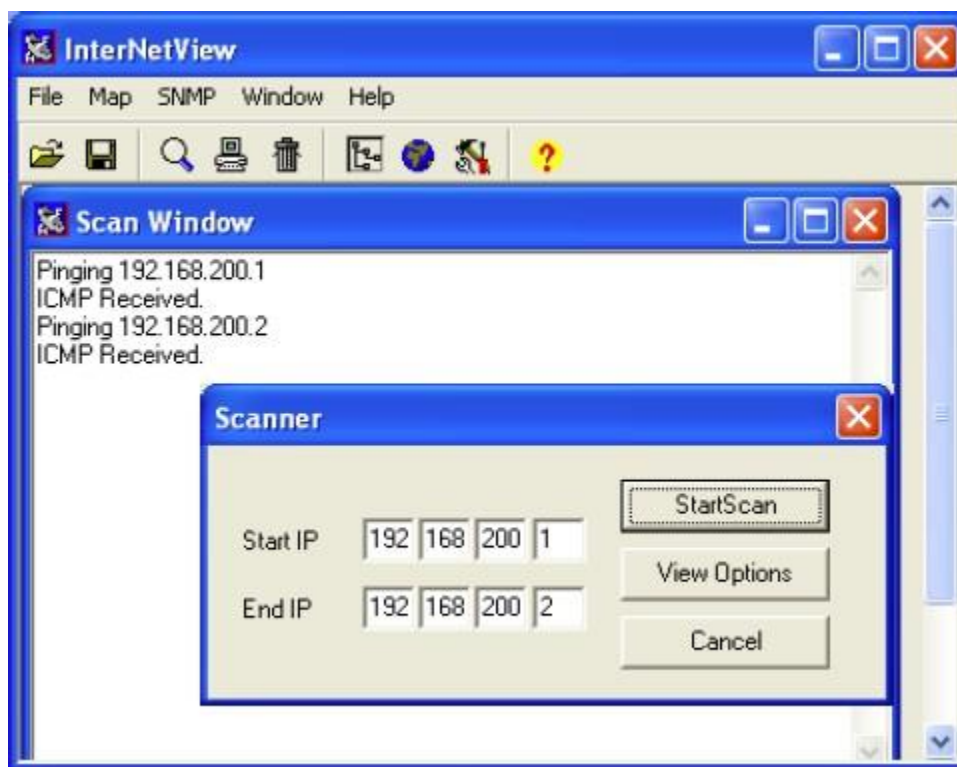


Рисунок 2.3 – Окно сканера InterNetView

В общем случае единичный входящий ICMP-запрос не является атакой – это лишь стандартное средство проверки доступности узла. Последовательное выполнение ICMP-запросов с перебором адресов из определенного диапазона уже можно рассматривать как атаку. Вместе с тем, если защищаемая сеть является «клиентской сетью», т. е. не содержит серверов, предоставляющих сетевые услуги, то входящие в эту сеть ICMP-запросы также должны рассматриваться как атака.

Для усложнения процесса выявления атаки перебор адресов может вестись не последовательно, а в псевдослучайном порядке.

Как известно, при выполнении стандартного ICMP-запроса в ОС Windows происходит обмен стандартной текстовой строкой длиной 32 байта. Обычно данная строка представляет собой 26 букв английского алфавита, дополненных шестью дополнительными символами. Вместе с тем объем передаваемых данных может быть существенно увеличен (до 65 535 байт) с

целью передачи не стандартной последовательности, а некоторой специально подготовленной команды или текста. В этом случае проявлением атаки могут быть исходящие ICMP-ответы, в которых может быть передана защищаемая информация.

Кроме того, по получаемому ICMP-ответу, а именно по коду ICMP пакета, злоумышленник может определить тип операционной системы тестируемого узла с целью конкретизации дальнейшей атаки.

Таким образом, в случае ICMP-пакетов атакой будем считать входящие ICMP-запросы и исходящие ICMP-ответы.

Вторым широко распространенным способом выявления сетевой топологии является TCP-сканирование, которое заключается в последовательной попытке установления сетевого соединения по определенному порту с перебором IP-адресов.

При установке TCP-соединения, как было указано ранее, первым пакетом, отправляемым на тестируемый узел, является пакет с установленным флагом SYN (рисунок 2.4). В зависимости от того, присутствует ли в сети компьютер с указанным адресом, на котором включена тестируемая служба, возможны три ситуации. В том случае, если компьютер присутствует и на нем функционирует запрашиваемый порт, ответом будет пакет с установленными флагами ACK и SYN, указывающими на то, что по данному порту может быть установлено соединение (рисунок 2.5). Анализируя данный ответ, атакующий не только может установить факт присутствия в сети узла, но и определить наличие на нем определенной сетевой службы.

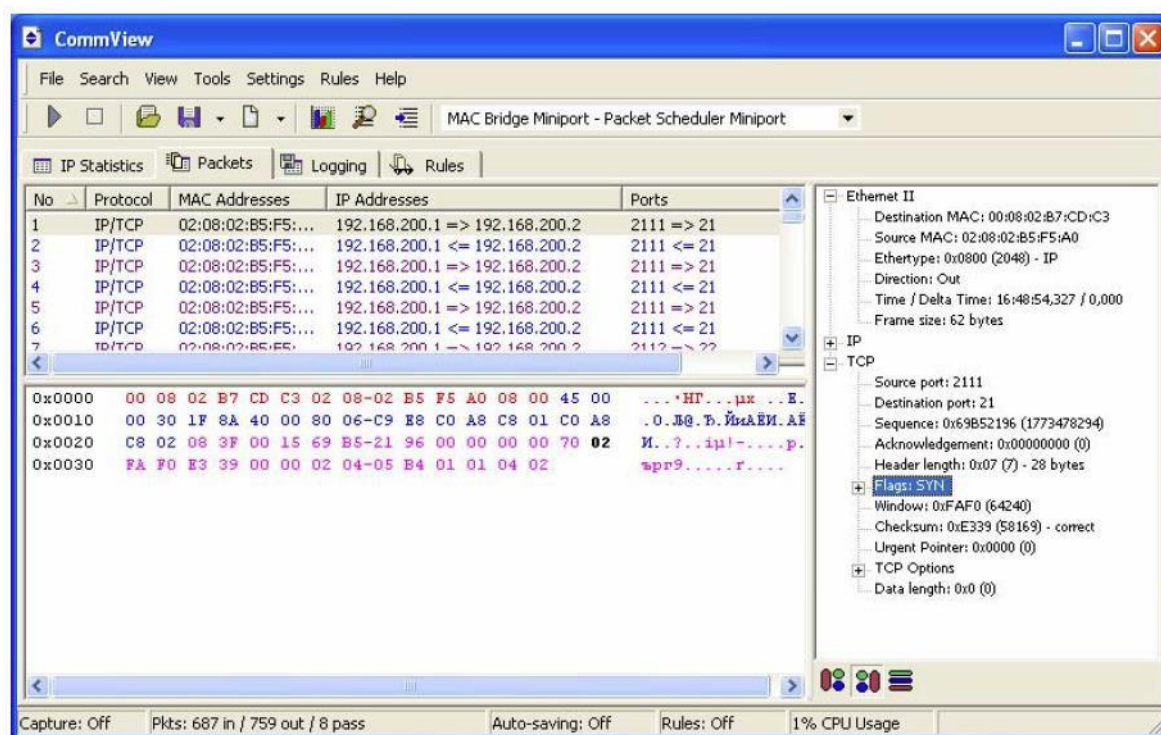


Рисунок 2.4 – запуск установки TCP соединения

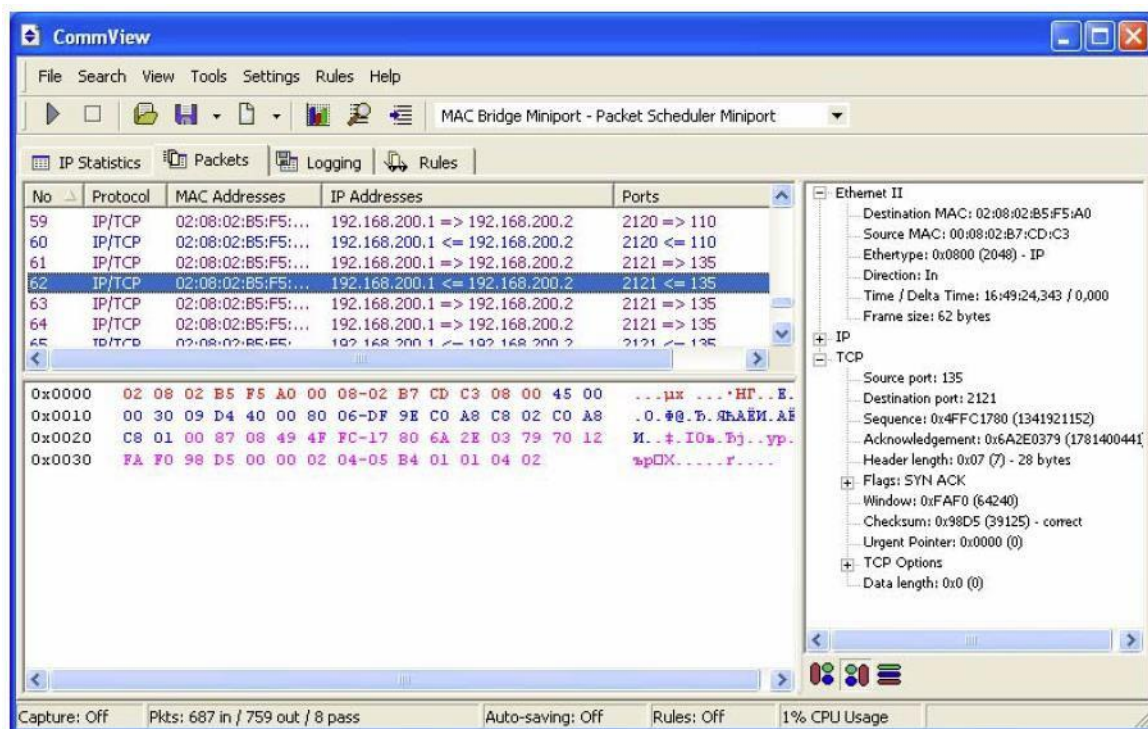


Рисунок 2.5 – Ответ о возможности установки TCP-соединения

В том случае, если компьютер присутствует, но запрашиваемый порт на нем не открыт, в ответ отправляется TCP-пакет с установленными

флагами ACK и RST, указывающими на то, что по запрашиваемому порту соединение установить нельзя (рисунок 2.6). Получив подобный ответ, атакующий принимает решение о присутствии в сети узла с интересующим IP-адресом, но недоступности запрашиваемого порта.

И, наконец, если в сети нет искомого узла, то в ответ не будет получено ничего.

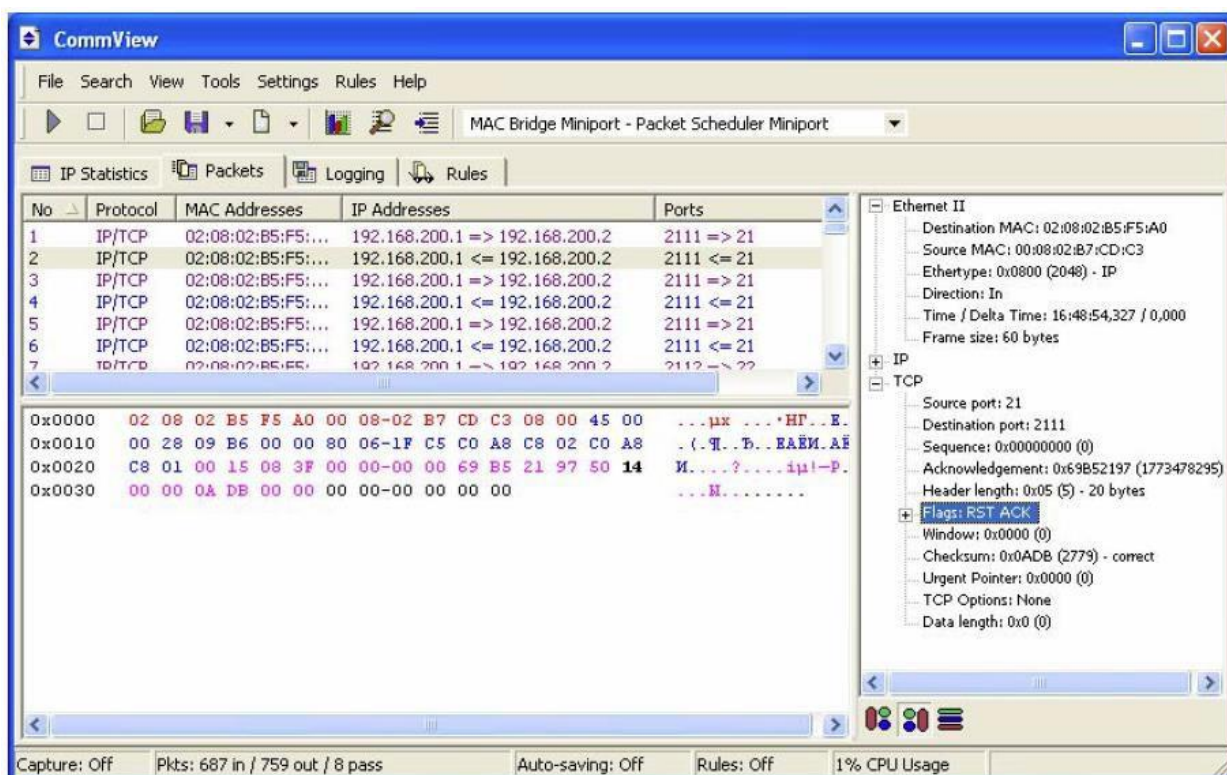


Рисунок 2.6 – Ответ о невозможности установки TCP-соединения

Обнаружение доступных сетевых служб

Выше была описана технология выявления сетевых узлов путем установки TCP-соединения. Аналогичная технология используется, когда заранее известно, что узел в сети присутствует, но необходимо получить информацию о доступных сетевых службах, т. е. выполнить сканирование портов сетевого узла. В этом случае последовательно осуществляются попытки подключения к сетевым портам в определенном диапазоне.

Чаще всего применяются не подряд все номера портов, а только те из них, которые наиболее интересны злоумышленникам с целью дальнейшего проникновения. В ряде случаев перечень номеров портов может быть сформирован злоумышленниками на основе полученной ранее по коду ISMP-ответа информации о типе операционной системы.

Одиночный запрос установки ТСР-соединения по одному из портов может считаться атакой лишь в случае, когда защищаемая сеть является «клиентской». Однако если мы защищаем «клиентскую» сеть, которая не должна предоставлять вовне каких-либо сетевых услуг, то и одиночные попытки установки соединения должны интерпретироваться как атака. Последовательные же попытки установить соединение с несколькими портами явно свидетельствует о начавшейся сетевой атаке.

Таким образом, в случае ТСР-пакетов атакой будем считать все попытки установки ТСР-соединения, инициируемые извне.

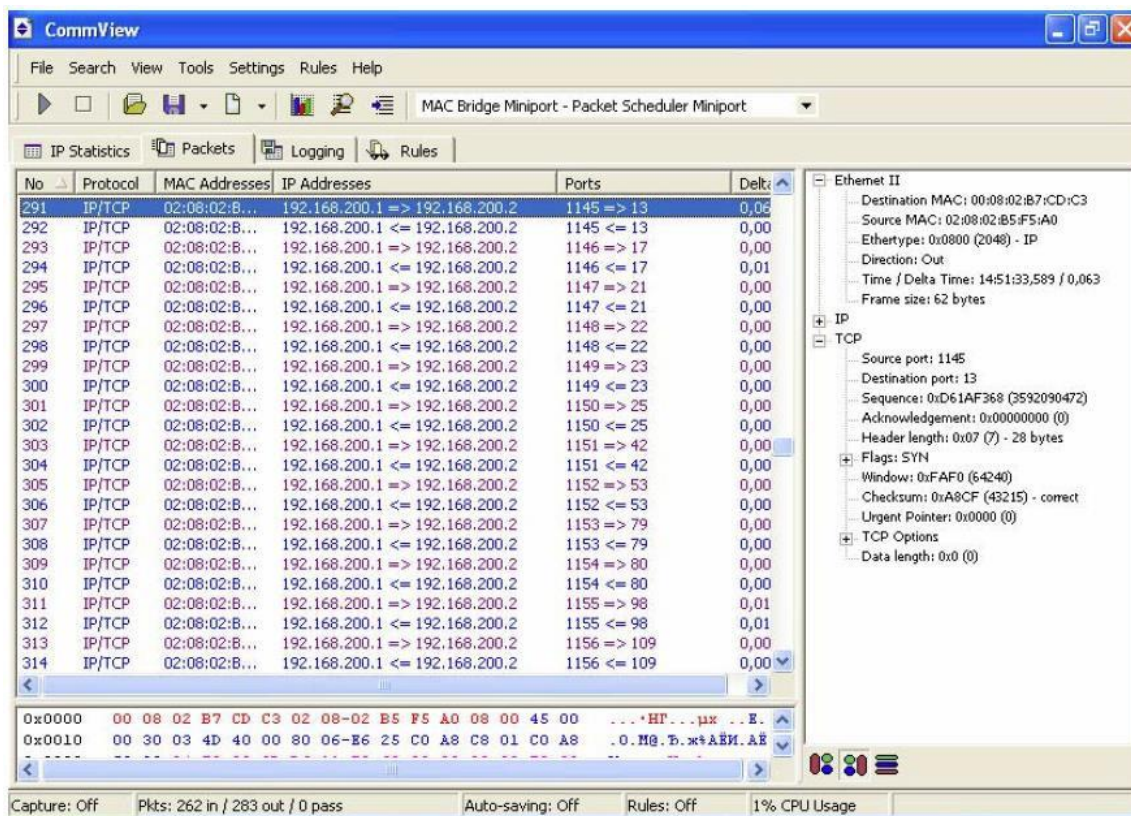


Рисунок 2.7 – Последовательные попытки установки ТСР-соединений

Заметим, что мы рассмотрели только классический способ TCP-сканирования, известный как сканирование методом Connect(), когда устанавливается полное TCP-соединение. Вместе с тем известны более изощренные методы, позволяющие процесс сканирования осуществлять скрытно: SYN-сканирование, FIN-сканирование, ACK-сканирование, XMAS-сканирование, NULL-сканирование. Соответственно известны утилиты, позволяющие автоматизировать указанные методы. Коротко опишем эти методы.

Метод сканирования TCP-портов системным вызовом Connect() является основным для сканирования портов по протоколу TCP. Функция Connect() позволяет атакующему узлу соединиться с любым портом сервера. Если порт, указанный в качестве параметра функции, прослушивается сервером (т. е. порт открыт для соединения), то результатом выполнения функции будет установление соединения с сервером по указанному порту. В противном случае, если соединение не установлено, то порт с указанным номером является закрытым. Метод Connect() является легко обнаруживаемым благодаря наличию многочисленных попыток подключения с одного адреса и ошибок установления соединения (поскольку атакующий узел после соединения с сервером сразу обрывает его).

Метод сканирования TCP-портов флагом SYN известен еще как «сканирование с установлением наполовину открытого соединения» поскольку установление полного TCP-соединения не производится. Вместо этого атакующий отправляет на определенный порт сервера SYN-пакет, как бы намереваясь создать соединение, и ожидает ответ. Наличие в ответе флагов SYN|ACK означает, что порт открыт и прослушивается сервером. Получение в ответ TCP-пакета с флагом RST означает, что порт закрыт и не прослушивается. В случае приема SYNACK-пакета узел немедленно отправляет RST-пакет для сброса устанавливаемого сервером соединения.

Метод сканирования TCP-портов флагом FIN известен по-другому как «обратное стелс-сканирование с использованием флага FIN». Идея метода заключается в том, что согласно RFC 793 на прибывший FIN-пакет на закрытый порт сервер должен ответить RST-пакетом. FIN-пакеты на открытые порты игнорируются объектом сканирования.

Метод сканирования TCP-портов флагом ACK похож на FIN-сканирование, известен по-другому как «обратное стелс сканирование с использованием флага ACK». Идея метода заключается в том, что согласно RFC 793 на прибывший ACK-пакет на закрытый порт сервер должен ответить RST-пакетом. ACK-пакеты на открытые порты игнорируются объектом сканирования.

Методы сканирования XMAS («Новогодняя елка») и NULL заключаются в отправке на сервер TCP-пакета с установленными всеми флагами (XMAS) либо со всеми сброшенными флагами (NULL). В соответствии с RFC 793 на прибывший пакет с данными значениями флагов на закрытый порт сервер должен ответить RST-пакетом. Такие пакеты на открытые порты игнорируются объектом сканирования.

Указанные выше методы сканирования позволяют злоумышленнику выяснить наличие открытых TCP-портов на атакуемом узле. Для обнаружения открытых UDP-портов применяется иной подход.

Выполнить анализ открытых UDP-портов злоумышленнику несколько сложнее, чем TCP-портов. Причина в том, что в отличие от протокола TCP, UDP является протоколом с негарантированной доставкой данных. Поэтому UDP-порт не посылает подтверждение приема запроса на установление соединения, и нет никакой гарантии, что отправленные UDP-порту данные успешно дойдут до него. Тем не менее большинство серверов в ответ на пакет, прибывший на закрытый UDP-порт, отправляют ICMP-сообщение «Порт недоступен» (Port Unreachable – PU). Таким образом, если в ответ на

UDP-пакет пришло ICMP-сообщение PU, то сканируемый порт является закрытым, в противном случае (при отсутствии PU) порт открыт. 42

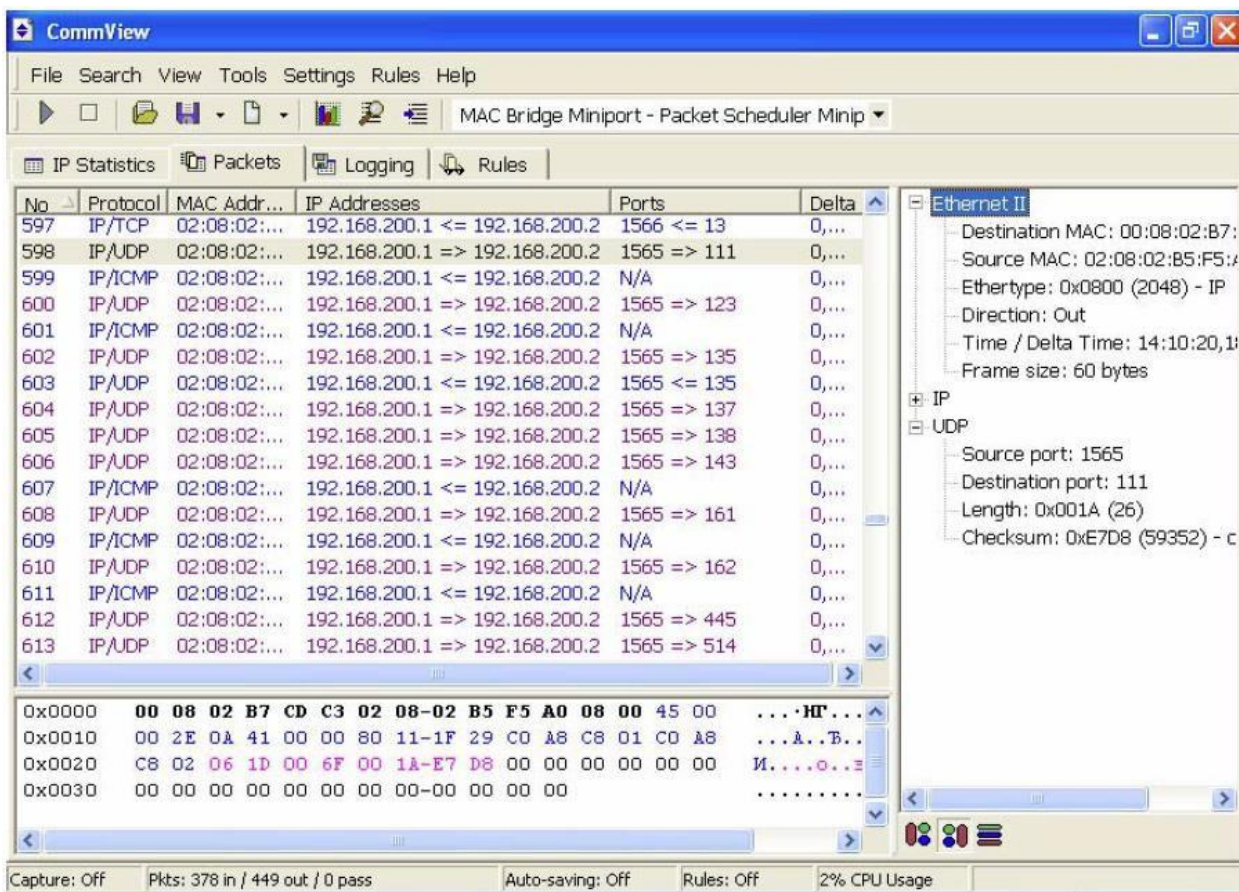


Рисунок 2.8 – Пример UDP-сканирования

Обычно сканеры работают следующим образом: на тестируемый порт отправляется UDP-пакет, состоящий, например, из 18 нулей (рисунок 2.8). Если соответствующий порт открыт, то в ответ тестируемый компьютер может либо ничего не отправить, либо отправить ответный UDP-пакет. В этом случае сканер делает вывод о том, что порт открыт. Если же порт закрыт, то тестируемый компьютер должен ответить ICMP-сообщением с кодом 0x03 (Port Unreachable). Получив такое сообщение (рисунок 2.9), сканер сделает вывод о закрытости данной службы.

Для UDP-протокола нет четкого понятия, кто является инициатором пакета. Так, исходящий UDP-запрос на любую службу, очевидно, предполагает входящий UDP-ответ. Вместе с тем любой UDP-пакет с равной вероятностью может быть и входящим UDP-ответом, и исходящим UDP-

запросом. Следовательно, в отличие от протокола TCP здесь нельзя четко разделить входящие и исходящие UDP-пакеты.

Единственным критерием, который позволяет идентифицировать входящие UDP-пакеты как атаку, является последовательность пакетов, отправляемая на различные UDP-порты. При этом порт отправителя вероятнее всего будет в «клиентском» диапазоне – больше 1024. 43

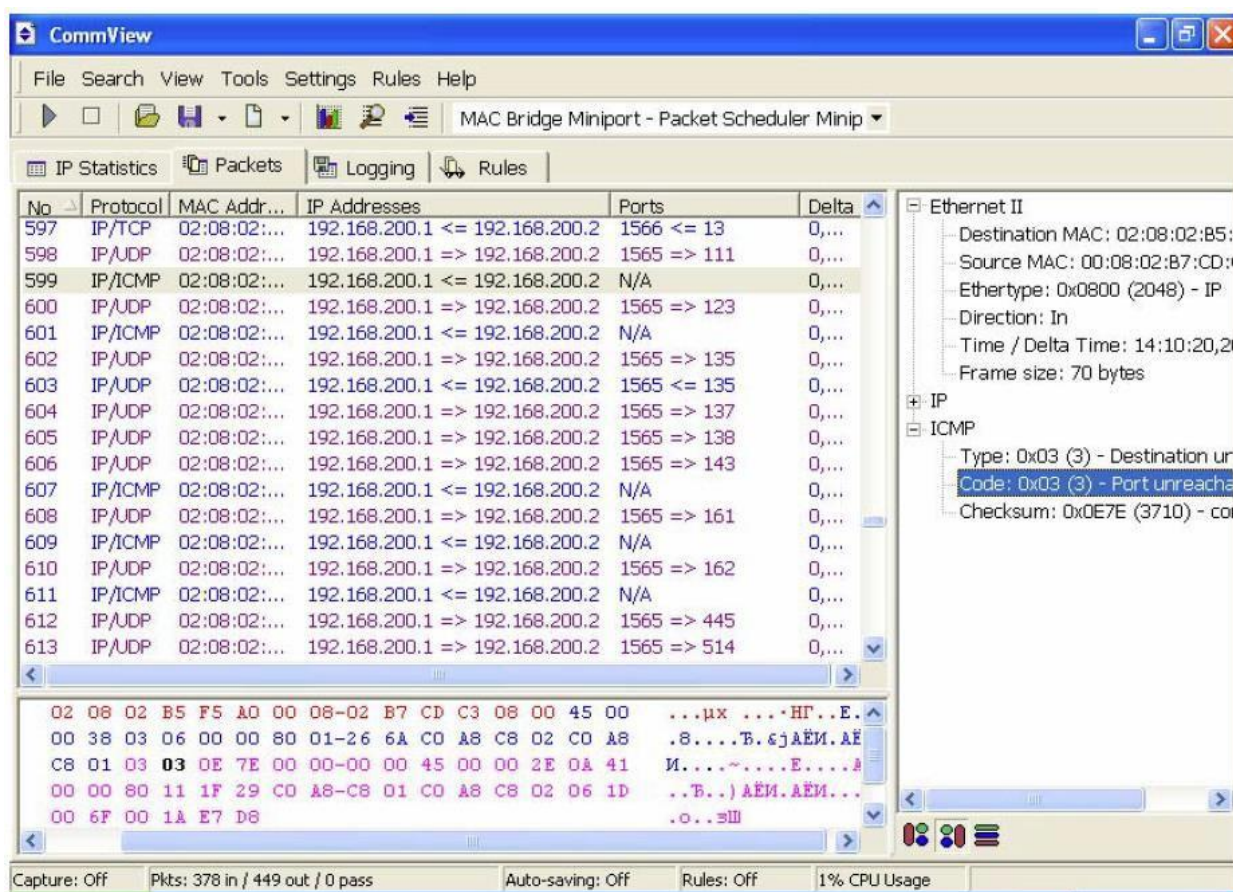


Рисунок 2.9 – Пример ICMP-пакета Port Unreachable

Выявление уязвимых мест атакуемой системы

Данный этап атаки производится чаще всего одновременно с выяснением открытых портов. Суть его заключается в определении типа и версии программного продукта, отвечающего за получение информации на открытом порту. Это может быть, например, операционная система в целом,

web- , ftp- или иной сервер. Зная версию программного продукта, злоумышленник может, воспользовавшись известными уязвимостями данной версии, осуществить целенаправленную атаку.

Так, например, выяснив наличие открытого порта 25, злоумышленник отправляет стандартный запрос на соединение с ним и в ответ получает версию программного продукта, реализующего SMTP-сервер

Признаком атаки в данном случае является выполнение входящих запросов к внутренним сетевым службам, особенно к таким, которые редко используются для работы в Интернет.

Задание

Выполнить

1. Определите настройки протокола TCP/IP вашего компьютера, например, командой `ipconfig` из командной строки.
2. Установите и запустите средство анализа сетевого трафика. Осуществите захват сетевого трафика.
3. Выполните команду `ping *.*.*.*` для обнаружения в сети соседнего компьютера.
4. Осуществите просмотр трафика. В полученных сетевых пакетах убедитесь в наличии полей «источник», «приемник», «тип протокола».
5. Найдите пакет, источником которого является Ваш компьютер, тип протокола – ICMP, описание – Echo. Откройте подробное описание данного пакета. Найдите тип пакета и отправляемые данные
6. Найдите ответный пакет (приемник – ваш компьютер, тип протокола – ICMP, описание – Echo Reply). Откройте подробное описание данного пакета. Сколько и каких символов отправляется в ответ?

7. Сколько раз осуществляется обмен ICMP-пакетами? Как представлены в IP-пакетах IP-адреса приемника и источника?

8. Запустите программу-сканер портов SAURON.

9. Осуществите захват сетевого трафика.

10. Выполните сканирование TCP- и UDP- портов соседнего компьютера в диапазоне от 130 до 140, последовательно выполняя сканирование различными методами: Connect(), SYN-сканированием, FIN-сканированием, ACK-сканированием, XMAS-сканированием, NULL-сканированием, UDP-сканированием.

11. Проанализируйте полученный трафик. Найдите отличительные признаки каждого метода сканирования. Сформулируйте признаки подобных атак. Сделайте вывод о возможности блокирования данных атак.

Вопросы к практическому занятию

1. В чем заключается этап сбора информации?

2 Этап выявления уязвимых мест атакуемой системы осуществляется после или параллельно с этапом сбора информации?

3 В чем заключается задача изучения сетевой топологии?

4 Способом выявления сетевой топологии является.

5 Какой метод является основным для сканирования портов по протоколу TCP

6 В чем заключается суть выявления уязвимых мест атакуемой системы

7 Как определите настройки протокола TCP/IP вашего компьютера

8 Как представлены в IP-пакетах IP-адреса приемника и источника?...

Список рекомендуемой литературы

1. Запечников, С.В. Основы построения виртуальных частных сетей [Текст]: Учеб. пособие для вузов / С.В. Запечников, Н.Г. Милославская, А.И. Толстой. — М.: Горячая линия–Телеком, 2003. — 249 с. ; 20 см. — 3000 экз. — ISBN 5-93517-139-2
2. Медведовский, И.Д. Атака на Internet [Текст] / И.Д. Медведовский, П.В.Семьянов, Д.Г.Леонов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ДМК, 1999. — 336 с.
3. Уилсон, Э. Мониторинг и анализ сетей. Методы выявления неисправностей [Текст] : [пер. с англ.] / Эд Уилсон. — М.: ЛОРИ, 2002. — 350 с. : ил. ; 24 см. — Перевод. изд.: Network monitoring and analysis. A protocol approach to troubleshooting / Ed Wilson. — 3200 экз. — ISBN 5-85582-163-3 (в пер.)

Занятие 3. Расчет количества оборудования ЛВС и ШСК для заданной схемы подстанции

Термины, определения, обозначения и сокращения

Автоматизированная система технологического управления (АСТУ) – Совокупность взаимосвязанных технических и программных средств, обеспечивающих решение задач оперативно-технологического управления.

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) – Совокупность взаимосвязанных технических и программных средств, включающая подсистемы сбора и передачи информации о параметрах работы оборудования и устройств объекта электроэнергетики, диагностики и мониторинга технологического оборудования и устройств, инженерных систем, управления оборудованием и устройствами с целью реализации задач управления технологическими процессами объекта электроэнергетики.

Интерфейс – логический вход или выход, которые обеспечивают передачу потоков логической информации к модулю или из модуля.

Информационная безопасность (ИБ) – состояние защищенности в условиях угроз в информационной сфере.

Коммутатор – активный сетевой компонент, который соединяет две или несколько подсетей, которые, в свою очередь, могут состоять из сегментов, соединенных повторителями.

Локальная вычислительная сеть (ЛВС) – коммуникационная сеть, предназначенная для связывания между собой компьютеров и других интеллектуальных устройств в ограниченной географической области.

Маршрутизатор – шлюз между двумя сетями, функционирующими на уровне 3 взаимодействия открытых систем (OSI), который перенаправляет и посылает пакеты данных во внутреннюю сеть.

Межсетевой экран – устройство межсетевого взаимодействия, осуществляющее фильтрацию трафика между двумя связанными друг с другом сетями.

Промышленное исполнение – исполнение изделия, которое должно сохранять свои параметры в пределах норм, установленных техническими требованиями в течение сроков службы и сроков сохраняемости, указанных в техническом стандарте, после и (или) в процессе воздействия климатических факторов, значения которых установлены настоящим стандартом.

Противоаварийная автоматика (ПА) – совокупность устройств, обеспечивающих измерение и обработку параметров электроэнергетического режима энергосистемы, передачу информации и команд управления и реализацию управляющих воздействий в соответствии с заданными алгоритмами и настройкой для выявления, предотвращения развития и ликвидации аварийного режима энергосистемы.

Релейная защита и автоматика (РЗА) – Релейная защита, сетевая автоматика, противоаварийная автоматика, режимная автоматика, регистраторы аварийных событий и процессов, технологическая автоматика объектов электроэнергетики.

Удаленный доступ – использование систем, которые находятся в пределах периметра зоны безопасности, предусмотренное из другой географической точки, причем указанное использование осуществляется на тех же правах, как если бы системы физически находились в этой точке.

Обозначения и сокращения

АРМ	Автоматизированное рабочее место
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
АУВ	Автоматика управления выключателем
ДМЗ	Демилитаризованная зона
ЕНЭС	Единая национальная электрическая сеть
ЕЭС	Единая энергетическая система
ИБ	Информационная безопасность
ИЭУ	Интеллектуальное электронное устройство
КИИ	Критическая информационная инфраструктура
КП	Контроллер присоединения
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
МЭК	Международная электротехническая комиссия
ОПУ	Общеподстанционный пункт управления
ОРУ	Открытое распределительное устройство
ПА	Противоаварийная автоматика
ПАС	Преобразователь аналоговых сигналов
ПДС	Преобразователь дискретных сигналов
ПО	Программное обеспечение
ПС	Подстанция
ПТК	Программно-технический комплекс (средство)
РАС	Регистратор аварийных событий
РДУ	Региональное диспетчерское управление, филиал АО «Системный оператор единой энергетической системы»
РЗА	Релейная защита, сетевая автоматика, противоаварийная автоматика, режимная автоматика, регистраторы аварийных событий и процессов, технологическая автоматика объектов электроэнергетики
РС ЦПС	Регистратор событий цифровой подстанции
СКС	Структурированные кабельные системы
СКСУ	Станционный контроллер связи и управления
СМиУКЭ	Система мониторинга и управления качеством электроэнергии
OSI	Open systems interconnection basic reference model (англ.) – базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем
PRP	Parallel Redundancy Protocol model (англ.) – протокол беспшовного параллельного резервирования
PTP	Precision Time Protocol (англ.) – протокол точного времени, используемый для синхронизации часов по компьютерной сети

QoS	Quality of Service (англ.) – качество обслуживания
RSPAN	Remote Switch Port Analyzer (англ.) – дублирование пакетов одного порта сетевого коммутатора на порту другого сетевого коммутатора
RSTP	Rapid spanning tree protocol (англ.) – протокол резервирования, создающий древовидную структуру
SCD	Substation Configuration Description (англ.) – файл описания конфигурации подстанции
SIEM	Security information and event management (англ.) – система управления событиями безопасности
SPAN	Switched Port Analyzer (англ.) – дублирование пакетов одного порта сетевого коммутатора на другом
SV	Sampled Values (англ.) – протокол МЭК 61850-9-2 для передачи мгновенных значений тока и напряжения от измерительных трансформаторов
VLAN	Virtual Local Area Network (англ.) – логическая локальная вычислительная сеть
VRRP	Virtual Router Redundancy Protocol (англ.) – сетевой протокол для создания виртуального роутера на базе участвующих в этом процессе физических роутеров или L3-интерфейсов коммутаторов

Теоретический материал

Технические требования к техническому обеспечению ЛВС

Промышленный коммутатор

Сетевые коммутаторы (далее коммутаторы) относятся к активному сетевому оборудованию, обеспечивающему информационные связи устройств полевого уровня и уровня присоединения, устройств уровня присоединения и станционного уровня, и вместе с структурированными кабельными сетями составляют инфраструктуру передачи информации, являющуюся неотъемлемым архитектурным элементом подстанции.

Коммутатор функционирует на канальном (втором) уровне модели взаимодействия открытых систем (OSI) и обеспечивает выполнение следующих функций:

- непрерывность связи между устройствами ЛВС для возможности передачи трафика иному сетевому сегменту;
- построение единственного маршрута передачи данных по ЛВС без петель коммутации, приводящих к широковещательным штормам на данном участке ЛВС;
- установку приоритетов в доступе к ресурсам сети определенным видам трафика.

Коммутаторы должны обеспечивать надежную передачу данных между источником и приемником с заданными параметрами (время доставки, приоритезация и др.).

Коммутатор может обеспечивать функции маршрутизатора при наличии соответствующих технических возможностей и соответствии требованиям к маршрутизаторам.

Коммутаторы шины процесса и станционной шины должны поддерживать протокол синхронизации времени РТР (поддержка режимов master, slave, transparent clock) для станционной шины – программно, для шины процесса – аппаратно.

Коммутаторы обязательно должны поддерживать механизмы QoS (IEEE 802.1D) и VLAN (IEEE 802.1Q).

Коммутаторы обязательно должны поддерживать технологию зеркалирования трафика (например, SPAN) и удаленного зеркалирования (например, RSPAN или ERSPAN) от источников типа «порт» и «VLAN».

Коммутаторы шины процесса должны иметь коммуникационные интерфейсы с разъемами LC, выполненные на базе волоконно-оптических каналов связи. Коммутаторы должны иметь коммуникационные интерфейсы, соответствующие требованиям не хуже IEEE 802.3 в части интерфейса 100BASE-FX, и коммуникационные интерфейсы, соответствующие требованиям не хуже IEEE 802.3 в части интерфейса 1000BASE-LX.

Конкретный состав (тип разъемов, скорость передачи) коммуникационных интерфейсов должен определяться при проектировании. Количество коммуникационных интерфейсов сетевого коммутатора должно выбираться при проектировании инфраструктуры передачи информации подстанции в соответствии с расчетами, выполненными в соответствии с данным СТО.

Промышленные коммутаторы должны соответствовать требованиям, утвержденным ПАО «Россети» и ПАО «ФСК ЕЭС» [1], [2].

Промышленный коммутатор Redundancy Box

Промышленный коммутатор Redundancy Box (далее RedBox) – коммутатор, реализующий в сети ЛВС технологию резервирования PRP (Parallel Redundancy Protocol) [3]. PRP использует две параллельных сети передачи данных (Сеть «А» и Сеть «В») с произвольной топологией, не исключая ЛВС с отсутствием резервирования (MRP и RSTP).

Сеть «А» и Сеть «В» работают независимо друг от друга и могут не содержать никакой специальной аппаратной или программной поддержки PRP. Сам протокол PRP реализуется на конечных устройствах типа DANP

(Double Attached Node for PRP), имеющих два сетевых интерфейса и подключенных к двум независимым сетям.

В основе PRP резервирования – существование минимум двух одновременно активных соединений между двумя узлами сети таким образом, что отправитель данных посылает кадры синхронно по двум независимым Ethernet каналам. Учитывая разную топологию, пропускную способность и загруженность обеих сетей, два кадра доходят до адресата с разной задержкой. Первый пришедший получателю кадр принимается и передается на верхний уровень, второй – удаляется. Сетевое приложение (SAN устройство), принимающее поток данных от RedBox, не ощущает разницы между резервированным с PRP и обычным Ethernet-интерфейсом.

RedBox идентифицирует дублирование кадров благодаря специальному контрольному маркеру RCT (Redundancy Control Trailer) в составе кадров протокола. В дополнение к идентификатору подсети и пользовательским данным в кадр помещается 32-битовое поле, включающее номер последовательности PRP, который служит идентификатором для RedBox для передачи его на верхний уровень или удаления.

RedBox в ЛВС АСУ ТП ПС ЕНЭС предназначены для подключения серверов удаленного доступа и осциллограмм к станционной шине.

Межсетевой экран

Межсетевой экран (далее МЭ) – оборудование контроля и фильтрации пакетов информации сети передачи данных, осуществляющее контроль и фильтрацию проходящих через него пакетов информации сети передачи данных в соответствии с заданными правилами. Оборудование состоит из комплекса аппаратных и/или программных средств.

Фильтрация пакетов выполняется в целях:

- предотвращения передачи определенного вида трафика, как в локальный сегмент сети передачи данных, так и из него;

– замены адресов, используемых в локальной сети, на адреса, транслируемые вовне, и наоборот.

МЭ, применяемый в АСУ ТП, может иметь программное или программно-техническое исполнение и должен обеспечивать контроль и фильтрацию промышленных протоколов передачи данных (IEC, Modbus, Profibus и (или) иные протоколы).

МЭ располагаются на границах демилитаризованной зоны и АСУ ТП (шина управления и шина станции) и на границе демилитаризованной зоны и оборудования связи с вышестоящими системами управления.

На границах демилитаризованной зоны и АСУ ТП применяются МЭ типа «Б» или типа «Д», на физической границе (периметре) информационной системы применяются МЭ типа «А» или типа «Д» в соответствии с методическими документами ФСТЭК России.

Для обеспечения надежности межсетевые экраны должны поддерживать технологию VRRP, которая позволяет формировать отказоустойчивую, прозрачную систему из группы роутеров, работающих как один отказоустойчивый шлюз по умолчанию (первый узел маршрута).

Система обеспечения единого времени

Система обеспечения единого времени (СОЕВ) обеспечивает синхронизацию времени на подстанции с помощью первичных и вторичных часов. Время задается на первичных часах, которые синхронизируются по внешним каналам связи (спутники GPS/ГЛОНАСС), информация о времени передается по ЛВС подстанции.

СОЕВ состоит из:

- приемника (активной антенны) спутникового сигнала точного времени;
- сервера точного времени (ведущих часов);
- коммуникационной сети с аппаратной поддержкой протокола РТР;

– устройств подстанции с синхронизируемыми часами точного времени.

Устройства и каналы СОЕВ должны резервироваться. В системе синхронизации должно иметься не менее 2 серверов точного времени. СОЕВ на подстанции должна обеспечивать календарную синхронизацию времени и инструментальную синхронизацию времени.

Сервер точного времени должен обеспечивать поддержку стандартных сетевых протоколов SNTP, PTP. Протоколы SNTP и PTP должны обрабатываться независимо и не влиять друг на друга в процессе одновременной работы.

Рекомендуемое число независимых сетевых портов на сервере времени – 4.

Для III архитектуры с шиной процесса:

– сервер точного времени, установленный в ШСК №1, подключается к шине управления, шине станции и шине процесса (PRP сеть А);

– сервер точного времени, установленный в ШСК №2, подключается к шине управления, шине станции и шине процесса (PRP сеть Б).

Для I, II архитектуры и III архитектуры с мультишиной:

– сервер точного времени, установленный в ШСК №1, подключается к шине управления и шине станции (PRP сеть А);

– сервер точного времени, установленный в ШСК №2, подключается к шине управления и шине станции (PRP сеть Б).

Основным сервером синхронизации для комплектов основных защит, основных КП, ЭОБ основных каналов, основных устройств шины управления и т.д. является сервер СОЕВ, установленный в ШСК № 1, резервным – сервер СОЕВ, установленный в ШСК № 2.

Основным сервером синхронизации для комплектов резервных защит, резервных КП, ЭОБ резервных каналов, резервных устройств шины управления и т.д. является сервер СОЕВ, установленный в ШСК № 2, резервным – сервер СОЕВ, установленный в ШСК № 1.

Требования к системе обеспечения единого времени на подстанции установлены в соответствующем нормативном документе [4].

Технические характеристики устройств СОЕВ, допустимые габариты, количество интерфейсов должны соответствовать утвержденному стандарту ПАО «ФСК ЕЭС» [2].

Промышленные устройства обнаружения и предотвращения вторжения

Система обнаружения вторжения (далее СОВ) – специализированный программно-аппаратный комплекс мониторинга сетевого обмена между узлами в промышленной сети систем защиты и управления, который позволяет определять и регистрировать аномальные и важные, с точки зрения обеспечения безопасности эксплуатации оборудования, информационные события.

Об обнаруженных отклонениях технологического процесса от нормы, а также об угрожающих ИБ событиях, СОВ оповещает обслуживающий персонал (в том числе, специалистов ИБ).

Список основных функциональных возможностей СОВ:

- обнаружение и регистрация подключения новых сетевых устройств к контролируемым сегментам технологической сети;
- обнаружение и регистрация новых сетевых коммуникаций между узлами по признакам: адрес узла-отправителя, адрес узла-получателя, протокол обмена, порт, количество допустимых соединений и т.д.;
- обнаружение и регистрация сетевых подключений к ИЭУ с использованием прикладных технологических протоколов, используемых для конфигурирования;
- визуализация цепочек атак: СОВ должна связывать между собой в цепочку отдельные события, сравнивая их с векторами типичных атак; по мере развития атаки цепочка должна позволить специалистам распознать и оперативно отреагировать на угрозы ИБ;

– СОВ должна иметь возможность быть интегрированной в систему управления событиями безопасности (Security information and event management - SIEM) вышестоящего уровня.

Применение СОВ должно позволять определять большинство возможных событий в технологической сети, являющихся частью сценариев нарушения информационной безопасности, тем самым обеспечивая своевременное информирование персонала о возможном инциденте, а также качественное расследование случаев технологических нарушений.

Наличие СОВ должно позволить точно установить причину технологического нарушения и, соответственно, принять адекватные и эффективные меры недопущения или защиты от подобных инцидентов в будущем.

Сервер СОВ устанавливается в демилитаризованной зоне. СОВ должна иметь копию информационного трафика как шины станции, так и шины управления.

Применение аппаратно-программного комплекса InfoDiode, предназначенного для однонаправленной передачи данных, определяется требованиями проекта и не является обязательным.

Применение СОВ обязательно для подстанций с АСУ ТП категории К2 и К1, рекомендовано для подстанций с АСУ ТП категории К3 в соответствии с приказом ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31.

Применение СОВ обязательно для подстанций, на которых размещены объекты КИИ 1 и 2 категории значимости в соответствии с приказом ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239; рекомендовано для подстанций, на которых размещены объекты КИИ 3 категории значимости или значимые объекты КИИ отсутствуют.

Регистратор событий ЦПС

Регистратор событий ЦПС (РС ЦПС) – программно-аппаратный комплекс, выполняющий функцию анализа сетевого трафика шины станции и шины процесса.

Основные функции РС ЦПС:

- анализ данных стандарта МЭК 61850 GOOSE, МЭК 61850-9-2 и корпоративного профиля МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» на предмет соответствия электронному проекту (SCD-файлу);
- контроль параметров передачи SV-потокaм и GOOSE-сообщений;
- анализ конфигурации информационной сети на соответствие SCD-файлу;
- мониторинг ошибок на предмет потери или искажения пакетов;
- анализ загруженности ЛВС;
- отображение всех SV-потокaм и GOOSE-сообщений в ЛВС;
- регистрация и хранение собранной информации;
- выдача обобщенной сигнализации в АСУ ТП.

Объем дискового хранилища РС ЦПС должен определяться при проектировании и обеспечивать хранение собранной информации в течение не менее трех месяцев.

Структурированные кабельные системы

Структурированные кабельные системы (СКС) относятся к пассивному оборудованию, обеспечивающему информационные связи устройств полевого уровня и уровня присоединения, устройств уровня присоединения и станционного уровня, и вместе с сетевыми коммутаторами и другим оборудованием составляют инфраструктуру передачи информации, являющуюся неотъемлемым архитектурным элементом АСУ ТП ПС.

В состав инфраструктуры передачи информации подстанции должны входить следующие структурированные кабельные системы:

- шина процесса, технологическая СКС передачи данных основная;
- шина процесса, технологическая СКС передачи данных резервная;
- шина станции, СКС передачи данных основная;
- шина станции, СКС передачи данных резервная;
- шина управления;

– демилитаризованная зона.

Все соединения СКС на подстанции должны выполняться волоконно-оптическим кабелем.

Оптические коммутационные панели служат для распределения оптического сигнала, подведенного к ней по магистральному кабелю, по портам, оборудованным разъемами, к которым подключаются коммутационные шнуры, передающие сигнал на Ethernet-порты активного сетевого оборудования подстанции.

Для соединения устройств полевого уровня, расположенных вблизи основного электротехнического (первичного) оборудования или встроенных в него, с коммутаторами шины процесса должен применяться бронированный волоконно-оптический кабель, конструктивно предназначенный для прокладки вне помещений в кабельной канализации (линейные).

Для соединения устройств уровня присоединения с коммутаторами шины процесса и коммутаторами шины станции, устройств станционного уровня с коммутаторами шины станции должен применяться волоконно-оптический кабель, конструктивно предназначенный для прокладки внутри помещений.

Оптические коммутационные панели, волоконно-оптические кабели и коммутационные шнуры должны соответствовать утвержденному стандарту ПАО «ФСК ЕЭС» [2].

Организационно-технические требования

Типовые требования к общей архитектуре сети. Варианты типовых структур построения сети и внутрисистемных коммуникаций для различных архитектур построения сетей АСУ ТП и РЗА

ПТК АСУ ТП подстанции представляет собой единую, интегрированную, иерархическую распределенную человеко-машинную систему, оснащенную средствами управления, сбора, обработки, отображения, регистрации, хранения и передачи информации.

ПТК состоит из четырех основных уровней программно-технических средств:

- полевой уровень;
- уровень присоединения;
- станционный уровень;
- демилитаризованная зона.

К устройствам полевого уровня относятся:

- преобразователи аналоговых сигналов (ПАС);
- преобразователи дискретных сигналов (ПДС);
- волоконно-оптические электронные ТТ и ТН;
- ИЭУ РЗА с функцией АУВ, выполняющие функции контроллера присоединений 6-35 кВ;
- коммутаторы, сетевое оборудование шины процесса.

Оборудование полевого уровня устанавливается в непосредственной близости к первичному оборудованию.

Устройства уровня присоединения:

- контроллеры присоединений (КП) и УСО;
- интегрируемые устройства смежных систем (РЗ и СА, ПА, ОМП, РС ЦПС, УПАСК и другие устройства - информационно интегрируются, но не входят в состав АСУ ТП);
- станционные контроллеры связи и управления (СКСУ);

- измерительные преобразователи (ИП);
- оборудование СОЕВ;
- коммутаторы, RedBox, сетевое оборудование шины станции;
- преобразователи интерфейсов и среды передачи данных;
- конвертеры протоколов.

Устройства станционного уровня:

- сервера АСУ ТП;
- АРМ ОП (резервированное) и АРМ РЗА/АСУ;
- система гарантированного питания (СГП);
- коммутаторы, сетевое оборудование шины управления и шины ДМЗ;
- сервера удаленного доступа и сбора осциллограмм;
- серверы телемеханики;
- сервер ИБ;
- система обнаружения вторжений.

ИЭУ РЗА имеют двойное назначение: как устройства автономной системы РЗА, так и как компоненты уровня присоединения ПТК АСУ ТП, которые используются в качестве источников значительного объема цифровой информации для решения различных задач контроля и управления объектом в нормальных и аварийных режимах на ПС, а также на верхних уровнях диспетчерско-технологического управления электрическими сетями.

Устройства полевого уровня иерархии управления подстанции осуществляют информационный обмен с устройствами уровня присоединения посредством шины процесса и шины станции.

Устройства уровня присоединения осуществляют информационный обмен с устройствами полевого уровня посредством шины процесса и с устройствами станционного уровня посредством шины станции и шины управления напрямую. Информационный обмен с удаленными центрами управления осуществляется посредством серверов удаленного доступа и осциллограмм, расположенных в ДМЗ.

Устройства стационарного уровня осуществляют информационный обмен посредством шины управления и шины станции с устройствами уровня присоединения напрямую и с удаленными центрами управления посредством серверов ТМ, расположенных в ДМЗ.

Демилитаризованная зона предназначена для организации передачи информации из шины управления и шины станции на вышестоящие уровни управления: ЦУС, РДУ, ОДУ и т.д.

Обмен технологической информацией между серверами удаленного доступа и сбора осциллограмм и вышестоящими ДЦ осуществляется по протоколу SFTP. Их удаленный просмотр при необходимости осуществляется с помощью протокола RDP.

В перспективных применениях в условиях повышения пропускной способности оборудования и ресурсов оконечных устройств по обработке целесообразно использовать единую шину данных, объединяющую шину станции и шину процесса, – мультишину.

Сетевое оборудование шины управления, шины ДМЗ, шины станции и шины процесса должно быть резервировано для исключения деградации системы связи при единичном отказе сетевого оборудования.

В зависимости от объемов внедрения цифровых технологий передачи данных на подстанции выделяют три архитектуры подстанций.

I архитектура предполагает применение протокола MMS для интеграции устройств РЗА и КП в единую систему АСУ ТП без использования протоколов GOOSE и SV.

Таким образом, данная архитектура не предполагает использование ШПДС, ШПАС. При проектировании построения сети и внутрисистемных коммуникаций по I архитектуре следует руководствоваться Приложением А, структурными схемами 1 и 2.

Дополнительные требования в части построения сети и внутрисистемных коммуникаций предъявляются только в части информационной безопасности.

II архитектура предполагает применение протокола MMS для интеграции устройств РЗА и КП в единую систему АСУ ТП, а также использование протокола GOOSE для быстрой передачи информации между устройствами уровня присоединения (РЗА и КП), а также для передачи сигналов между устройствами РЗА и преобразователями дискретных сигналов, установленными в ШПДС.

Применение протокола Sampled Values в данной архитектуре не предусматривается. Вторая архитектура предполагает применение ШПДС.

При проектировании построения сети и внутрисистемных коммуникаций по II архитектуре следует руководствоваться Приложением А, структурной схемой 3.

III архитектура предполагает применение протокола MMS для интеграции устройства РЗА и КП в единую систему АСУ ТП, применение протокола GOOSE для быстрой передачи информации между устройствами уровня присоединений (РЗА и КП) и передачи информации между устройствами РЗА и ШПДС, а также применение протокола Sampled Values для передачи данных измерений токов и напряжений от ЦТТ и ЦТН, и, на переходном этапе, от ШПАС.

При проектировании построения сети и внутрисистемных коммуникаций по III архитектуре следует руководствоваться Приложением А, структурными схемами 4 и 5.

Для II и III архитектуры характерно применение резервированного контроллера присоединений, который устанавливается на каждое распределительное устройство (ОРУ 500 кВ, ОРУ 220 кВ и т.д.). Количество присоединений на КП определяет производитель ПТК.

Одной из функций контроллеров присоединений является диагностика устройств шины процесса, которая выполняется посредством GOOSE-

сообщений II класса в соответствии с профилем МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС».

Организационно-технические требования к безопасности, в том числе информационной

Программно-аппаратные средства подстанции должны разрабатываться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56939 для предотвращения появления (или устранения) уязвимостей встроенного и пользовательского ПО.

Формирование требований, разработка и внедрение подсистемы безопасности подстанции должно производиться в соответствии с порядком, установленным приказом ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239 «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

Неиспользуемые порты на коммутационном оборудовании должны быть отключены на логическом и физическом уровне.

Решения по сегментации ЛВС

ЛВС АСУ ТП ПС должна быть сегментирована на логические сегменты – уровни/шины, определяемые по функциональному назначению с целью построения многоуровневой (эшелонированной) системы защиты. Должна быть обеспечена защита периметров сегментов. На границах сегментов должно быть реализовано межсетевое экранирование с помощью МЭ, имеющих программное или программно-техническое исполнение (рисунок 1.1).

В ЛВС АСУ ТП ПС, в общем случае, выделяют четыре шины:

- шина процесса – должна быть отделена физически от шины станции;
- шина станции – обеспечивает связь между вторичными устройствами на уровне присоединений и отделена от шины управления при помощи МЭ;

– шина управления – обеспечивает связь между собой АРМ ОП, АРМ РЗА/АСУ, серверов АСУ ТП и отделена от ДМЗ при помощи МЭ типа «Б» или типа «Д»;

– ДМЗ отделена от шины управления и от шины станции при помощи МЭ типа «Д» (возможно применение программного МЭ), а от оборудования связи с вышестоящими уровнями управления при помощи МЭ типа «А» или типа «Д».

Для размещения объектов КИИ с разной категорией значимости должны выделяться логические сегменты ЛВС, разделенные средствами межсетевого экранирования.

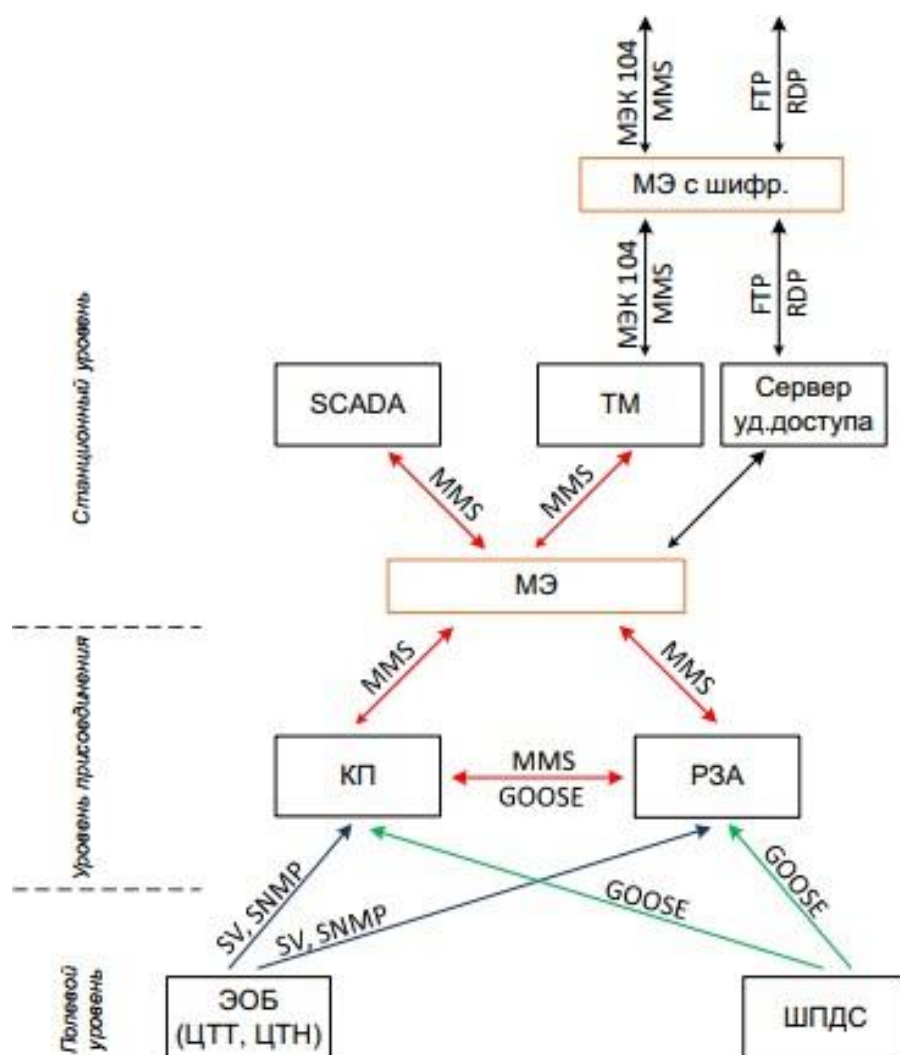


Рисунок 1.1 – Схема информационных потоков и сегментирования ЛВС АСУ ТП ЦПС для III архитектуры

Решения по организации демилитаризованной зоны

Для обеспечения информационного обмена с вышестоящими уровнями управления необходима организация демилитаризованной зоны.

На границах ДМЗ должно быть реализовано межсетевое экранирование с помощью МЭ, имеющих программное или программно-техническое исполнение.

Устройства АСУ ТП ПС ЕНЭС, расположенные в ДМЗ, перечислены в предыдущих разделах.

Для организации связи между устройствами, расположенными в ДМЗ, необходимо применять коммутаторы, аналогичные применяемым в шине управления.

Система информационной безопасности

Общеподстанционная система информационной безопасности должна состоять из следующих компонентов:

- объектовая система обнаружения вторжений;
- антивирусное обеспечение (защита АРМ и серверов, сетевого трафика, защита от шпионского ПО, обнаружение запрещенных сетевых приложений);
- система обновления программного обеспечения;
- центр управления информационной безопасностью.

Решения по объектовой системе обнаружения вторжений

Система обнаружения вторжений (СОВ) на сетевом уровне должна контролировать трафик в следующих ключевых точках:

- шина станции RSTP (для I архитектуры);
- шина станции PRP сеть «А»;
- шина станции PRP сеть «Б»;
- шина управления;
- шина ДМЗ.

Для этого с коммутаторов через SPAN-порты трафик направляется на сервер COB. Интерфейс сервера COB настроен на работу только в режиме приема и неспособен оказать какое-либо влияние на работу АСУ ТП.

SPAN-порты настраиваются на коммутаторах шины управления – по одному на основном и резервном коммутаторе. На SPAN-порт зеркалируется трафик с портов коммутатора, к которым подключены сервера АСУ ТП, и с портов коммутатора, организующих кольцо.

Также SPAN-порты настраиваются на коммутаторах шины станции PRP сети А и Б – по одному из каждой сети. На SPAN-порт зеркалируется трафик с портов коммутатора, организующих кольцо.

Для III архитектуры с отдельной шиной процесса SPAN-порты также настраиваются на коммутаторах шины процесса PRP сети А и Б – по одному из каждой сети. На SPAN-порт зеркалируется трафик с портов коммутатора, организующих кольцо.

COB должна иметь документированные процедуры, регламентирующие действия при выявлении инцидентов информационной безопасности с целью оперативного реагирования, устранения причин, последствий и минимизации ущерба от вредоносных внутренних и внешних сетевых вторжений.

Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение оборудования ЛВС должно соответствовать следующим требованиям:

- создание и сохранение резервной конфигурации устройства на самом устройстве;
- возможность обновления программного обеспечения, в том числе удаленное, при обеспечении идентификации обновления и последующего функционального тестирования (методика тестирования должна быть описана в документации на устройство);
- встроенные механизмы проверки на целостность прошивок;

– должно быть русифицировано.

Типовые требования к интеграции информации от смежных систем и подсистем. Типовые требования к протоколам обмена данными

Устройства смежных систем (РЗ и СА, ПА и др.) должны подключаться к станционной шине ПТК по резервированным каналам передачи данных Ethernet. В качестве основного протокола интеграции должен применяться МЭК 61850-8-1 (MMS). Для устройств, не поддерживающих сетевое резервирование, подключение к станционной шине ПТК должно быть выполнено через RedBox. Применение протокола МЭК 60870-5-104 должно согласовываться отдельно.

Применение интерфейсов, отличных от Ethernet, и дополнительных устройств (шлюзов) для интеграции смежных систем нежелательно и требует отдельного обоснования. При использовании интерфейсов, отличных от Ethernet, интеграция устройств должна осуществляться по стандартным протоколам МЭК 60870-5-101/103 через СКСУ, располагаемый в отдельном шкафу.

Смежные подсистемы, не входящие в зону обслуживания АСУ, имеющие в составе сегменты ЛВС с возможностью подключения в них внешнего оборудования, должны подключаться к ПТК с помощью сетевых экранов (маршрутизаторов), предотвращающих проникновение в ЛВС ПТК АСУ ТП со стороны этих подсистем, сетевые экраны не резервируются.

К таким подсистемам относятся:

- Система мониторинга и управления качеством электроэнергии (СМиУКЭ);
- Система мониторинга переходных режимов (СМПР);
- Мониторинг трансформаторного оборудования;
- Мониторинг частичных разрядов КРУЭ;
- Мониторинг кабельных линий;
- Регистрация событий ЦПС (РС ЦПС);
- Комплекс систем технических средств безопасности (КСТСБ).

Методика расчета количества оборудования ЛВС и ШСК

Методика расчета количества оборудования ЛВС и ШСК

Исходные данные: однолинейная схема ПС и количество интеллектуальных устройств, определенных в соответствии со стандартом СТО 56947007-29.240.10.299-2020 «Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС».

Правила для расчета количества оборудования ЛВС, основанные на технических решениях в рамках типизации НКУ для нужд ПАО «ФСК ЕЭС»:

Правило 1: в один коммутатор можно подключить не более 24 ИЭУ, остальные порты коммутаторов предназначены для внутришкафных соединений (например, устройств СОЕВ) и для соединений коммутаторов между собой при организации оптического кольца.

Правило 2: резерв свободных портов – не менее 10 %.

Правило 3: коммутаторы шины процесса (PRP сети А и Б) следует устанавливать в разных ШСК шины процесса. Если количество подключений оборудования КРУ/ЗРУ 6-35 кВ к шине процесса не велико, то можно выполнить подключение к ШСК шины процесса в помещении ОПУ.

Правило 4: коммутаторы шины станции PRP сети А и PRP сети Б должны устанавливаться в разных шкафах.

Правило 5: основные и резервные коммутаторы шины управления и шины ДМЗ устанавливаются в ШСО № 1 и ШСО № 2 соответственно, к ним подключается оборудование серверных шкафов и шкафа ИБ. Возможна установка коммутаторов шины ДМЗ в шкаф ИБ.

Правило 6: ШСК должны устанавливаться в помещении ОПУ. Для подключения устройств 6-35 кВ, если таких устройств более 10, ШСК можно установить в КРУ/ЗРУ 6-35 кВ.

Правило 7: в один ШСК можно установить не более 5 коммутаторов PRP сети А или PRP сети Б. Если в ШСК устанавливается 2 устройства СОЕВ, то максимальное количество коммутаторов в шкафу – 4.

Правило 8: количество и состав ШСК для устройств, расположенных в одном помещении, должны выбираться с учетом равномерного распределения подключенных устройств по шкафам.

Правило 9: устройства в пределах помещения подключаются к коммутаторам бронированными оптическими патч-кордами, минуя оптический кросс.

Правило 10: Устройства, расположенные на ОРУ (например, ПАС, ПДС) или в других зданиях, подключаются магистральным оптическим кабелем к оптическому кроссу, а далее оптическими патч-кордами к коммутатору. Максимальное количество подключаемых удаленных устройств – 36 (со 100% резервированием жил) или 48 (с 50 % резервированием жил).

Методика расчета:

1. Определить количество терминалов РЗ, СА, ПА, РАС, РС ЦПС, ОМП, УПАСК, КП, ИП, ПАС, ПДС в зависимости от однолинейной схемы ПС.

2. Выбрать топологию ЛВС из числа типовых структурных схем данного СТО.

3. Для архитектуры I, II типа и III типа с мультишиной:

- 3.1. Определить количество устройств, подключаемых к шине управления и к шине ДМЗ.

- 3.2. Определить количество основных и резервных коммутаторов шины управления и шины ДМЗ с учетом резерва свободных портов (10-15 %) на основании п. 3.1.

- 3.3. Если требуется больше одного основного и резервного коммутаторов шины управления, то коммутаторы шины ДМЗ устанавливаются в шкаф ИБ, а на свободное место в ШСО устанавливаются дополнительные коммутаторы.

3.4. Определить количество устройств, подключаемых к АСУ ТП через межсетевые экраны для обеспечения информационной безопасности.

3.5. Определить количество устройств, подключаемых к шине станции, для каждого уровня напряжения отдельно. При этом выделить из их числа устройства, подключаемые магистральным оптическим кабелем (например, ПДС, ПАС).

3.6. Определить количество коммутаторов PRP сети А / сети Б для шины станции для каждого уровня напряжения отдельно с учетом резерва свободных портов (10-15 %) на основании п. 3.7.

3.7. Определить количество ШСК PRP сети А / сети Б для шины станции на основании п. 3.3 и п. 3.8.

3.8. Определить количество портов в оптическом кроссе для ШСК шины станции. Для этого количество устройств, подключаемых магистральным оптическим кабелем из п. 3.7, умножить на 4 (каждое устройство подключается двумя жилами, две жилы резервные).

3.9. Определить количество 16-портовых кассет оптического кросса для ШСК шины станции на основании п. 3.8.

4. Для архитектуры III типа с отдельной шиной процесса дополнительно рассчитать оборудование ЛВС для шины процесса:

4.1. Определить количество устройств, подключаемых к шине процесса, для каждого уровня напряжения отдельно. При этом выделить из их числа устройства, подключаемые магистральным оптическим кабелем.

4.2. Определить количество коммутаторов PRP сети А / сети Б для шины процесса для каждого уровня напряжения отдельно с

34

учетом резерва свободных портов (10-15 %) на основании п. 4.1.

4.3. Определить количество ШСК PRP сети А / сети Б для шины процесса на основании п. 4.2.

4.4. Определить количество портов в оптическом кроссе для ШСК шины станции. Для этого количество устройств, подключаемых

магистральным оптическим кабелем из п. 4.1, умножить на 4 (каждое устройство подключается двумя жилами, две жилы резервные).

4.5. Определить количество 16-портовых кассет оптического кросса для ШСК шины станции на основании п. 4.4.

5. На основании полученных данных сформировать код заказа всех ШСК.

Пример расчета оборудования ЛВС для шины станции и шины процесса приведен в следующем разделе.

Пример поэтапного выполнения задания по расчету количества оборудования ЛВС и ШСК для заданной схемы подстанции.

Однолинейная схема ПС, для которой приведен пример расчета оборудования ЛВС и ШСК, приведена в данном разделе.

На однолинейной схеме отмечены выбранные типовые шкафы РЗА, УПАСК, ШПДС, ШПАС (рисунки 1.2 – 1.4).

Ниже приведен расчет количества оборудования ЛВС АСУ ТП для архитектуры III типа:

- с отдельной шиной процесса;
- с мультишиной.

Вариант 1 – с отдельной шиной процесса.

1. В таблице 1.1 указано количество оборудования ЛВС для АСУ ТП с отдельной шиной процесса.

Таблица 1.1 – Расчет оборудования ЛВС для АСУ ТП с отдельной шиной процесса.

п. 3.1 Количество устройств, подключаемых	к шине управления		к шине ДМЗ
	резервированное подключение	нерезервированное подключение	резервированное подключение
	АРМ – 3 Сервер – 2 ПДС ШСО – 1 Сервер СОВ – 1	АРМ – 2 Принтер – 2 Межсетевой экран - 2	Сервер ТМ – 2 Сервер удаленного доступа – 2 Сервер ИБ – 1 Сервер СОВ – 1 Межсетевой экран – 2 (нерезервированный)
	Итого: 10		Итого: 7
с учетом резерва	12		8
п. 3.2 Количество коммутаторов шины управления и шины ДМЗ			
- основной	1		1
- резервный	1		1
п. 3.3 Место установки коммутаторов шины управления и шины ДМЗ	основные коммутаторы шины управления и шины ДМЗ – в ШСО № 1; резервный коммутаторы шины управления и шины ДМЗ – в ШСО № 2		
п. 3.4 Количество	0		

устройств смежных подсистем, подключаемых через МЭ			
п. 3.5 Количество устройств, подключаемых к шине станции	500 кВ	220 кВ	10 кВ
	УПАСК - 2 РЗА – 18 КП – 2 ПДС – 26 Итого: 48	УПАСК – 7 РЗА – 11 КП – 2 ПДС – 30 ПАС – 4 Итого: 54	РЗА – 15 ИП – 13 Итого: 28
с учетом резерва	55	62	33
п. 3.6 Количество коммутаторов шины станции			
- PRP сети А	3	3	2
- PRP сети Б	3	3	2
п. 3.7 Количество ШСК шины станции			
- PRP сети А	1 (3 коммутатора)	1 (3 коммутатора)	1 (2 коммутатора)
- PRP сети Б	1 (3 коммутатора)	1 (3 коммутатора)	1 (2 коммутатора)
п. 3.8 Количество портов в оптическом кроссе	26*4 = 104	34*4 = 136	
п. 3.9 Количество 16-портовых кассет оптического кросса	7	9	
4.1 Количество устройств, подключаемых к шине процесса	ЭОБ - 14 РЗА – 18 КП – 2 Итого: 34	ЭОБ – 11 РЗА – 11 КП – 2 ПАС – 4 Итого: 28	-
с учетом резерва	39	32	
п. 4.2 Количество коммутаторов шины процесса	2	2	-
- PRP сети А	2	2	
- PRP сети Б			
п. 4.3 Количество ШСК шины процесса	1 (4 коммутатора)		-
- PRP сети А	1 (4 коммутатора)		
- PRP сети Б			
п. 4.4 Количество портов в оптическом кроссе	4*4 = 16		
п. 4.5 Количество 16-портовых кассет оптического кросса	1		

В итоге, для рассматриваемой ПС для архитектуры III типа с отдельной шиной процесса необходимо установить 8 ШСК (24 коммутатора):

- 2 ШСК по три коммутатора и 7 кассет оптического кросса для подключения устройств присоединений ОРУ 500 кВ к шине станции;
- 2 ШСК по три коммутатора и 9 кассет оптического кросса для подключения устройств присоединений ОРУ 220 кВ к шине станции;
- 2 ШСК по два коммутатора для подключения устройств присоединений 10 кВ к шине станции;
- 2 ШСК по четыре коммутатора и 1 кассете оптического кросса для подключения устройств присоединений ОРУ 500 кВ, ОРУ 220 кВ к шине процесса.

А также 2 коммутатора шины управления и 2 коммутатора шины ДМЗ в ШСО № 1 и ШСО № 2.

Вариант 2 – с мультишиной.

В таблице 1.2 приведен расчет оборудования ЛВС для АСУ ТП с мультишиной.

Таблица 1.2 – Расчет оборудования ЛВС для АСУ ТП с мульти шиной

п. 3.1 Количество устройств, подключаемых	к шине управления		к шине ДМЗ
	резервированное подключение	нерезервированное подключение	резервированное подключение
	АРМ – 3 Сервер – 2 ПДС ШСО – 1 Сервер СОВ – 1	АРМ – 2 Принтер – 2 Межсетевой экран - 2	Сервер ТМ – 2 Сервер удаленного доступа – 2 Сервер ИБ – 1 Сервер СОВ – 1 Межсетевой экран – 2 (нерезервированный)
	Итого: 10		Итого: 7
с учетом резерва	12		8
п. 3.2 Количество коммутаторов шины управления и шины ДМЗ - основной - резервный	1 1		1 1
п. 3.3 Место установки коммутаторов шины управления и шины ДМЗ	основные коммутаторы шины управления и шины ДМЗ – в ШСО № 1; резервный коммутаторы шины управления и шины ДМЗ – в ШСО № 2		
п. 3.4 Количество устройств смежных подсистем, подключаемых через МЭ	0		
п. 3.5 Количество устройств, подключаемых к мультишине	500 кВ	220 кВ	10 кВ
	УПАСК - 2 РЗА – 18 КП – 2 ПДС – 26 ЭОБ - 14 Итого: 62	УПАСК – 7 РЗА – 11 КП – 2 ПДС – 30 ПАС – 4 ЭОБ - 11 Итого: 65	РЗА – 15 ИП – 13 Итого: 28
с учетом резерва	71	72	33
п. 3.6 Количество коммутаторов мультишины - PRP сети А - PRP сети Б	3 3	3 3	2 2
п. 3.7 Количество ШСК мультишины - PRP сети А	1 (3 коммутатора)	1 (3 коммутатора)	1 (2 коммутатора)

- PRP сети Б	1 (3 коммутатора)	1 (3 коммутатора)	1 (2 коммутатора)
п. 3.8 Количество портов в оптическом кроссе	26*4 = 104	34*4 = 136	-
п. 3.9 Количество 16-портовых кассет оптического кросса	7	9	-

В итоге, для рассматриваемой ПС для архитектуры III типа с мультишиной необходимо установить 6 ШСК (16 коммутаторов):

- 2 ШСК по три коммутатора и 7 кассет оптического кросса для подключения устройств присоединений ОРУ 500 кВ к мультишине;
- 2 ШСК по три коммутатора и 9 кассет оптического кросса для подключения устройств присоединений ОРУ 220 кВ к мультишине;
- 2 ШСК по два коммутатора для подключения устройств присоединений 10 кВ к мультишине.

А также 2 коммутатора шины управления и 2 коммутатора шины ДМЗ в ШСО № 1 и ШСО № 2.

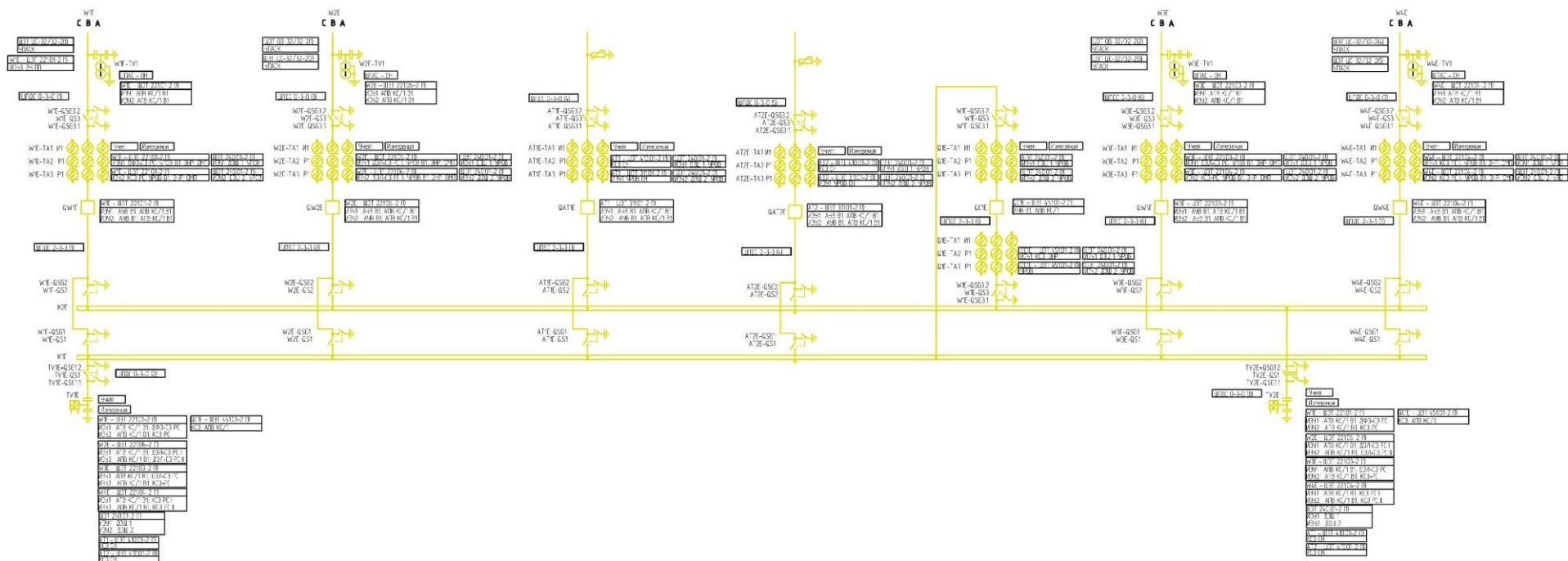


Рисунок 1.3 – Однолинейная схема ПС с указанием типовых шкафов. Фрагмент 2 (ОРУ 220 кВ)

Задание

Необходимо для однолинейная схема ПС, заданной по варианту выполнить расчет оборудования ЛВС и ШСК, по методике, приведенной в данных методических указаниях используя разобранный пример.

На однолинейной схеме отметить выбранные типовые шкафы РЗА, УПАСК, ШПДС, ШПАС.

Привести расчет количества оборудования ЛВС АСУ ТП для архитектуры III типа с отдельной шиной процесса или с мультишиной, в зависимости от заданного варианта.

Варианты однолинейных схем и тип шины приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Данные задания по варианту

№ варианта	№ рисунка схемы	Тип шины процесса
1	Рисунок 1.5	отдельная шина
2	Рисунок 1.5	мультишина
3	Рисунок 1.6	отдельная шина
4	Рисунок 1.6	мультишина
5	Рисунок 1.7	отдельная шина
6	Рисунок 1.7	мультишина
7	Рисунок 1.8	отдельная шина
8	Рисунок 1.8	мультишина
9	Рисунок 1.9	отдельная шина
10	Рисунок 1.9	мультишина
11	Рисунок 1.10	отдельная шина
12	Рисунок 1.10	мультишина
13	Рисунок 1.11	отдельная шина
14	Рисунок 1.11	мультишина
15	Рисунок 1.12	отдельная шина

16	Рисунок 1.12	мультишина
17	Рисунок 1.13	отдельная шина
18	Рисунок 1.13	мультишина
19	Рисунок 1.14	отдельная шина
20	Рисунок 1.14	мультишина
21	Рисунок 1.15	отдельная шина
22	Рисунок 1.15	мультишина
23	Рисунок 1.16	отдельная шина
24	Рисунок 1.16	мультишина
25	Рисунок 1.17	отдельная шина
26	Рисунок 1.17	мультишина
27	Рисунок 1.18	отдельная шина
28	Рисунок 1.18	мультишина
29	Рисунок 1.19	отдельная шина
30	Рисунок 1.19	мультишина

Схема № 110-4Н
Два блока с выключателями и неавтоматической
перемычкой со стороны линий

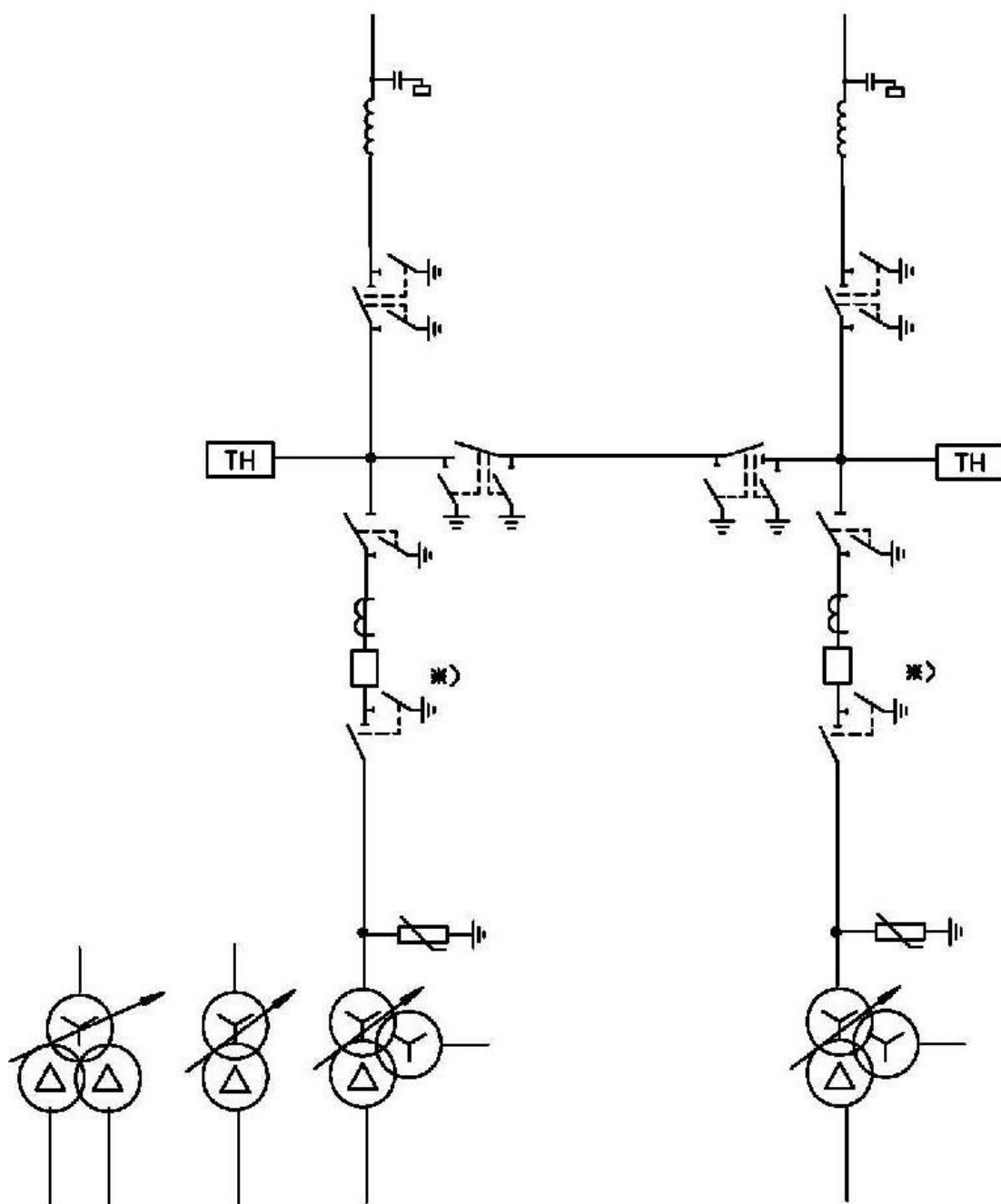
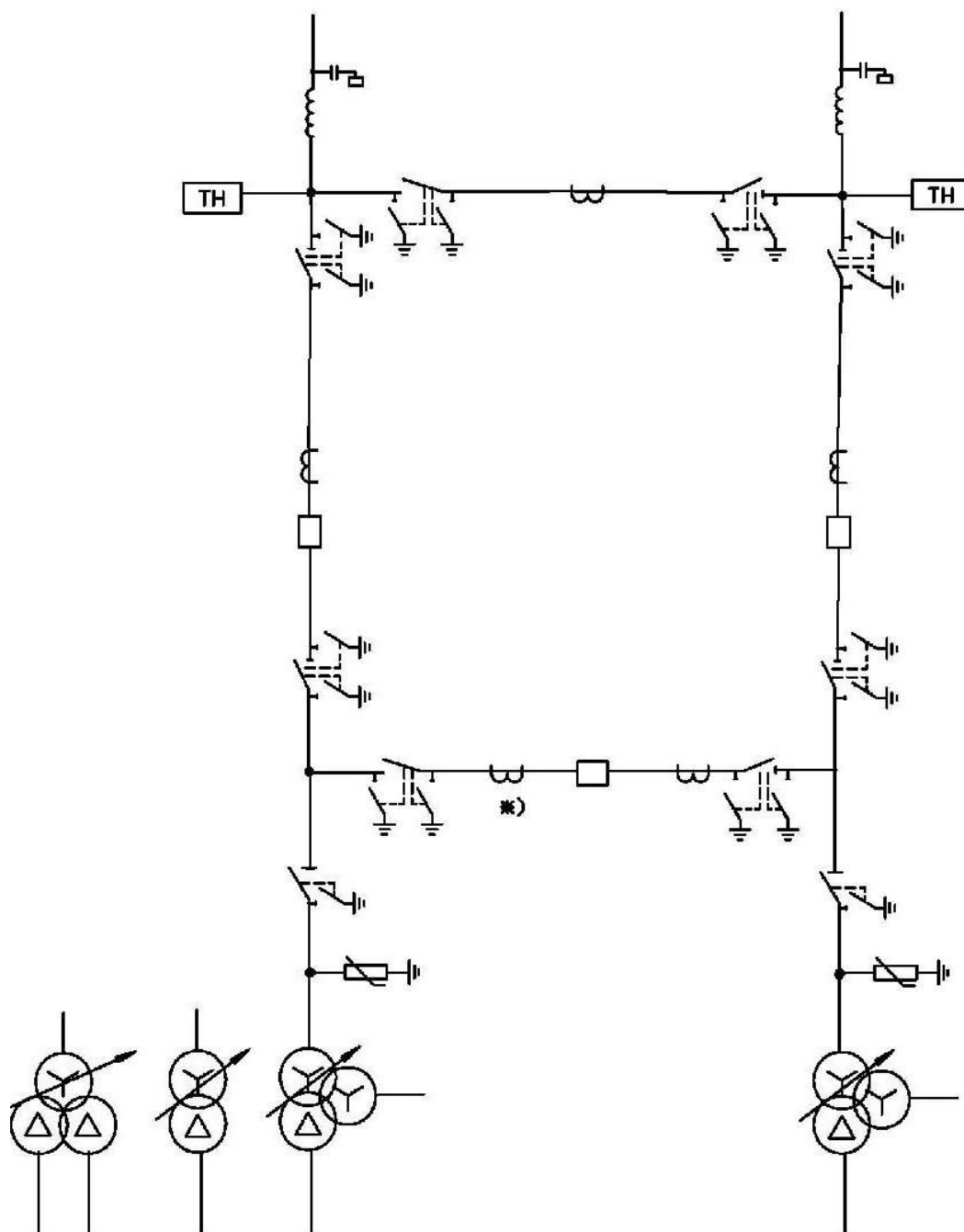


Рисунок 1.5 – Два блока с выключателями и неавтоматической
перемычкой со стороны линии

Схема №110-5Н

Мостик с выключателями в цепях линий и
ремонтной перемычкой со стороны линий

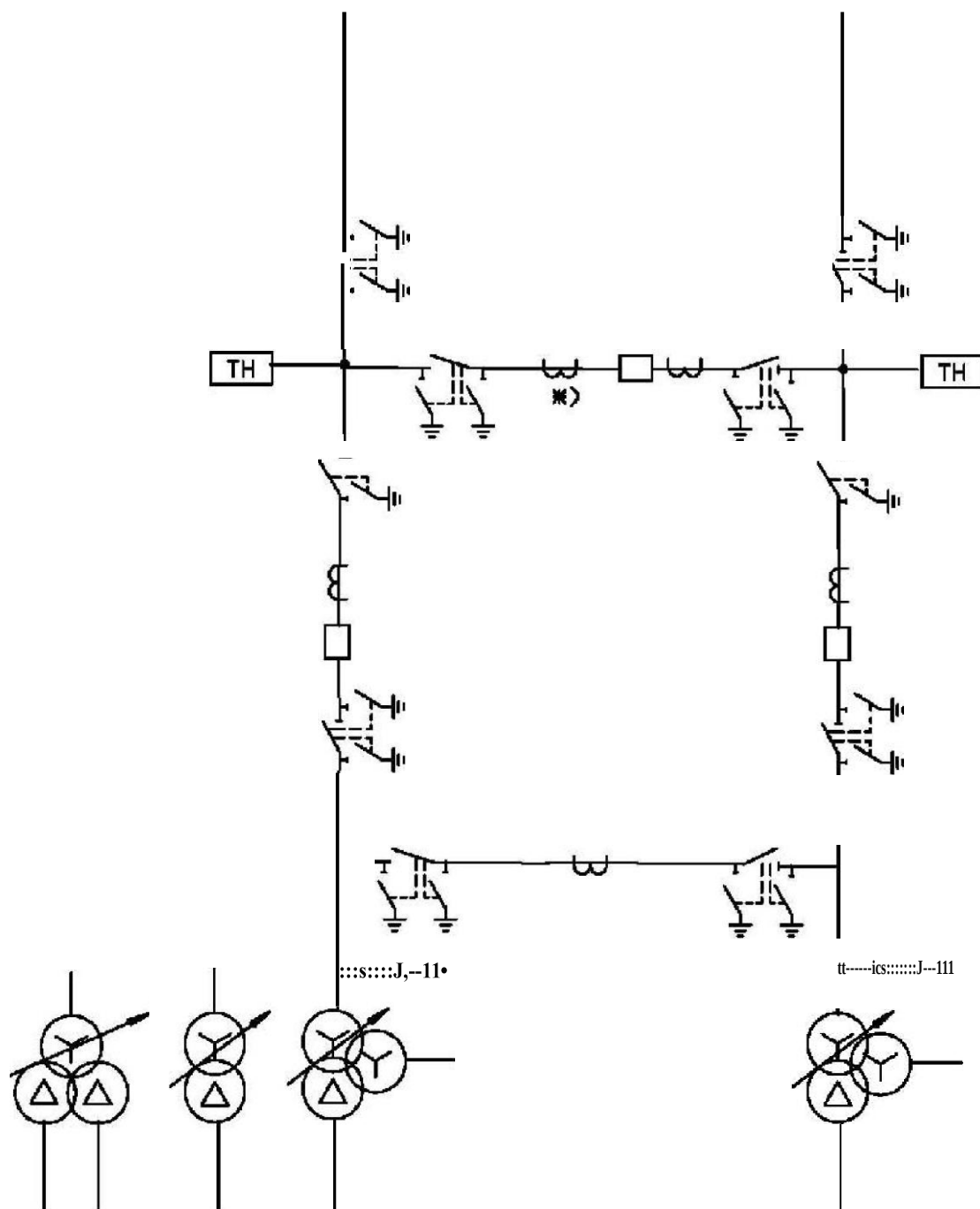


Трансформаторы тока, отмеченные *),
устанавливаются при соответствующем обосновании.

Рисунок 1.6 – Мостик с выключателями в цепях линии и ремонтной
перемычкой со стороны линии

Схема № 110-5АН

Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов



ТРАНСФОРМОТОРЫ тока, отмеченные Ж.,
становиваются ПРИ соответствующем обосновании,

Рисунок 1.7 – Мостик с выключателями в цепях трансформаторов и
ремонтной перемычкой со стороны трансформатора

Схема №110-6
Заход - выход

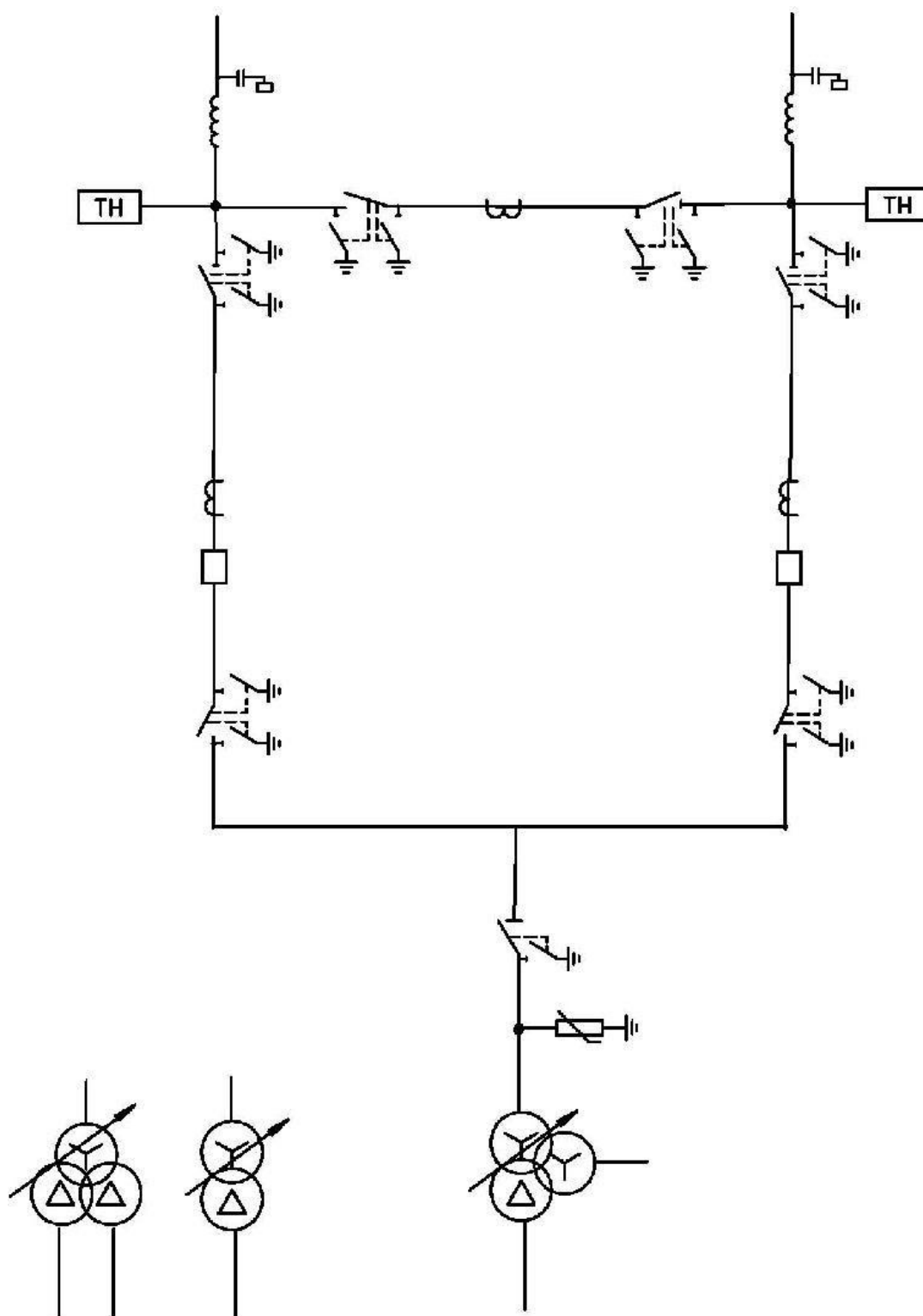


Схема № 110-9
Одна рабочая секционированная выключателем
система шин

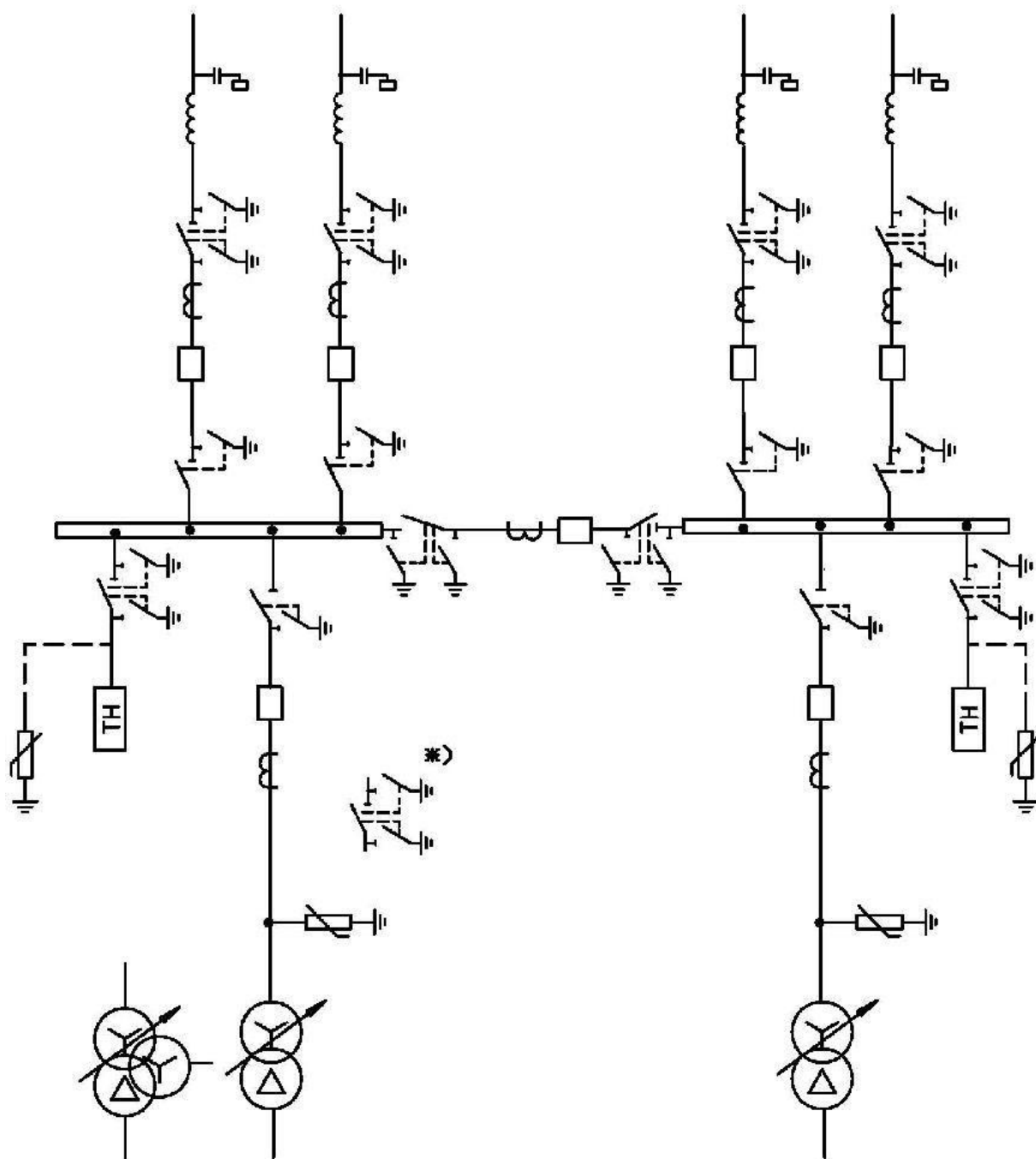


Рисунок 1.9 – Одна рабочая секционированная выключателем система

шин

Схема №110-9АН
Одна рабочая секционированная
система шин с подключением ответственных
присоединений через "полуторную" цепочку

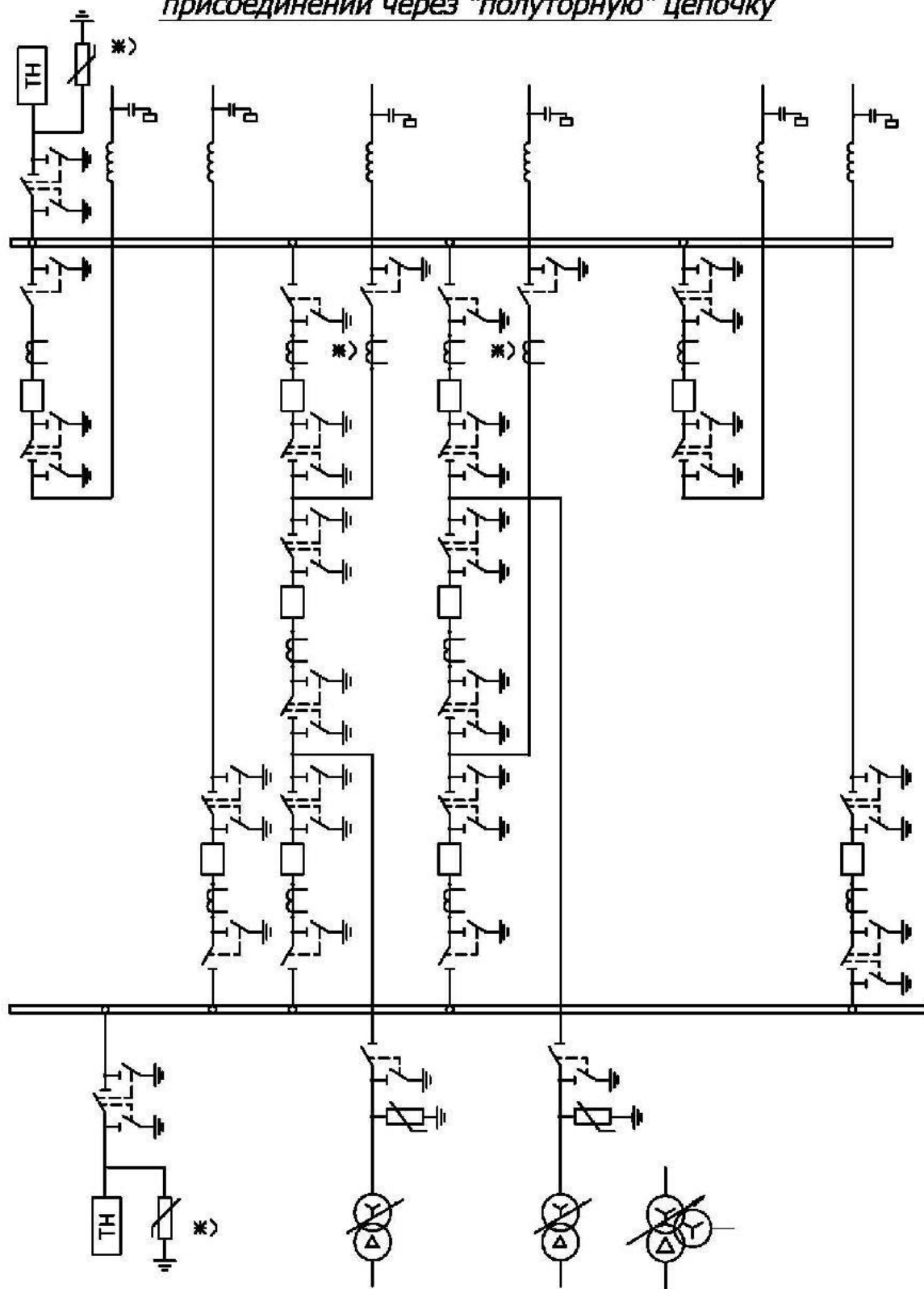


Рисунок 1.10 – Одна рабочая секционированная система шин с подключение ответственных присоединений через «полуторную» цепочку

Схема № 220-9
Одна рабочая секционированная
система шин

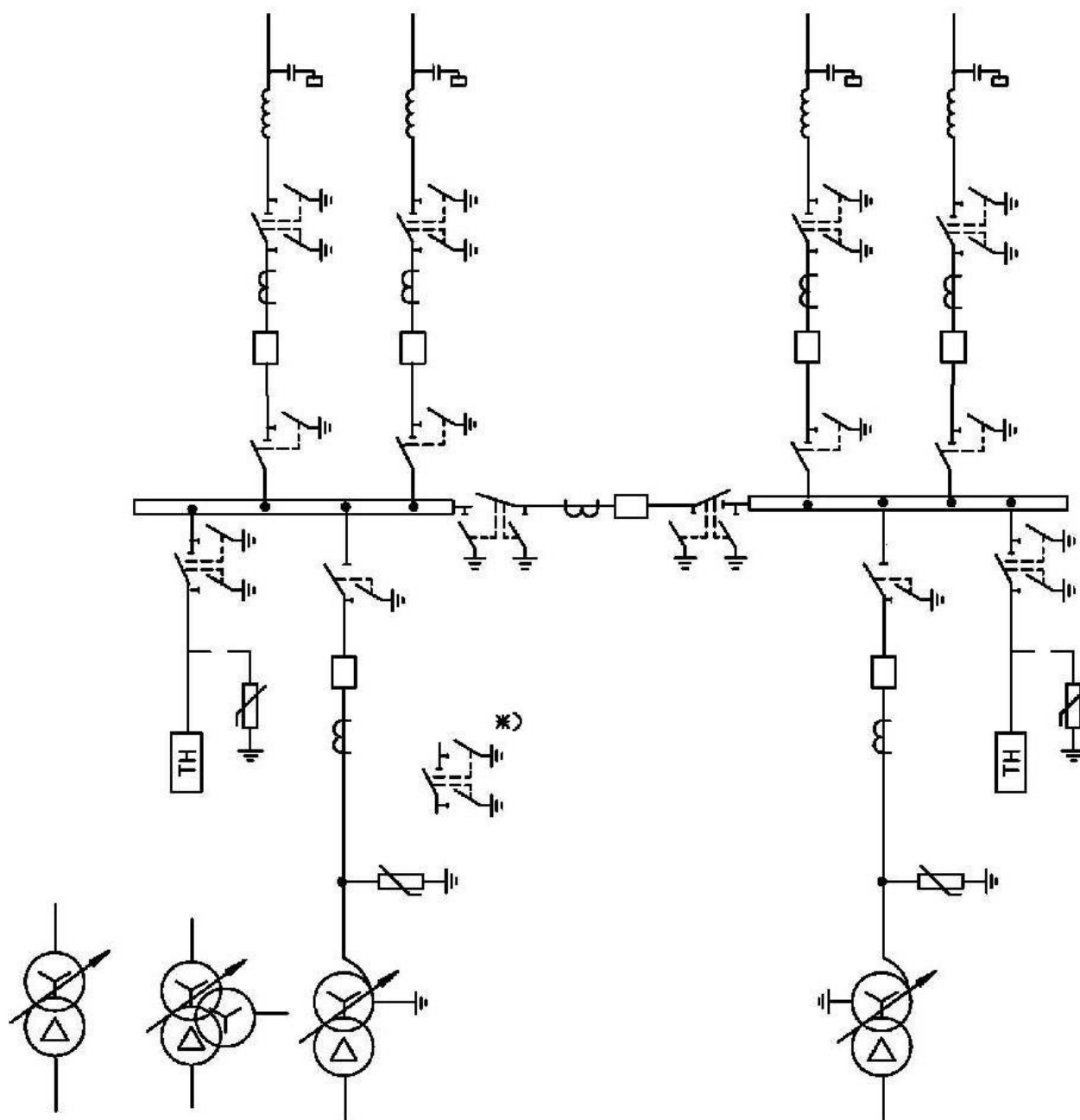


Рисунок 1.11 – Одна рабочая секционированная система шин

Схема № 22 0 -9АН
Одна рабочая секционированная
система шин с подключением ответственных
присоединений через "полупортную" цепочку

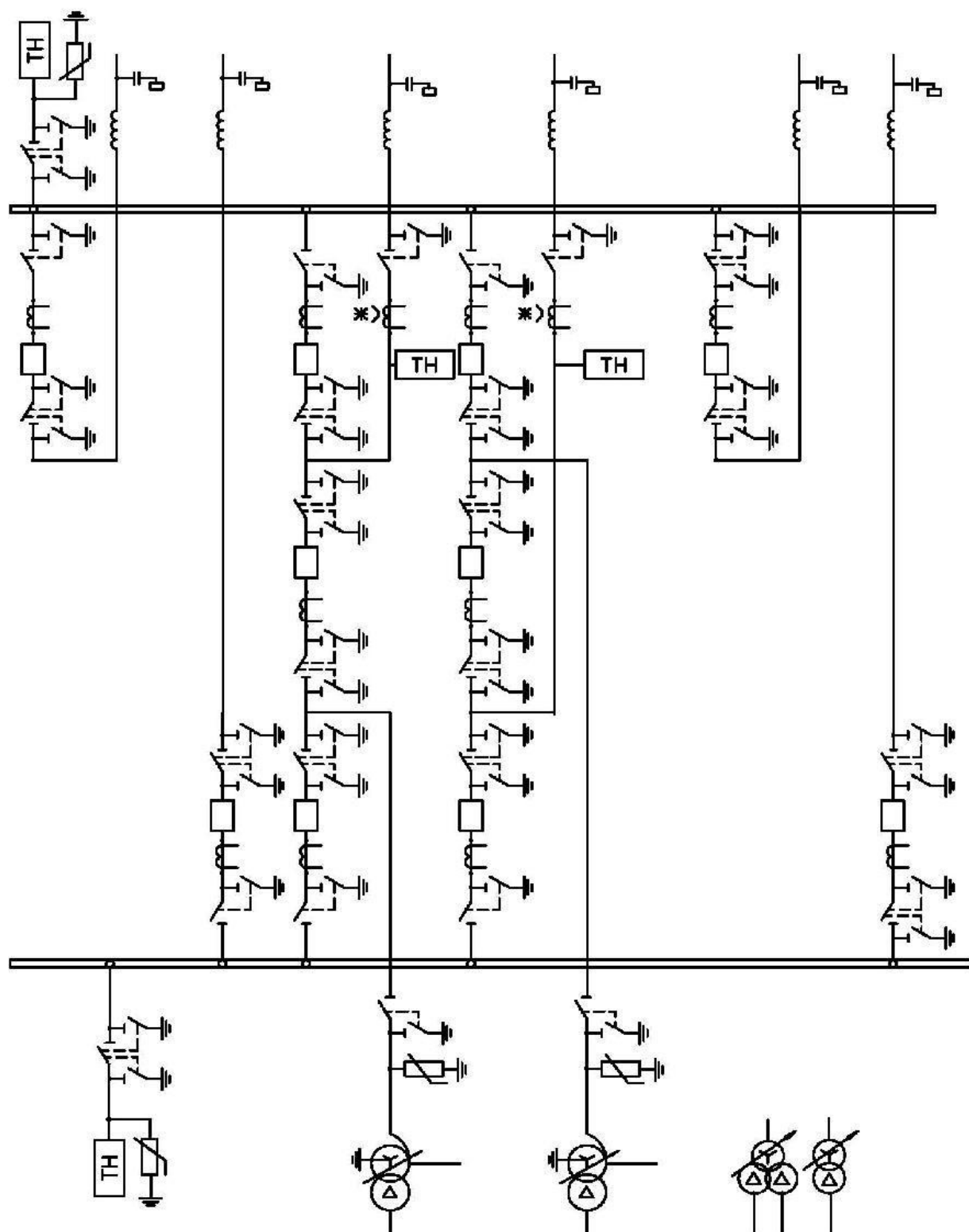


Рисунок 1.12 – Одна рабочая секционированная система шин с
 подключение ответственных присоединений через «полупортную» цепочку

Схема №330-бН
Треугольник.

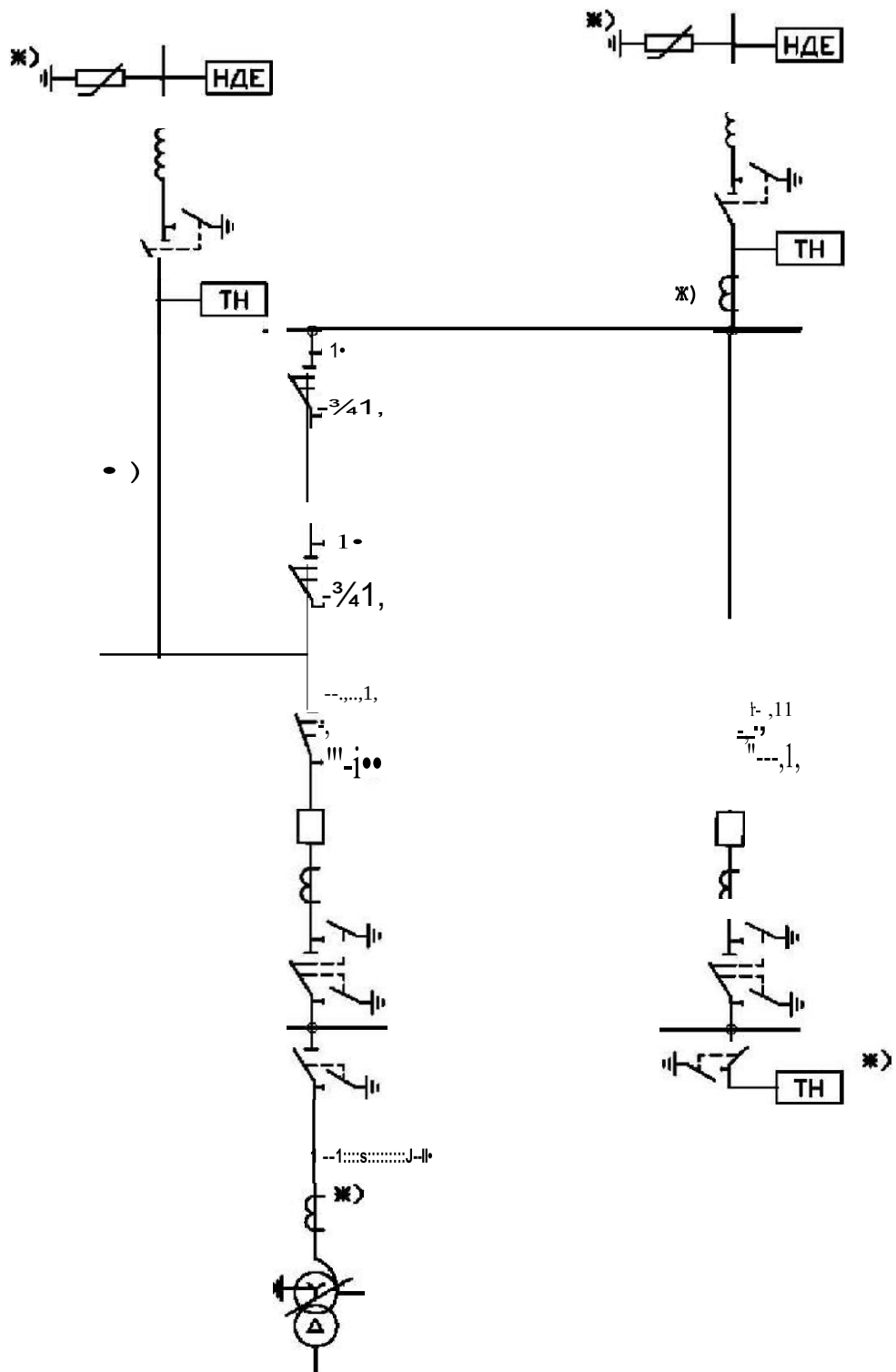


Рисунок 1.13 – Треугольник

Схема №330-7
Четырехугольник.

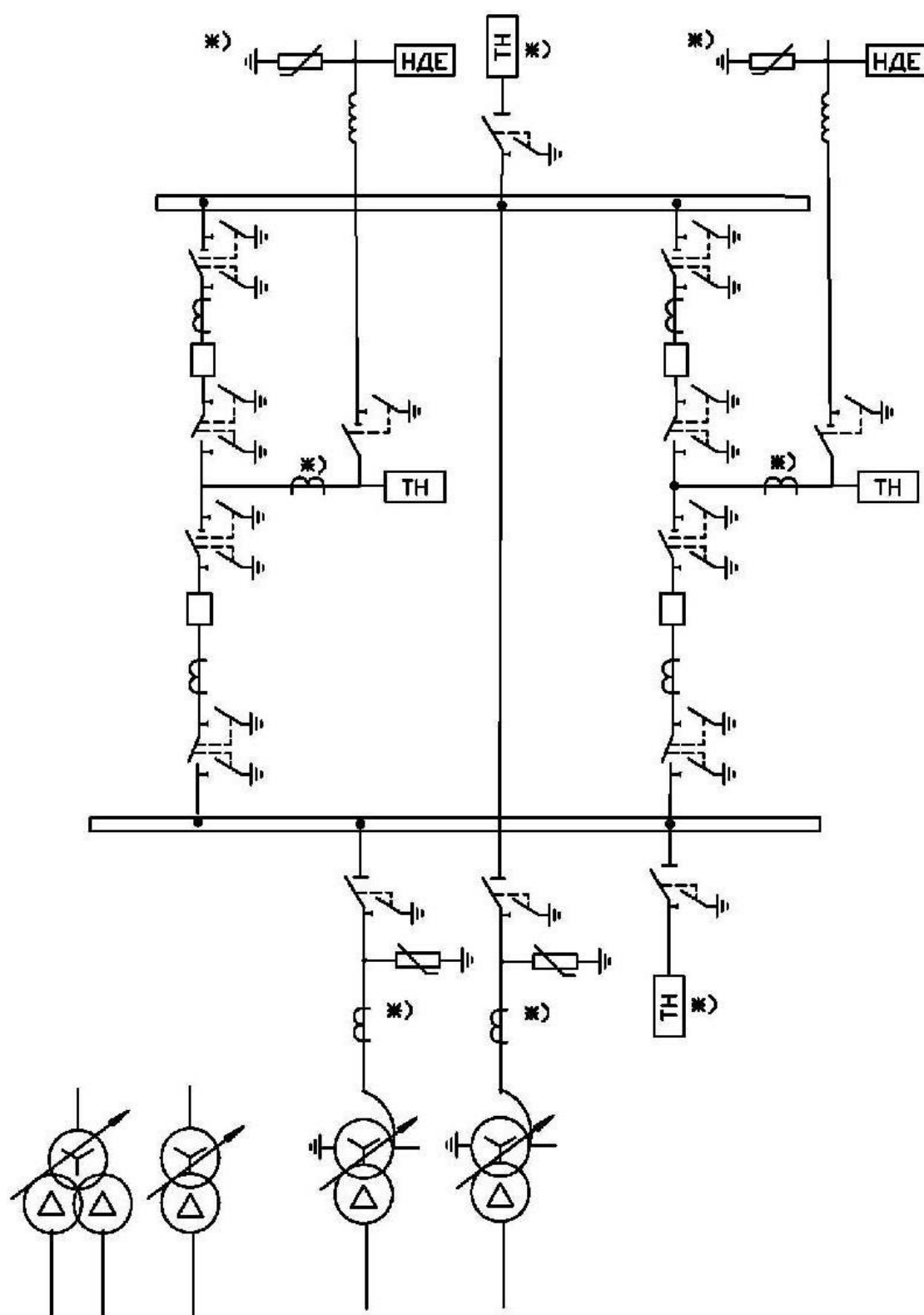


Рисунок 1.14 – Четырехугольник

Схема №500 -6Н
Треугольник.

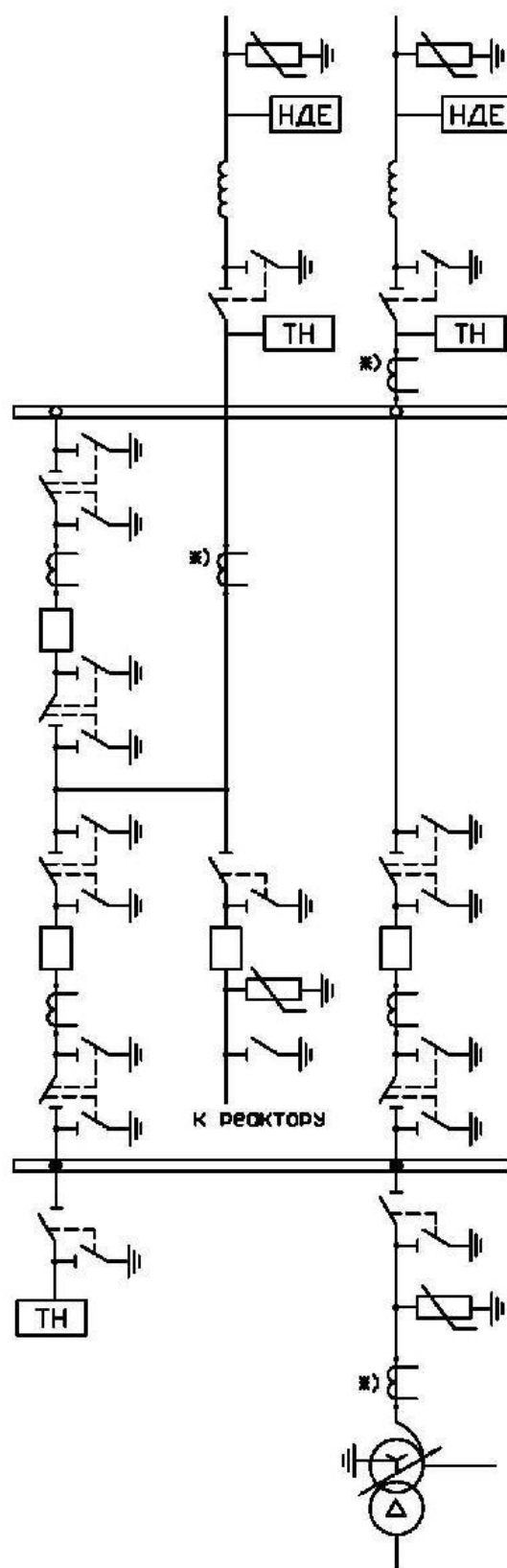


Рисунок 1.15 – Треугольник

Схема №500-7
Четырехугольник.

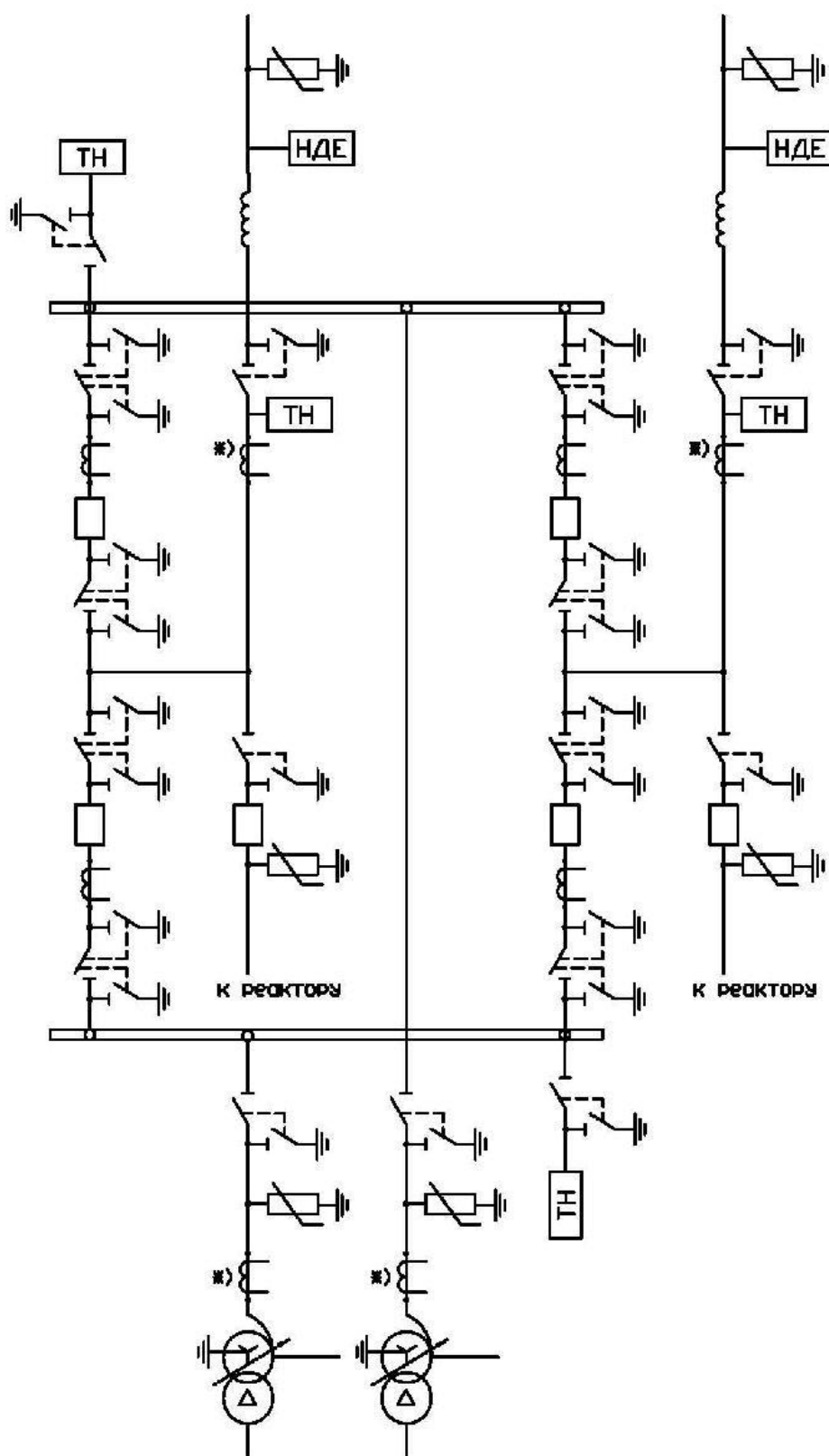


Рисунок 1.16 – Четырехугольник

Схема №750 -6Н
Треугольник.

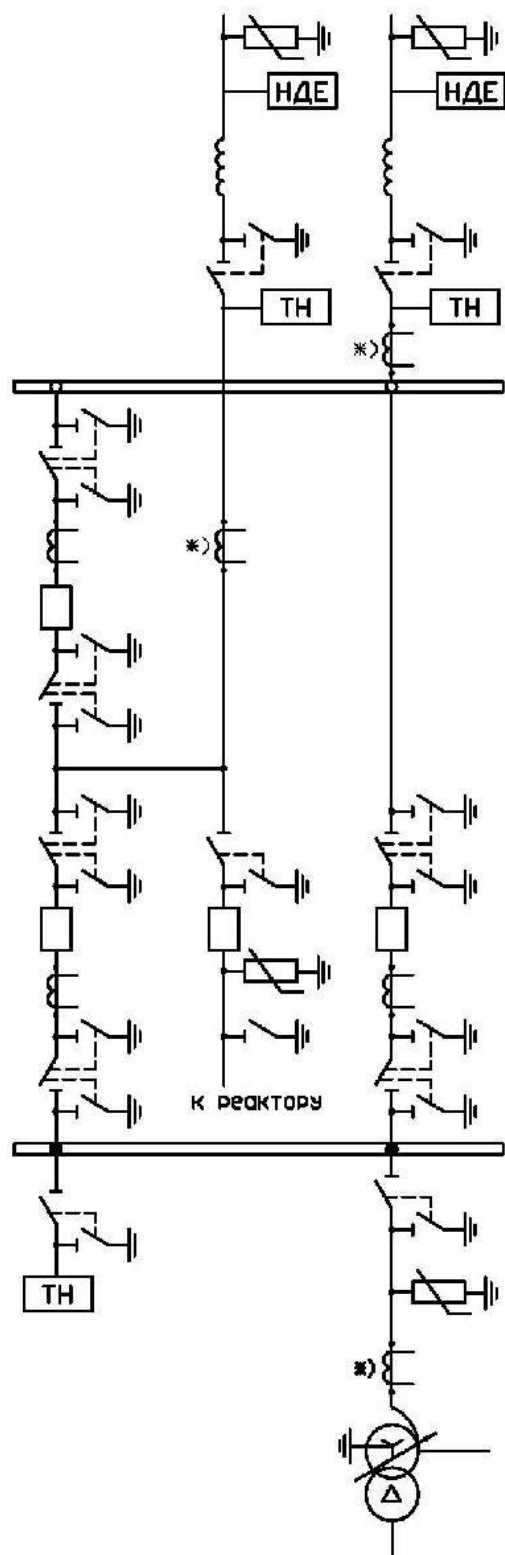


Рисунок 1.17 – Треугольник

Схема №750 -7
Четырехугольник.

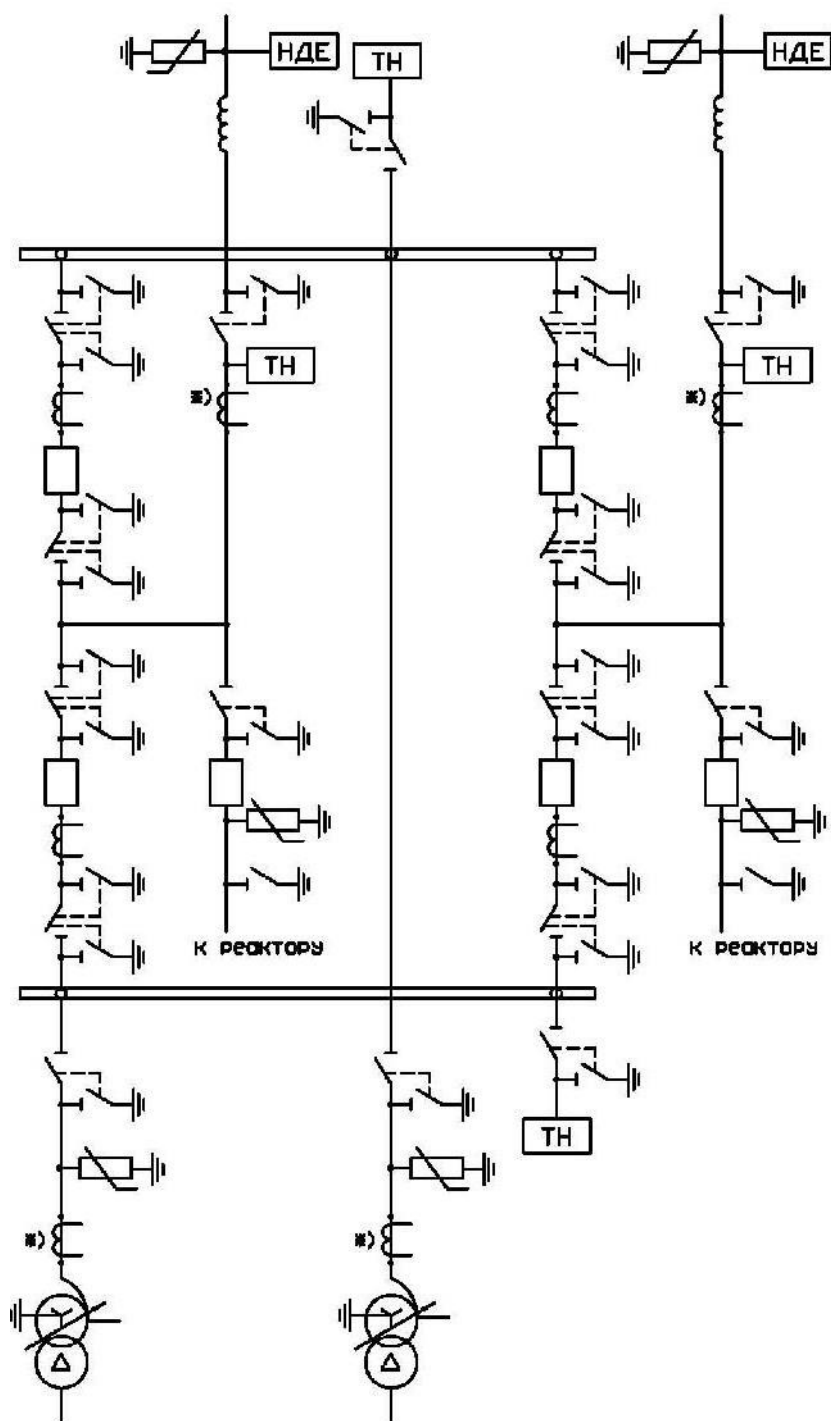


Рисунок 1.18 – Треугольник

Трансформаторы-шины с присоединением линий
через два выключателя.

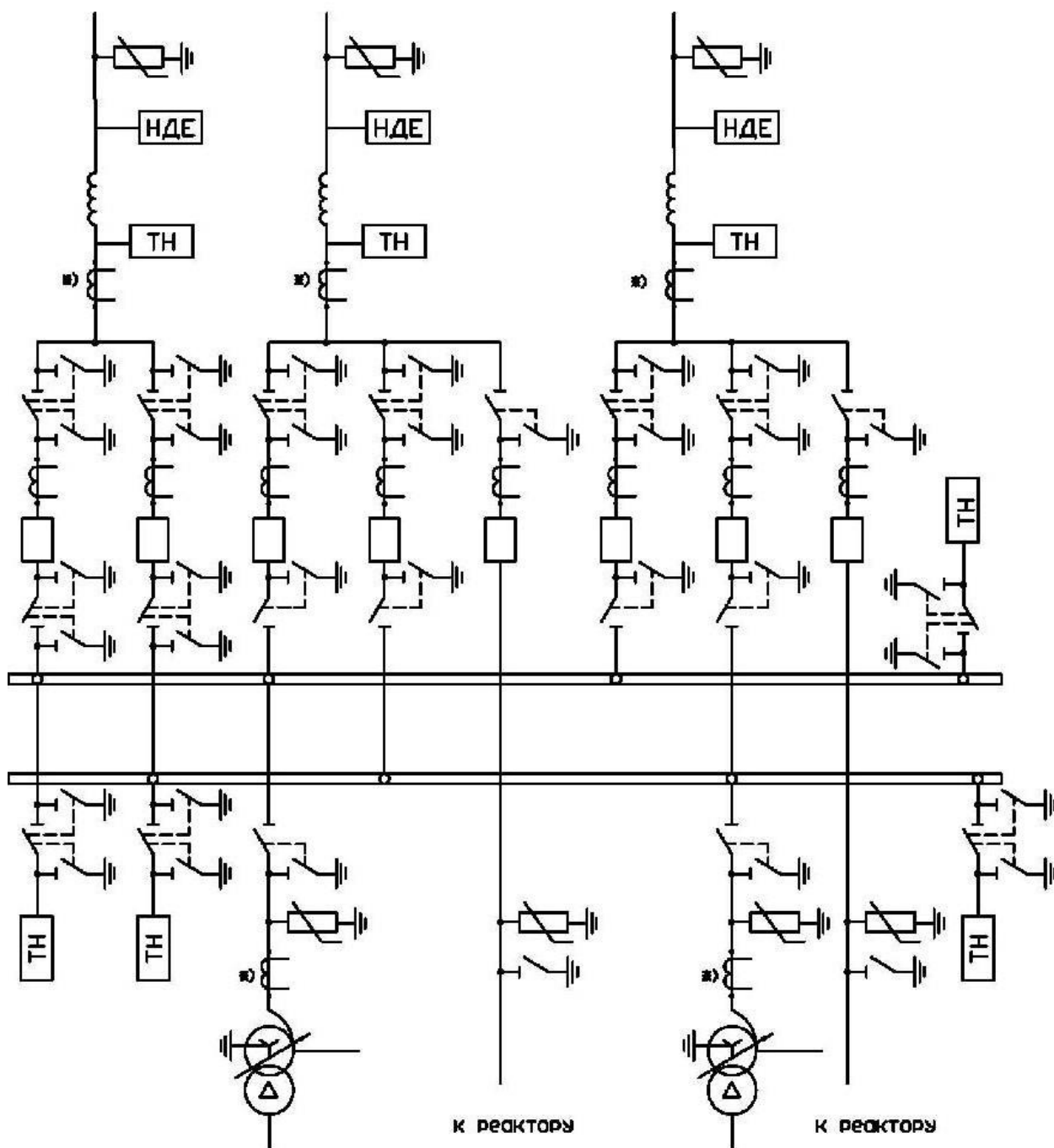


Рисунок 1.19 – Трансформаторы-шины с присоединением линий через два
выключателя

Список используемых ресурсов

1. МЭК 61850-8-1 (2011) Сети связи и системы автоматизации энергосистем общего пользования. Часть 8-1. Схема распределения особой услуги связи (SCSM). Схема распределения для производственной системы модульной конструкции MMS (ISO 9506-1 и ISO 9506-2) и по ISO/IEC 8802-3 (IEC 61850-8-1 (2011) Communication networks and systems for power utility automation - Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3).
2. МЭК 61850-9-2(2011) Системы автоматизации и сети связи на подстанциях. Часть 9-2. Схема особого коммуникационного сервиса (SCSM). Значения выборок по ISO/IEC 8802-3 (IEC 61850-9-2 (2011) Communication networks and systems for power utility automation - Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3).
3. СТО 56947007-29.240.10.248-2017 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС), ПАО «ФСК ЕЭС».
4. СТО 56947007-29.200.80.210-2015 Контроллеры присоединения. Типовые технические требования, ПАО «ФСК ЕЭС».
5. СТО 56947007-29.240.10.256-2018 Технические требования к аппаратно-программным средствам и электротехническому оборудованию ЦПС, ПАО «ФСК ЕЭС». СТО 56947007-25.040.40.112-2011 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» Типовая программа и методика испытаний программно-технического комплекса автоматизированной системы управления технологическими процессами (ПТК АСУ ТП) и микропроцессорного комплекса системы сбора и передачи информации (МПК ССПИ) подстанций в режиме повышенной информационной нагрузки «шторм»

Занятие 4 Расчет количества ШПДС и ШПАС для заданной схемы подстанции

Теоретический материал

Требования по установке ШПДС

Общие положения

В шкафах преобразования дискретных сигналов (ШПДС) устанавливаются устройства преобразования дискретных сигналов (ПДС). ПДС предназначены для преобразования дискретных сигналов положений коммутационных аппаратов в цифровую форму и последующей передачи посредством протокола GOOSE устройствам РЗА и АСУ ТП и преобразования GOOSE-сообщений, получаемых от устройств среднего уровня РЗА и АСУ ТП, в дискретные сигналы для выдачи команд на исполнительные механизмы коммутационных аппаратов.

Шкафы преобразования дискретных сигналов (ШПДС) размещаются в непосредственной близости от первичного оборудования, являющегося источниками и приёмниками первичных сигналов, с целью минимизации протяженности контрольных цепей и количества клеммных соединений.

ПДС, устанавливаемые внутри ШПДС, подключаются к аппаратам таким образом, чтобы исключить отказ работоспособности функций управления силовым выключателем ввиду выхода из строя одного из устройств ПДС при условии работоспособности резервирующих устройств.

По типам в соответствии с классификацией СТО на типовые шкафы ПАО «ФСК ЕЭС» ШПДС подразделяются на две группы:

- ШДПС для коммутационного оборудования (серия ШПДС-х-х-х);
 - ШПДС для маслonaполненного оборудования (серия ШПДС МО).
- ШПДС может применяться для сбора сигнализации и управления:
- выключателем с трёхфазным или пофазным приводом;

– одним разъединителем с двумя заземляющими ножами — всего тремя коммутационными аппаратами, не включая выключателя;

– двумя разъединителями, оснащенными двумя заземляющими ножами каждый — всего шестью коммутационными аппаратами, не включая выключателя;

– разъединители могут быть как с трехфазным приводом, так и с пофазным.

Выбор ШПДС из перечня типовых вариантов осуществляется исходя из схемы электрической принципиальной и состава аппаратов на присоединении.

Варианты исполнений ШПДС

Исполнение **ШПДС-0-0-3** предназначено для контроля 3 (трех) трехфазных аппаратов с пофазным приводом, например, сборки из 1 (одного) разъединителя и 2 (двух) заземляющих ножей. Общее количество фаз аппаратов, контролируемых ШПДС-0-0-3 составляет 9 (девять).

Исполнение **ШПДС-0-3-0** предназначено для контроля 3 (трех) коммутационных аппаратов с трехфазным приводом, например, сборки из 1 (одного) разъединителя и 2 (двух) заземляющих ножей.

Исполнение **ШПДС-1-0-3** предназначено для контроля одного силового выключателя с трехфазным приводом и 3 (трех) трехфазных аппаратов с пофазным приводом, например, сборки из 1 (одного) силового выключателя, 1 (одного) разъединителя и 2 (двух) заземляющих ножей.

В качестве временного решения для преобразования дискретных сигналов в цифровую форму и из цифровой формы в дискретные сигналы во время реконструкции внутри ОПУ применяются шкафы ШЭТ ПДС. При реализации цифрового интерфейса системы пожаротушения маслонаполненного оборудования применяются шкафы ШЭТ ПДС НСП и ШЭТ ПДС КПЗ, устанавливаемые в помещениях насосной станции пожаротушения и камеры переключения задвижек соответственно.

Полный перечень вариантов исполнения ШПДС для архитектуры типа II (III) приведен в [4].

Для сборок линейного разъединителя с заземляющими ножами в исполнении с трехфазным приводом следует применять шкаф **ШПДС-0-0-3**.

Для сборок коммутационных аппаратов в рамках присоединений 330-500 кВ, состоящих из 1 (одного) силового выключателя с пофазным приводом, и 2 (двух) разъединителей с заземляющими ножами следует использовать **ШПДС-2-0-6**.

Для маслонаполненных вводов трансформаторов 500 – 750 кВ с функцией КИВ в состав ШПДС МО входит ПАС, осуществляющий преобразование соответствующих сигналов тока и передачу их по протоколу SV.

Пример изображения схемы ИТС с указанием мест установки ШПДС

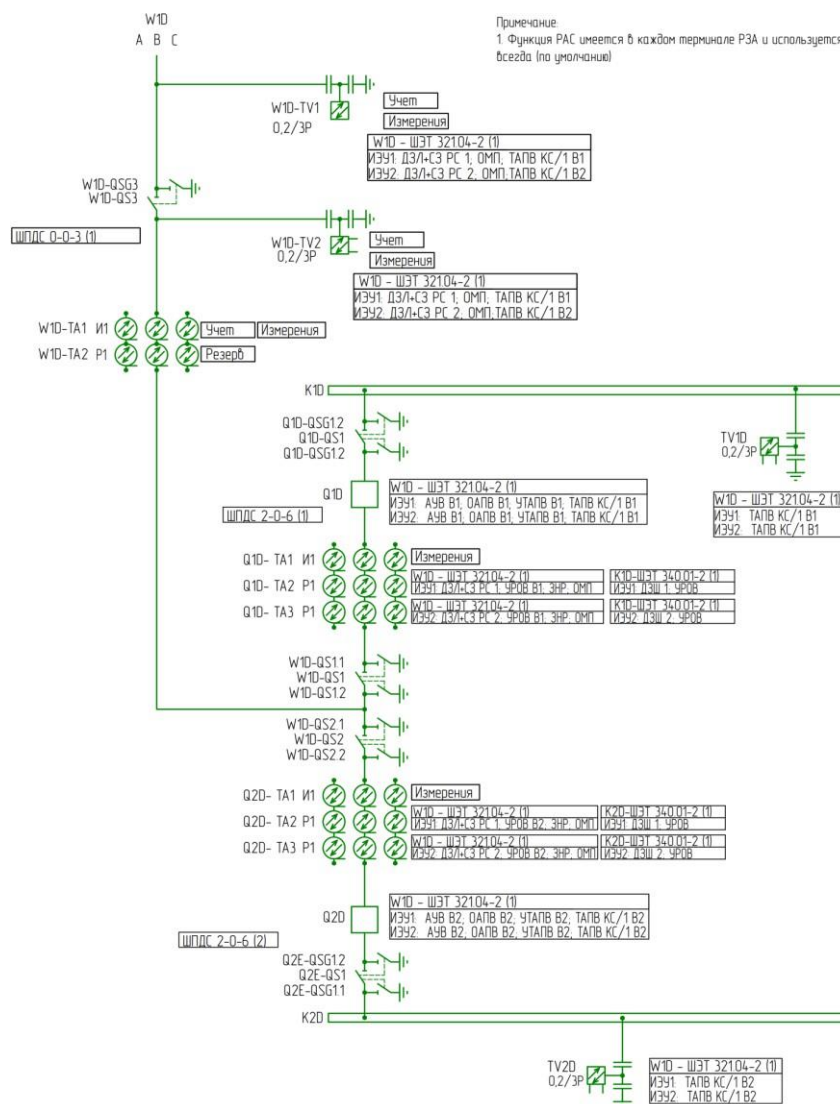


Рисунок 1.1 – Пример схемы ИТС III архитектуры с изображением мест подключения ШПДС

Указания по выбору мест установки и подключения ШПАС

Шкафы преобразователей аналоговых сигналов (ШПАС) предназначены для размещения устройств преобразования аналоговых сигналов (ПАС). Устройства ПАС предназначены для преобразования аналоговых сигналов от электромагнитных измерительных трансформаторов тока и напряжения в цифровой формат в соответствии с протоколом стандарта МЭК 61850-9-2. ШПАС предусматриваются при реализации объектов по архитектуре III типа на переходном этапе (до широкомасштабного внедрения цифровых ТТ и ТН). В случаях, не противоречащих НПА и НТД, на ВЛ 110 кВ и выше предусматривается

установка шкафов отбора напряжения или однофазных трансформаторов напряжения для АПВ с контролем наличия напряжения и/или синхронизма. В этом случае для преобразования аналоговых сигналов в цифровой формат используется ШПАС ОН.

ШПАС применяются только для цепей РЗА, а цепи измерительных преобразователей, приборов учёта и контроля качества электрической энергии подключаются к цепям электромагнитных ТТ напрямую.

При проектировании объектов ПАО «ФСК ЕЭС» должны применяться типовые ШПАС [3]:

- ШПАС ТН - преобразования в SV поток аналогового сигнала напряжения от обмоток «звезда» измерительного трансформатора напряжения. К ШПАС ТН подключается шесть цепей напряжения: 3 со стороны «звезды», 3 со стороны «звезды» или «разомкнутого треугольника» для контроля цепей напряжения;

- ШПАС ТТ - предназначен для преобразования в SV поток аналогового сигнала от трансформаторов тока. В ШПАС ТТ устанавливаются два ПАС, каждый из которых подключается к отдельной обмотке ТТ;

- ШПАС ОН - предназначен для преобразования в SV поток аналогового сигнала от шкафа отбора напряжения (ШОН) или однофазного ТН.

Примеры схем распределения ШПАС по цепям ТТ и ТН для различных вариантов схем распределительных устройств приведены в разделах далее.

Методика расчета количества оборудования ШПДС и ШПАС

Методика расчета шкафов преобразования дискретных и аналоговых сигналов на однолинейной схеме подстанции изложена в разделе теоретических положений.

Примеры поэтапного выполнения задания по расчету количества ШПДС и ШПАС для заданной схемы подстанции.

Схемы расстановки ШПДС для различных типов присоединений и схем РУ

Распределение ШПДС по коммутационным аппаратам на присоединении ВЛ 500 кВ с двумя выключателями.

На присоединении ВЛ 500 кВ с 2 выключателями (см. рисунок 1.2) для сбора сигналов и управления линейным разъединителем (ЛР 500) в исполнении с пофазным приводом и с заземляющими ножами используется исполнение ШПДС-0-0-3.

На присоединении ВЛ 500 кВ с 2 выключателями (см. рисунок 1.2) на сборке из выключателя 500 кВ (В-1-500 и В-2-500) и двух пар линейных разъединителей в исполнении с пофазным приводом и с двумя парами заземляющих ножей на каждом (соответственно, ЛР-1-500 В-1, ЛР-2-500 В-1 и ЛР-1-500 В-2, ЛР-2-500 В-2) используется исполнение ШПДС-2-0-6.

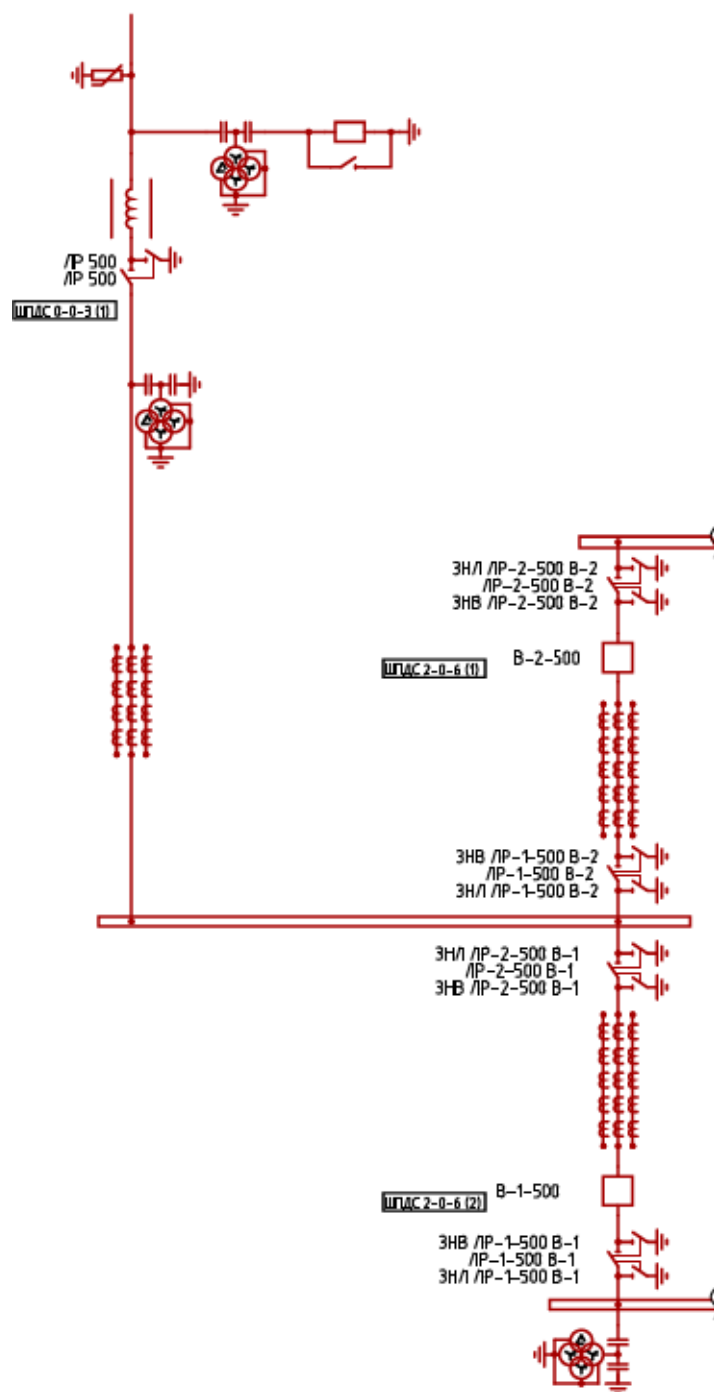


Рисунок 1.2 – Расстановка ШПДС на присоединении 500 кВ с двумя выключателями

Распределение ШПДС по коммутационным аппаратам на присоединении реактора 500 кВ с одним выключателем.

На присоединении реактора 500 кВ (см. рисунок 1.3) на сборку силового выключателя с разъединителем в исполнении с пофазным приводом и с заземляющими ножами применяется ШПДС-2-0-3.

На присоединении реактора 500 кВ (см. рисунок 1.3) на каждой фазе реактора устанавливается ШПДС МО 3/1.

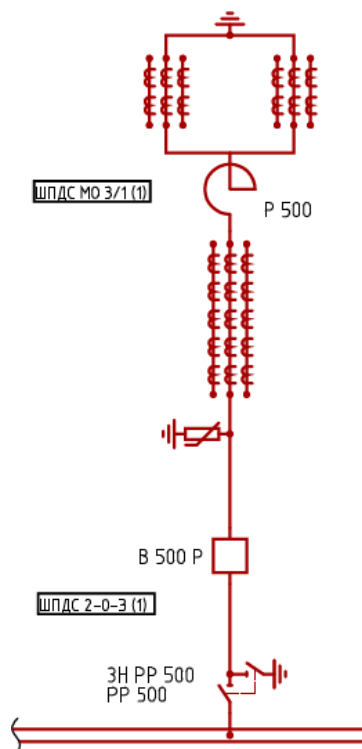


Рисунок 1.3 – Расстановка ШПДС на присоединении реактора 500 кВ

Распределение ШПДС по коммутационным аппаратам на присоединении 220 кВ с двойной системой сборных шин с обходной

На присоединении 220 кВ (см. рисунок 1.4) шинный разъединитель 1СШ (ШР-1-220) выполняется в исполнении с трехфазным приводом, а шинный разъединитель 2СШ (ШР-2-220) выполняется в исполнении с пофазным приводом. В связи с этим на таком виде присоединений для сбора сигналов положения и управления выключателем, разъединителями и заземляющими ножами используется исполнение ШПДС-2-3-3.

Для подключения цепей линейного разъединителя и разъединителя обходной системы шин на присоединении 220 кВ по схеме двойной системы сборных шин с обходной (см. рисунок 1.4) применяется исполнение ШПДС 0-6-0.

В схеме плавки гололёда согласно [25] на присоединении 220 кВ (см. рисунок 1.4) Р РПГ ОКГТ ВЛ 220 используется однофазное подключение разъединителя и заземляющего ножа в связи с этим используется исполнение ШПДС-0-3-0.

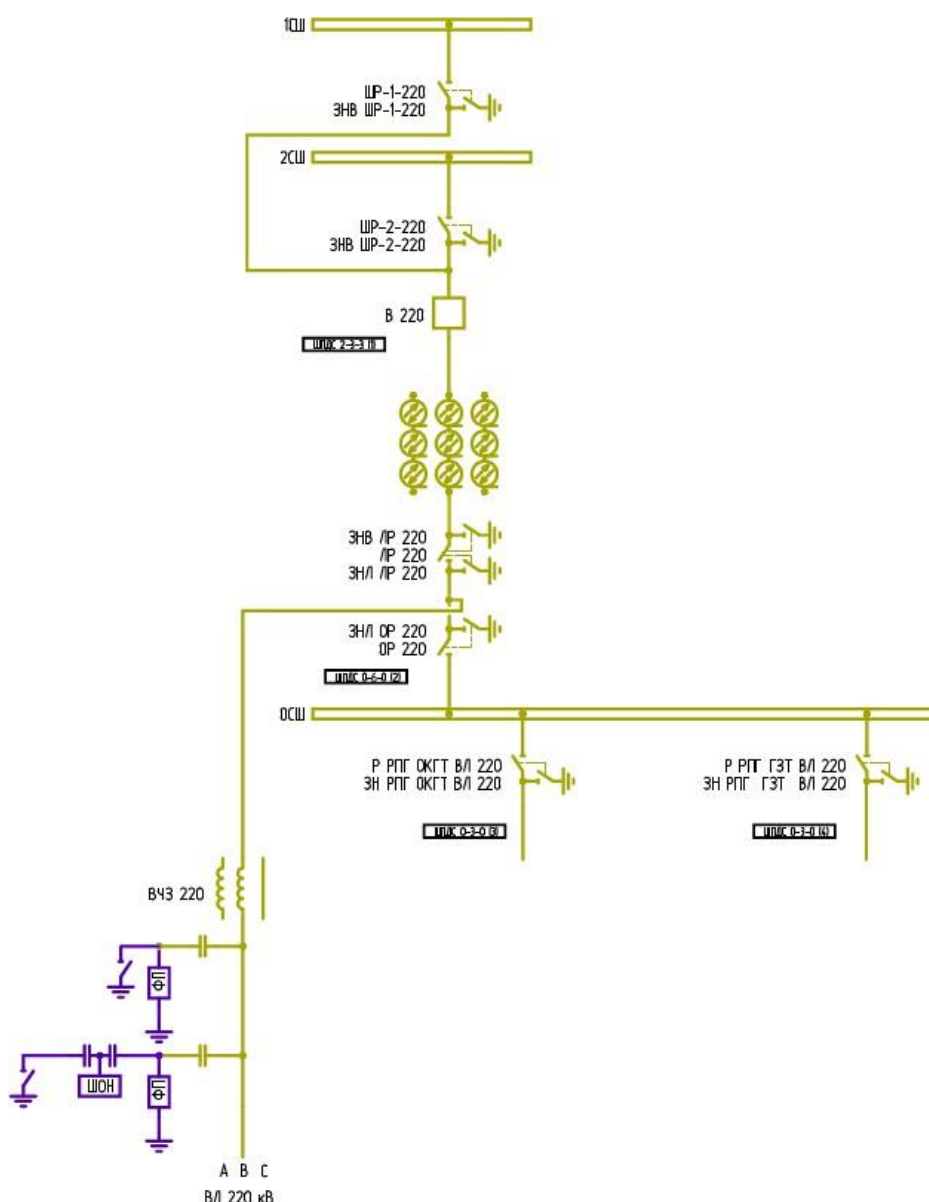


Рисунок 1.4 – Распределение ШПДС по коммутационным аппаратам на присоединении 220 кВ с двойной системой сборных шин с обходной

Распределение ШПДС по коммутационным аппаратам на присоединении 110 кВ с двойной системой сборных шин с обходной

На присоединении 110 кВ в схеме с двумя системами сборных шин с обходной шинный разъединитель секции шин 1 выполняется в исполнении с трехфазным приводом, а шинный разъединитель секции шин 2 выполняется в исполнении с пофазным приводом. В связи с этим на таком виде присоединений для сбора сигналов положения и управления выключателем, разъединителями и заземляющими ножами используется исполнение ШПДС-1-3-3.

Для подключения цепей разъединителя трансформатора и разъединителя обходной системы шин на трансформатор и присоединении 110 кВ по схеме двойной системы сборных шин с обходной (см. рисунок 1.5) применяется исполнение ШПДС 0-6-0.

Расстановка ШПДС для присоединений линии 110 кВ по схеме двух систем сборных шин с обходной выполняется аналогично рассмотренному выше случаю присоединения силового трансформатора 110 кВ.

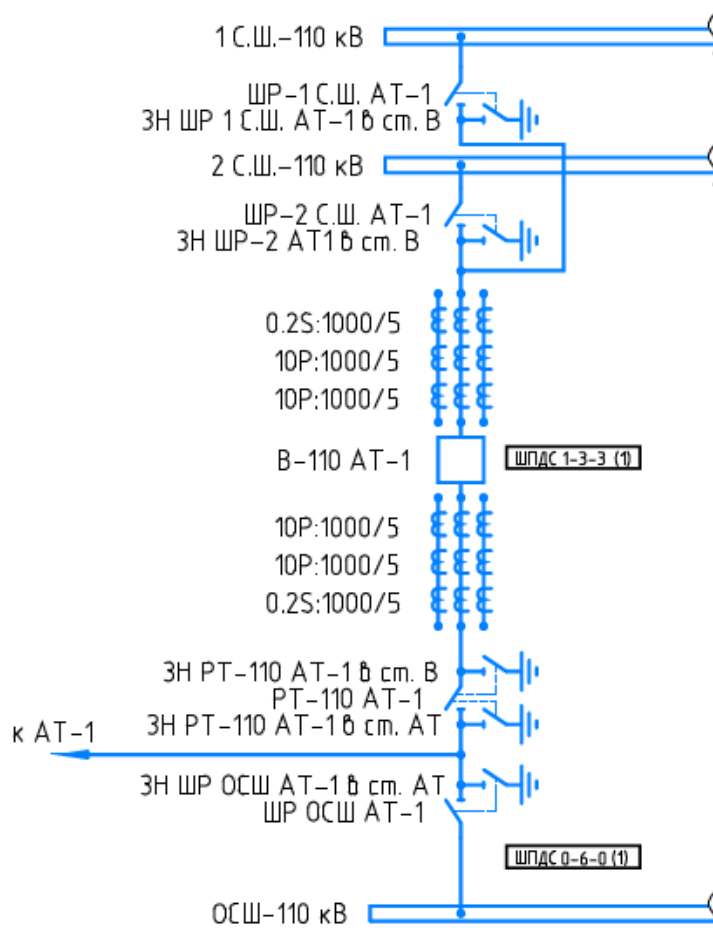


Рисунок 1.5 – Распределение ШПДС по коммутационным аппаратам на присоединении 110 кВ в схеме с двойной системой сборных шин с обходной

Пример распределения шкафов ШПДС и ШПАС, а так же шкафов РЗА представлен на рисунках 1.6 – 1.8.

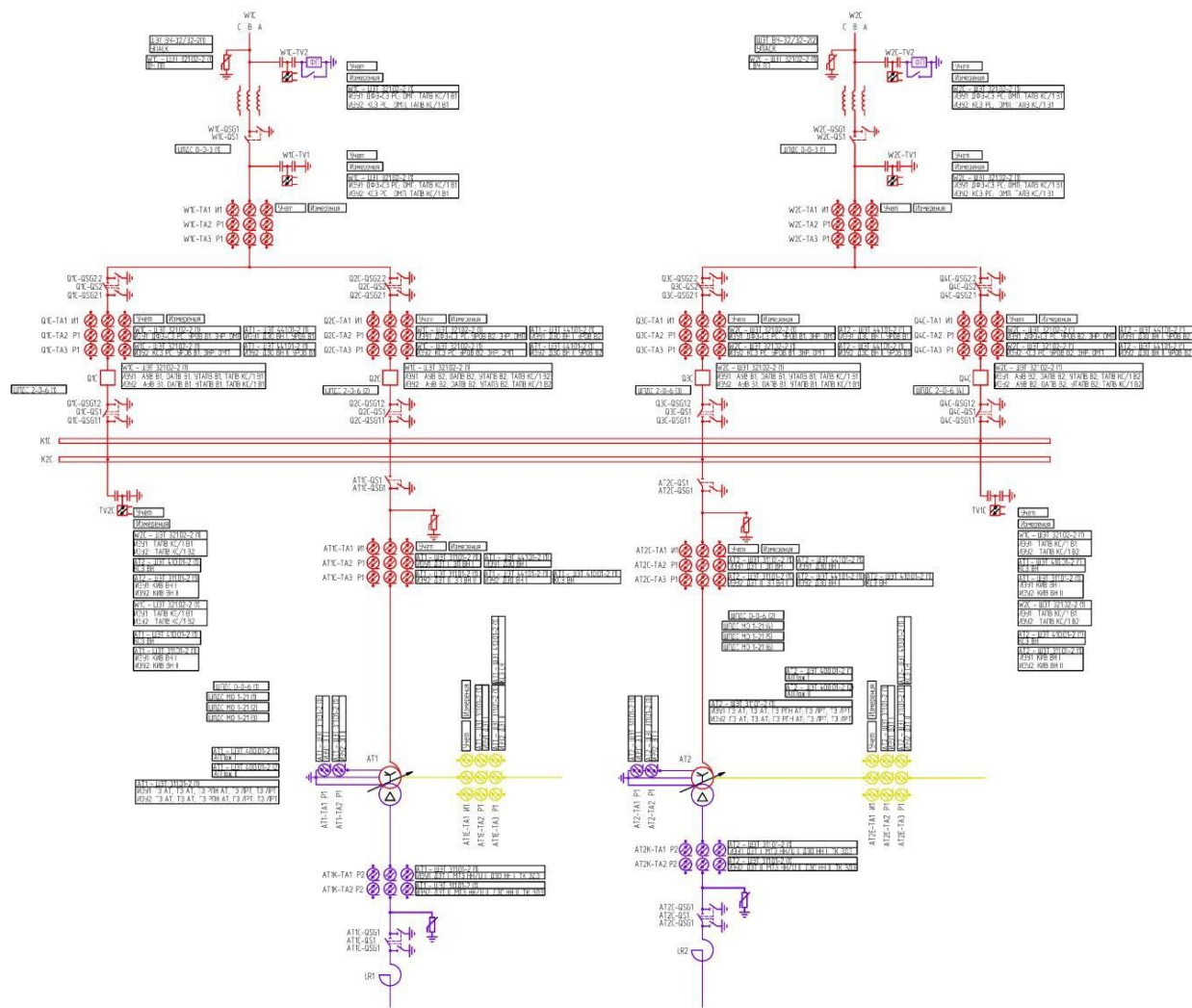


Рисунок 1.6 – Однолинейная схема ПС с указанием типовых шкафов. Фрагмент 1 (ОРУ 500 кВ)

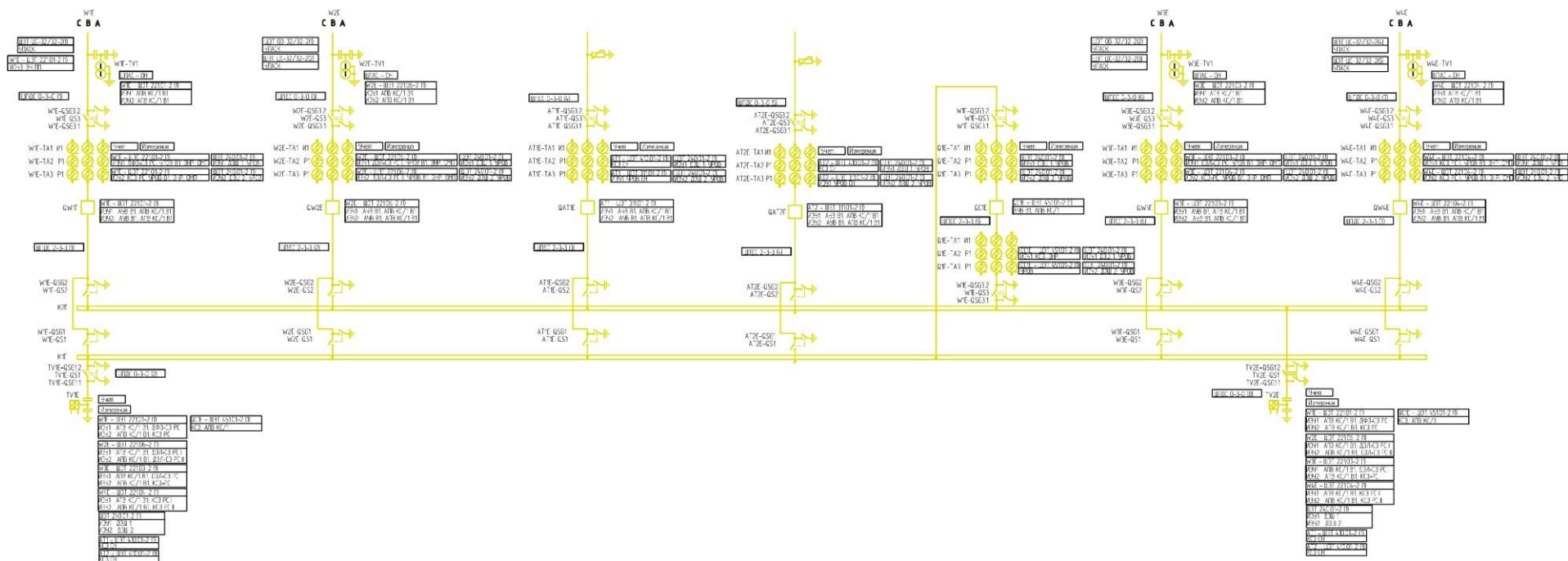


Рисунок 1.7 – Однолинейная схема ПС с указанием типовых шкафов. Фрагмент 2 (ОРУ 220 кВ)

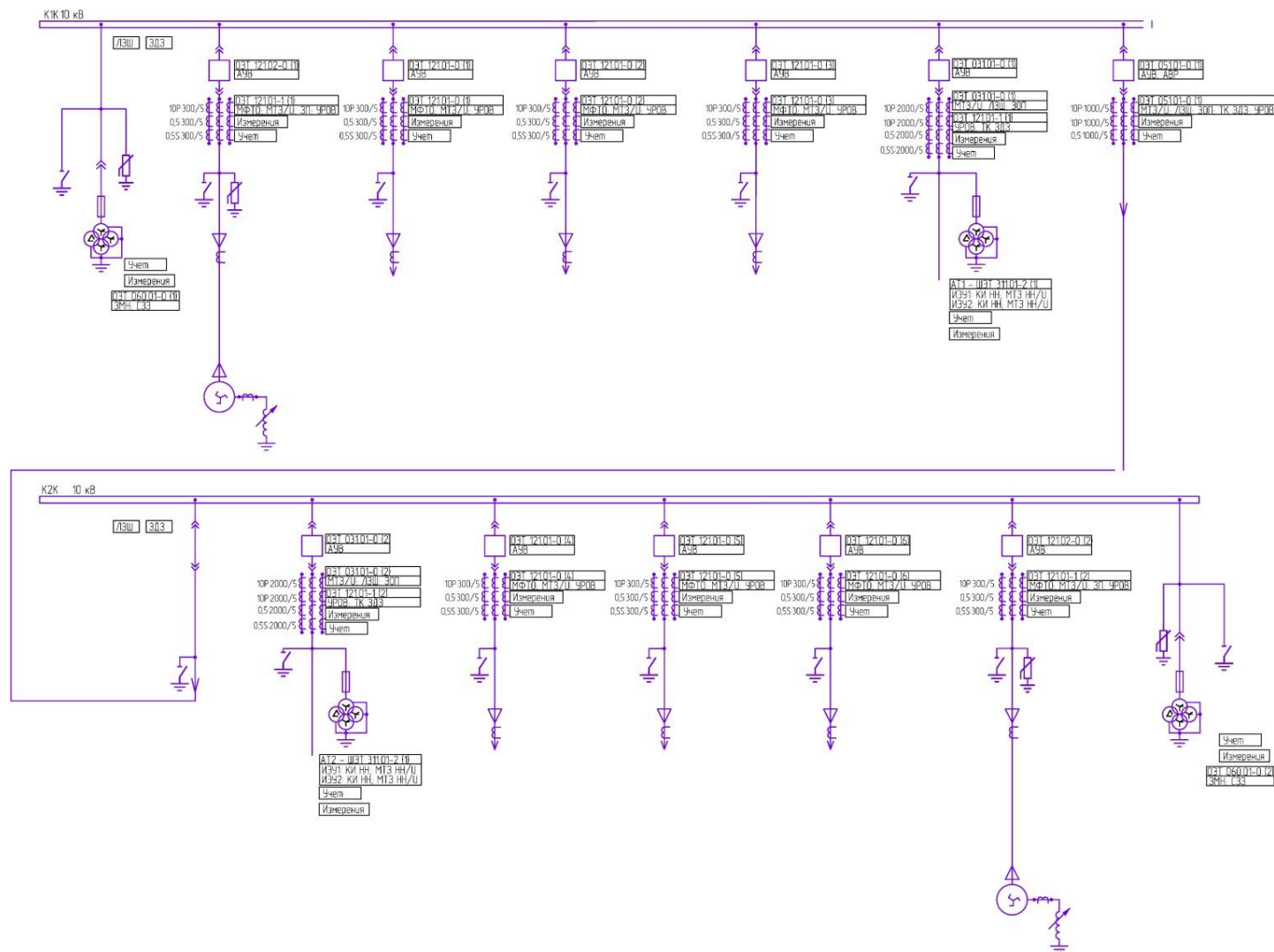


Рисунок 1.8 – Однолинейная схема ПС с указанием типовых шкафов. Фрагмент 3 (КРУ 10 кВ)

Задание

Необходимо для однолинейная схема ПС, заданной по варианту выполнить расчет количества и типов ШПДС и ШПАС, по методике, приведенной в данных методических указаниях используя разобранный пример.

На однолинейной схеме отметить выбранные типовые шкафы ШПДС, ШПАС. Привести расчет количества и типов шкафов ШПДС, ШПАС, в зависимости от заданного варианта.

Варианты однолинейных схем и тип шины приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Данные задания по варианту

№ варианта	№ рисунка схемы
1	Рисунок 1.5
2	Рисунок 1.6
3	Рисунок 1.7
4	Рисунок 1.8
5	Рисунок 1.9
6	Рисунок 1.10
7	Рисунок 1.11
8	Рисунок 1.12
9	Рисунок 1.13
10	Рисунок 1.14
11	Рисунок 1.15
12	Рисунок 1.16
13	Рисунок 1.17
14	Рисунок 1.18
15	Рисунок 1.5
16	Рисунок 1.6

17	Рисунок 1.7
№ варианта	№ рисунка схемы
18	Рисунок 1.8
19	Рисунок 1.9
20	Рисунок 1.10
21	Рисунок 1.11
22	Рисунок 1.12
23	Рисунок 1.13
24	Рисунок 1.14
25	Рисунок 1.15
26	Рисунок 1.16
27	Рисунок 1.17
28	Рисунок 1.18
29	Рисунок 1.5
30	Рисунок 1.6

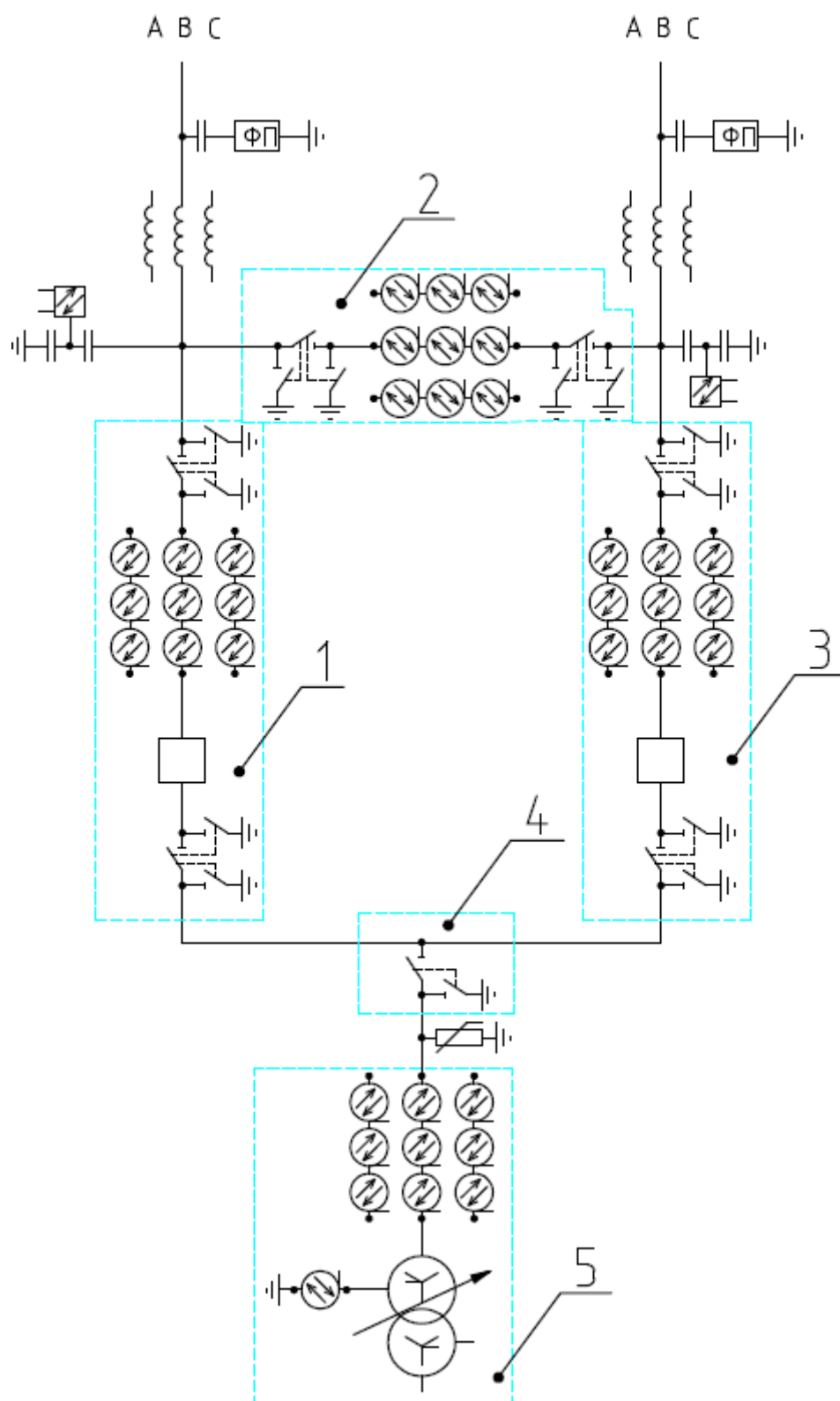


Рисунок 1.5 – Схема № 6 – Заход-выход

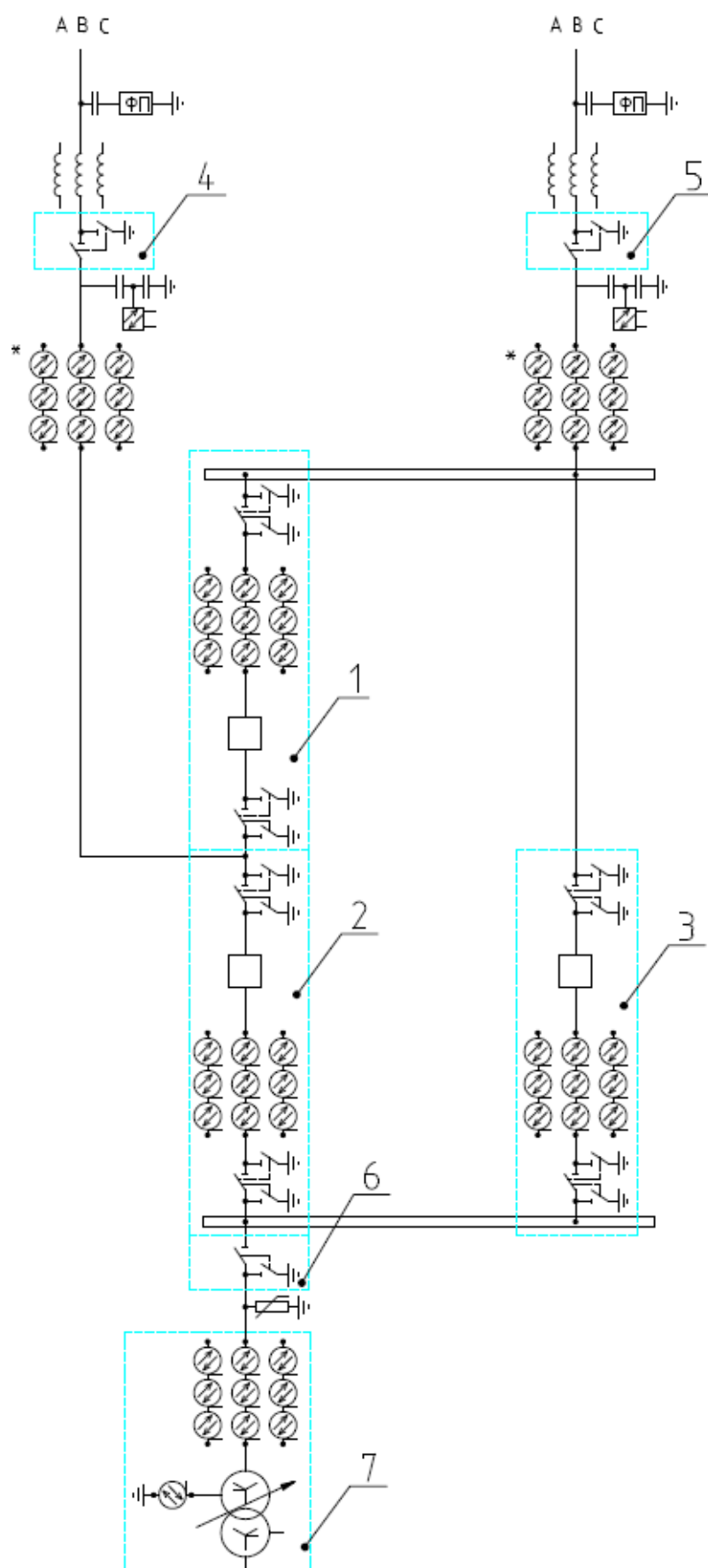


Рисунок 1.6 – Схема № 6Н – Треугольник

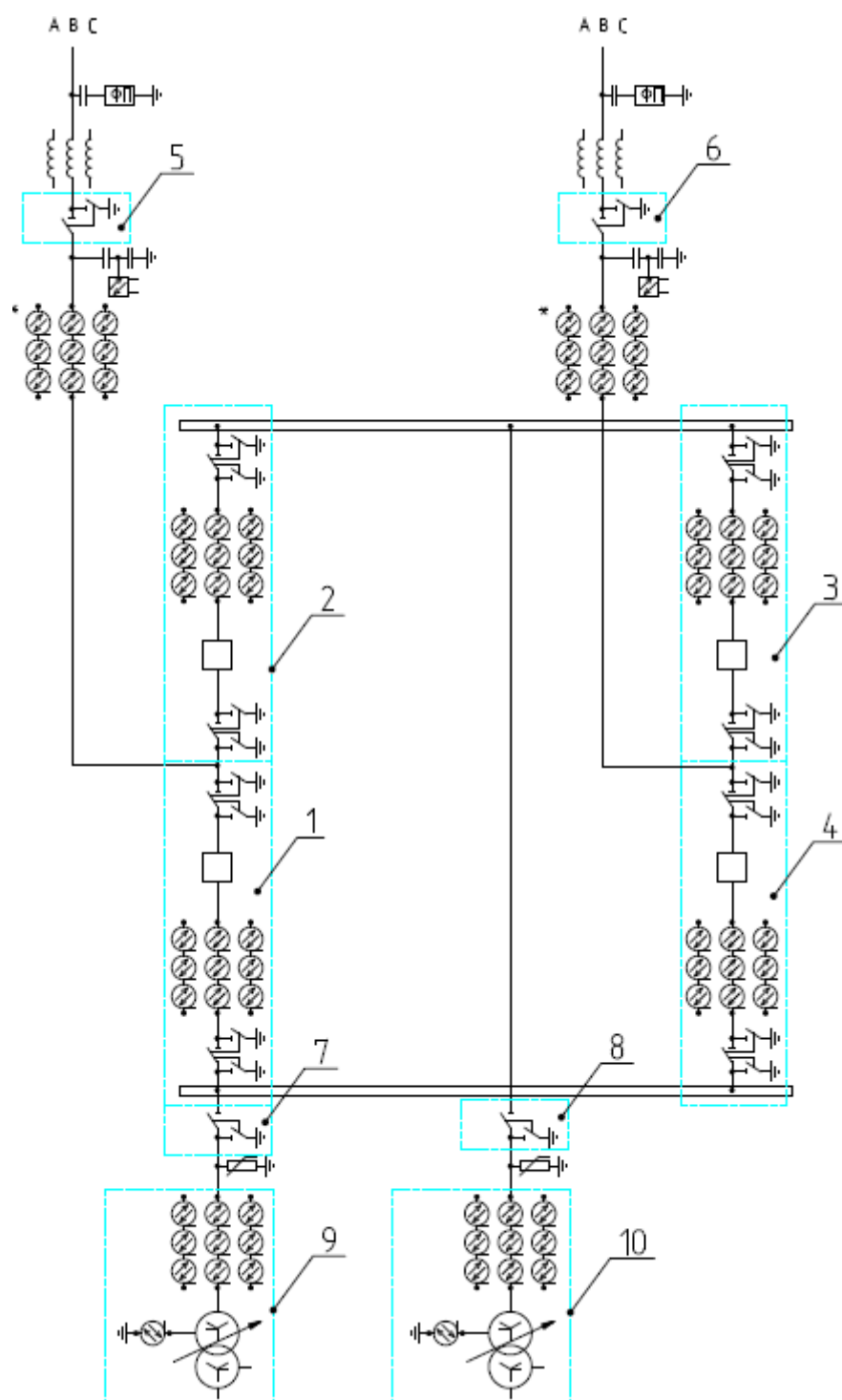


Рисунок 1.7 – Схема № 7 – Четырехугольник

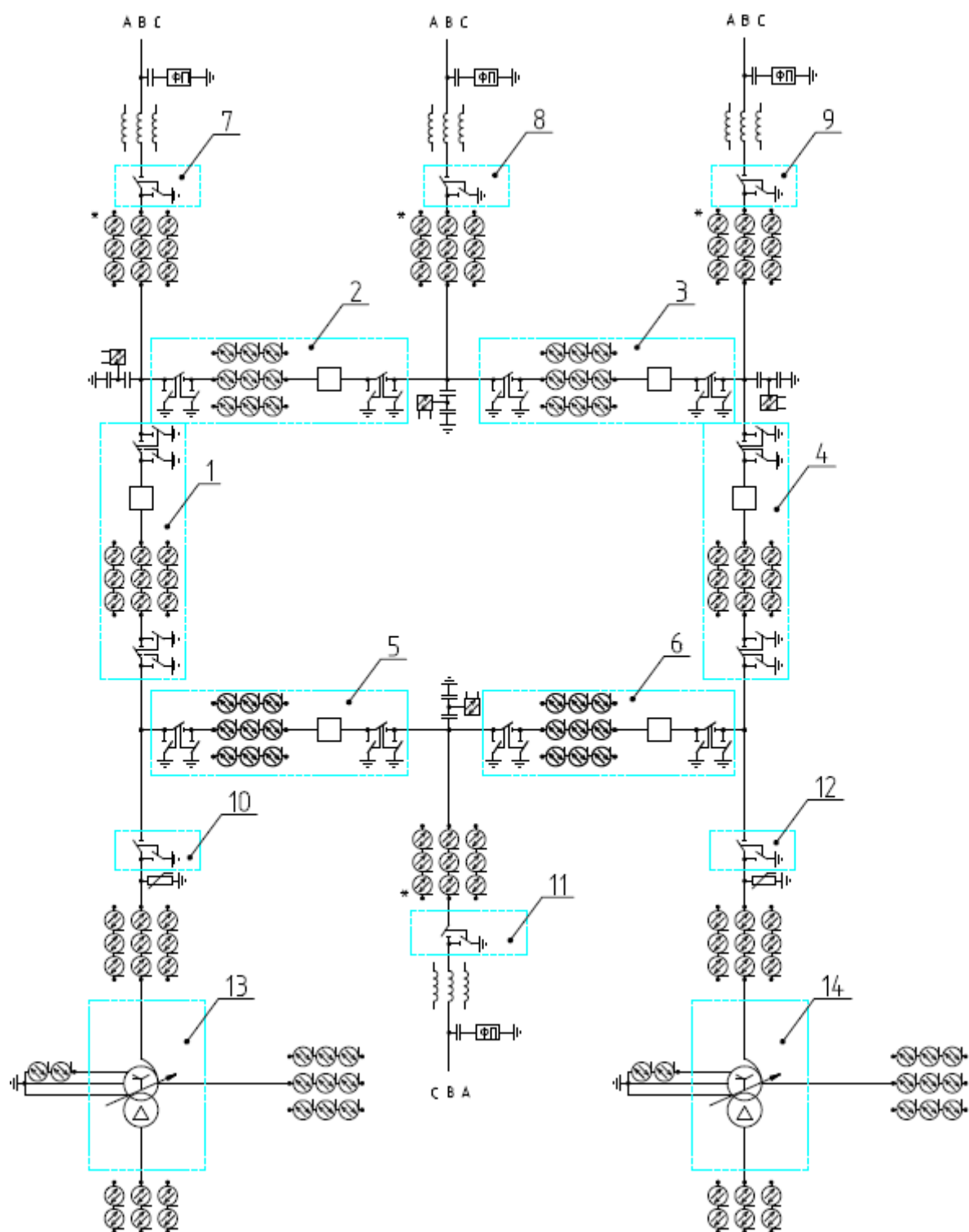


Рисунок 1.8 – Схема № 8 – Шестиугольник

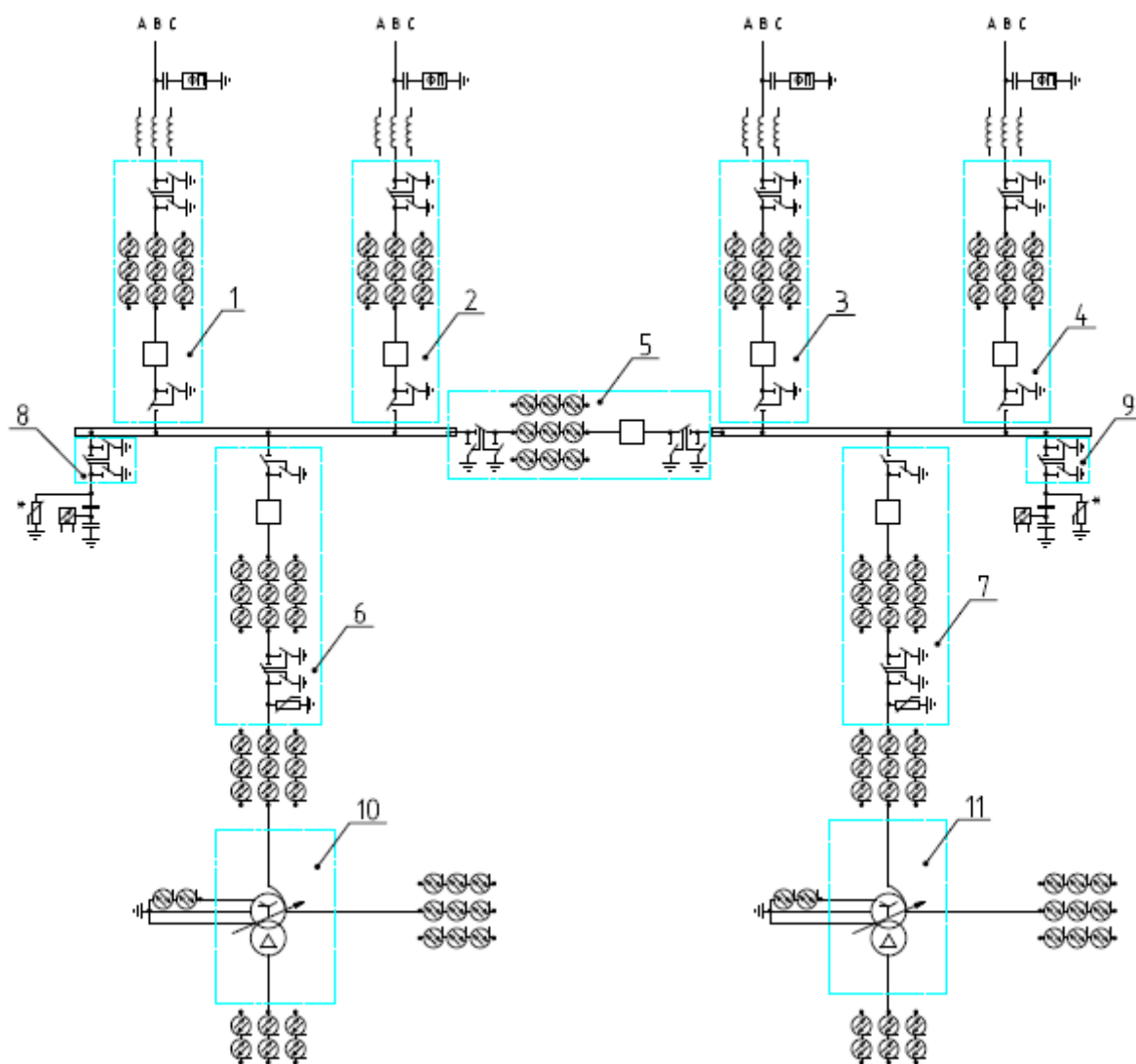


Рисунок 1.9 – Схема № 9 – Одна рабочая секционированная система
шин

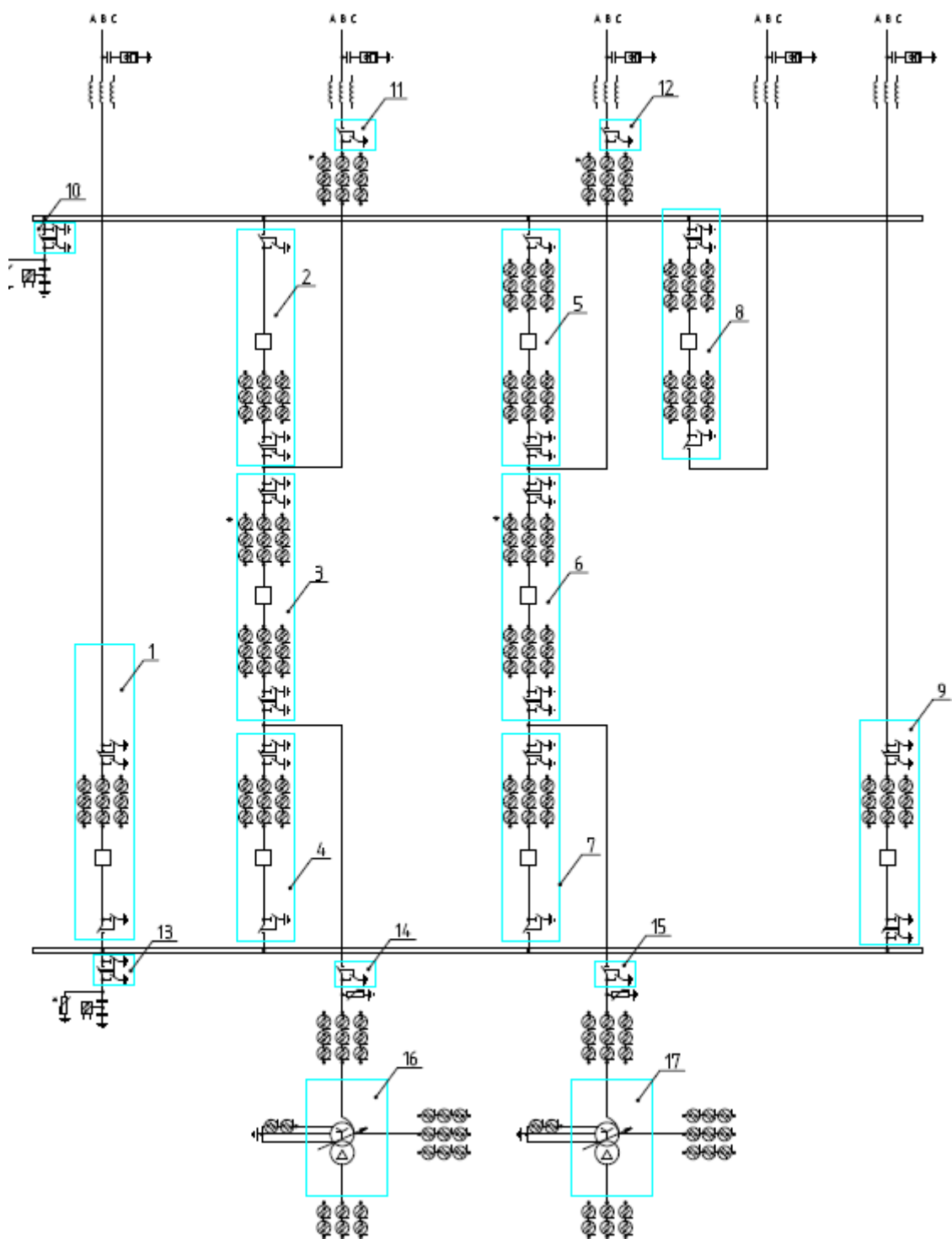


Рисунок 1.10 – Схема № 9АН – Одна рабочая секционированная система шин с подключением ответственных присоединений через «полуторную» цепочку

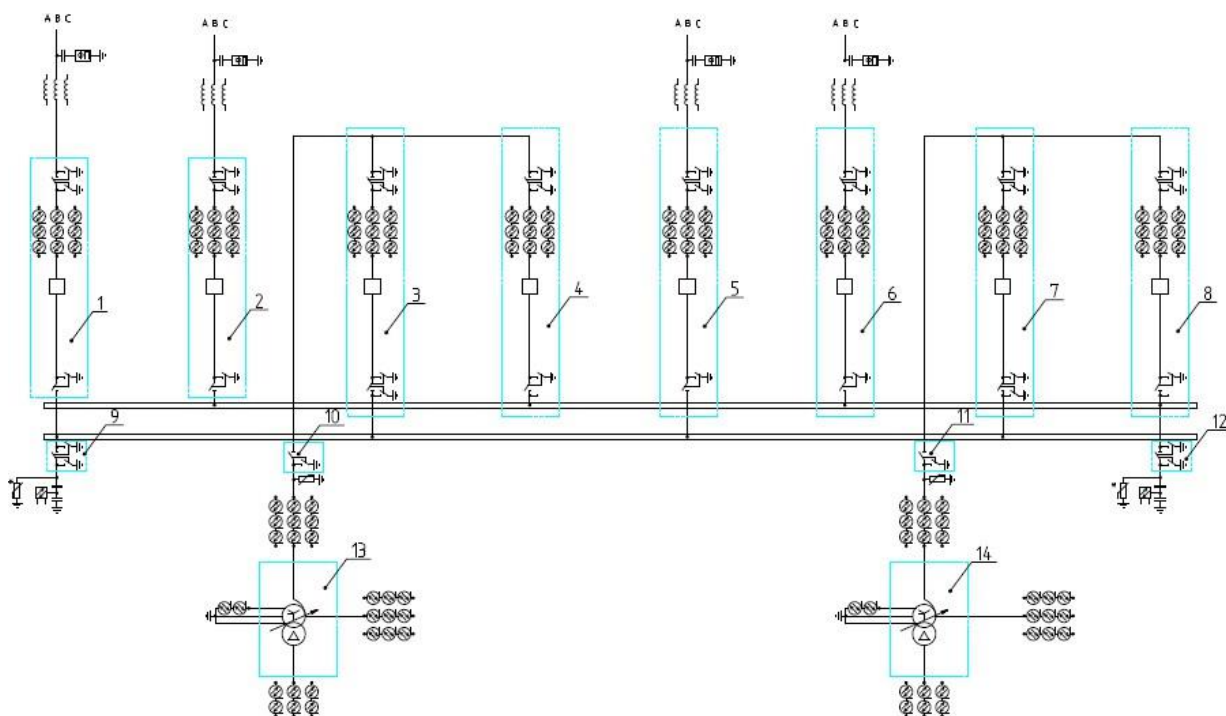


Рисунок 1.11 – Схема № 9Н – Одна рабочая секционированная система шин с подключением трансформаторов через развилку выключателей

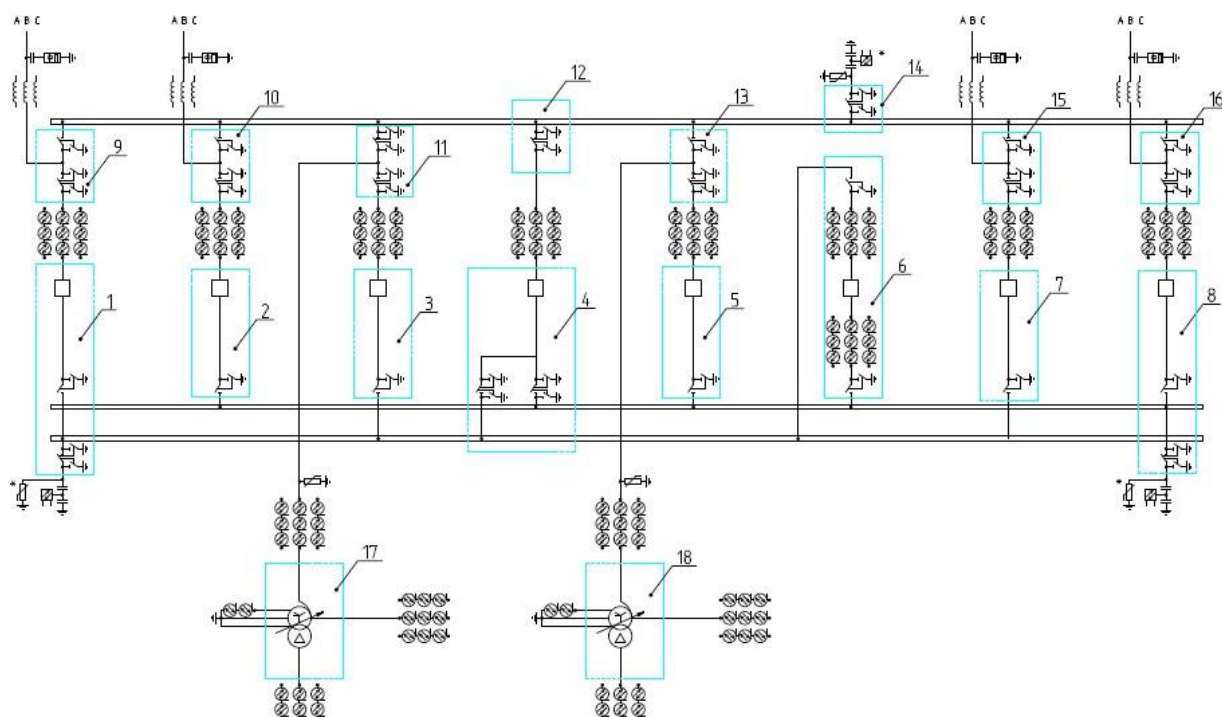


Рисунок 1.12 – Схема № 12 – Одна рабочая, секционированная выключателем, и обходная системы шин

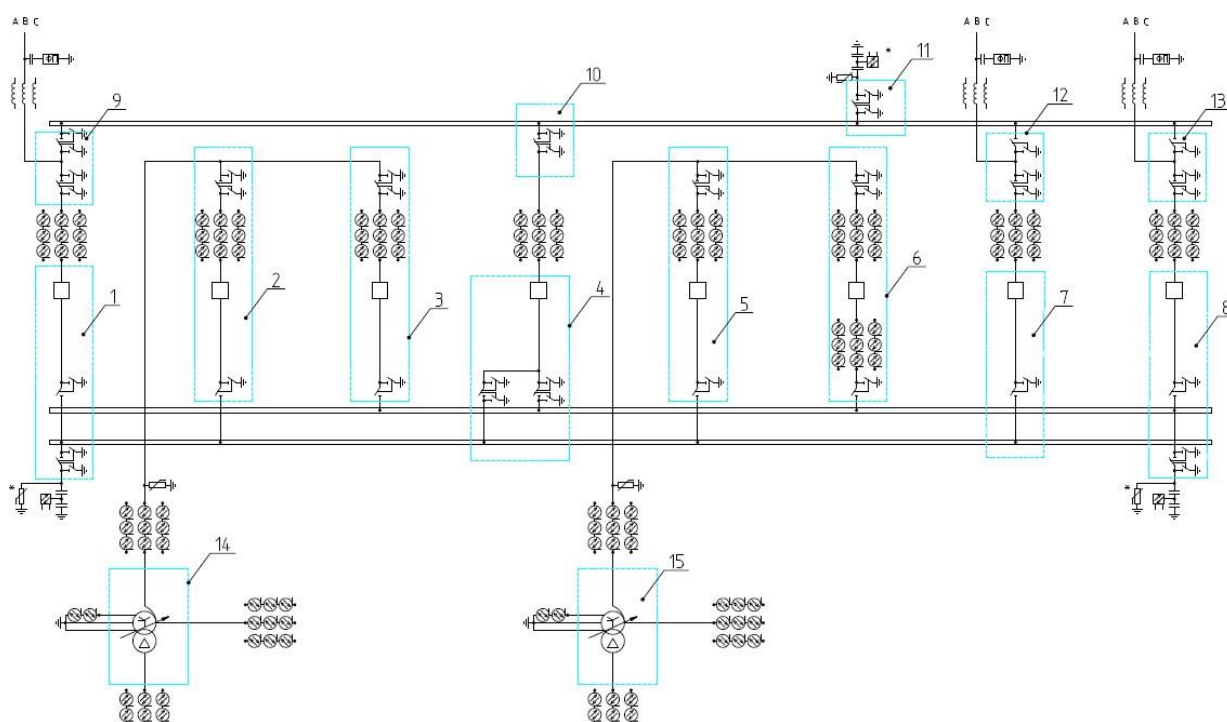


Рисунок 1.13 – Схема № 12Н – Одна рабочая, секционированная выключателем, и обходная системы шин с подключением трансформаторов к обеим секциям шин через 2 выключателя

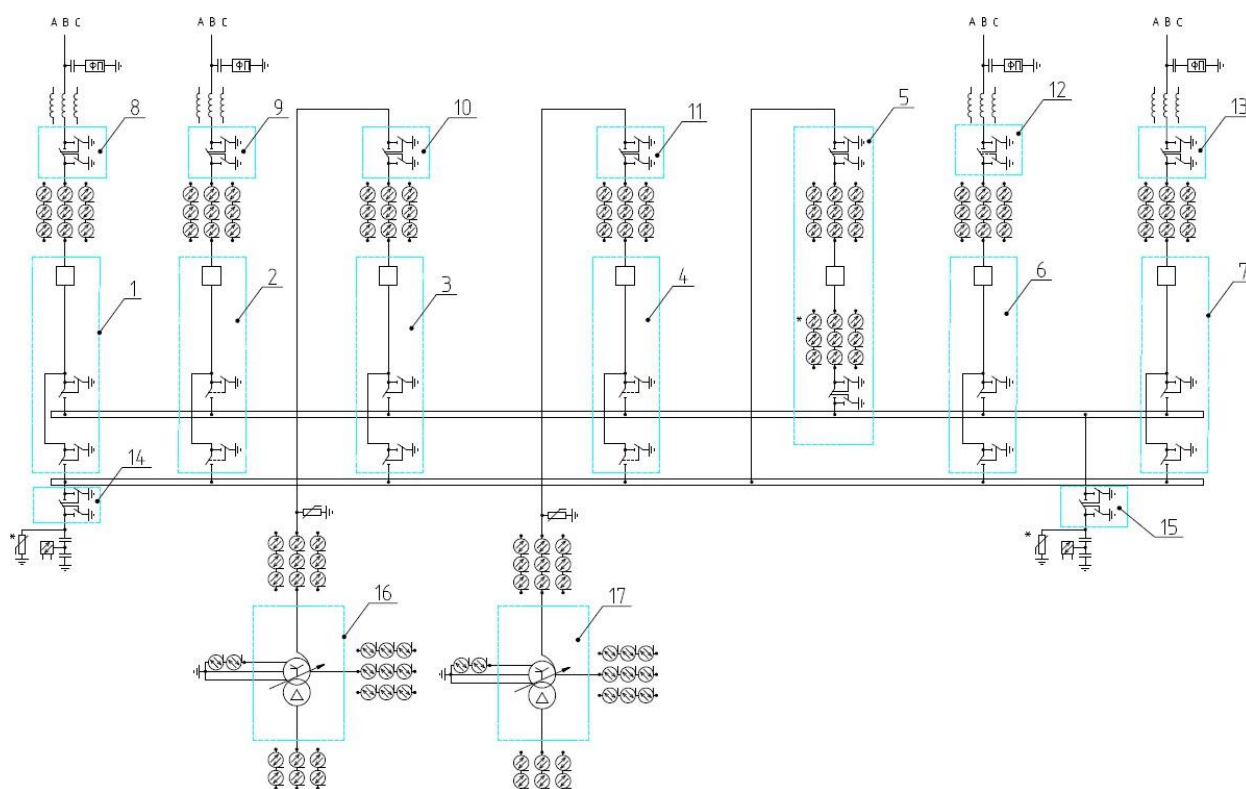


Рисунок 1.14 – Схема № 13 – Две рабочие системы шин

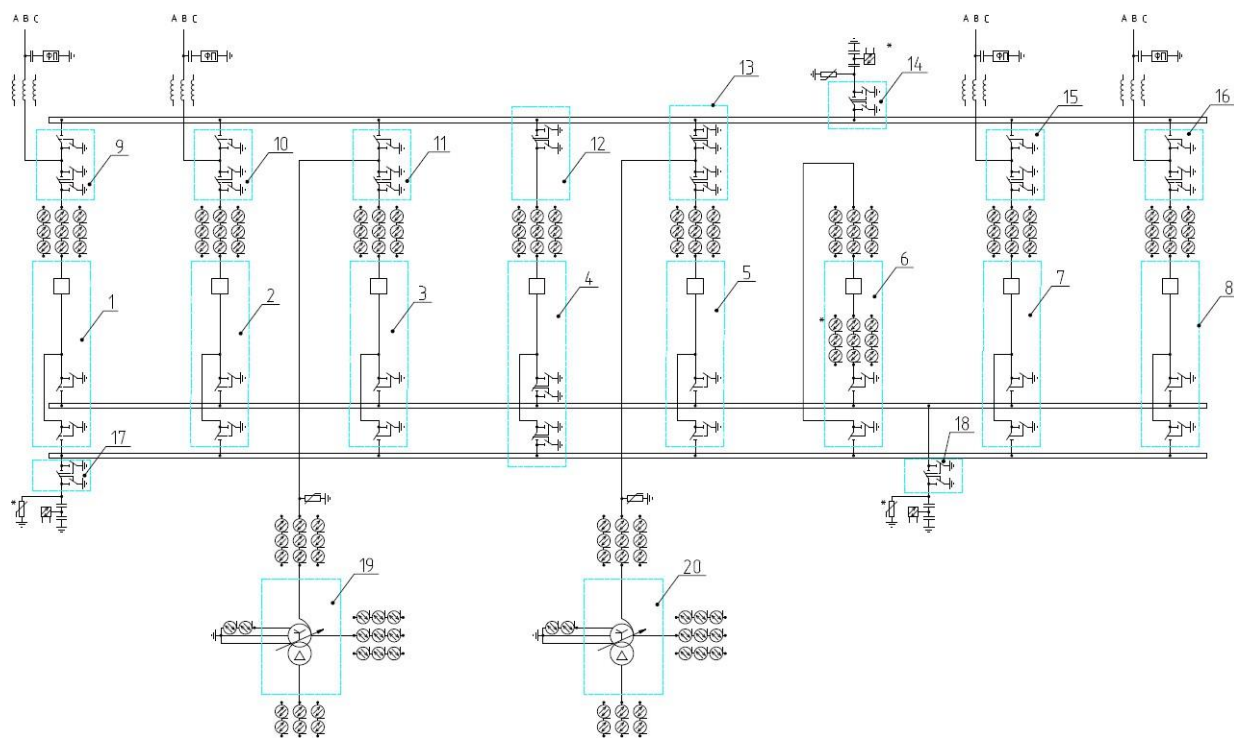


Рисунок 1.15 – Схема № 13Н – Две рабочие и обходная системы шин

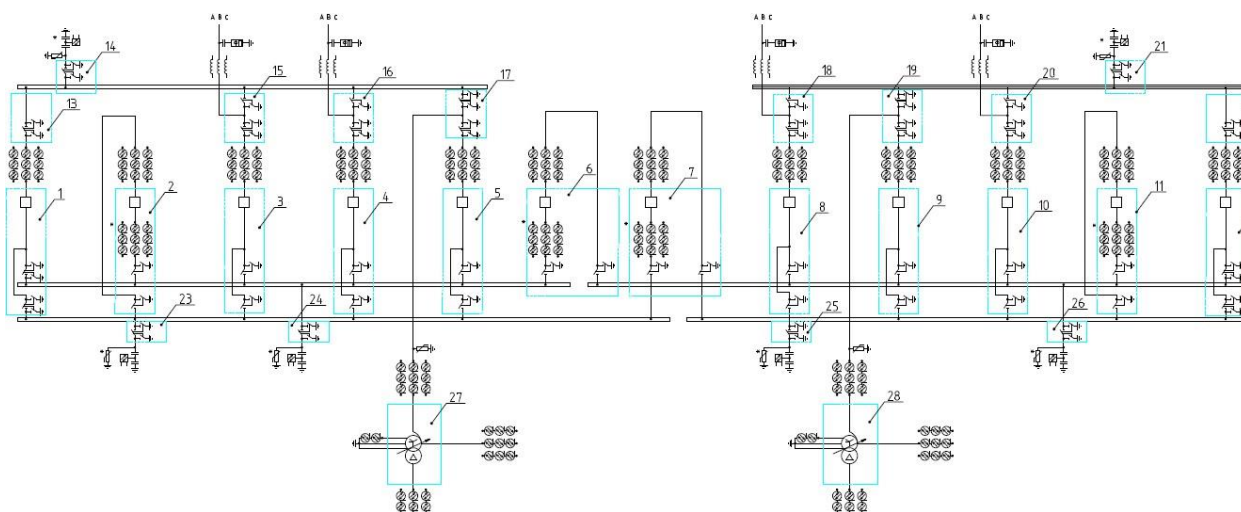


Рисунок 1.16 – Схема № 14 – Две рабочие секционированные
выключателями системы шин с двумя обходными и двумя
шиносоединительными выключателями

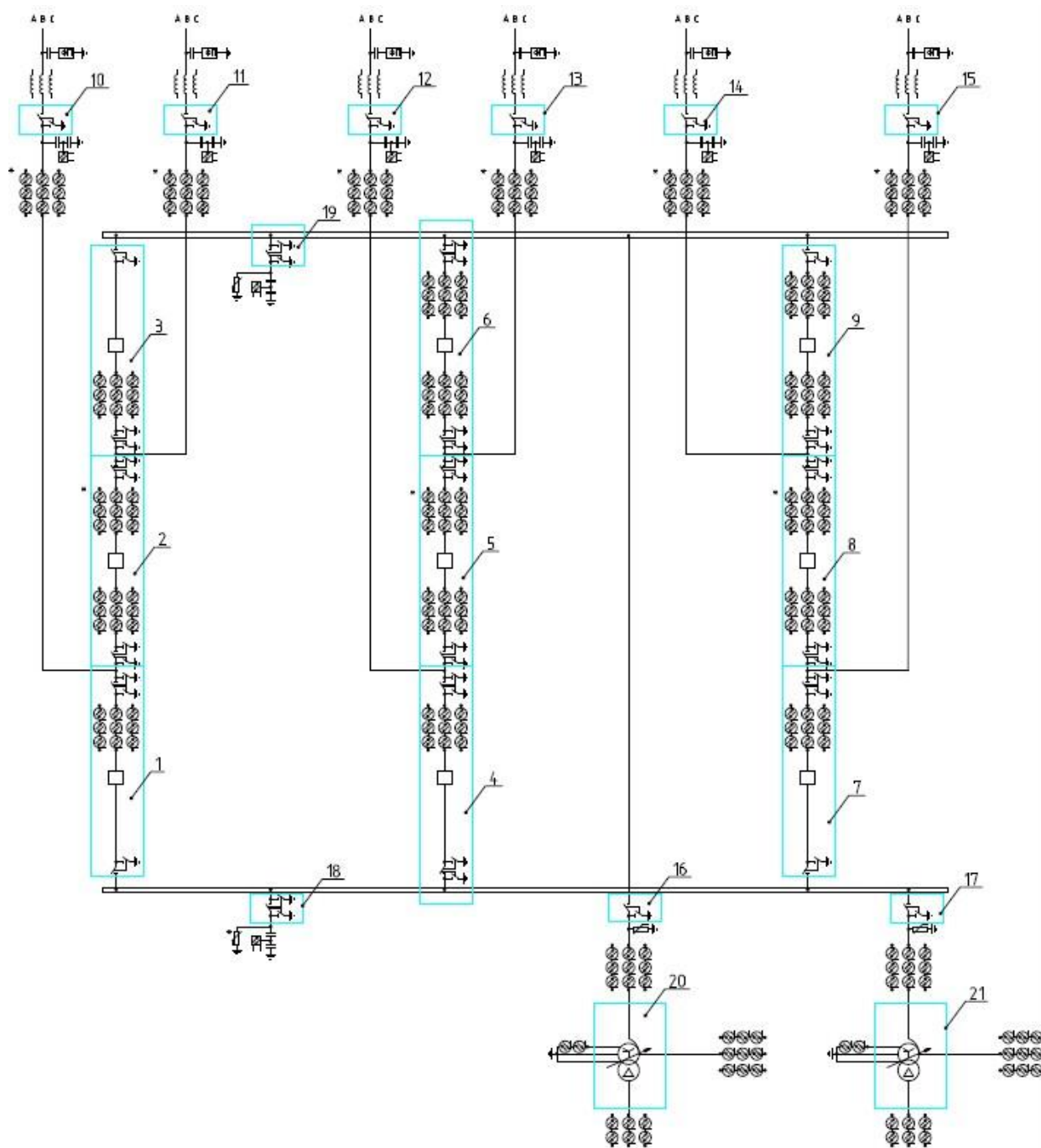


Рисунок 1.17 – Схема № 16 – Трансформатор-шин с полуторным присоединением линий

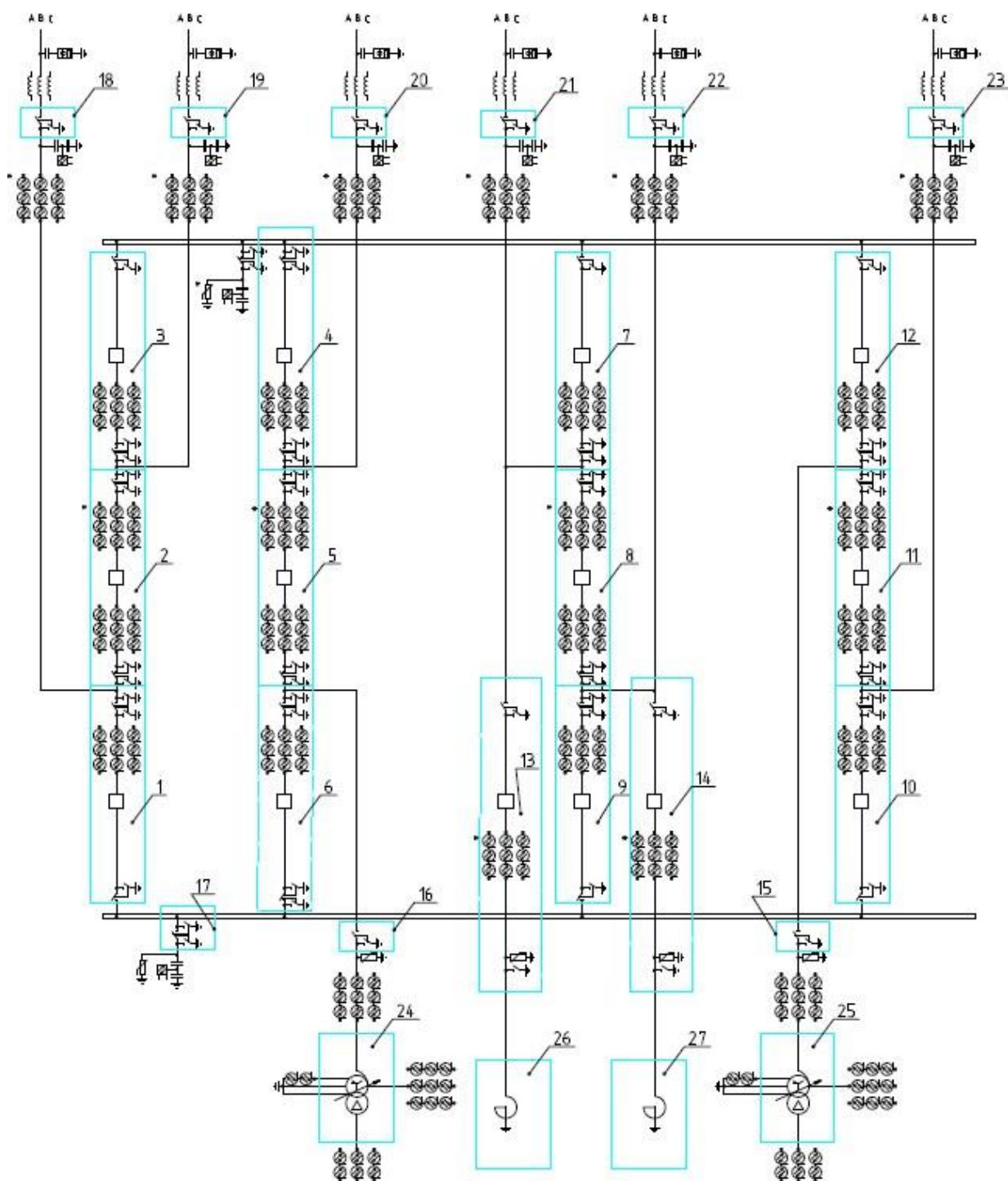


Рисунок 1.18 – Схема № 17 – Полуторная схема

Список используемых ресурсов

6. МЭК 61850-8-1 (2011) Сети связи и системы автоматизации энергосистем общего пользования. Часть 8-1. Схема распределения особой услуги связи (SCSM). Схема распределения для производственной системы модульной конструкции MMS (ISO 9506-1 и ISO 9506-2) и по ISO/IEC 8802-3 (IEC 61850-8-1 (2011) Communication networks and systems for power utility automation - Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3).
7. МЭК 61850-9-2(2011) Системы автоматизации и сети связи на подстанциях. Часть 9-2. Схема особого коммуникационного сервиса (SCSM). Значения выборок по ISO/IEC 8802-3 (IEC 61850-9-2 (2011) Communication networks and systems for power utility automation - Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3).
8. СТО 56947007-29.240.10.248-2017 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС), ПАО «ФСК ЕЭС».
9. СТО 56947007-29.200.80.210-2015 Контроллеры присоединения. Типовые технические требования, ПАО «ФСК ЕЭС».
10. СТО 56947007-29.240.10.256-2018 Технические требования к аппаратно-программным средствам и электротехническому оборудованию ЦПС, ПАО «ФСК ЕЭС». СТО 56947007-25.040.40.112-2011 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» Типовая программа и методика испытаний программно-технического комплекса автоматизированной системы управления технологическими процессами (ПТК АСУ ТП) и микропроцессорного комплекса системы сбора и передачи информации (МПК ССПИ) подстанций в режиме повышенной информационной нагрузки «шторм»

Занятие 5. Генерация сообщений Sample Values (SV) и их проверка

Теоретический материал по теме работы

Стандарт МЭК 61850-9-2 (Sampled Values)

Протокол передачи данных Sampled Values

Протокол передачи данных Sampled Values используется для передачи значений тока и напряжения по локальной вычислительной сети.

В традиционной схеме подключения устройств различного функционала и назначения цепи от измерительных трансформаторов тока и напряжения на РУ прокладываются до самих устройств, размещенных как вблизи первичного оборудования, так и на значительном расстоянии.

При использовании всех возможностей, заложенных в стандарт МЭК 61850, предполагается, что все сигналы от первичного оборудования передаются в цифровом виде на ИЭУ, в том числе мгновенные значения токов и напряжений

Для преобразования аналоговых значений от электромагнитных трансформаторов тока и напряжения, а также преобразования данных от цифровых ТТ и ТН в данные протокола Sampled Values применяются специальные преобразователи аналоговых сигналов ПАС, при этом ПАС, как правило, размещаются в непосредственной близости от первичного измерительного оборудования и передают данные по ЛВС.

Шина процесса МЭК 61850-9-2 (Sampled Values)

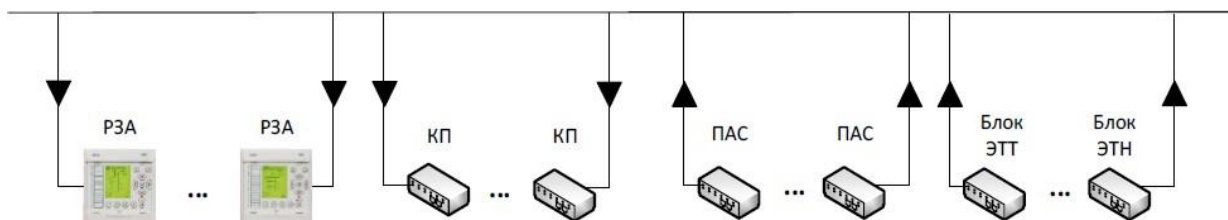


Рисунок 1.1 – Передача мгновенных значений на ИЭУ по протоколу Sampled Values

В случае использования цифровых измерительных трансформаторов, в качестве ПАС могут служить измерительные преобразователи цифровых трансформаторов.

Потоки мгновенных значений по протоколу Sampled Values формируются на основе набора данных, в который включаются атрибуты мгновенных значений тока и напряжения. Также возможно включение в набор данных других атрибутов данных при условии необходимости их передачи с большой частотой дискретизации.

Для достижения единообразия решений в части использования протокола Sampled Values необходимо руководствоваться положениями профиля ПАО «ФСК ЕЭС» для передачи данных по протоколу Sampled Values, основанного на стандарте МЭК 61869-9.

При новом строительстве, а также реконструкции ЦПС по Архитектуре III использование устройств с поддержкой протокола SV без поддержки профиля ПАО «ФСК ЕЭС» для передачи данных по протоколу Sampled Values не допускается.

При интеграции устройств с поддержкой профиля ПАО «ФСК ЕЭС» для передачи данных по протоколу Sampled Values на объекты с уже установленными устройствами с поддержкой профиля 9-2LE необходимо обеспечение совместимости обработки протокола Sampled Values на уровне устройств присоединения.

Для различных нужд предусмотрена передача мгновенных значений с разной частотой дискретизации согласно 61869-9:

- 1) Передача мгновенных значений токов и напряжений с частотой 96 выборок за период промышленной частоты;
- 2) Передача мгновенных значений токов и напряжений с частотой 288 выборок за период промышленной частоты.

При передаче мгновенных значений с частотой 96 выборок за период передается кадр, содержащий 2 последовательных выборки.

При передаче мгновенных значений с частотой 288 выборок за период передается кадр, содержащий 6 последовательных выборок.

Стандарт МЭК 61850-5 определяет максимальное время передачи кадров мгновенных значений для протокола Sampled Values.

Таблица 1.1 – Максимально допустимое время доставки передачи для Sampled Values

Тип сообщения согласно МЭК 61850-5	Класс быстродействия согласно МЭК 61850-5	Использование	Время доставки, мс
4	P7	Функции РЗА	≤ 3
4	P8	Остальные функции	≤ 10

Помимо мгновенных значений в кадре данных передается сервисная информация, содержащая:

- 1) атрибут качества сигнала, идентифицирующий наличие нештатной работы источника данных, перевод источника в режим тестирования и другие ненормальные режимы работы;
- 2) информация о нахождении значений в пределах заданного класса точности, допустимого диапазона измерений, информация о получении значений с помощью вычислений.

Информация о наличии и источнике синхронизации у устройства-отправителя Sampled Values

При передаче мгновенных значений требуется точная временная синхронизация для использования данных, получаемых с различных ПАС.

Для обеспечения необходимой точности измерений в системах коммерческого учёта и при реализации функций РЗА устройства ПАС должны быть синхронизированы с точностью не хуже ± 1 мкс. Для обеспечения такой точности требуется применение специальных средств синхронизации времени. Точность синхронизации необходима для минимизации угловой погрешности векторов, где погрешность

синхронизации в 1 мс вызывает расхождение векторов на 18 градусов, предельно допустимой погрешности в 6 мкс угловая погрешность будет 6 уг.мин. 28,8 уг.сек.

В целях унификации информационных систем на ПС и исключения дополнительных линий связи при реализации проектов следует отдавать предпочтение устройствам, обеспечивающим поддержку синхронизации времени через сетевой интерфейс Ethernet по протоколу PTPv2 (МЭК 61588) с профилем Power Utility Profile.

Синхронизация времени в пределах секунды осуществляется на приемной стороне с помощью передачи номера выборки в кадре данных. Счетчик номера кадра обнуляется в начале каждой секунды с получением информации от системы синхронизации времени, каждый следующий кадр нумеруется последовательно. Устройству-приемнику потоков Sampled Values с нескольких ПАС в целях обеспечения корректности работы внутренних алгоритмов, требующих синхронности измерений, достаточно получать информацию о номере соответствующей выборки, при этом приемнику для работы с кадрами данных синхронизация времени требуется для формирования собственных меток времени.

Также с помощью номеров выборок можно контролировать целостность принимаемых данных.

Передача потоков мгновенных значений

Передача потоков мгновенных значений Sampled Values осуществляется в многоадресной рассылке Multicast. Для адресации кадров на канальном уровне используются MAC-адреса, MAC-адрес получателя идентифицирует адрес многоадресной рассылки потока Sampled Values.

Для многоадресных рассылок по протоколу Sampled Values используется стандартизованный диапазон адресов.

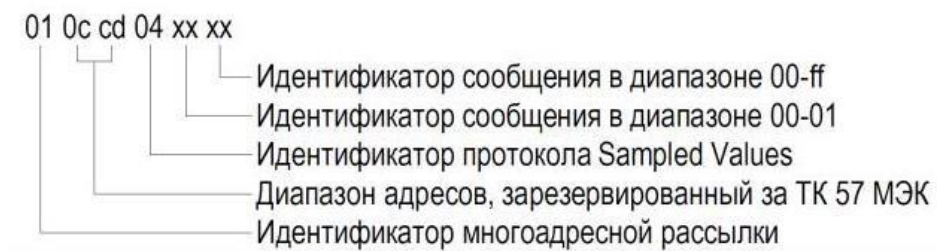


Рисунок 1.2 – Диапазон адресов многоадресной рассылки по протоколу Sampled Values

Потокам по протоколу Sampled Values присваиваются MAC-адреса в диапазоне 01:0C:CD:04:00:00-01:0C:CD:04:01:FF.

Для получения и последующей обработки сообщения устройство-приемник должно быть подписано на необходимое ему сообщение.

Полный набор абстрактных коммуникационных моделей и сервисов определен главой МЭК 61850-7-2.

Назначение абстрактных моделей и сервисов протокола Sampled Values определено главой МЭК 61850-9-2.

Описание спецификации протокола МЭК 61850-9-2 для обеспечения совместимости оборудования различных производителей приведено далее.

Профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» для передачи данных по протоколу Sampled Values

Для достижения оптимизации количества передаваемых сигналов и оптимизации нагрузки ЛВС устройства должны поддерживать использование профильных параметров передачи мгновенных выборок аналоговых значений.

Данные профильные параметры выбраны исходя из необходимости ограничения набора данных в рамках одного потока, передачи оптимального количества выборок за период.

В качестве основных наборов данных определены наборы из 3 аналоговых сигналов либо одного, поскольку типовой к передаче приняты 3

фазных значения тока или напряжения, либо одно значение тока или напряжения.

Выбор частот выборок за период для релейных измерений и измерений учета и качества сделан на основе стандарта МЭК 61869-9 с уточнениями. Использование частот дискретизации для различных нужд показано в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Использование разных частот дискретизации для различных нужд

Назначение	96 выборок на период	288 выборок на период
РЗА	+	-
Измерения АСУ ТП	+	-
Измерения коммерческий учет	+	-
ККЭ	-	+
СМПП	-	+

Для SV-потоков определена цена деления наименьшего значащего бита:

- 1) Для передачи тока один бит представляет 0,1 мА;
- 2) Для передачи напряжения один бит представляет 10 мВ.

Для минимизации погрешностей, вызванных синхронизацией времени, и повышения надежности без создания дополнительной сети для синхронизации времени, устройства, поддерживающие профиль Sampled Values, должны поддерживать протокол синхронизации времени МЭК 61588 ред.2 с профилем Power Utility Profile.

Если количество SV-потоков превышает 512 в рамках одного объекта, то допускается расширение приведенного диапазона MAC-адресов назначения в пределах двух младших байтов адреса, таким образом, что второй байт (справа) для сообщений классы 1ИР и 2ИР всегда должен быть чётным числом, а для сообщений классов 1И и 2И – всегда нечетным числом, следующим образом:

- 1) 01:0C:CD:04:00:00 – 01:0C:CD:04:00:FF – основной диапазон для сообщений классов 1ИР и 2ИР;

2) 01:0C:CD:04:01:00 – 01:0C:CD:04:01:FF – основной диапазон для сообщений классов 1И и 2И;

3) 01:0C:CD:04:02:00 – 01:0C:CD:04:02:FF – дополнительный диапазон для сообщений классов 1ИР и 2ИР и т.д.;

4) 01:0C:CD:04:03:00 – 01:0C:CD:04:03:FF – дополнительный диапазон для сообщений классов 1И и 2И и т.д.

Прочие параметры потоков Sampled Values должны реализовываться в соответствии с МЭК 61869-9.

В таблице 1.3 приведена классификация потоков согласно МЭК 61869-9 с указанием на передаваемые ток или напряжение.

Таблица 1.3 – Классификация потоков Sampled Values профиля МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС»

Класс потока	Тип быстрогодействия в соответствии с МЭК 61850-5	Диапазон MAC-адресов назначения	Набор передаваемых сигналов	APPID	поASDU (количество выборок, передаваемых в одном кадре)	Частота, выборок за период	Классификация согласно МЭК 61869-9
1ИР	P7	01:0C:CD:04:00:00 – 01:0C:CD:04:00:FF	Передача трех сигналов	4000-5FFF	2	96	F4800S2I3U0 F4800S2I0U3
2ИР	P7	01:0C:CD:04:00:00 – 01:0C:CD:04:00:FF	Передача одного сигнала	4000-5FFF	2	96	F4800S2I1U0 F4800S2I0U1
1И	P8	01:0C:CD:04:01:00 – 01:0C:CD:04:01:FF	Передача трех сигналов	6000-7FFF	6	288	F14400S6I3U0 F14400S6I0U3
2И	P8	01:0C:CD:04:01:00 – 01:0C:CD:04:01:FF	Передача одного сигнала	6000-7FFF	6	288	F14400S6I1U0 F14400S6I0U1

Методика генерации сообщения Sample Values (SV) и их проверки

Методика генерации сообщений Sample Values на удивление проста, при использовании вспомогательного программного обеспечения.

В качестве такого ПО может выступать средство Volcano от компании Tekvel. Существует много других производителей, предоставляющих подобные программные продукты.

Данное ПО позволяет задавать параметры генерируемых потоков сообщений:

Величины действующих значений напряжений и токов трехфазной системы векторов и их начальные фазы, при этом существует возможность задания симметричного или не симметричного режима.

Проверка осуществляется по следующим параметрам при помощи программных продуктов, захватывающих данные поток данных.

Сценарии использования режимов испытаний для SV-потоков

Типы испытаний

Испытания на этапе наладки при отсутствии SV-потоков от испытательной установки, принимаемых испытываемым устройством из сети

1) Принимается, что испытательная установка выдает SV-потоки с установленным объектом данных Sim в значение True;

2) Для проверки работы устройств с воздействием на физические выходы необходимо установить объект данных Sim в значение False и объект данных Mod в значение test, при этом функционал проверяется по испытаниям GOOSE-сообщений;

3) Для проверки работы устройств без воздействия на физические выходы необходимо установить объект данных Sim в значение False и объект данных Mod в значение test/blocked, при этом функционал проверяется по испытаниям GOOSE-сообщений.

Испытания на этапе наладки при наличии SV-потокот от испытательной установки, принимаемых испытываемым устройством из сети:

- 1) Принимается, что испытательная установка выдает SV-потокот с установленным объектом данных Sim в значение True;
- 2) Для проверки работы устройств с воздействием на физические выходы необходимо установить объект данных Sim в значение True и объект данных Mod в значение test, при этом функционал проверяется по испытаниям GOOSE-сообщений;
- 3) Для проверки работы устройств без воздействия на физические выходы необходимо установить объект данных Sim в значение True и объект данных Mod в значение test/blocked, при этом функционал проверяется по испытаниям GOOSE-сообщений;
- 4) Для окончания работы испытываемого устройства от SV-потокот испытательной установки, необходимо изменить режим симуляции объект данных Sim в значение False на испытываемом устройстве.

Меню программы Volcano и её функционал

Интерфейс

В главном окне (рисунок 1.3) представлены вкладки управления и регуляторы тока и напряжения. В iMerge для задания параметров использовались вкладки одного окна, в Volcano все делается в нескольких отдельных окнах.

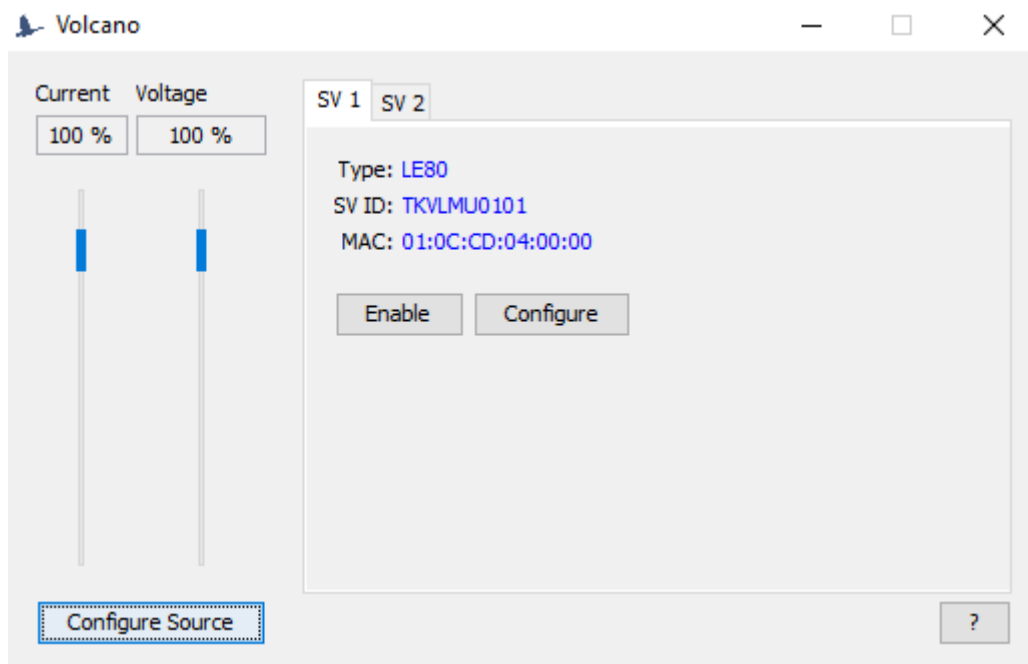


Рисунок 1.3 – Главное меню

Демонстрационная и коммерческая версии

Для коммерческой версии полный функционал доступен при наличии лицензионного USB-ключа. В демонстрационной версии Volcano предоставлена возможность работать только с потоком 80 выборок за период. Коммерческая версия предоставляет возможность формировать поток 256 выборок за период, изменять флаги качества, пофазно изменять параметры источника, а также формировать сразу два потока. Остальные анонсированные функции, такие как поддержка протокола МЭК 61869-9, настраиваемый состав набора данных пакета SV и воспроизведения файла COMTRADE пока недоступны (рисунок 1.4).

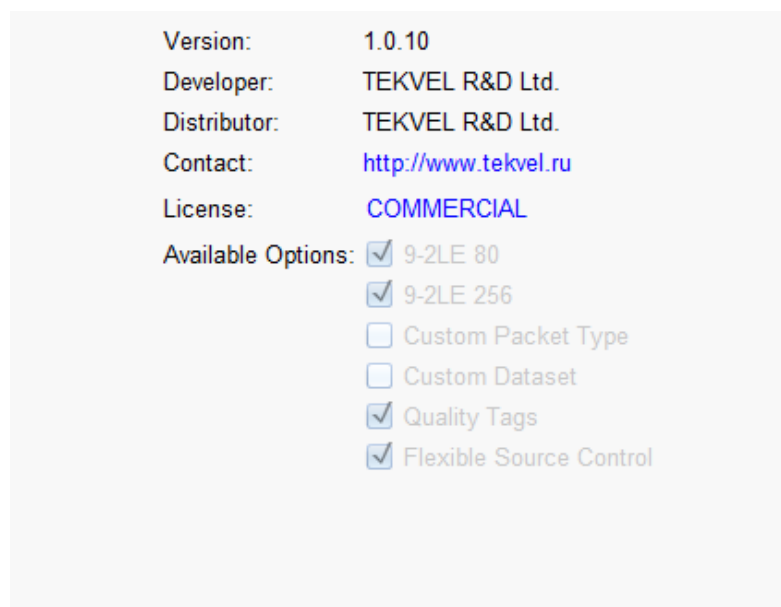


Рисунок 1.4 – Функции эмулятора Volcano

Функциональность

Во вкладке Configure выбираются параметры сетевого адаптера, параметры блока управления SV и параметры самого потока.

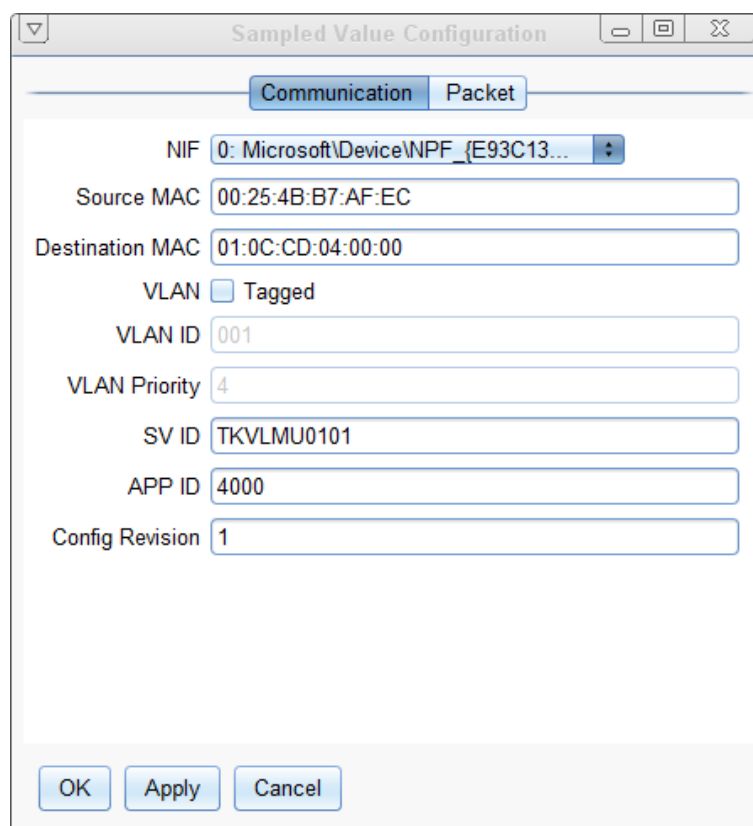


Рисунок 1.5 – Настройки сетевого адаптера

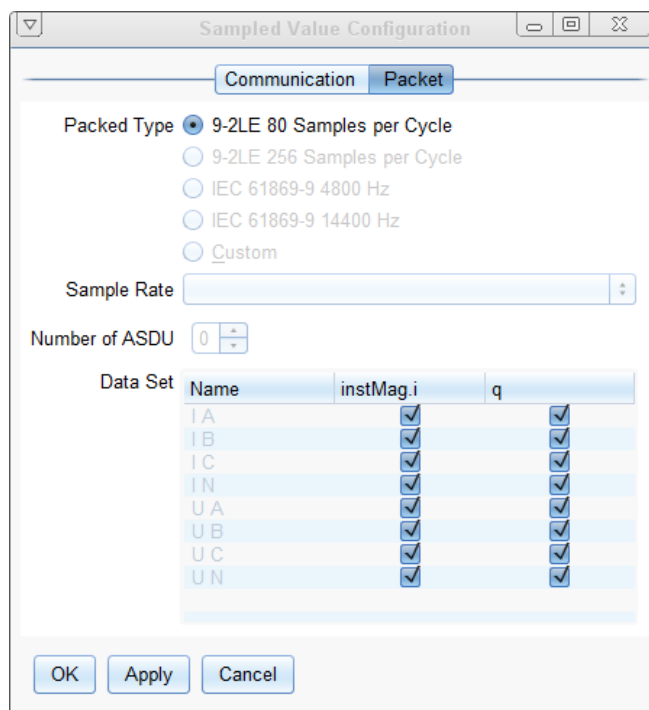


Рисунок 1.6 – Настройки блоков управления

Во вкладке Packet видны опции, из которых, в демо версии пока доступна только одна коммерческая – 256 выборок за период. Есть функции формирования пакетов в соответствии с МЭК 61869-9, а также опция формирования кастомного пакета.

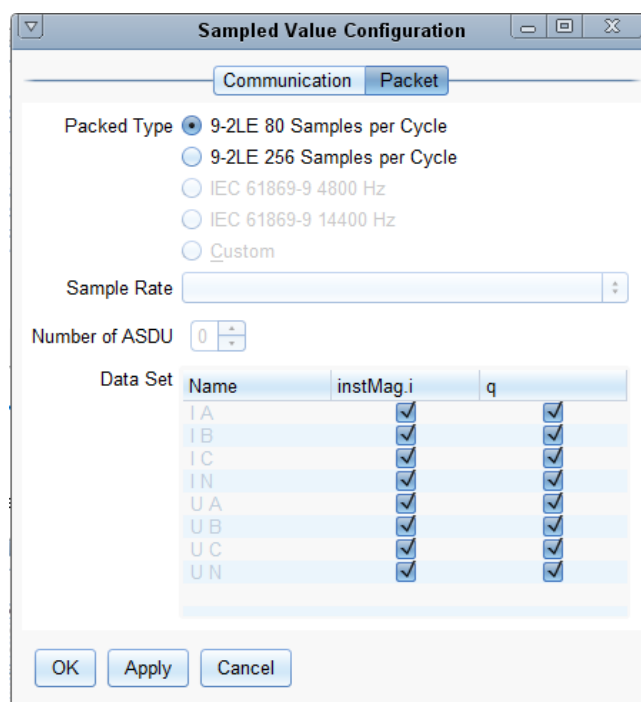


Рисунок 1.7 – Настройка формата передачи данных

Во вкладке **Configure – Source** задаются параметры источника и флаги качества. В демонстрационной версии изменять параметры источника можно только в трех фазах сразу, а флаги качества вообще недоступны. В коммерческой версии можно изменять параметры пофазно, а также задавать нужные флаги качества, причем, для нужного параметра можно задать свои флаги качества.

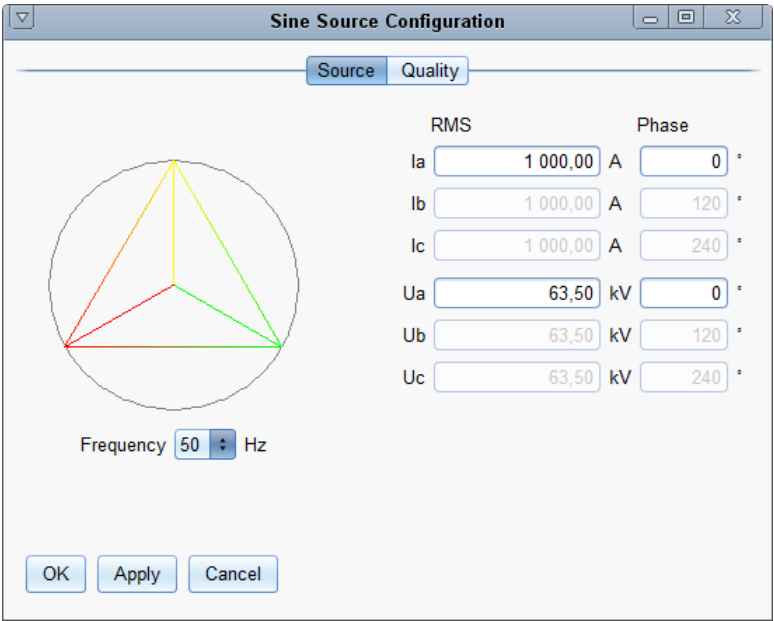


Рисунок 1.8 – Настройка параметров источника

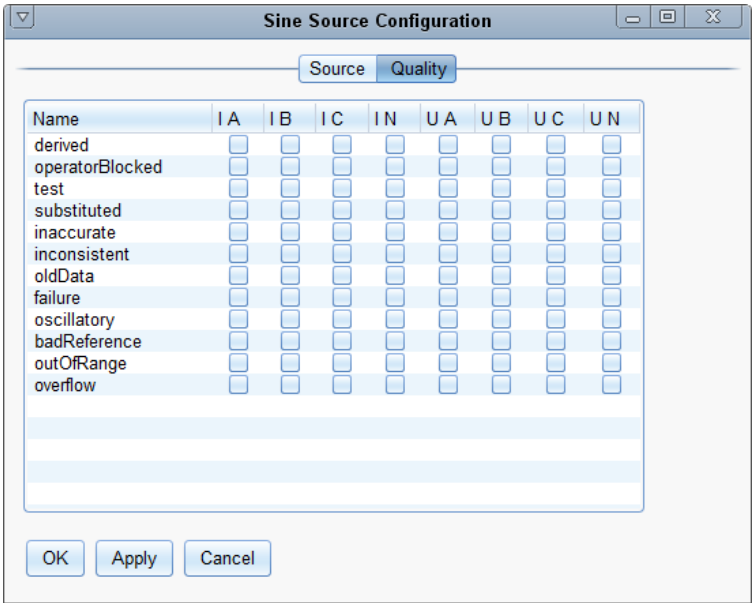


Рисунок 1.9 – Настройка флагов качества.

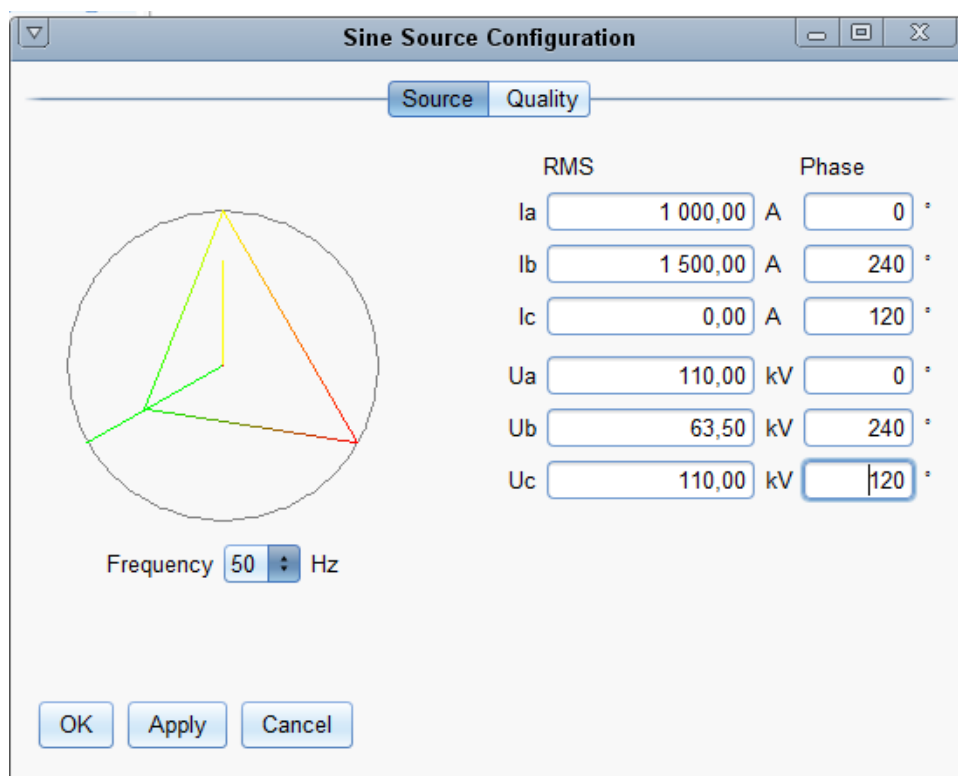


Рисунок 1.10 – Реализация пофазного управления

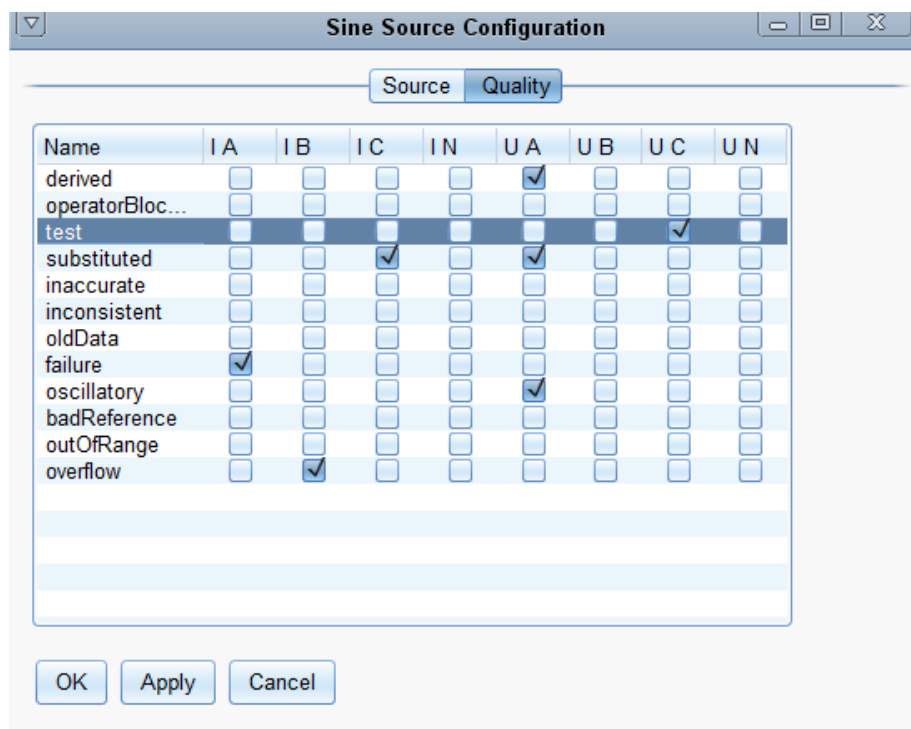


Рисунок 1.11 – Реализация управления флагами качества

Нажав на клавишу Enable в главном окне программы, запускаем эмуляцию сигналов.

Проверка пакетов

Первое, что приходит на ум при запуске, – а идут ли пакеты? Для решения этого вопроса подойдет программа для мониторинга сетевых пакетов Wireshark (рисунок 1.12).

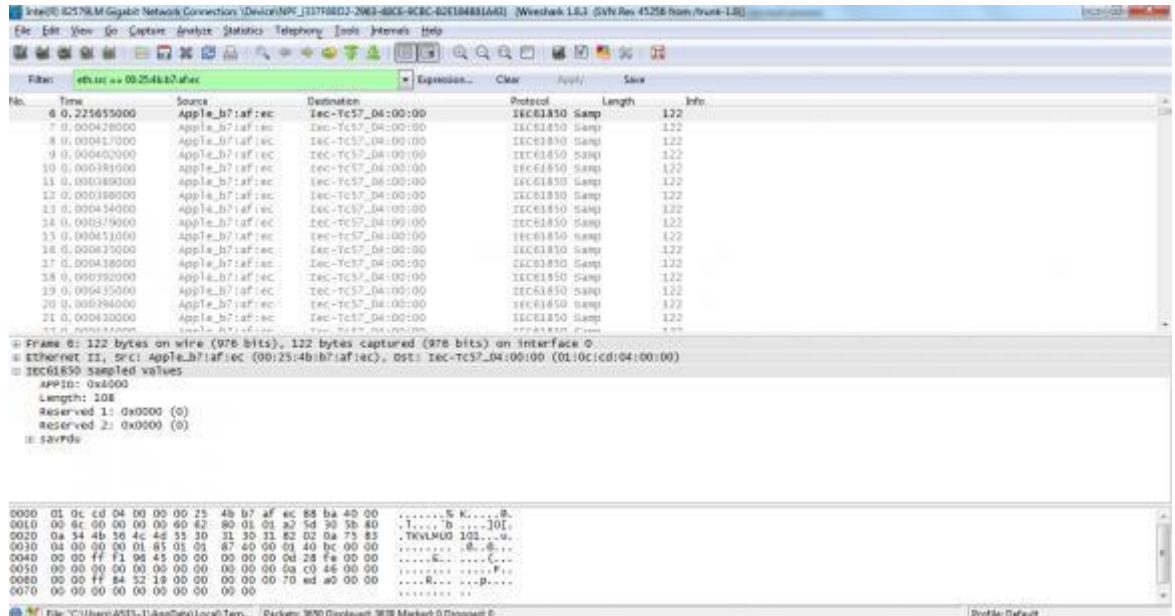


Рисунок 1.12 – Фиксация пакетов в программе Wireshark

Сразу заметны два нюанса:

- Интервалы между пакетами заметно больше, чем должны быть по МЭК 61850-9-2.
- Интервалы между пакетами сильно различаются.

Однако примерно через минуту обе эти проблемы решаются. Разработчики прокомментировали это так: «В Volcano мы сделали специальный механизм, который корректирует это время с тем, чтобы добиться оптимального времени между пакетами вне зависимости от производительности ПК. Алгоритм корректировки работает в течение 50 секунд после старта эмуляции (то есть нажатия клавиши Enable). По истечении 50 секунд пакеты должны идти с интервалом, максимально приближенным к 250 мкс». Результаты визуализации передаваемых данных в программе Сетевой анализатор представлены на рисунке 1.13.

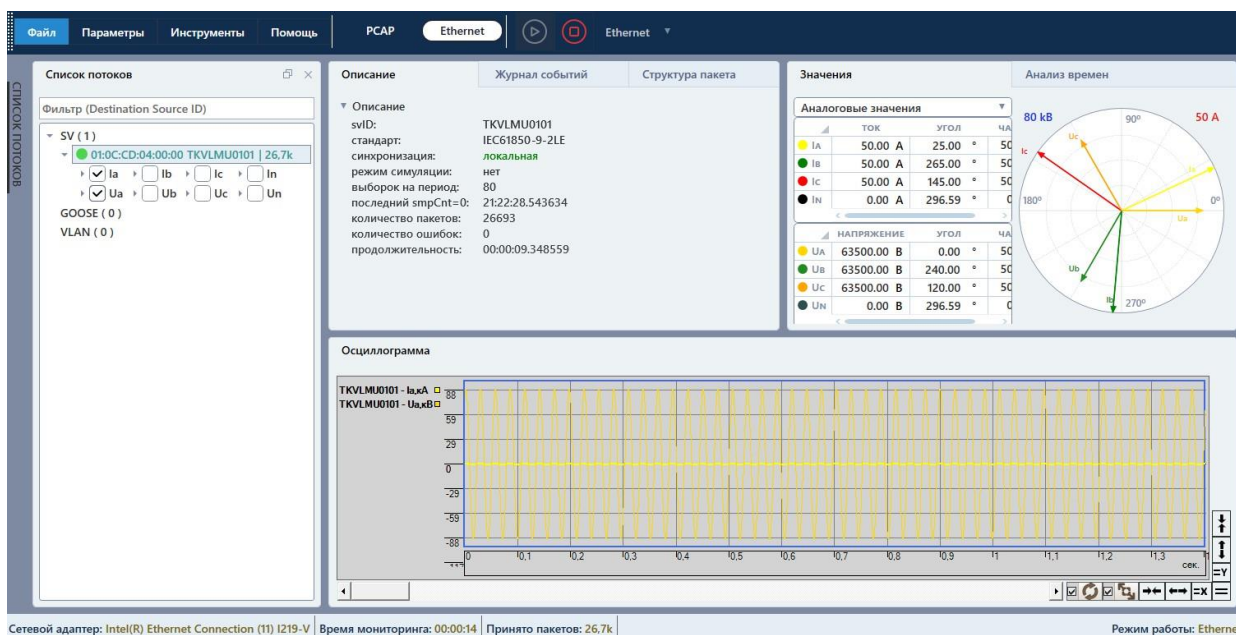


Рисунок 1.13 – Результат визуализации данных в программе «Сетевой анализатор».

А захват пакетов сообщений представлен на рисунке 1.14

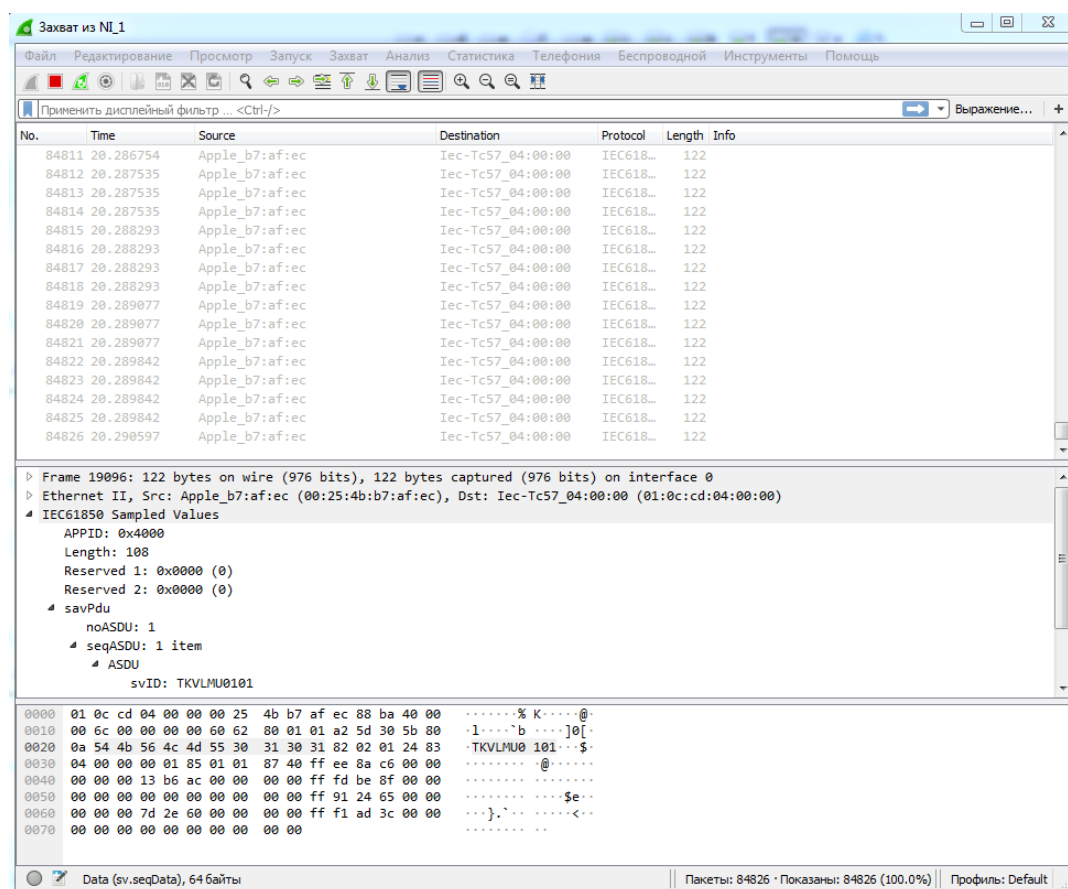


Рисунок 1.14 – Захват пакетов сообщений

Пример поэтапного выполнения моделирования IED устройства и сообщений SV средствами Volcano.

1. Исходная ситуация на объекте.

В соответствие с выданным вариантом по заданию выбираются значения векторов напряжений и токов моделируемого потока мгновенных значений сообщений Sampled Values, предварительно выбрав сетевой адаптер, подключенный к проводной сети и соединенный с роутером или маршрутизатором.

$U=110$ кВ фаза 30 градусов, $I=50$ А, фаза 5 градусов. Напряжение заданное в таблице является линейным и его необходимо перевести в фазные значения разделив на корень из 2.

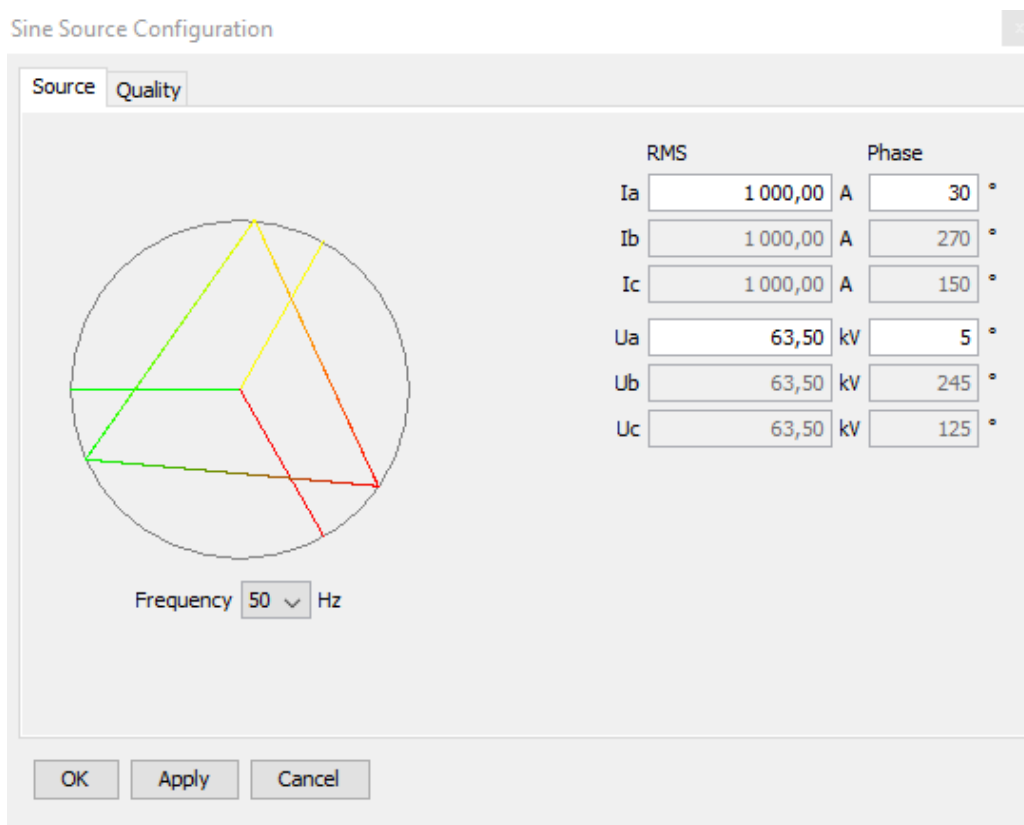


Рисунок 1.15 – Результат настройки

2. Моделирование потока данных от IED.

3. Нажав в основном меню программы кнопку Enable (включено) запускаем генерацию SV потока в выбранную локальную сеть.

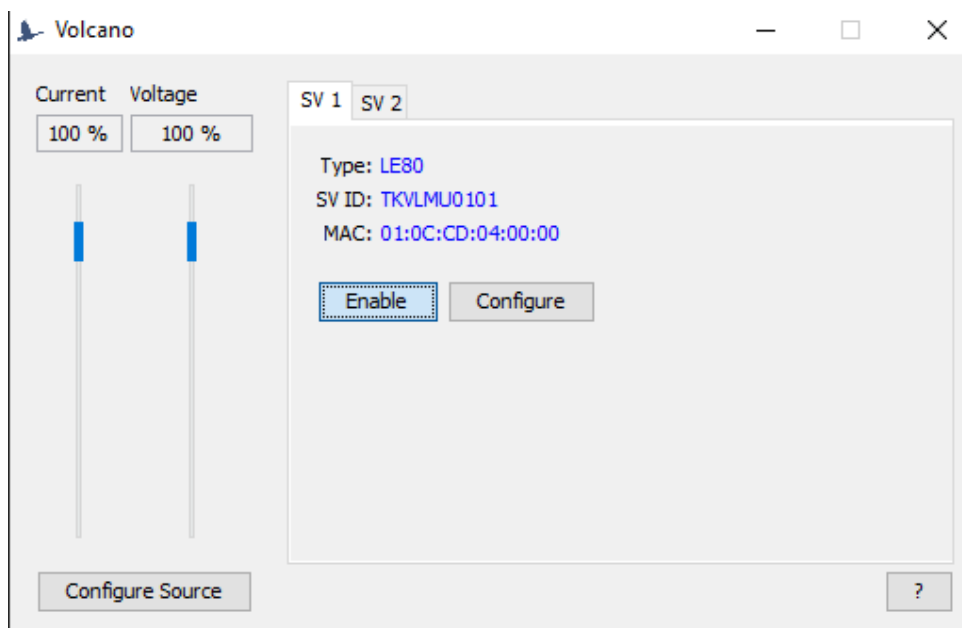


Рисунок 1.16 – Запуск моделирования потока SV

4. Запускаем бесплатную версию программы «Сетевой анализатор». И выбрав режим Ethernet.



запускаем сканирование локальной сети на предмет поиска потоков SV



5. Выбрав в левой части окна списка пакетов наблюдаемый поток выбираем для отображения любые два сигнала тока и напряжения

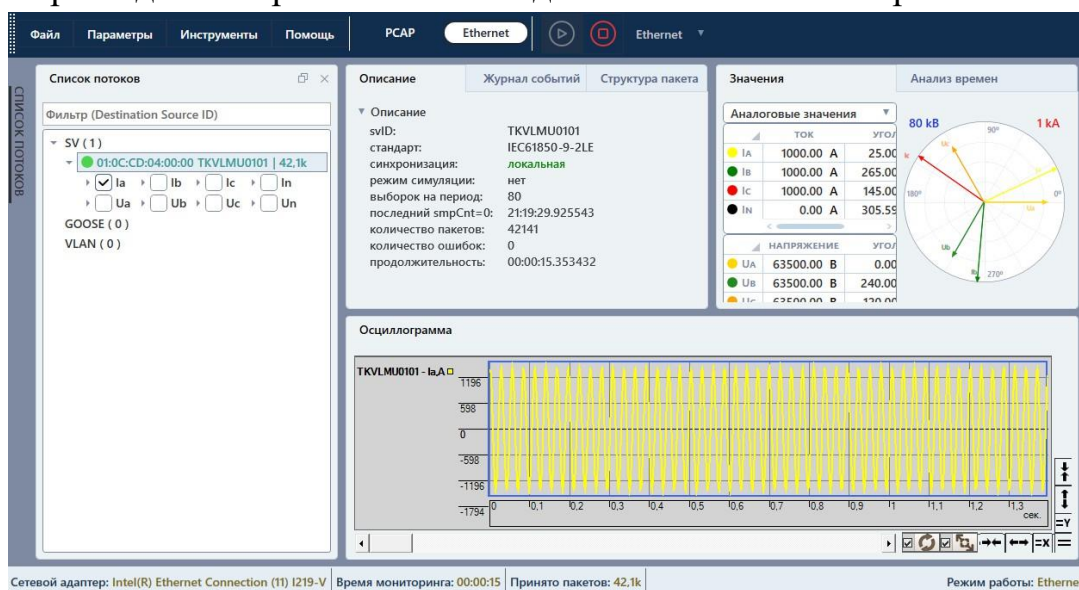


Рисунок 1.17 – Данные наблюдаемого потока SV

В результате имеем наборы данных отображаемых в мониторе событий

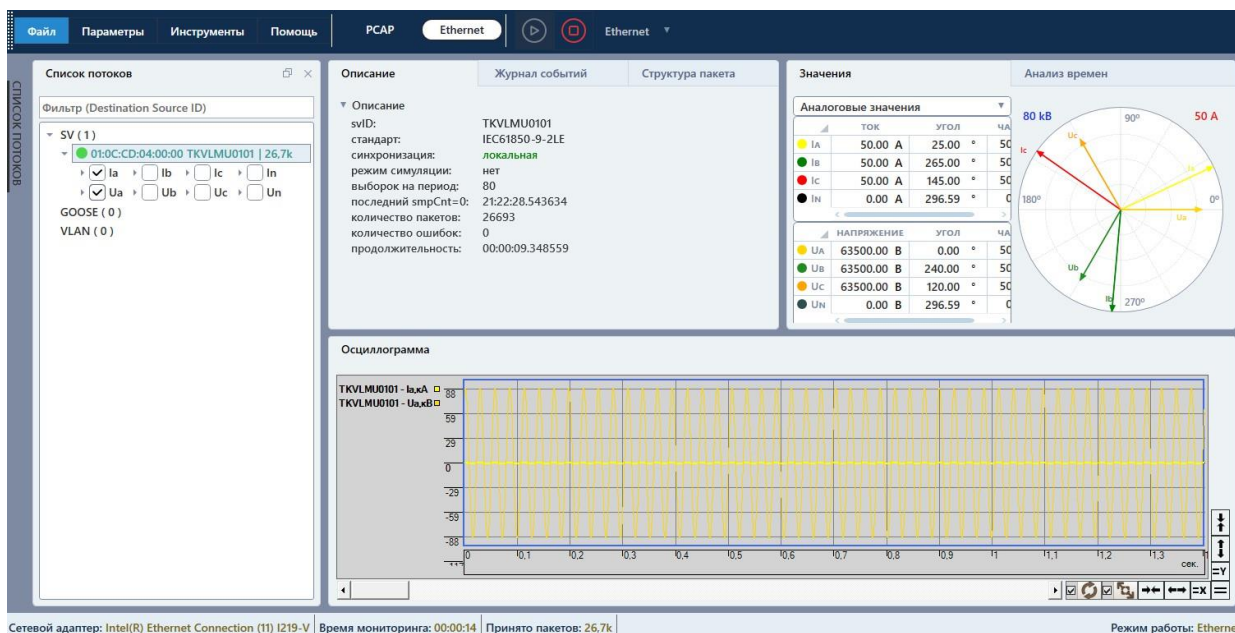


Рисунок 1.18 – Пример фиксации сгенерированного потока SV

Необходимо сравнить полученные данные потока с заданными в приложении Volcano.

6. Выполним захват пакетов сообщений SV при помощи приложения Wireshark, результат захвата также представим в виде скрина зафиксированного одного пакета данных в развернутом виде как на рисунке ниже.

Захват из Ethernet

Файл Редактирование Просмотр Запуск Захват Анализ Статистика Телефония Беспроводной Инструменты Помош

Применить дисплейный фильтр ... <Ctrl-/>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
698966	121.406919	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698967	121.406922	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698968	121.407274	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698969	121.407276	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698970	121.407669	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698971	121.407672	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698972	121.407984	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698973	121.407986	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698974	121.408317	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698975	121.408321	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	
698976	121.408665	Apple_b7:af:ec	Iec-Tc57_04:00:00	IEC61850 Sampled Values	122	

> Frame 145696: 122 bytes on wire (976 bits), 122 bytes captured (976 bits) on interface 0

> Ethernet II, Src: Apple_b7:af:ec (00:25:4b:b7:af:ec), Dst: Iec-Tc57_04:00:00 (01:0c:cd:04:00:00)

▼ IEC61850 Sampled Values

APPID: 0x4000

Length: 108

Reserved 1: 0x0000 (0)

Reserved 2: 0x0000 (0)

▼ savPdu

noASDU: 1

▼ seqASDU: 1 item

▼ ASDU

svID: TKVLMU0101

smpCnt: 1864

confRef: 1

smpSynch: local (1)

▼ PhsMeas1

value: -19971

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: 68729

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: -48757

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: 0

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: 1341897

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: 7018865

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: -8360762

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process
value: 0

> quality: 0x00000000, validity: good, source: process

```

0010  00 6c 00 00 00 00 60 62 80 01 01 a2 5d 30 5b 80  .l....`b ....]0[.
0020  0a 54 4b 56 4c 4d 55 30 31 30 31 82 02 07 48 83  .TKVLMU0 101...H.
0030  04 00 00 00 01 85 01 01 87 40 ff ff b1 fd 00 00  .....@.....
0040  00 00 00 01 0c 79 00 00 00 00 ff ff 41 8b 00 00  ....y...A...
0050  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 14 79 c9 00 00  ....y...
0060  00 00 00 6b 19 71 00 00 00 00 ff 80 6c c6 00 00  ...k.q....l...
0070  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ....

```

value (sv.meas_value), 4 байты

Рисунок 1.19 – Захват потока SV средствами Wireshark

Задание

Необходимо зафиксировать показания устройства, смоделировав его при помощи программного средства Volcano для различных групп данных.

Данные величин амплитуд векторов напряжений и токов, генерируемых программой Volcano необходимо взять из таблицы 1.4 в соответствие с выданным номером варианта.

Используя функцию настройки SV сообщений студент выполняющий моделирование сигналов сообщений SV должен задать тестовую ситуацию, а далее используя программу «Сетевой анализатор» считать данные сообщений и зафиксировать их в электронной форме в виде скринов интерфейсов используемых программных средств.

Таблица 1.4 – Данные величин амплитуд векторов напряжений и токов

№ варианта	U, кВ	Фаза U, Град.	I, А	Фаза I, град.
1	110	5	50	30
2	220	10	45	40
3	35	15	70	50
4	500	20	25	60
5	750	25	30	30
6	110	30	35	40
7	220	35	60	50
8	35	40	90	60
9	500	45	15	30
10	750	50	25	40
11	110	55	100	50
12	220	60	77	60
13	35	5	120	30
14	500	10	60	40
15	750	15	65	50

Продолжение таблицы 1.4

№ варианта	U, кВ	Фаза U, Град.	I, А	Фаза I, град.
16	110	20	120	60
17	220	25	65	30
18	35	30	115	40
19	500	35	40	50
20	750	40	30	60
21	110	45	90	30
22	220	50	70	40
23	35	55	80	50
24	500	60	50	60
25	750	5	46	30
26	110	10	70	40
27	220	15	55	50
28	35	20	45	60
29	500	25	35	30
30	750	30	25	40

Список используемых ресурсов

1. Сайт компании НПП «Динамика» ведущее предприятие в России по разработке, изготовлению и продаже современных испытательных устройств проверки различного электрооборудования для электроэнергетики, нефтегазовой отрасли, энергоемких промышленных предприятий и дистанций электроснабжения <https://dynamics.com.ru/>

2. Сайт компании ТЕКВЕЛ – инженерная компания, основанная в 2010, работающая в области релейной защиты и автоматизации электроэнергетических объектов с преимущественным применением стандарта МЭК 61850 <https://tekvel.com>

3. Сайт компании Wireshark – разработчик анализатора сетевых потоков <http://www.wireshark.org>

4. СТО 56947007-25.040.40.112-2011 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» Типовая программа и методика испытаний программно-технического комплекса автоматизированной системы управления технологическими процессами (ПТК АСУ ТП) и микропроцессорного комплекса системы сбора и передачи информации (МПК ССПИ) подстанций в режиме повышенной информационной нагрузки «шторм»

5. IEC 61850-8-1. Communication networks and systems for power utility automation –Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3, International Standard, Edition 2. (Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Описание передачи данных по протоколу MMS (ИСО/МЭК 9506 — Часть 1 и Часть 2) и по протоколу ИСО/МЭК 8802-3.).

6. IEC 61850-9-2. Communication networks and systems for power utility automation - Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3, International Standard, Edition 2. (Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Выборочные значения по ИСО/МЭК 8802-3.

Занятие 6. Генерация сообщений GOOSE и их проверка

Теоретический материал по теме работы

Протокол быстрой передачи данных GOOSE

Протокол GOOSE (Generic Object-Oriented Substation Event) используется для быстрой передачи данных о событиях между ИЭУ по локальной вычислительной сети.

Шина станции МЭК 61850-8-1 (MMS, GOOSE)

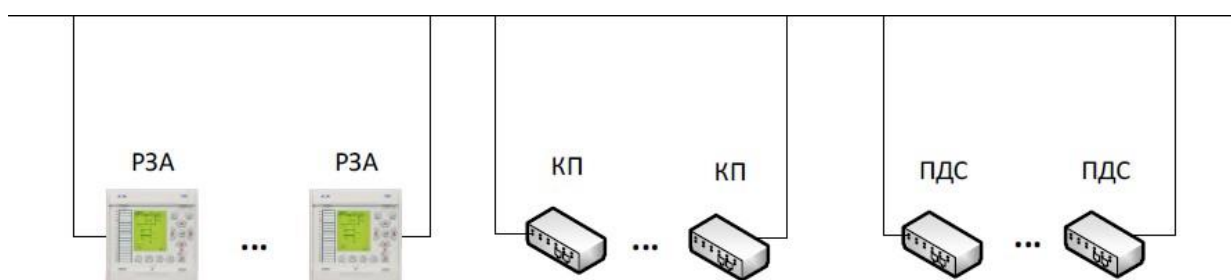


Рисунок 1.1 – Связь ИЭУ между собой

Стандарт МЭК 61850-5 определяет предельное время доставки данных для GOOSE сообщений различного назначения.

Таблица 1.1 – Предельное время доставки GOOSE сообщений

Тип сообщения согласно МЭК 61850-5	Класс быстрогодействия согласно МЭК 61850-5	Использование	Время доставки, мс
1A	P1	Передача сигналов РЗА и прочих сигналов	≤ 3
1A	P2	Передача сигналов РЗА между ПС через преобразователи	≤ 10

Протокол GOOSE передает наборы данных, формируемые из атрибутов данных.

При передаче атрибутов данных обязательны к передаче атрибуты качества. В посылке GOOSE помимо самого значения дискретного сигнала должен содержаться атрибут качества сигнала, идентифицирующий наличие нештатной работы источника данных, перевод источника в режим тестирования и другие ненормальные режимы работы.

Перед обработкой полученных данных устройство-получатель проверяет атрибут качества сигнала на наличие битов ошибок в сигнале, наличие бита режима «Тест».

В рамках одного GOOSE-сообщения может отправляться набор данных, содержащий в себе одно или несколько значений данных, при этом устройство-получатель обрабатывает данные, необходимые ему.



Рисунок 1.2 – Формирование набора данных для GOOSE

Передача GOOSE-сообщений осуществляется в режиме многоадресной рассылки Multicast. Для адресации кадров на канальном уровне используются MAC адреса физических устройств, MAC-адрес получателя идентифицирует адрес многоадресной рассылки GOOSE-сообщения.

Для многоадресных рассылок по протоколу GOOSE используется стандартизированный диапазон адресов.

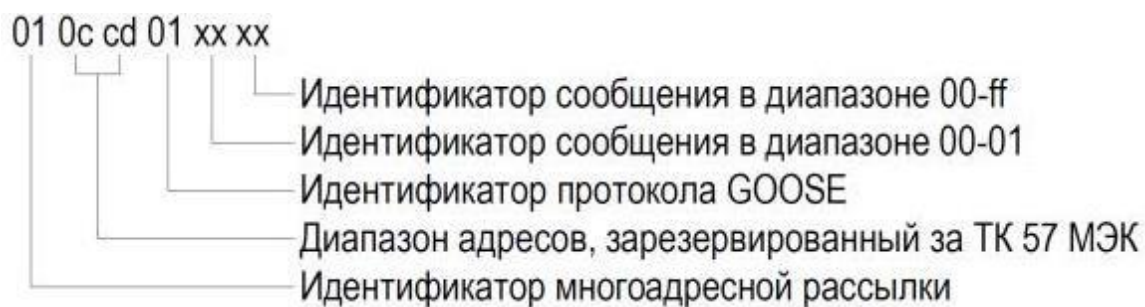


Рисунок 1.3 – Диапазон адресов многоадресной рассылки для GOOSE-сообщений

Всем GOOSE-сообщениям в рамках одного объекта присваиваются MAC-адреса в диапазоне 01:0C:CD:01:00:00-01:0C:CD:01:01:FF.

Для получения и последующей обработки сообщения устройство-приемник должно быть подписано на необходимое ему сообщение.

Поскольку передача данных ведется в режиме многоадресной рассылки с высокой скоростью, для GOOSE-сообщений не реализован механизм получения подтверждения о доставке сообщения от получателей.

Передаваемый кадр GOOSE-сообщения содержит все текущие значения атрибутов данных, внесенных в набор данных. При изменении одного или нескольких значений атрибутов устройство моментально инициирует посылку нового GOOSE-сообщения с обновленными данными.

GOOSE-сообщения передаются циклически в условиях отсутствия изменений, что позволяет диагностировать локальную вычислительную сеть в режиме реального времени. При пропаже GOOSE-сообщения устройство-приемник может формировать сигнал о неисправности после интервала ожидания прихода сообщения.

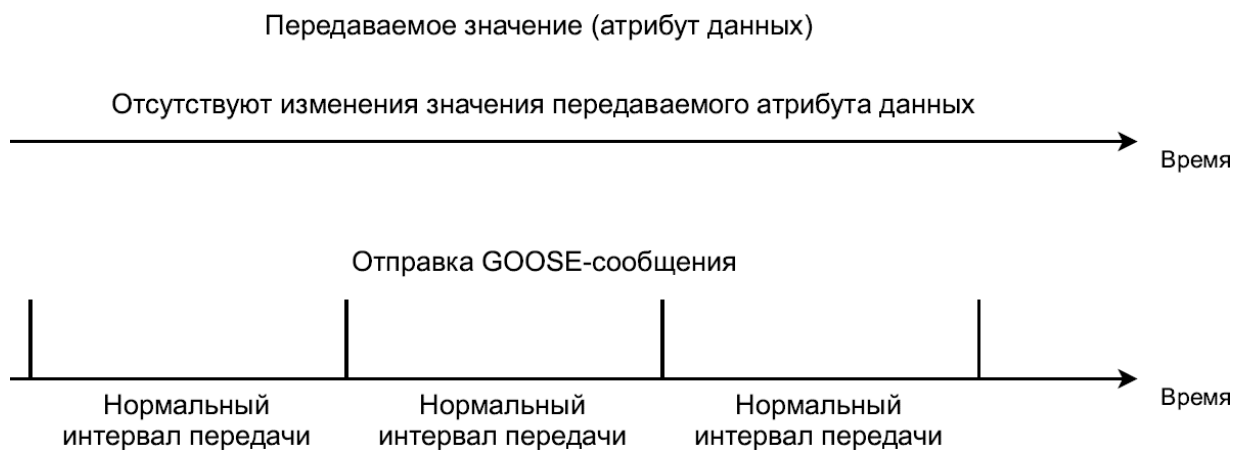


Рисунок 1.4 – Передача GOOSE-сообщения при отсутствии изменения данных

При изменении одного из атрибутов данных, включенных в состав передаваемого набора данных, вне зависимости от того, сколько времени прошло с момента отправки предыдущего сообщения, формируется новый кадр, который содержит обновленные данные. После чего отправка этого кадра повторяется несколько раз с минимальной выдержкой времени. При отсутствии дальнейших изменений данный интервал отправки постепенно увеличивается до максимального.



Рисунок 1.5 – Передача GOOSE-сообщений при изменении данных

Профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» в части применения протокола GOOSE

Определены несколько основных классов сигналов для передачи по протоколу GOOSE. Для данных групп определены используемые диапазоны MAC-адресов, минимальное и максимальное время между GOOSE-сообщениями.

Определено количество GOOSE-сообщений с минимальным интервалом времени при изменении данных в наборе данных GOOSE-сообщения, равное четырем. Далее идет двукратное увеличение интервала между выдачей GOOSE-сообщений, повторяющееся три раза. Далее GOOSE-сообщение передается с максимальным временем интервала.

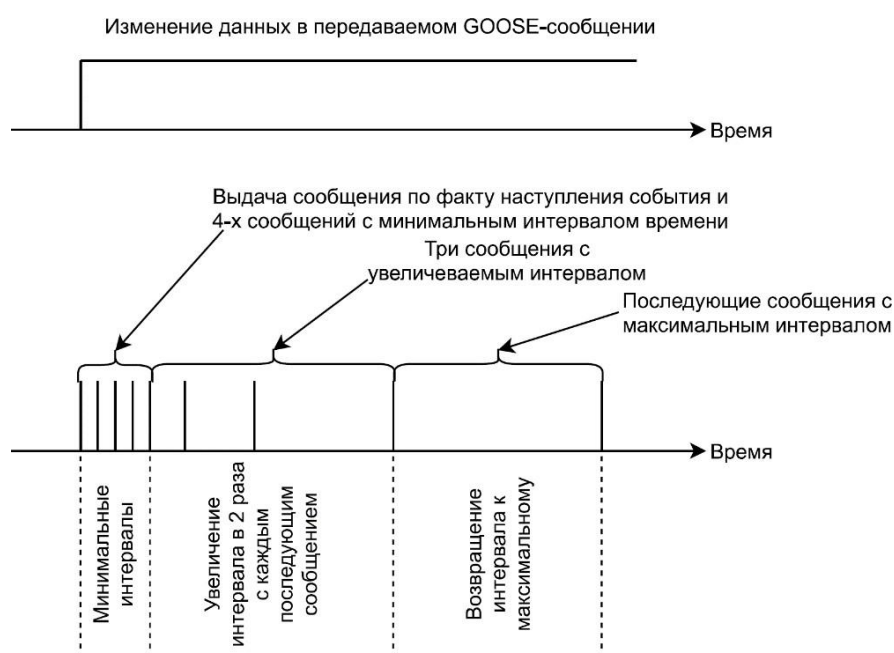


Рисунок 1.6 – Механизм изменения интервалов GOOSE-сообщения

Таблица 1.2 – Правила формирования интервалов между GOOSE-сообщениями

Номер GOOSE-сообщения в момент возникновения события		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Интервал передачи, мс	Класс сообщения I	0	4	4	4	4	8	16	32	1000
	Класс сообщения II	0	100	100	100	100	200	400	800	10000

Если количество GOOSE-сообщений превышает 512 в рамках одного объекта, то допускается расширение приведенного диапазона MAC-адресов назначения в пределах двух младших байтов адреса, таким образом, что второй байт (справа) для сообщений класса I всегда должен быть чётным числом, а для сообщений класса II – всегда нечетным числом, следующим образом:

- 1) 01:0C:CD:01:00:00 – 01:0C:CD:01:00:FF – основной диапазон для сообщений класса I;
- 2) 01:0C:CD:01:01:00 – 01:0C:CD:01:01:FF – основной диапазон для сообщений класса II;
- 3) 01:0C:CD:01:02:00 – 01:0C:CD:01:02:FF – дополнительный диапазон для сообщений класса I и т.д.;
- 4) 01:0C:CD:01:03:00 – 01:0C:CD:01:03:FF – дополнительный диапазон для сообщений класса II и т.д.

Определен порядок формирования набора данных для GOOSE-сообщения. Набор данных формируется из пар атрибутов данных, один атрибут является информационным, следующий за ним является атрибутом качества информации.

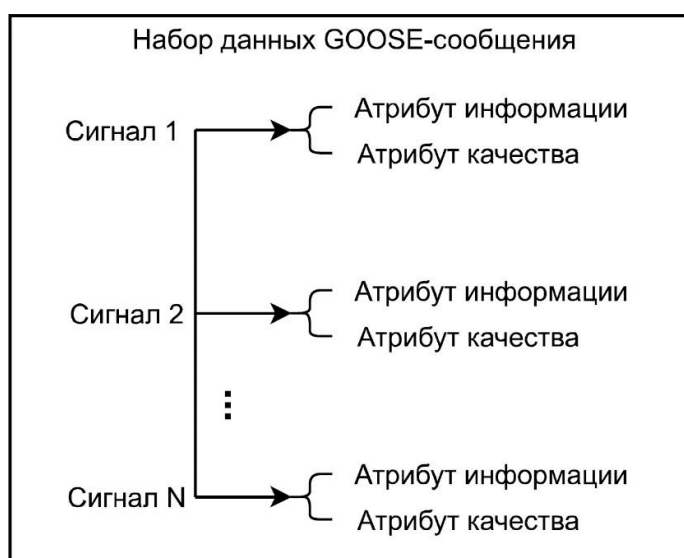


Рисунок 1.7 – Формирование набора данных

Таблица 1.3 – Классификация GOOSE-сообщений

Класс сообщений	Диапазон MAC-адресов назначения	Типы передаваемых сигналов	APPID	Минимальный интервал между сообщениями (MinTime), мс	Максимальный интервал между сообщениями (MaxTime), мс
I	01:0C:CD:01:00:00 – 01:0C:CD:01:00:FF	1) Все сигналы аварийного отключения и включения выключателей от: терминалов РЗ, СА, ПА, сигналы пуска УРОВ и запрета АПВ; 2) Сигналы РЗА (телеускорения) и ПА, действующие на пуск команд УПАСК, сигналы, выдаваемые с УПАСК 3) Сигналы с силового оборудования, действующего на отключение выключателей: ГЗ, температура и т.д. 4) Сигналы неисправности цепей ТТ/ТН и другие действующие на блокировку РЗА 5) Положение выключателя и сигнал контроля тока по электромагниту отключения	8000-BFFF	4	1000
II	01:0C:CD:01:01:00 – 01:0C:CD:01:01:FF	1) Сигналы состояния силового оборудования (действие на сигнал): сигналы повышения температуры, срабатывания отсечного клапана, газовой защиты и технологических защит, действующих на сигнал 2) Сигналы неисправности оборудования: утечка элегаза, состояния пружин и цепей питания пружин, потеря питания систем охлаждения силового оборудования 3) появление "земли" в сети 6-35кВ и в СОПТ, отклонения от нормы электрических параметров оборудования 4) Отключение автоматических выключателей, и неисправность предохранителей в СОПТ, ЩСН и других системах ПС 5) Сигналы положения разъединителей, заземляющих ножей и тележек выключателей 6) Состояние блокировки управления коммутационных аппаратов	0000-3FFF	100	10000

Методика генерации сообщения GOOSE

Функции тестирования, определенные в МЭК 61850

В обязанности пользователя входит ввод режима тестирования и восстановление нормальной работы тестируемого устройства после завершения испытаний. Это включает в себя сброс всех вмешательств, выполненных над управляемыми элементами для целей тестирования, а также очистка буферов, журналов событий и счетчиков, если применимо. С учетом возможности того, что фактические эксплуатационные условия могут включать уставки, отличающиеся от проектных, работа с испытуемым устройством требует аккуратности. В ходе выполнения этих задач пользователю существенно поможет поддержка инструментов.

Режим моделирования (simulation)

На уровне ИЭУ1 возможность в логическом узле LPHD (приведен в приложении А) установить объект данных приема симуляционных сигналов Sim в значение TRUE или FALSE позволяет выбрать кадры групповой рассылки, которые будут использоваться для обработки в устройстве. Для испытаний устройства объект данных Sim устанавливается в значение TRUE, а испытательная установка должна передавать GOOSE-сообщения с битом simulation в заголовке сообщения, установленным в значение TRUE. Аналогичное поведение применяется к потокам Sampled Values.

Флаг simulation в отчетах не предусмотрен в стандарте МЭК 61850, поэтому может быть целесообразно, использовать настройки объекта данных Sim во вложенных или на нескольких уровнях логических устройств (а не только на уровне физического устройства).

Рисунок 1.8 показывает IED1, получающее одновременно два GOOSE-сообщения (GOOSE 1). GOOSE-сообщение от испытательной установки в заголовке имеет бит simulation, установленный в значение TRUE, в то время

как другое сообщение GOOSE 1, передаваемое реальным устройством, имеет бит `simulation`, установленный в значение `FALSE`. Устройство IED1, где в логическом узле физического устройства LPHD1 объект данных `Sim` имеет значение `TRUE`, будет обрабатывать только сообщение GOOSE 1 от действительного источника, пока в сети не появилось сообщение от испытательной установки. Далее устройство IED1, где в логическом узле физического устройства LPHD1 объект данных `Sim` имеет значение `TRUE`, будет обрабатывать только сообщение GOOSE 1 от испытательной установки. Действительное сообщение GOOSE 1 не будет обрабатываться до тех пор, пока значение `Sim` логического узла LPHD1 не будет переведено в `FALSE`.

Несмотря на то, что объект данных `Sim` в логическом узле LPHD1 сохраняет значение `TRUE`, два других сообщения GOOSE 2 и GOOSE 3, с битами `simulation`, установленными в `FALSE`, будут по-прежнему обрабатываться в соответствии с МЭК 61850, как показано на рисунке 1.8, так как других сообщений GOOSE 2 или GOOSE 3 с битом `simulation` в значении `TRUE` в сети нет. Как только в сети появится сообщение GOOSE 2 или GOOSE 3, которое будет иметь бит `simulation`, установленный в значение `TRUE`, устройство подпишется на это GOOSE-сообщение.

На сигналы, использующие клиент-серверные каналы коммуникаций до устройства, не распространяется действие бита `simulation` узла LPHD.

Статус `simulation` не распространяется на выход функции, на вход которой поданы симулированные сигналы, то есть функция, принимающая данные с выходов испытуемой, не сможет различить какие сигналы были поданы на вход испытуемой функции.

Таким образом, режим `simulation` не в полной мере эквивалентен использованию испытательного блока, переводящего все входные сигналы традиционного устройства, поскольку не все входные сигналы могут поступать только от испытательной установки. Кроме того, при разработке программы и методики испытаний, следует принимать во внимание

возможность изменения сигналов в GOOSE-сообщениях, передаваемых от действующего оборудования в системе. В зависимости от цели испытания, может быть предпочтительно использование режима simulation в сочетании с режимом test.

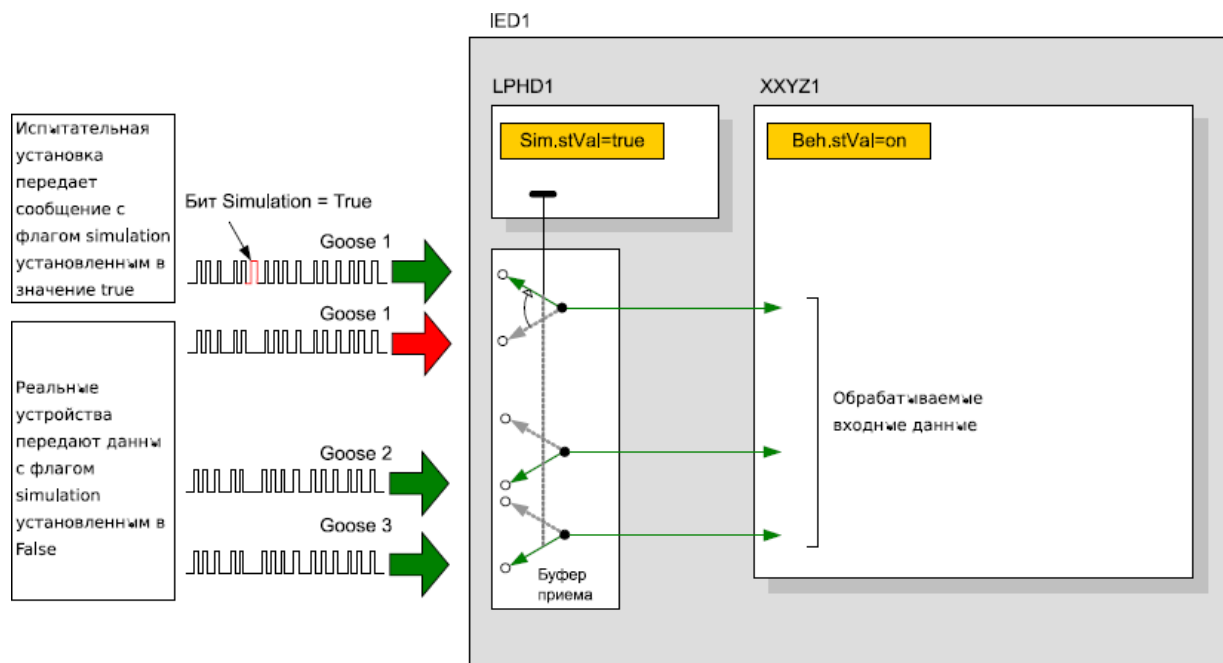


Рисунок 1.8 – Данные, используемые для получения сигналов simulation

Режим simulation применяется к LPHD на уровне физического устройства и определяет обработку данных коммуникационным процессором логического устройства (логических устройств), подключенных к физическому устройству. Это несколько ограничивает использование режима Simulation для испытаний в ходе эксплуатации, так как логические узлы не могут быть испытаны независимо от другого логического устройства в том же ИЭУ, которое может находиться в работе.

Рисунок 1.9 приводит пример использования многофункционального ИЭУ для защиты высоковольтной линии в схеме 3/2 или многоугольника.

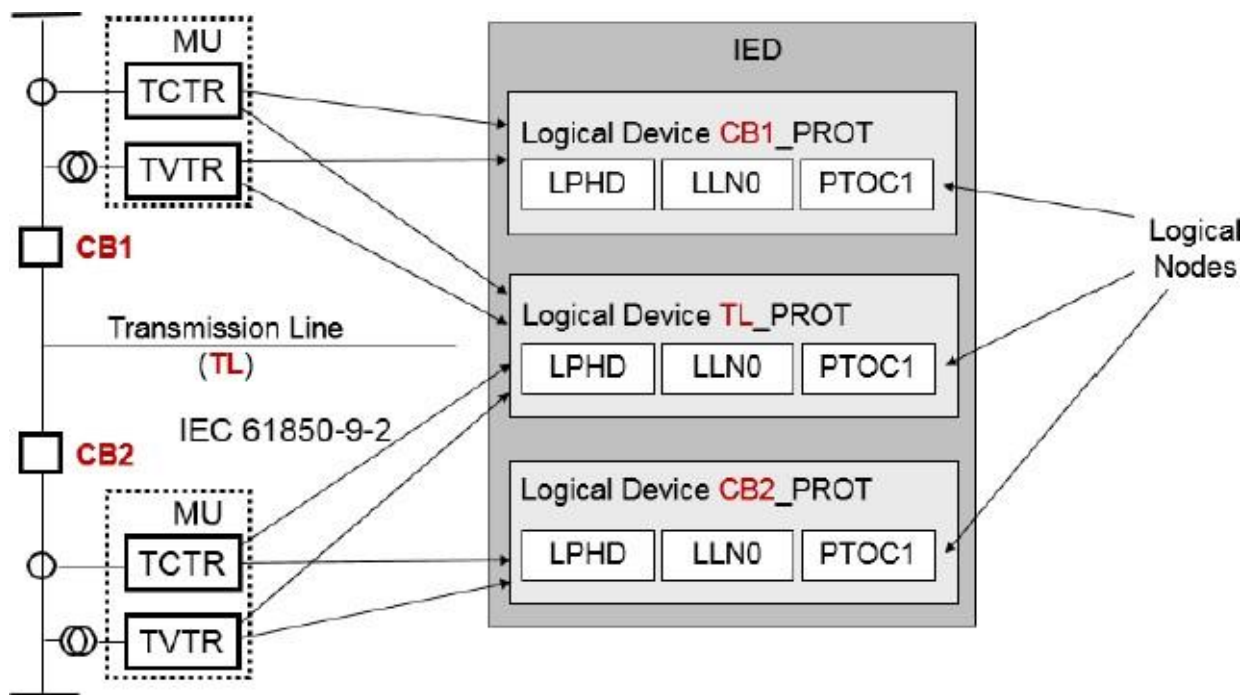


Рисунок 1.9 – ИЭУ с несколькими интерфейсами шины процесса

В этом случае одно устройство защиты и автоматики требует отдельных интерфейсов для подключения объединяющих устройств для каждого из отдельных выключателей (CB1 и CB2). Если требуется испытывать, например, элемент РТОС, защищающий CB1, то необходимо моделировать только выборки мгновенных значения для CB1.

Если требуется испытать элемент РТОС, защищающий CB2, то необходимо моделировать только выборки мгновенных значений для CB2.

Режим *simulation* по-прежнему может работать, поскольку, как определено в МЭК 61850, переключение на использование моделированных значений начинается только после получения первого сообщения с битом *simulation*, установленным в TRUE.

Использование флага *simulation* может, тем не менее, быть правильным способом для испытаний устройств, содержащих как одну функцию, так и однородную группу функций, как это часто бывает для современных устройств защиты.

Для использования флага simulation значение LPHD.Sim принимающего физического устройства должно иметь значение "TRUE" и бит simulation в полученном сообщении от испытательной установки также должен иметь значение "TRUE".

Сценарии использования режимов испытаний для GOOSE-сообщений

Применение режимов испытаний при отсутствии входящих GOOSE-сообщений

Исходя из приведенной информации можно выделить несколько сценариев использования перечисленных режимов для работы с устройствами на этапе наладки при отсутствии GOOSE-сообщений, принимаемых испытываемым устройством из сети:

1) Для проверки работы устройств с воздействием на физические дискретные выходы и выдачей GOOSE-сообщений с передачей на другие устройства, но без реакции этих устройств, используя общую сеть и испытательные установки с выдачей GOOSE-сообщений, установить объект данных Sim в значение False и объект данных Mod в значение test;

2) Для проверки работы устройств без воздействия на физические дискретные выходы и выдачей GOOSE-сообщений с передачей на другие устройства, но без реакции этих устройств, используя общую сеть и испытательные установки с выдачей GOOSE-сообщений, установить объект данных Sim в значение False и объект данных Mod в значение test/blocked.

Применение режимов испытаний при наличии входящих GOOSE-сообщений

Для работы с устройствами на этапе наладки при наличии GOOSE-сообщений, принимаемых испытываемым устройством из сети:

1) Для проверки работы устройств с воздействием на физические дискретные выходы и выдачей GOOSE-сообщений с передачей на другие

устройства, но без реакции этих устройств, используя общую сеть и испытательные установки с выдачей GOOSE-сообщений, установить объект данных Sim в значение True и объект данных Mod в значение test;

2) Для проверки работы устройств без воздействия на физические дискретные выходы и выдачей GOOSE-сообщений с передачей на другие устройства, но без реакции этих устройств, используя общую сеть и испытательные установки с выдачей GOOSE-сообщений, установить объект данных Sim в значение True и объект данных Mod в значение test/blocked.

Испытание отдельных функций устройства

Для проверки отдельных функций устройств без затрагивания работающих функций при наличии GOOSE-сообщений, принимаемых испытываемыми функциями из сети необходимо:

1) Для проверки работы отдельных функций с воздействием на физические дискретные выходы и выдачей GOOSE-сообщений с передачей на другие устройства (но без реакции этих устройств), используя общую сеть и испытательные установки с выдачей GOOSE-сообщений, установить объект данных Sim в значение True и объект данных Mod в значение test;

2) Для проверки работы отдельных функций без воздействия на физические дискретные выходы и выдачей GOOSE-сообщений с передачей на другие устройства (но без реакции этих устройств), используя общую сеть и испытательные установки с выдачей GOOSE-сообщений, установить объект данных Sim в значение True и объект данных Mod в значение test/blocked.

Пример поэтапного выполнения моделирования GOOSE сообщений средствами IEDScout

7. Загружаем файл icd с сайта производителя ЭНИП-2 (или выдает преподаватель) <https://enip2.ru/production/izmereniya/enip-2/>

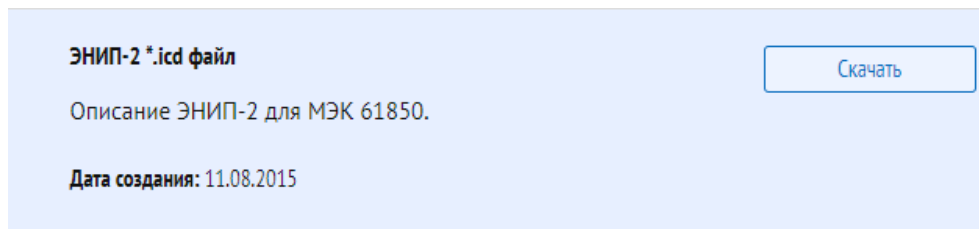


Рисунок 1.10 – Файл icd

8. Запускаем бесплатную версию IEDScout

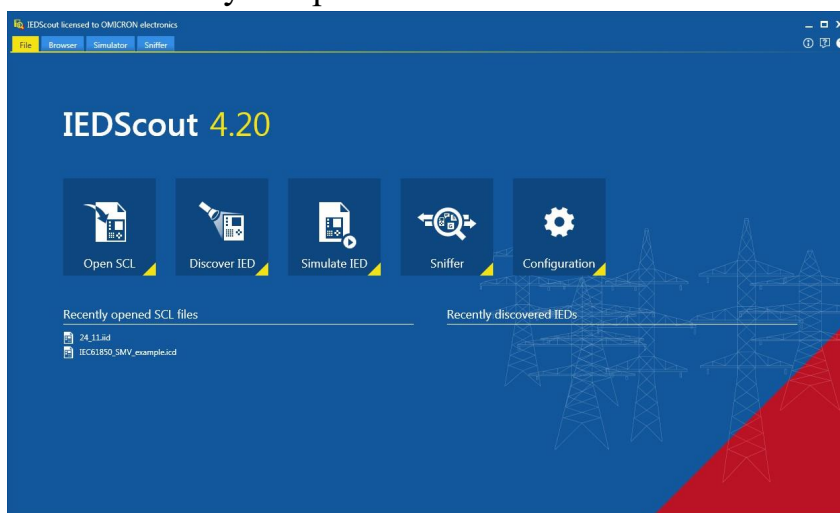


Рисунок 1.10 – Стартовая страница программы IEDScout

9. Используем Simulate IED. И загружаем скачанный файл icd

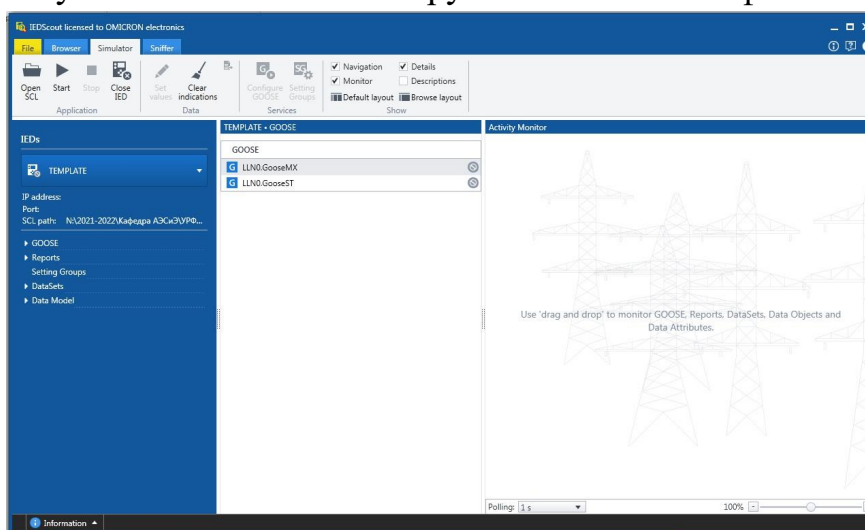


Рисунок 1.11 – Simulate IED

10. Запускаем симуляцию устройства генерирующего сообщения GOOSE

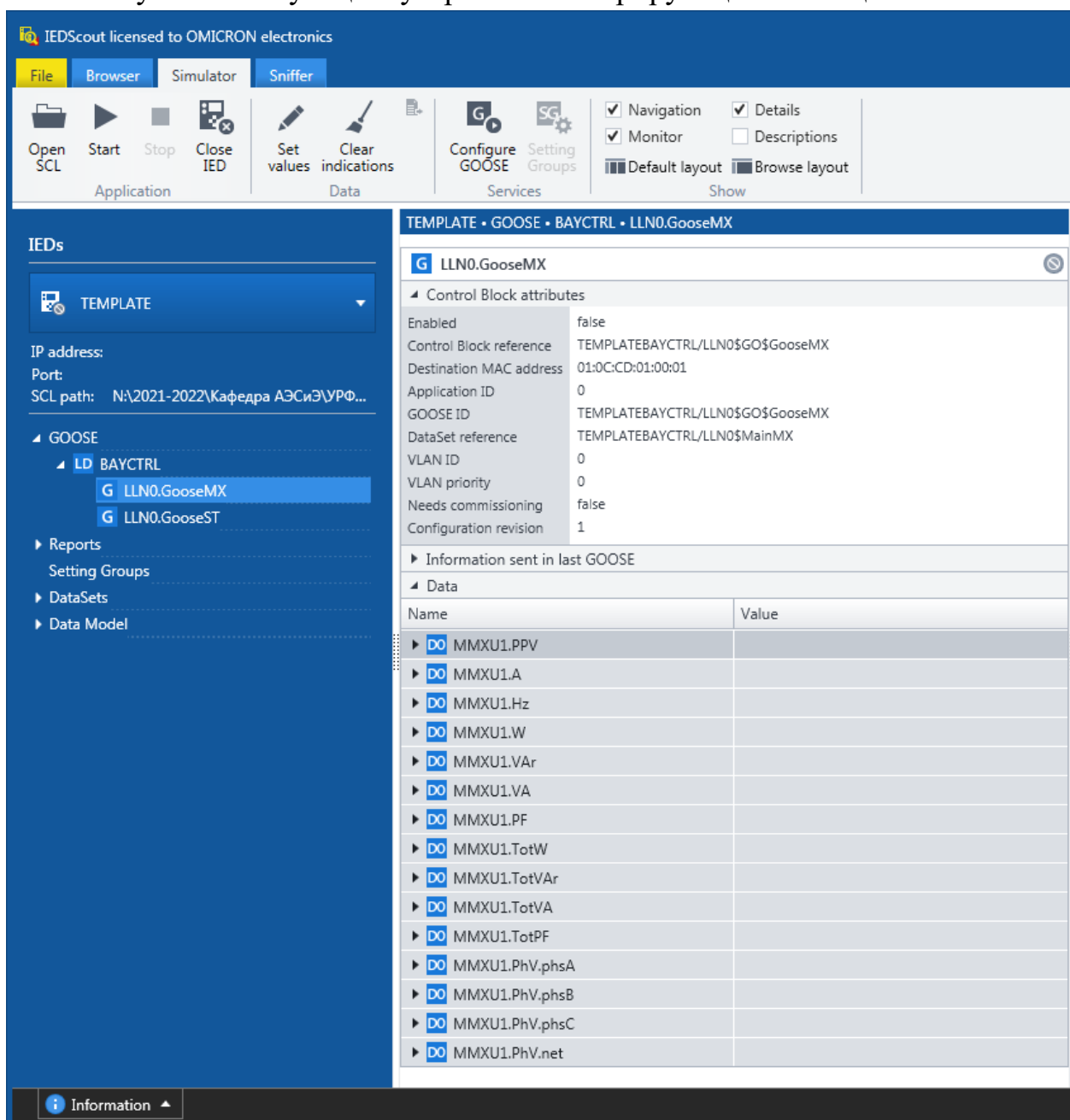
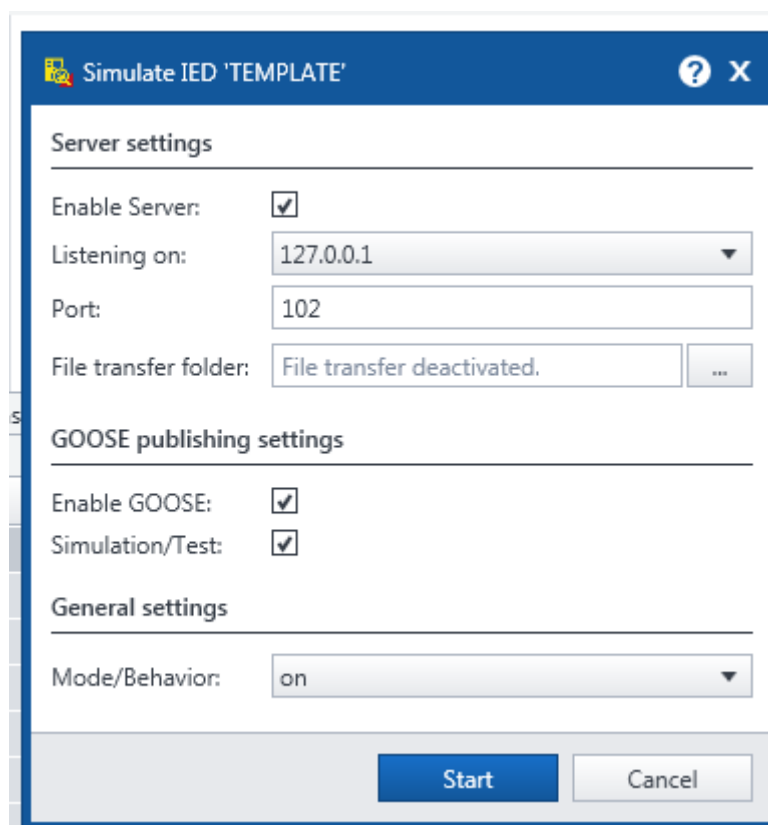


Рисунок 1.12 – Генерация сообщений GOOSE

11. Нажав кнопку Start, запускаем симуляцию работы устройства в режиме test



Теперь в сети выполняется моделирование IED (ЭНИП-2)

Проверка пакетов

Первое, что приходит на ум при запуске, – а идут ли пакеты? Для решения этого вопроса подойдет программа для мониторинга сетевых пакетов Wireshark (рисунок 1.12).

Файл Редактирование Просмотр Запуск Захват Анализ Статистика Телефония Беспроводной Инструменты По

Применить дисплейный фильтр ... <Ctrl-/>

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
84	62.065136	192.168.1.112	255.255.255.255	GVCP	50	> DISCOVERY_CMD
85	62.388879	WistronI_04:3a:6d	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	943	
86	62.394714	WistronI_04:3a:6d	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	316	
87	62.655160	Tp-LinkT_06:47:23	LLDP_Multicast	LLDP	219	TTL = 20 SysName
88	64.067269	192.168.1.112	255.255.255.255	GVCP	50	> DISCOVERY_CMD
89	66.069365	192.168.1.112	255.255.255.255	GVCP	50	> DISCOVERY_CMD
90	67.389162	WistronI_04:3a:6d	Iec-Tc57_01:00:01	GOOSE	943	

APPID: 0x0000 (0)
 Length: 929
 Reserved 1: 0x8000 (32768)
 Reserved 2: 0x0000 (0)

- goosePdu
 - gocbRef: TEMPLATEBAYCTRL/LLN0\$G0\$GooseMX
 - timeAllowedtoLive: 10000
 - datSet: TEMPLATEBAYCTRL/LLN0\$MainMX
 - goID: TEMPLATEBAYCTRL/LLN0\$G0\$GooseMX
 - t: Sep 12, 2023 13:40:35.497746229 UTC
 - stNum: 1
 - sqNum: 27
 - test: True
 - confRev: 1
 - ndsCom: False
 - numDatSetEntries: 15
 - allData: 15 items
 - Data: structure (2)
 - structure: 3 items
 - Data: structure (2)
 - structure: 3 items
 - Data: structure (2)
 - structure: 1 item
 - Data: structure (2)
 - structure: 1 item
 - Data: floating-point (7)
 floating-point: 0800000000

00b0 00 91 08 65 00 55 11 fe 7b e0 3f a2 1a a2 09 a2 ...e.U...{.?.
 00c0 07 87 05 08 00 00 00 00 84 03 03 00 00 91 08 65 e
 00d0 00 55 11 fe 7b e0 3f a2 1a a2 09 a2 07 87 05 08 ...U...{.?.
 00e0 00 00 00 00 84 03 03 00 00 91 08 65 00 55 11 fe e.U..
 00fa b4 57 3f a2 70 a2 1a a2 00 a2 07 87 05 08 00 00 ...U...{.?.

Рисунок 1.12 – Фиксация пакетов в программе Wireshark

Задание

Необходимо зафиксировать показания устройства, смоделировав его при помощи программного средства IEDScout для различных групп данных.

Данные величин в сообщениях GOOSE, генерируемых программой IEDScout необходимо взять произвольно.

Используя функцию настройки GOOSE сообщений студент выполняющий моделирование сигналов должен задать тестовую ситуацию, а далее используя программу «Wireshark» считать кадр данных и зафиксировать его в электронной форме в виде скринов интерфейсов используемых программных средств.

Список используемых ресурсов

1. Сайт компании Инженерный центр Энергосервис
<https://enip2.ru/production/izmereniya/enip-2/>
2. ООО OMICRON electronics Сайт компании
<https://www.omicronenergy.com/ru/novosti/detali/novaja-versija-iedscout-500/>
3. Моделирование устройств IED стандарта МЭК 61850 с помощью ПО IEDScout <https://www.youtube.com/watch?v=hdp9dGNfVWU>
4. Сайт компании НПП «Динамика» ведущее предприятие в России по разработке, изготовлению и продаже современных испытательных устройств проверки различного электрооборудования для электроэнергетики, нефтегазовой отрасли, энергоемких промышленных предприятий и дистанций электроснабжения <https://dynamics.com.ru/>
5. Сайт компании Wireshark – разработчик анализатора сетевых потоков <http://www.wireshark.org>
6. СТО 56947007-25.040.40.112-2011 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» Типовая программа и методика испытаний программно-технического комплекса автоматизированной системы управления технологическими процессами (ПТК АСУ ТП) и микропроцессорного комплекса системы сбора и передачи информации (МПК ССПИ) подстанций в режиме повышенной информационной нагрузки «штурм»
7. IEC 61850-8-1. Communication networks and systems for power utility automation –Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3, International Standard, Edition 2. (Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Описание передачи данных по протоколу MMS (ИСО/МЭК 9506 — Часть 1 и Часть 2) и по протоколу ИСО/МЭК 8802-3.).

Занятие 7. Генерация идентификатора отчета MMS

Теоретический материал по теме работы

Коммуникационные протоколы МЭК 61850

Протокол МЭК 61850-8-1 MMS

Протокол передачи данных MMS (Manufacturing Message Specification) применяется для передачи данных по клиент-серверной технологии, как правило используется для обмена информацией между ИЭУ и системами верхнего уровня, а также между ИЭУ по локальной вычислительной сети.

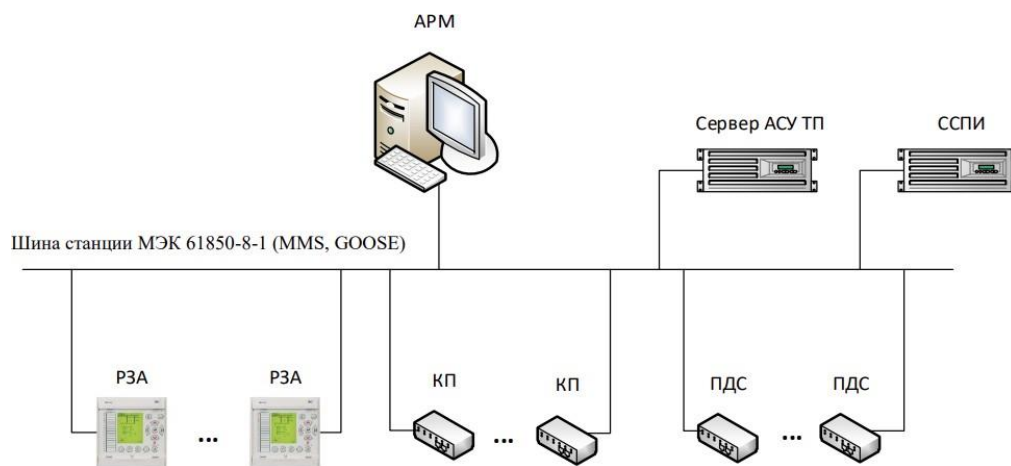


Рисунок 1.1 – Связь систем подстанции с ИЭУ

Протокол передачи данных MMS используется для:

Обеспечения типовой процедуры передачи данных от ИЭУ и контроллеров различных типов без привязки к конкретным производителям;

Считывания и записи данных с использованием стандартизованных сообщений.

Помимо описанных применений, протокол MMS также поддерживает формирование и передачу журналов событий, передачу файлов различных форматов, что позволяет получать информацию от устройств в

подготовленном виде (файлы осциллограмм в формате COMTRADE и прочее).

Для систематизированного ведения журнала событий обязательно использование меток времени данных, что накладывает требование наличия системы временной синхронизации устройств.

Протокол MMS определяет:

- 1) набор стандартных объектов, которые должны существовать в устройстве для осуществления операций чтения и записи переменных, сигнализации о событиях;
- 2) набор стандартных сообщений, которые служат для обмена информацией между клиентом и сервером;
- 3) формат кадра данных, передаваемого по локальной вычислительной сети.

Стандарт МЭК 61850-7-2 описывает различные механизмы управления, которые используются для управления оборудованием, режимами работы устройств и т.п.

Набор передаваемых данных может состоять из логических узлов, объектов данных и атрибутов данных.

В целях оптимального использования возможностей протокола допускается передача только логических узлов или объектов данных, но не отдельных атрибутов данных.



Рисунок 1.2 – Формирование набора данных для MMS

Способы обмена информацией

Протокол MMS включает в себя два способа обмена информацией:

- 1) Система периодического опроса сервера клиентом для осуществления сбора данных и функций управления;
- 2) Спорадическая передача данных в виде отчётов между клиентом и сервером (сервис отчетов).

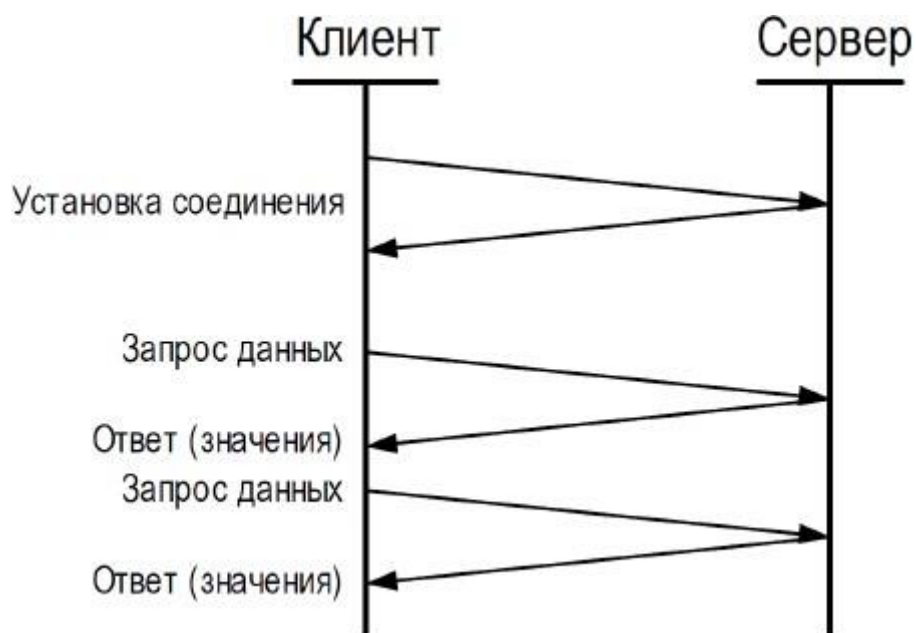


Рисунок 1.3 – Сбор данных с помощью опроса

С помощью опросной системы обмена данными клиент может считать полную информационную модель устройства, включающую в себя информацию о количестве логических устройств, логических узлов, объектов данных и атрибутов данных.

Сервис периодического опроса используется для получения информационной модели устройства, управления устройством, выгрузки файлов с устройства.

Опрос используется в случае необходимости обновления модели ИЭУ на клиенте или сбора данных при отсутствии условий для получения измененных данных.

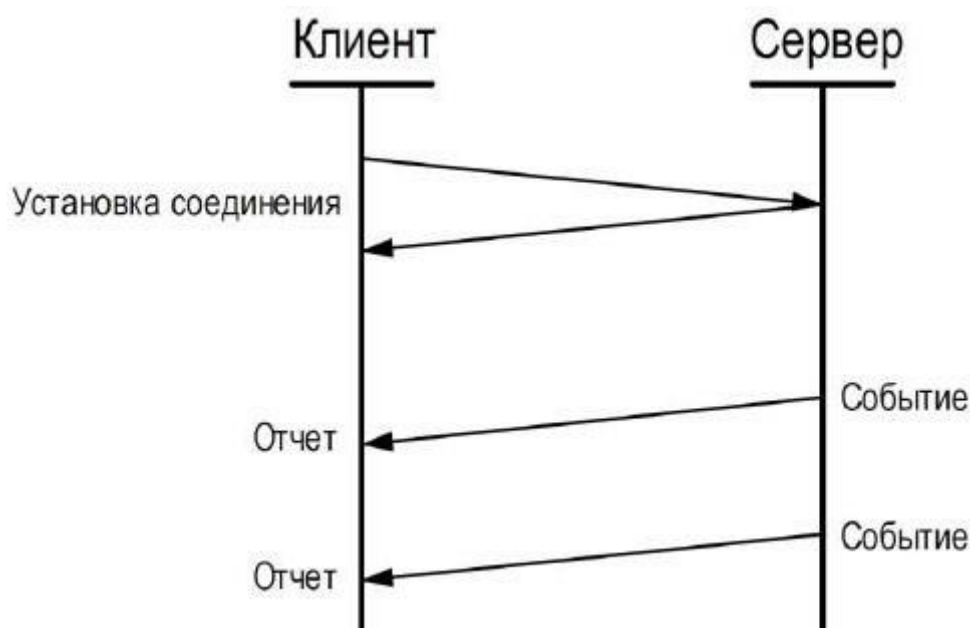


Рисунок 1.4 – Получение данных в виде отчетов

Сервис отчетов предполагает формирование сообщения клиенту по изменению данных, заданных конфигурацией устройства.

В стандарте МЭК 61850 описывается два вида отчетов для передачи наборов данных:

- 1) Небуферизируемый отчет;
- 2) Буферизируемый отчет.

Небуферизируемый отчет отправляется клиенту при выполнении условий отправки и не сохраняется в памяти сервера. При потере связи между клиентом и сервером информация теряется.

Буферизируемый отчет при потере связи между клиентом и сервером сохраняется в циклический буфер памяти и отправляется клиенту при восстановлении связи с сервером.

При переполнении циклического буфера происходит перезапись старых данных на новые.

Отчеты используются для получения данных по факту изменения, либо для периодического обновления данных на клиенте.

Условия передачи данных по протоколу MMS

При выполнении определенных условий из заданных конфигурацией наборов данных формируется необходимая информация для отправки в отчете. Стандарт МЭК 61850 определяет специальные условия отправки отчетов и формирования отправляемых наборов данных.

Условия отправки отчетов:

- 1) изменение данных Data Change;
- 2) изменение атрибута качества Quality Change;
- 3) обновление данных Data Update.

Условия передачи всех данных набора данных:

- 1) периодическая отправка Integrity;
- 2) общий опрос general Interrogation.

При использовании условия отправки по изменению данных в отчет включаются только те данные, значения которых изменились.

При использовании условия отправки по изменению атрибута качества в отчет включаются только те данные, качество которых изменилось.

При использовании условия обновления данных, в отчет включаются только данные, значения которых обновились.

При использовании условия периодической отправки инициируется периодическая отправка всего набора данных вне зависимости от условий отправки, заданных дополнительно.

При использовании условия общего опроса запрос на отправку отчета инициируется клиентом, при этом в отчет включается весь заданный набор данных.

Для передачи данных при различных событиях требуется использование отчетов, поскольку время опроса может сильно разойтись со временем наступления события. Использование только периодического опроса для данных целей недопустимо.

Стандарт МЭК 61850-5 определяет предельное время доставки информации для MMS сообщений различного назначения. Обязательно выполнение требований по обеспечению времени доставки согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Предельное время доставки MMS сообщений

| Тип сообщения согласно МЭК 61850-5 | Класс быстрогодействия согласно МЭК 61850-5 | Назначение | Время доставки, мс |
|------------------------------------|---|---|--------------------|
| 3 | P5 | Передача сигналов с обратной связью и без обратной связи, требующих быстрой реакции от диспетчера | ≤500 |
| 5 | P9 | Передача информационных моделей устройств, файлов | ≤10000 |

Протокол MMS позволяет обеспечить функции контроля и управления оборудованием, ведение журнала событий.

Полный набор абстрактных коммуникационных моделей и сервисов определен в МЭК 61850-7-2.

Назначение абстрактных моделей и сервисов протокола MMS определено в МЭК 61850-8-1.

Опциональная информация, передаваемая по MMS

Для данных, передаваемых по протоколу MMS, определены опциональные поля для передачи.

Таблица 1.2 – Опциональные поля

| Название поля | Описание |
|--|---|
| Счетчик событий sequence-number | Подсчет событий |
| Метка времени отчета report-timestamp | Метка времени формирования отчета |
| Причина включения reason-for-inclusion | Указывается причина отправки отчета или передачи данных |
| Название набора данных DataSet | Название набора данных |
| Ссылка на данные data-reference | Указание ссылки на данные в ИЭУ |
| Переполнение буфера (только для | Сигнал о переполнении циклического |

| | |
|---|--|
| буферизируемых отчетов) Buffer-overflow | буфера памяти для буферизируемых отчетов |
| Номер вхождения EntryID | Идентификатор вхождения, зависит от ИЭУ |
| Версия конфигурации ConfRev | Передается текущая версия конфигурации |

Профиль МЭК 61850 ПАО «ФСК ЕЭС» в части применения MMS

Определены несколько основных групп сигналов для передачи по протоколу MMS. Для данных групп определены используемые условия пуска и опциональные поля для передачи в посылке.

Также для всех групп сигналов должна поддерживаться передача данных, инициированная со стороны клиента (General Interrogation).

Для всех типов отчетов задается время буферизации bufTm, определяющее время до выдачи отчета после первого изменения данных в передаваемом наборе, используется для предотвращения передачи данных по каждому изменению и увеличения нагрузки на ЛВС.

Таблица 1.3 – Параметры MMS для различных групп сигналов

| Группа сигналов | Тип отчета | Время буферизации (bufTm) | Условия пуска | Опциональные поля |
|--|------------|---------------------------|--|---|
| Сигнализация АСУ ТП (Положения заземляющих ножей, разъединителей, тележек ВЭ, выключателей, РПН) | НБО | 1000 | Data Change
Quality Change
General Interrogation | ConfRev
Report
Timestamp
Reason for Inclusion |
| Сигнализация АСУ ТП (прочие сигналы) | БО | 1000 | Data Change
Quality Change
General Interrogation | ConfRev
Entry ID
Report
Timestamp
Reason for Inclusion
Buffer Overflow |
| Сигнализация РЗА | БО | 100 | Data Change
Quality Change
General Interrogation | ConfRev
Entry ID
Report
Timestamp
Reason for Inclusion |

| | | | | |
|-------------------------------|-----|-------|--|--|
| | | | | Buffer Overflow |
| Измерения АСУ ТП | НБО | 1000 | Data Change
Quality Change
Integrity
General
Interrogation | ConfRev
Report
Timestamp
Reason for
Inclusion |
| Измерения РЗА | НБО | 1000 | Data Change
Quality Change
Integrity
General
Interrogation | ConfRev
Report
Timestamp
Reason for
Inclusion |
| Регистрация аварийных событий | БО | 10000 | Data Change
Quality Change | ConfRev
Entry ID
Report
Timestamp
Reason for
Inclusion Buffer
Overflow |

В рамках наборов данных для отчетов сигнализации принимается категорирование информации по типу передаваемых сигналов и информация в наборе данных располагается в порядке приоритета. Если сигнал в разных состояниях относится к разным типам, то данный сигнал относится к типу с наивысшим из используемых приоритетов.

Таблица 1.4 – Типы сигналов по приоритету

| Расположение в наборе данных по приоритету (чем меньше значение, тем выше приоритет) | Тип сигнала |
|--|-------------|
| 1 | АС |
| 2 | ПС1 |
| 3 | ПС2 |
| 4 | ОС |

В рамках профиля МЭК 61850 определено максимально допустимое время доставки данных от момента формирования отчета до появления информации на сервере АСУ ТП и передачи файлов.

Таблица 1.5 – Допустимое время доставки по протоколу MMS

| Назначение | Время доставки, мс |
|---|--------------------|
| Передача любых сигналов в составе отчетов, передача информации при опросе | ≤ 500 |
| Передача информационных моделей устройств, файлов | ≤ 10000 |

Определены правила установки апертуры для передачи измерений. При использовании класса определенного класса точности апертура устанавливается на класс точности хуже в классах точности до 1 включительно. При классе точности 1 апертура устанавливается на 1% от номинального значения.

Таблица 1.6 – Выбор апертуры измерений

| Используемый класс точности | Устанавливаемая апертура, % от номинального значения |
|-----------------------------|--|
| 0,2 | 0,5 |
| 0,5 | 1 |
| 1 | 1 |

Структура идентификатора отчета MMS (rptID)

A_BBB_CC_DEEE_FF_GG_H

| | |
|-------------|--|
| A | Порядковый номер в пределах набора исходящего блока отчета, генерируемого устройством IED |
| BBB | Буквенное обозначение присоединения, к которому относится IED. Если устройство IED относится к общеподстанционному оборудованию, указать ALL (максимальное кол-во символов 10) |
| CC | Общая функциональная принадлежность устройства IED (см. таблицу 1.7) |
| DEEE | Место размещения и номер шкафа, где D определяет место размещения (см. таблицу 1.8), а трехзначное число — определяет номер шкафа (максимальное кол-во символов 3) |
| FF | Номер устройства IED в составе шкафа |
| GG | Идентификатор передаваемой информации (см. таблицу 1.9) |
| H | Идентификатор буферизации (см. таблицу 1.10) |

Таблица 1.7 – Типы сообщений по функциональной принадлежности

| Идентификатор | Тип сообщения |
|---------------|-------------------------------|
| PA | Релейная защита |
| EA | Противоаварийная автоматика |
| PD | СМПП, PAC, ОМП |
| GA | АОДС, АПВ, АВР |
| TA | Технологическая автоматика |
| TR | Приёмопередатчик |
| CC | ВЧ пост |
| CP | ВЧ пост с приёмопередатчиком |
| AD | ПАС или ПАС с ПДС |
| DD | ПДС |
| CT | Трансформатор тока |
| VT | Трансформатор напряжения |
| BC | Контроллер присоединения |
| ID | Измерительный преобразователь |
| TS | Сервер времени |
| NS | Сетевой коммутатор |
| FA | Пожаротушение |

Таблица 1.8 – Идентификаторы места размещения

| Идентификатор | Место размещения |
|---------------|-----------------------|
| S | ГЩУ, ОПУ, РЩ |
| Y | ОРУ 35-750кВ |
| C | ЗРУ, КРУ, КРУН 6-35кВ |
| P | КПЗ, Насосная |
| B | ЩПТ, ЩСН |
| O | Другое |

Таблица 1.9 – Идентификатор передаваемой информации

| Идентификатор | Передаваемая информация |
|---------------|-------------------------|
| AM | Телеизмерения |
| PM | Телеизмерения РЗА |
| AD | Сигнализация АСУ ТП |
| PD | Сигнализация РЗА |

Таблица 1.10 – Идентификатор буферизации

| Идентификатор | Буферизация отчета |
|---------------|------------------------|
| B | Буферизируемый отчет |
| U | Небуферизируемый отчет |

Методика генерации сообщения MMS и их проверки

Методика генерации сообщений MMS на удивление проста, при использовании вспомогательного программного обеспечения.

В качестве такого ПО может выступать средство IEDScout от компании Omicron. Существует много других производителей, предоставляющих подобные программные продукты.

Задание

Необходимо сформировать идентификатор отчета MMS, используя данные таблиц 1.7 – 1.10. Данные таблицы описывают содержание структуры идентификатора отчета MMS (rptID).

Для выполнения задания потребуются данные о наименовании присоединения, функциональная принадлежность устройства IED, место размещения и номер шкафа, номер устройства IED в составе шкафа, а так же идентификаторы передаваемой информации и буферизации, которые необходимо взять из таблицы 1.11 в соответствие с выданным номером варианта.

Результат представить в виде шифра A_BBB_CC_DEEE_FF_GG_H и его детального описания.

A_BBB_CC_DEEE_FF_GG_H

Таблица 1.11 – Данные по вариантам

| № вар. | A | BBB | CC | DEEE | FF | GG | H |
|--------|---|-------|-----------------------------|------------|----|---------------------|------------------------|
| 1 | 2 | Ф-15 | СМПР | ГЩУ | 15 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 2 | 1 | Ф-25 | Релейная защита | ОРУ 35 кВ | 25 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 3 | 6 | Ф-35 | Технологическая автоматика | ЗРУ 6 кВ | 35 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| 4 | 3 | Ф-101 | Релейная защита | КПЗ | 1 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 5 | 8 | Ф-15 | ПДС | ЩПТ | 15 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 6 | 1 | Ф-6 | ПАС | ОПУ | 6 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 7 | 2 | Ф-12 | Противоаварийная автоматика | ОРУ 110 кВ | 12 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| 8 | 1 | Ф-11 | Трансформатор напряжения | КРУ10кВ | 11 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 9 | 6 | Ф-2 | ПАС | Насосная | 2 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 10 | 3 | Ф-3 | Релейная защита | ЩСН | 3 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый |

| | | | | | | | |
|--------|---|-------|----------------------------|------------|-----|---------------------|------------------------|
| | | | | | | | отчет |
| 11 | 8 | Ф-5 | АПВ | ОПУ | 5 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| № вар. | A | BBB | СС | DEEE | FF | GG | H |
| 12 | 1 | Ф-20 | Трансформатор напряжения | ОРУ 220 кВ | 20 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 13 | 2 | Ф-4 | Технологическая автоматика | КРУН 10 кВ | 4 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 14 | 1 | Ф-18 | Релейная защита | КПЗ | 18 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 15 | 6 | Ф-15 | АПВ | ЩПТ | 15 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| 16 | 3 | Ф-2 | Релейная защита | РЩ | 2 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 17 | 8 | Ф-8 | ПАС | ОРУ 330 кВ | 8 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 18 | 1 | Ф-10 | Релейная защита | КРУН 35 кВ | 10 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 19 | 2 | Ф-2 | ПДС | Насосная | 2 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| 20 | 1 | Ф-21 | Релейная защита | ЩПТ | 21 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 21 | 6 | Ф-151 | Технологическая автоматика | ГЩУ | 151 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |

| | | | | | | | |
|--------|---|-------|-----------------------------|------------|-----|---------------------|------------------------|
| 22 | 3 | Ф-25 | ПДС | ОРУ 500 кВ | 25 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 23 | 8 | Ф-114 | Противоаварийная автоматика | КРУ10 кВ | 114 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| 24 | 1 | Ф-151 | Релейная защита | КПЗ | 151 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| № вар. | A | BBB | СС | DEEE | FF | GG | Н |
| 25 | 2 | Ф-17 | Трансформатор напряжения | ЩСН | 17 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 26 | 1 | Ф-7 | Трансформатор тока | ОПУ | 7 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 27 | 6 | Ф-225 | ПАС | ОРУ 35 кВ | 225 | Сигнализация АСУ ТП | Буферизируемый отчет |
| 28 | 3 | Ф-100 | Релейная защита | ЗРУ 6 кВ | 100 | Сигнализация РЗА | Небуферизируемый отчет |
| 29 | 8 | Ф-101 | Трансформатор тока | Насосная | 101 | Телеизмерения | Буферизируемый отчет |
| 30 | 1 | Ф-15 | Релейная защита | ЩПТ | 15 | Телеизмерения РЗА | Небуферизируемый отчет |

Список используемых ресурсов

1. СТО 56947007-25.040.40.112-2011 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» Типовая программа и методика испытаний программно-технического комплекса автоматизированной системы управления технологическими процессами (ПТК АСУ ТП) и микропроцессорного комплекса системы сбора и передачи информации (МПК ССПИ) подстанций в режиме повышенной информационной нагрузки «шторм»

2. IEC 61850-8-1. Communication networks and systems for power utility automation –Part 8-1: Specific communication service mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3, International Standard, Edition 2. (Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Описание передачи данных по протоколу MMS (ИСО/МЭК 9506 — Часть 1 и Часть 2) и по протоколу ИСО/МЭК 8802-3.).

3. IEC 61850-9-2. Communication networks and systems for power utility automation - Part 9-2: Specific communication service mapping (SCSM) - Sampled values over ISO/IEC 8802-3, International Standard, Edition 2. (Описание специфического сервиса связи (SCSM) — Выборочные значения по ИСО/МЭК 8802-3.

4. СТО 56947007-29.240.10.299-2020 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАО «ФСК ЕЭС» Цифровая подстанция. Методические указания по проектированию ЦПС. Дата введения: 26.02.2020.

Приложение А – Пример наборов данных для отчетов по протоколу МЭК 61850-8-1 MMS

Расположение данных в наборе для формирования отчета осуществляется в порядке приоритета согласно таблице 1.4.

Таблица А.1 – Пример отчета АСУ ТП (Положения заземляющих ножей, разъединителей, выключателей, РПН)

| Группа сигнализации | Состав набора данных | Описание |
|---------------------|----------------------|------------------------------|
| ПС1/ОС/ОС/ПС1 | Q1XSBR1.Pos | Положение выключателя |
| ПС1/ОС/ОС/ПС1 | SQ1XSWI1.Pos | Положение выкатного элемента |
| ПС1/ОС/ОС/ПС1 | QSG1XSWI1.Pos | Положение ЗН |

Таблица А.2 – Пример для ИЭУ ОЭТ 121.01.0 Сигнализация РЗА (аналогично для АСУ ТП (прочие сигналы))

| Группа сигнализации | Состав набора данных | Описание |
|---------------------|-----------------------|---|
| АС | PHPDIS1.Op | Пуск ДЗ 1 ст |
| АС | PHPDIS2.Op | Срабатывание ДЗ 2 ст |
| АС | PHPDIS3.Op | Срабатывание ДЗ 3 ст |
| АС | OPADISTPDIS1.Op | Срабатывание ОУ ДЗ |
| АС | OPADISTPDIS2.Op | Срабатывание ОУ ДЗ без выдержки |
| АС | PHPIOC1.Op | Срабатывание МФТО |
| АС | PHPTOC1.Op | Срабатывание МТЗ 1 ст |
| АС | PHPTOC2.Op | Срабатывание МТЗ 2 ст |
| АС | PHPTOC3.Op | Срабатывание МТЗ 3 ст |
| ПС1 | Q1SOCC1. AuxCircAlm | Неисправность цепей управления выключателем |
| ПС1 | COLSOCC.1. AuxCircAlm | Неисправность опертока ЭМО |
| ПС1 | LCCH1.ChLiv | Состояние ЛВС порт А |
| ПС1 | LCCH1.RedChLiv | Состояние ЛВС порт В |
| -/ПС2 /ПС1 | LLN0.Health | Общий критерий состояния ИЭУ |
| -/ПС2 /ПС1 | LPHD1.PhyHealth | Состояние аппаратной части ИЭУ |
| ПС2 | LLN0.Beh | Режим комплекта |
| ПС2 | PHPDIS1.Beh | ДЗ 1 ст |
| ПС2 | PHPDIS2.Beh | ДЗ 2 ст |
| ПС2 | PHPDIS3.Beh | ДЗ 3 ст |
| ПС2 | OPAPDIS1.Beh | ОУ ДЗ |
| ПС2 | OPAPDIS2.Beh | ОУ ДЗ без выдержки |
| ПС2 | PHPIOC1.Beh | МФТО |
| ПС2 | PHPTOC1.Beh | МТЗ 1 ст |
| ПС2 | PHPTOC2.Beh | МТЗ 2 ст |
| ПС2 | PHPTOC3.Beh | МТЗ 3 ст |
| ОС | LLN0.LockKey | Режим управления ИЭУ |

| | | |
|----|----------------|---|
| OC | Q1XCBR1.BlkCls | Блокировка управления
Блокировка включения |
| OC | Q1XCBR1.BlkOpn | Блокировка управления |
| OC | RDRE1.RcdMade | Фиксация осциллограммы |

Занятие 8. Моделированию IED устройства средствами IEDScout.

Теоретический материал по теме лабораторной работы

IEC 61850 Стандарт для коммуникационных сетей и оборудования на электрических подстанциях.

Оборудование и системы способны обмениваться данными, командами и измеренными значениями с помощью набора стандартизованных протоколов.

Стандарт IEC 61850 формирует основу для передачи данных на электрических подстанциях и поддерживает дальнейшее развитие существующих концепций защиты и управления процессами. Он также поддерживает внедрение новых подходов, включая цифровые подстанции.

IED (интеллектуальные электронные устройства) используются в среде IEC 61850 в качестве оборудования защиты, автоматизации и управления. IED от разных производителей обмениваются сведениями и получают доступ к моделям данных с помощью стандартизованных элементов.

Обмен данными реализуется с помощью различных служб и сетей. Сеть подстанции служит, например, для передачи сообщений и команд, а отдельная сеть (как правило, она носит название «шина процесса») — для передачи в режиме реального времени таких данных, измеренные значения и сигналы событий защиты.

Требования к применению и настройке эмуляторов устройств.

Эмуляторы устройств МЭК 61850 допускается использовать для экспериментов, в которых проверяется функционирование системы в целом и нагрузка на нее, а не функционирование и производительность устройств нижнего уровня.

Допускается применять эмуляторы для проверки устойчивости системы и оценки задержек при выдаче сигналов в телемеханику при интенсивной передаче аналоговых событий, а также в дополнение к источнику односекундных импульсов.

Допускается применять эмуляторы для замещения устройств, не имеющих функции гибкой логики, в схеме экспериментов проверки GOOSE, при условии подключения компьютеров с установленными эмуляторами в те же порты коммутатора Ethernet, в которые были подключены замещаемые физические устройства.

Методика проверки GOOSE

Оценка полного времени передачи GOOSE по сети

Данный эксперимент необходим для оценки устойчивости ПТК АСУ ТП к лавинообразному нарастанию потока GOOSE сообщений. Эксперимент проводится для сети, состоящей из N интеллектуальных электронных устройств и K коммутаторов сети Ethernet (не менее 5).

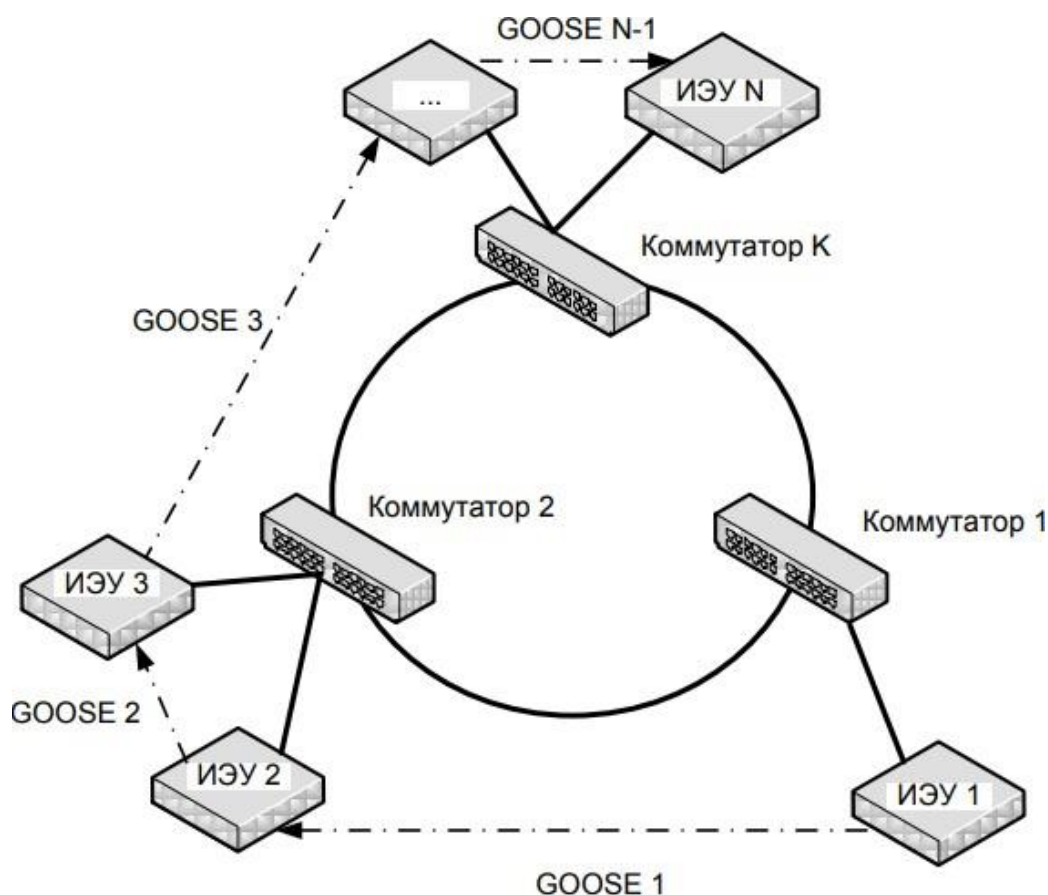


Рисунок 1 – Диаграмма передачи GOOSE

По внешней команде (по дискретному входу, команда по протоколу МЭК 61850-8-1 (MMS)) ИЭУ 1 устанавливает в значение «1» бинарный сигнал, передаваемый как GOOSE 1 по сети Ethernet. По этому сигналу ИЭУ 2 устанавливает свой тестовый сигнал в значение «1» и также передает его по сети в виде GOOSE 2. Аналогично сигнал передается по всем устройствам в сети. Принятый по GOOSE сигнал ИЭУ должны ретранслировать по протоколу MMS на верхний уровень АСУ ТП с метками времени приема GOOSE сообщения (каждый ИЭУ фиксирует N-1 GOOSE сигналов от всех остальных ИЭУ).

За счет увеличения частоты передачи GOOSE по факту возникновения события должна лавинообразно нарастать нагрузка на сеть.

Через время большее, чем время восстановления нормального цикла передачи GOOSE TB, происходит сброс тестового бинарного сигнала в 0 с последующей передачей этого сигнала между ИЭУ.

Экспериментальная установка должна позволять проводить такие эксперименты сериями для усреднения полученных результатов.

Для оценки результатов все интеллектуальные электронные устройства должны быть синхронизированы с точностью 1 мс.

Эксперимент должен производиться при полностью собранной сети, включающей в себя все коммутаторы и ИЭУ; топология сети должна соответствовать аттестуемой (не допускается исключать отдельные элементы).

Контролируется:

1. Корректность эксперимента: верная временная последовательность событий.
2. По меткам времени оценивается время, затрачиваемое на прием, обработку и передачу GOOSE сообщений между устройствами в сети в «штормовом» режиме
3. Оценивается наибольшее время передачи GOOSE сообщения от одного ИЭУ в сети к другому.
4. Оценивается разброс результатов за счет повторения экспериментов.
5. Наибольшее полное время передачи и обработки GOOSE сообщения не должно превышать 10 мс на одно устройство.

Отчетный документ:

В отчетный документ заносится отметка о выполнении пункта в целом, а так же, наибольшее время передачи GOOSE от одного устройства к другому, полученное в серии экспериментов.

Отсутствие потерь в передаче GOOSE сообщений GOOSE сообщения имеют встроенные средства для обеспечения целостности передаваемых данных (повторная передача). Целью данного опыта является проверка корректной работы устройств нижнего уровня при передаче GOOSE

сообщений в режиме повышенной информационной нагрузки и отсутствие потерь в передаваемых данных.

Для выполнения данной проверки включается режим «бегущей волны» по схеме эксперимента 5.5.1, при замкнутом кольце (т.е. при передаче сообщения GOOSE N от ИЭУ N к ИЭУ 1). При этом перед формированием очередного события, передаваемого по GOOSE, в одном из устройств в цепочке делается выдержка времени, больше времени восстановления ТВ нормального цикла передачи GOOSE сообщения, для исключения эффекта «наложения» сообщений друг на друга. В этом случае в кольце будут последовательно на всех устройствах выставляться тестовые сигналы в значение «1», а затем в значение «0» и т.д.

Устройства нижнего времени фиксируют время отправки GOOSE сообщения и время приема GOOSE сообщения от другого устройства.

Контролируется:

1. Разница между временем отправки GOOSE сообщения из одного устройства и временем приема GOOSE сообщения на другом устройстве не должна изменяться более чем в два раза, что гарантирует прием первого пакета GOOSE из последовательности посылок.

Отчетный документ:

В отчетный документ выносится отметка о выполнении пункта в целом, а также вносится наибольшее время передачи GOOSE от одного устройства к другому, полученное в серии экспериментов.

IED Scout меню программы и функции

Работа с обозревателем

Вкладка Браузер представляет собой наиболее часто используемую рабочую среду и содержит наиболее часто используемые команды в пяти группах:

Application

IED

Data
Services
Show

Вкладка Application состоит из следующих элементов меню.

Open SCL

Вы можете просматривать файлы SCL (SCL → Глоссарий) в IEDScout без необходимости доступа к сети. Когда вы открыли файл SCL, он по умолчанию отключен. Нет сообщений GOOSE или отчетов, и сетевой трафик не обрабатывается. Это предоставляет средства для простого автономного анализа файла SCL.

Щелкните «Открыть SCL» и перейдите по структуре папок на вашем компьютере к нужному файлу SCL. Выберите файл и нажмите «Открыть». Под IP-адресом IED и путем к файлу SCL IEDScout теперь отображает структуру модели данных IED. Символ IED на панели навигации указывает, что это IED определяется файлом SCL.

Файл SCL может содержать более одного IED. В этом случае в окне «Доступные устройства IED» перечислены все устройства, содержащиеся в файле SCL. Выберите IED, которые хотите открыть, и нажмите ОК. Затем IEDScout отображает структуру модели данных первого IED файла SCL. Если вы открыли более одного файла SCL или более одного IED из файла SCL, выберите IED, данные которого вы хотите просмотреть, из окна списка IED.

Save SCL

Сохраните модель данных выбранного в настоящий момент IED в файл SCL. Это может быть IED, обнаруженное в сети, или IED, загруженное из файла SCL. Сделайте свой выбор в зависимости от возможностей инструмента и используемой версии стандарта IEC 61850.

Имя IED фиксировано, здесь его нельзя изменить. Щелкните Свойства устройства IED на вкладке «Браузер», чтобы изменить имя устройства IED.

Однако здесь необходимо указать версию схемы файла SCL (согласно IEC 61850-6). Сделайте свой выбор в зависимости от возможностей инструмента и используемой версии стандарта IEC 61850.

Нажмите «Сохранить» и просмотрите структуру папок вашего компьютера до папки назначения по вашему выбору. Либо оставьте имя файла по умолчанию (идентичное имени IED), либо введите новое имя по своему вкусу. По умолчанию файл SCL выпуска 1 получает расширение имени файла .icd, а файл выпуска 2 - .iid. Вы также можете выбрать любое другое типичное расширение имени файла SCL.

Нажмите «Сохранить», чтобы в конечном итоге сохранить файл.

Discover IED

Обнаружение IED означает: подключение к IED и считывание его модели данных. Для этого ваш компьютер должен иметь доступ к IP-адресу IED.

1. Щелкните «Обнаружить IED».
2. В окне «Обнаружение IED» введите IP-адрес устройства, которое вы хотите обнаружить, или выберите устройство по вашему выбору из списка предыдущих подключений.
3. Щелкните кнопку "Обнаружить". IEDScout переключается на вкладку «Браузер», и вы можете видеть ход выполнения операции «Обнаружение» в области навигации:



Если хотите, вы уже можете начать другой процесс обнаружения. Хотя значок IED выглядит так, IEDScout получает структуру модели данных от IED. Как только значок IED изменится на, вы можете начать использовать

IED. IEDScout считывает все значения данных в фоновом режиме. Вы можете прервать операцию обнаружения, щелкнув либо «Отмена», либо «Закреть IED», либо нажав клавишу <ESC> на клавиатуре.

- IEDScout может одновременно обнаруживать несколько IED.
- Подключение IEDScout к IED не означает автоматического получения GOOSE или отчетов от IED.

Когда IEDScout обнаруживает IED, он угадывает имя IED на основе модели данных IED. Если вы хотите изменить имя IED, щелкните Свойства IED на вкладке «Браузер», чтобы вручную исправить это имя.

Если IEDScout обнаруживает IED, но не может точно определить имя IED и, следовательно, отображает его неверно, щелкните Свойства IED на вкладке «Браузер», чтобы вручную исправить имя.

Если IEDScout не может обнаружить выбранное IED, отображается сообщение об ошибке. Как правило, IP-адрес IED - это единственная информация, необходимая для подключения к такому устройству, совместимому с IEC 61850. Если IP-адрес доступен для вашего компьютера, IEDScout найдет устройство.

Когда IEDScout подключается к IED, он использует определенные «вызывающие» параметры, чтобы идентифицировать себя для IED. Эти параметры не подлежат изменению. IEDScout использует следующие значения:

- Название вызывающей точки доступа: «1.1.1.999» (0x29018767), идентификатор вызова вызывающей точки доступа: 0
 - Вызов квалификатора AE: 12, идентификатор вызова вызывающего AE: 0
 - Вызов селектора презентации: 0x00000001
 - Селектор сеанса вызова: 0x0001
 - Ссылка на источник COTR: 0x0001, источник TSAP: 0x0000
- Список предыдущих подключений в окне Discover IED:

- Если вашего IED еще нет в списке, введите IP-адрес устройства, которое вы хотите обнаружить. Щелкните «Обнаружить» или дважды щелкните запись в списке, чтобы начать обнаружение. Когда устройство IED было успешно обнаружено, оно добавляется в список. Его отображаемое имя берется из внутренних настроек IED.

- Если вы вводите существующий IP-адрес (то есть IP-адрес одного из перечисленных устройств) и успешно обнаруживаете это IED, имя IED и все существующие параметры соединения (полученные из внутренних настроек IED) обновляются, когда это применимо. .

- Чтобы дублировать существующее IED, выберите его, измените его IP-адрес и нажмите «Сохранить». Поскольку назначенный IP-адрес ↔ имя должно быть уникальным, дублированное IED сначала не отображает имя. Как только IEDScout обнаруживает это IED, его имя вводится автоматически.

- Щелкните, чтобы удалить выбранное IED из списка.

- Нажмите «Сохранить», чтобы сохранить любые изменения, внесенные в список. Close IED

Щелкните, чтобы закрыть текущее выбранное IED и удалить его с панели навигации.

На вкладке «Симулятор» вы настраиваете IEDScout для имитации IED, открытого из файла SCL или скопированного из браузера (→ команда «Симулировать в браузере»).

Вы можете смоделировать все IED, чтобы клиенты могли установить с ним соединение. В качестве альтернативы вы можете выбрать имитацию только одного или нескольких GOOSE IED.

Функциональные возможности вкладки Simulator разделены на три группы:

Application

Data

Services

Show

Открыть SCL

Щелкните «Открыть SCL» и перейдите по структуре папок на вашем компьютере к нужному файлу SCL. Выберите файл и нажмите «Открыть». Под IP-адресом IED и путем к файлу SCL IEDScout теперь отображает структуру модели данных IED. Символ IED на панели навигации указывает, что это IED определяется файлом SCL.

Файл SCL может содержать более одного IED. В этом случае в окне «Доступные устройства IED» перечислены все устройства, содержащиеся в файле SCL. Выберите IED, которые хотите открыть, и нажмите ОК. Затем IEDScout отображает структуру модели данных первого IED файла SCL. Если вы открыли более одного файла SCL или более одного IED из файла SCL, выберите IED, данные которого вы хотите просмотреть, из окна списка IED. Теперь вы можете просматривать IED, изменять DataModel, используя Set values (→ Set values), моделировать одиночный GOOSE или моделировать все IED.

При открытии IED из файлов SCL IEDScout накапливает IED. Загруженные IED остаются открытыми, а новые загруженные добавляются. Следовательно, уже загруженное IED отображается выбранным и установленным только для чтения в окне «Доступные IED»; он не перезагружается. Таким образом, вы можете открыть файл SCL во второй раз, чтобы дополнительно загрузить из него IED-устройства, которые вы пропустили в первый раз, без потери текущего рабочего состояния IEDScout. Кроме того, таким образом вы можете работать с несколькими IED из нескольких файлов SCL.

Начинать

Нажмите Start, чтобы начать моделирование IED. Откроется диалоговое окно Simulate IED.

Настройки сервера

Включить сервер

Выберите этот вариант, если смоделированное IED должно быть доступно сетевому клиенту через MMS (MMS → Manufacturing Message Specification). Затем клиенты могут обнаружить смоделированное IED, используя IP-адрес «Прослушивание» и порт, указанный ниже.

Слушая

В этом списке показаны все текущие IP-адреса вашего компьютера. Выбранный здесь IP-адрес будет тем адресом, который клиенты должны использовать для подключения к смоделированному IED. Вы можете выбрать один из IP-адресов компьютера или разрешить соединения на всех IP-адресах этого компьютера.

Порт

Номер порта смоделированного IED для приема соединения с клиентом. Номер порта по умолчанию для клиента / сервера МЭК 61850 (MMS) - 102. Если этот порт уже используется каким-либо другим программным обеспечением, либо выберите другой IP-адрес «Прослушивание», либо введите здесь другой номер порта. Если используется порт, отличный от 102, то номер порта необходимо указать на клиенте, который используется для подключения к смоделированному IED. Примечание: вы можете использовать инструмент Microsoft TCPView, чтобы узнать, какие программы занимают порт 102.

Каталог передачи файлов

Укажите папку, файлы которой затем будут предлагаться смоделированным IED с использованием передачи файлов IEC 61850. По умолчанию здесь не выбрана никакая папка. Если вы не выберете папку, смоделированное IED не будет передавать файлы по протоколу IEC 61850.

Настройки публикации GOOSE

Включить GOOSE

Выберите параметр «Включить GOOSE», чтобы отправлять все сообщения GOOSE смоделированного IED через настроенный сетевой адаптер GOOSE.

Если вы оставите опцию Enable GOOSE снятой, имитация GOOSE не будет. Моделирование GOOSE также можно запустить в момент, когда моделирование уже запущено (→ Услуги).

Моделирование / Тест

Выберите опцию Simulation / Test, чтобы установить тестовый бит GOOSE на 1 («истина»). Это означает, что GOOSE является смоделированным GOOSE. Если вы оставите эту опцию снятой, тестовый бит GOOSE будет установлен в 0 («ложь»). Это означает, что GOOSE не является смоделированным GOOSE.

Общие настройки

Режим / поведение

Выбранный здесь режим / поведение будет применен ко всем логическим узлам смоделированного IED перед запуском моделирования. Можно выбрать следующие режимы / поведение IEC 61850.

Data

Установить значения

Установка значений отключена? Либо выберите объект данных (DO), либо атрибут данных (DA) логического узла на панели «Подробности», либо выберите GOOSE или отчет на панели навигации.

Используйте Установить значения для изменения значений атрибутов данных одного или нескольких элементов по вашему выбору (GOOSE, отчет, объект данных, атрибут данных) смоделированного IED.

Выберите соответствующий элемент, затем щелкните Установить значения. Откроется диалоговое окно «Изменить данные IED», в котором можно просмотреть все атрибуты данных выбранного элемента.

Значения редактируемых атрибутов данных указываются в полях ввода.

Обратите внимание, что вы можете изменять только значения атрибутов данных, но не объекты данных или структурированные атрибуты данных. Атрибут структурированных данных является, например, «вектором», тогда как вектор содержит два дочерних атрибута данных, которые представляют значения *x* и *y*. В этом случае доступны для редактирования только значения *x* и *y*. Измененные атрибуты выделены жирным шрифтом.

Измените одно или несколько значений атрибутов данных по вашему выбору.

Если вы выбрали GOOSE или отчет вместо объекта данных, команда Set values изменяет значения блока управления GOOSE (GCB) или блока управления отчетом (RCB).

Нажмите кнопку «Установить значения», чтобы подтвердить изменения и закрыть диалоговое окно.

Если вы ввели недопустимое значение, вы получите уведомление об этом. Проверьте всплывающую подсказку предупреждающего символа.

IEDScout также уведомляет вас, если ваше изменение вызывает проблемы, связанные с качеством, которые необходимо учитывать. Проверьте всплывающую подсказку предупреждающего символа.

Вы также можете выполнить Set values, когда не запущено моделирование.

Четкие показания

Щелкните «Очистить индикацию», чтобы очистить все индикации изменений, появляющиеся при изменении атрибутов данных.

Экспорт

Экспорт отключен? В Мониторе активности нет элементов.

Экспортируйте все элементы, отображаемые в настоящее время в Activity Monitor, в файл CSV.

О CSV ... CSV = значения, разделенные запятыми. Этот формат файла ASCII доступен для чтения любой общей базой данных. Данные записываются в простом табличном формате. Позиция табуляции в качестве разделителя полей разделяет отдельные значения.

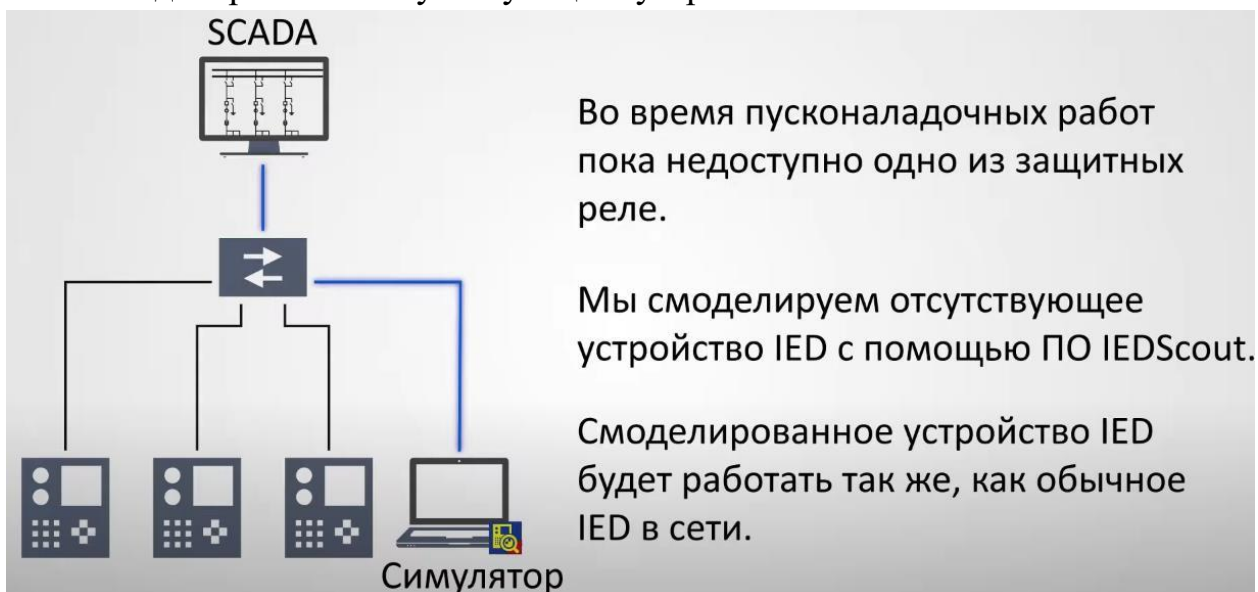
Пример поэтапного выполнения моделирования IED устройства и сообщений GOOSE средствами IEDScout.

Задание выполняется попарно двумя студентами: один студент реализует функцию моделирования IED, второй студент реализует функции подписчика на сообщения моделируемого IED.

12. Исходная ситуация на объекте.



13. Моделирование отсутствующего устройства.



14. Загружаем файл icd с сайта производителя ЭНИП-2 (или выдает преподаватель) <https://enip2.ru/production/izmereniya/enip-2/>

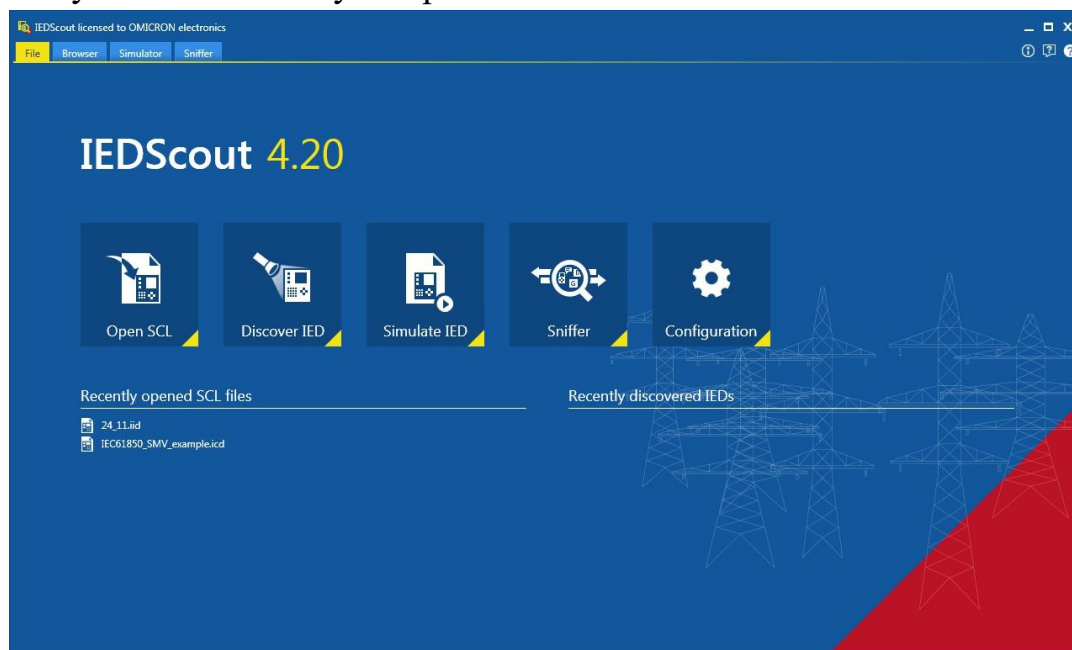
ЭНИП-2 *.icd файл

Описание ЭНИП-2 для МЭК 61850.

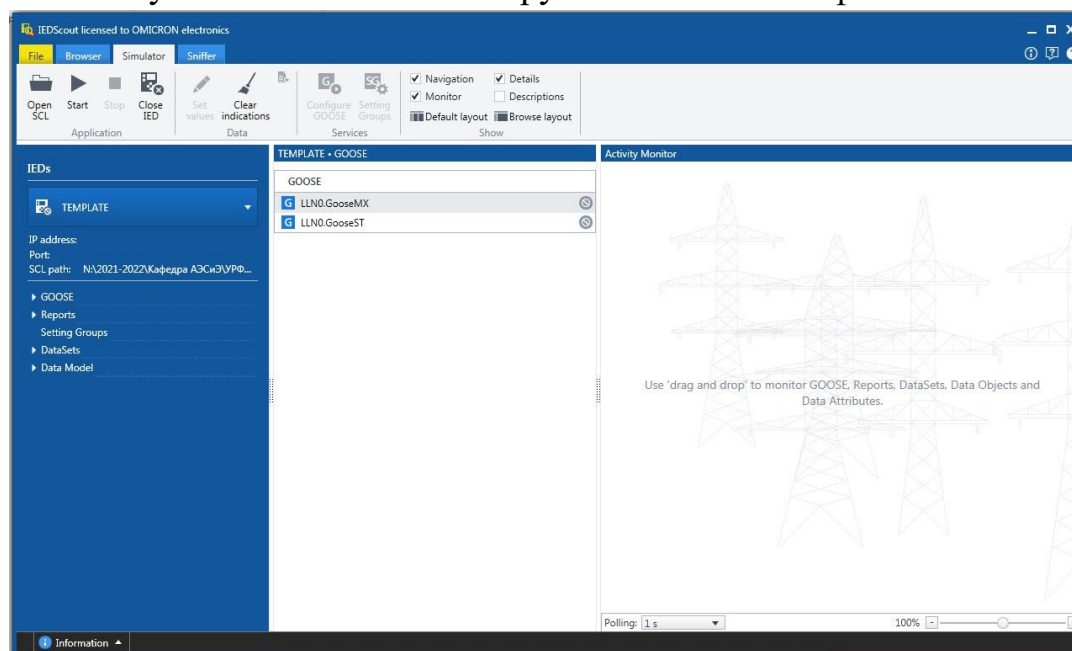
Дата создания: 11.08.2015

[Скачать](#)

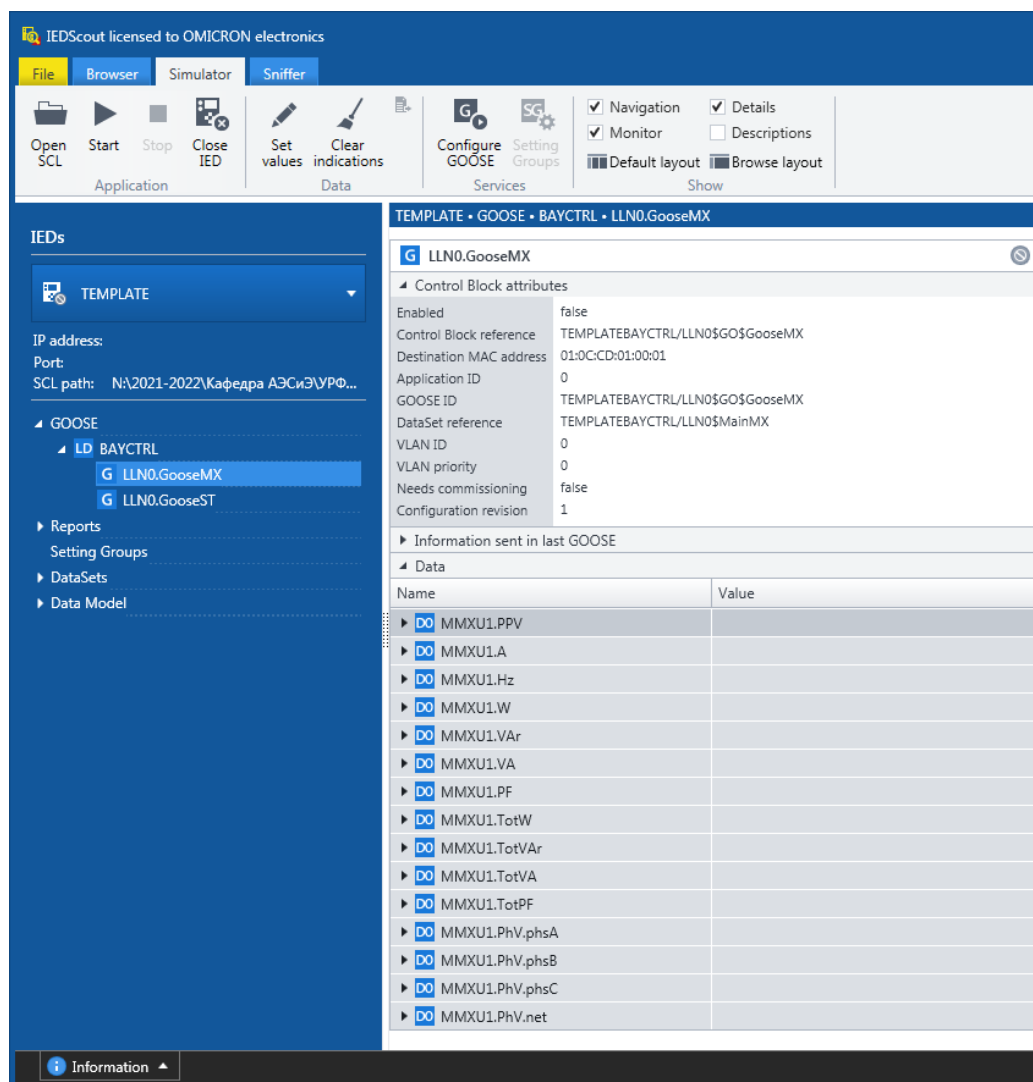
15. Запускаем бесплатную версию IEDScout



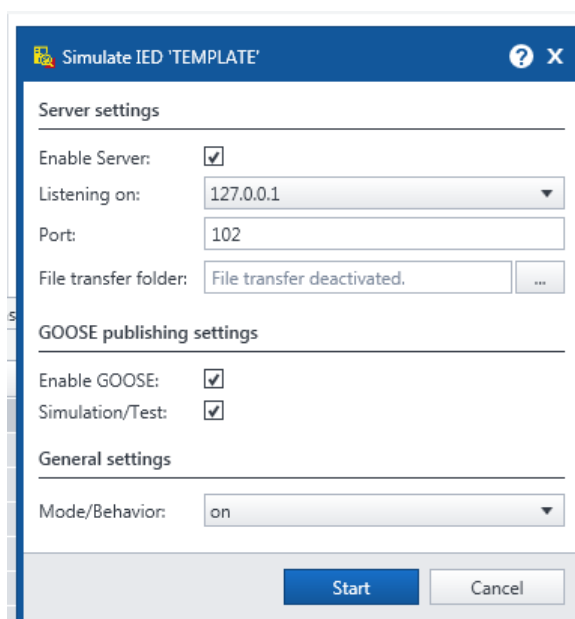
16. Используем Simulate IED. И загружаем скачанный файл icd



17. Устройство первое (компьютер №1) передает одно сообщение GOOSE

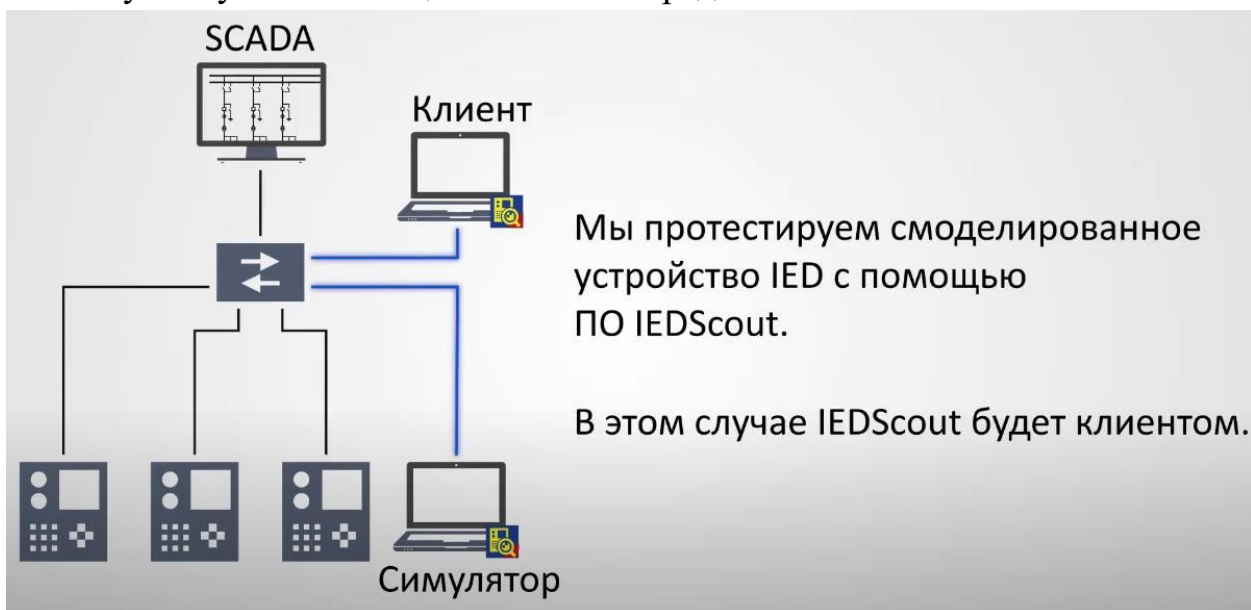


18. Нажав кнопку Start, запускаем симуляцию работы устройства в режиме test

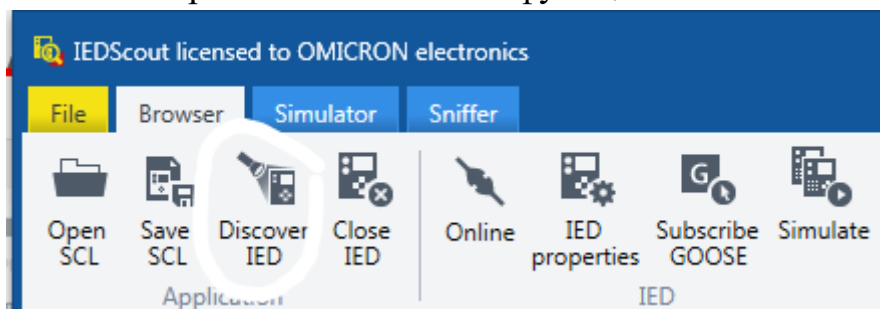


Теперь в сети выполняется моделирование IED (ЭНИП-2)

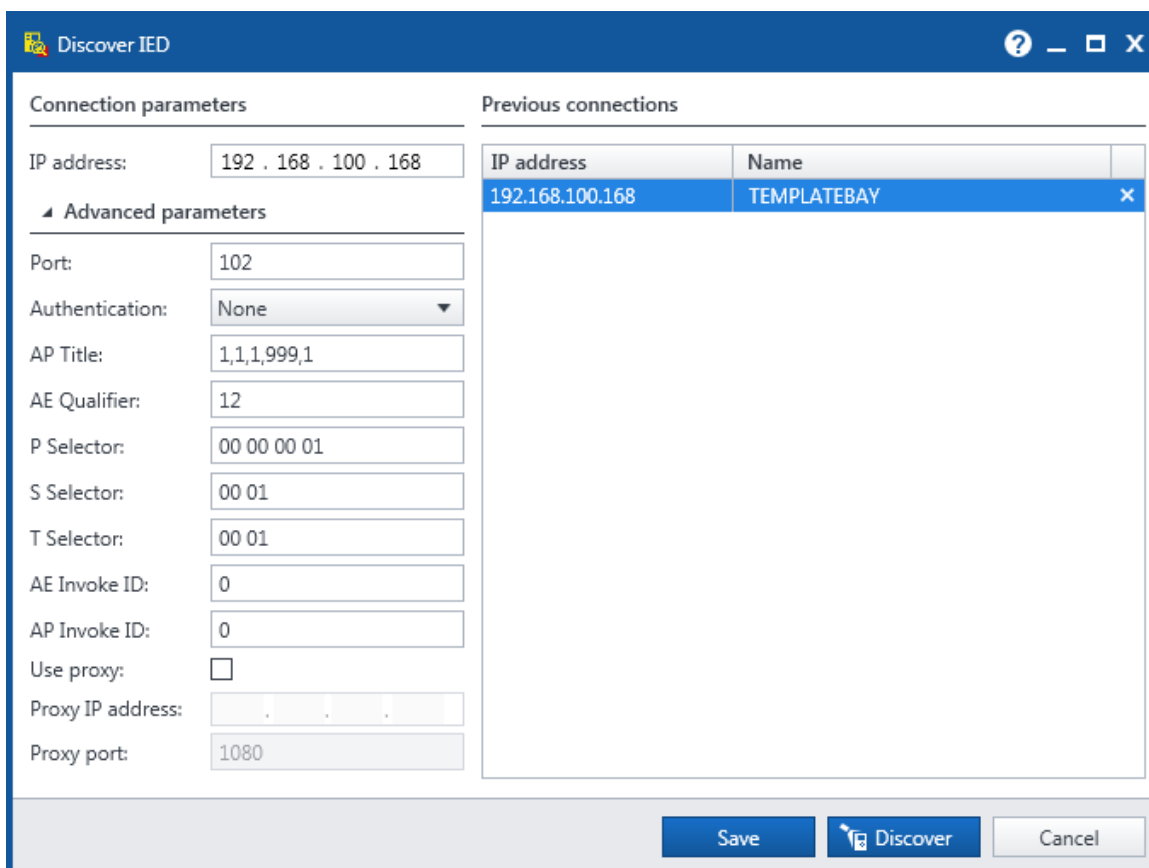
19. Выполняется подключение вторым студентом функций подписчика на публикуемые сообщения GOOSE средствами IEDScout.



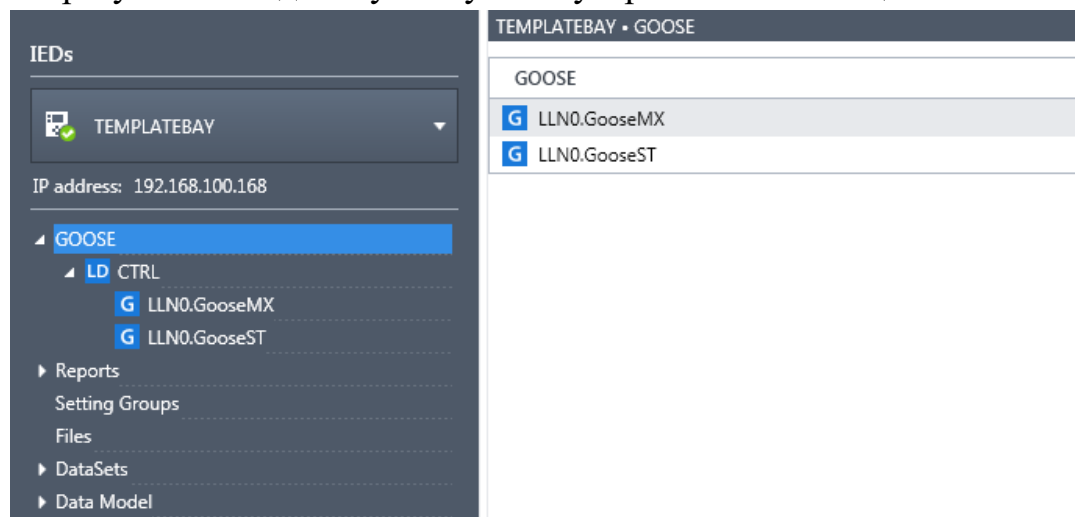
20. Выберем в меню Browser функцию поиска IED и подключения к нему.



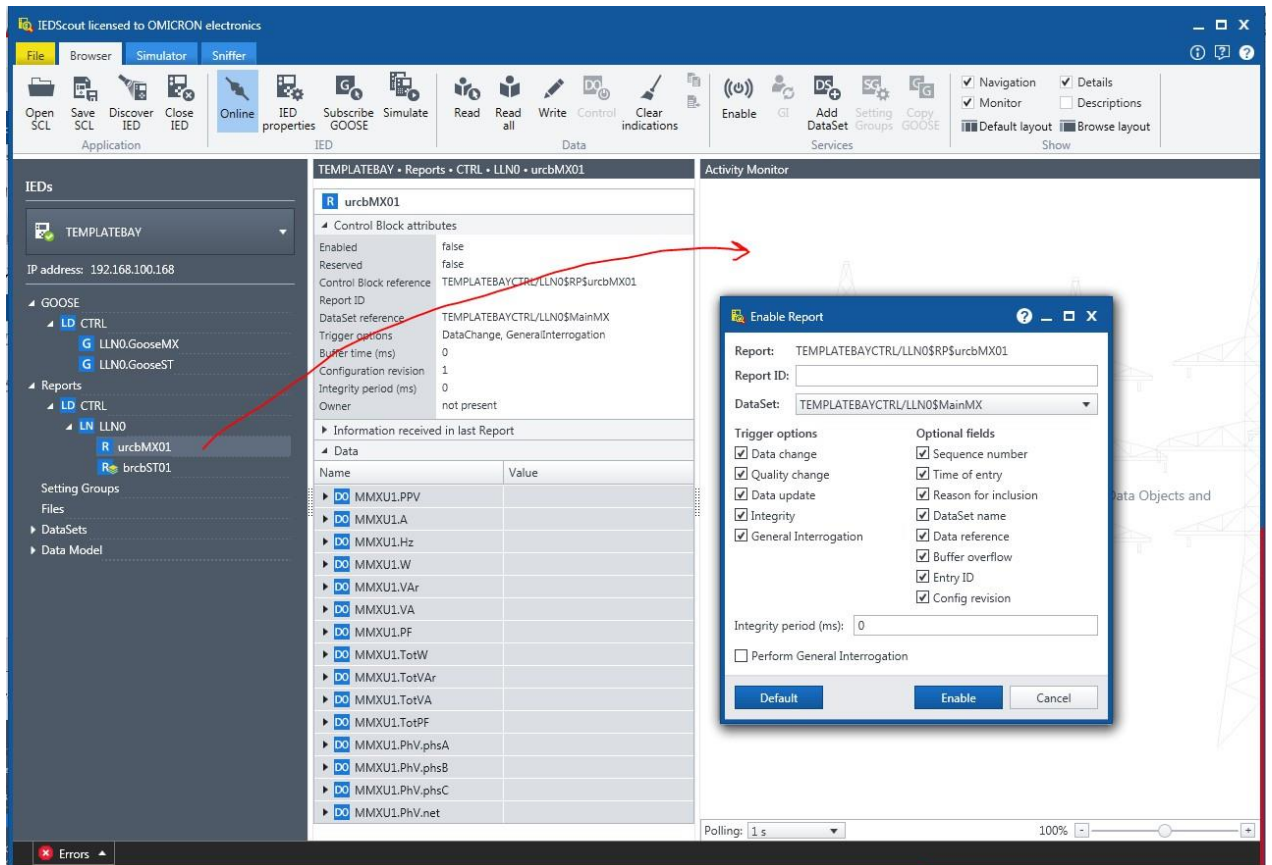
21. И задав ip адрес ноутбука, моделирующего IED (ЭНИП), подключаемся.



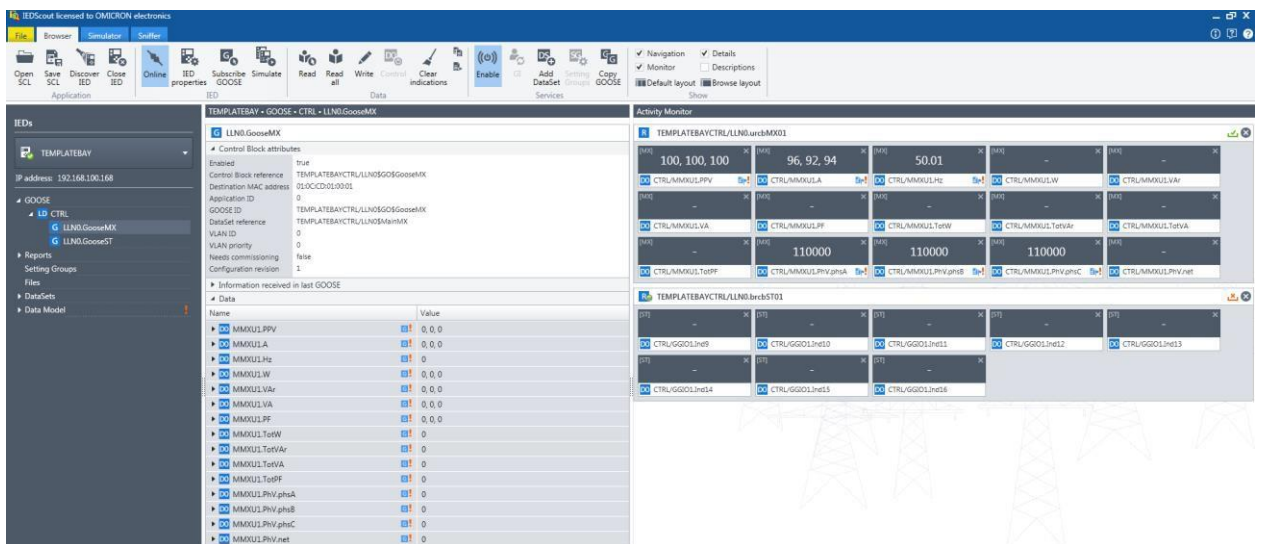
22. В результате видим публикуемые устройством сообщения GOOSE



23. Выбираем в левом окне сообщений устройства отчеты (Reports)
И переносим набор данных (DataSet) urcbMX01 в окно Activity Monitor.
В появившемся окне отмечаем требуемые для отображения элементы.



В результате имеем наборы данных отображаемых в мониторе событий

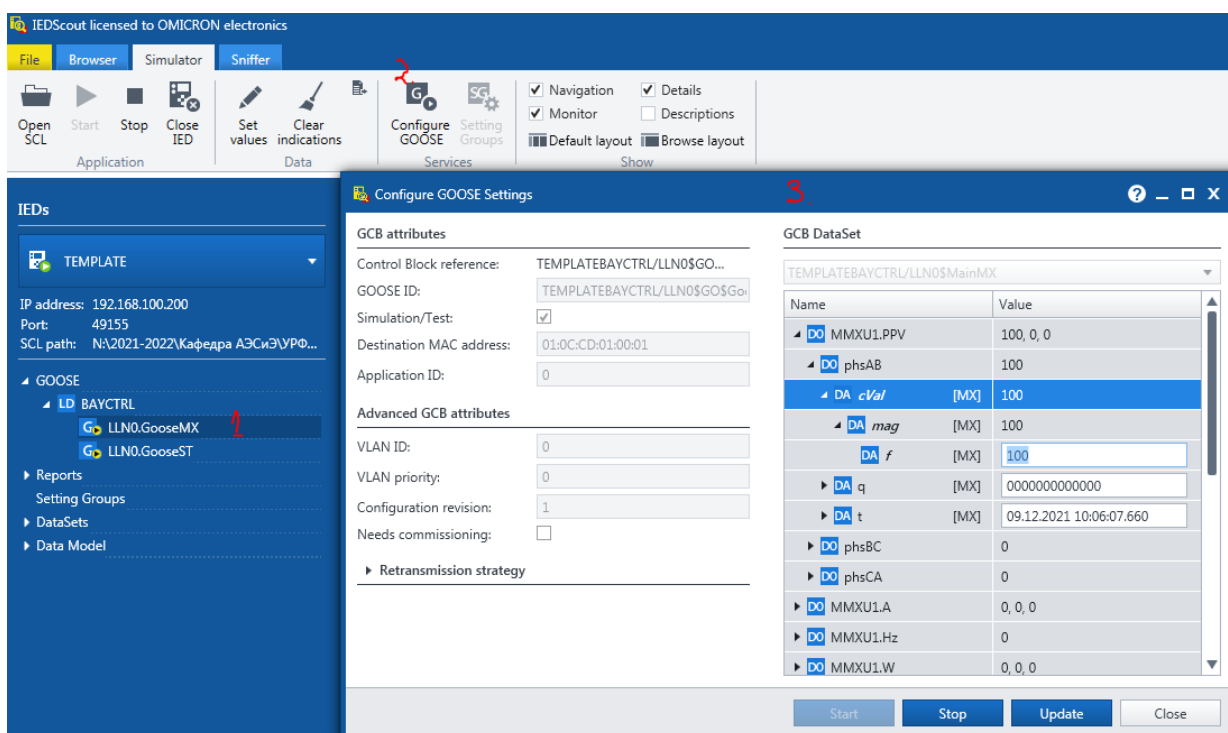


Задание

Необходимо зафиксировать показания устройства, моделируемого одним из двух студентов для различных групп данных.

Устройство задается преподавателем с последующей выдачей icd файла устройства.

Используя функцию настройки GOOSE сообщений студент выполняющий симуляцию должен задать тестовую ситуацию, а студент работающий с обозревателем устройств считать данные сообщений и зафиксировать их в электронной форме в виде pdf файла.



Список используемых ресурсов

1. Сайт компании Инженерный центр Энергосервис
<https://enip2.ru/production/izmereniya/enip-2/>
2. ООО OMICRON electronics Сайт компании
<https://www.omicronenergy.com/ru/novosti/detali/novaja-versija-iedscout-500/>
3. Моделирование устройств IED стандарта МЭК 61850 с помощью ПО IEDScout <https://www.youtube.com/watch?v=hdp9dGNfVWU>
4. СТО 56947007-25.040.40.112-2011 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС» Типовая программа и методика испытаний программно-
технического комплекса автоматизированной системы управления
технологическими процессами (ПТК АСУ ТП) и микропроцессорного
комплекса системы сбора и передачи информации (МПК ССПИ) подстанций
в режиме повышенной информационной нагрузки «шторм»

Занятие 9. Выбор цифровых трансформаторов тока и напряжения

Теоретический материал по теме работы

Выбор цифровых трансформаторов тока и напряжения

Указания по выбору параметров и мест подключения цифровых ТТ

Общие положения

Цифровые трансформаторы тока и напряжения являются разновидностью электронных ТТ и ТН, снабженных цифровым интерфейсом, передающим данные, как правило, по протоколам стандарта МЭК 61850.

Цифровые ТТ и ТН могут отличаться по принципу действия и, в связи с этим, обладать рядом характеристических особенностей, обуславливающих правила выбора параметров указанных аппаратов.

Отдельными стандартами организации на конкретные виды ЦТТ и ЦТН могут быть установлены дополнительные требования.

Цифровые ТН устанавливаются по тем же правилам, что и электромагнитные, так как точки контроля напряжения для функций РЗА и АСУ ТП сохраняются.

Цифровые ТТ обладают рядом особенностей по сравнению с электромагнитными:

- больший по сравнению с электромагнитными ТТ диапазон измеряемых токов в пределах класса точности;
- выдача мгновенных значений токов и напряжений в цифровом виде с конкретным значением в первичных величинах;
- возможность суммирования значений двух потоков ЦТТ в цепи выключателей для вычисления тока ЛЭП без потери точности.

При проектировании установки ЦТТ необходимо учитывать следующие особенности:

– для выполнения дифференциальной защиты ошиновки высшего напряжения ЦТТ устанавливаются в непосредственной близости от автотрансформатора, этим достигается ввод в зону действия ДЗТ вводов ВН и пуск пожаротушения только от ДЗТ, КИВ и газовой защиты;

– для ЛЭП, подключаемых к РУ через два выключателя, установка ЦТТ в ЛЭП требует технического обоснования.

Особенности выбора цифровых ТТ по току

Цифровые электронные трансформаторы по принципу действия обладают более линейной характеристикой по сравнению с традиционными электромагнитными трансформаторами, благодаря чему для цифровых трансформаторов тока используется укороченная шкала диапазонов номинальных токов, в которых ЦТТ может работать в рамках заявленного класса точности. В соответствии с [1] определены шкалы номинальных параметров для цифровых трансформаторов тока для измерений и защиты, представленные в таблицах ниже (см. Таблицу 1.1, Таблицу 1.2, Таблицу 1.3).
Таблица 1.1 – Метрологические характеристики цифровых трансформаторов тока для измерений для АСУ ТП, АИИС КУЭ и ПКЭ

| Диапазоны измерения тока | Исполнение 1И ($I_{\text{макс}} = 250 - 1000\text{A}$) | | | Исполнение 2И ($I_{\text{макс}} = 800 - 4000\text{A}$) | | |
|--------------------------|--|--------------------------|---------------------|--|--------------------------|---------------------|
| | погрешность, % | значение тока, А действ. | Угловая погрешность | погрешность, % | значение тока, А действ. | Угловая погрешность |
| Нижний диапазон | 0,75 | 2,5 | 30' | 0,75 | 8 | 30' |
| | 0,35 | 12,5 | 15' | 0,35 | 40 | 15' |
| | 0,2 | 50 | 10' | 0,2 | 160 | 10' |
| Верхняя граница | 0,2 | 1200 | 10' | 0,2 | 4800 | 10' |
| | 0,5 | 1500 | 20' | 0,5 | 6400 | 20' |

Таблица 1.2 – Метрологические характеристики цифровых трансформаторов тока для РЗА

| Диапазоны измерения тока | Исполнение 1Р (для РЗА ВЛ и Т) | | | Исполнение 2Р (для РЗА ВЛ и стороны НН АТ) | | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|--|--------------------------|---------------------|
| | погрешность, % | значение тока, А действ. | Угловая погрешность | погрешность, % | значение тока, А действ. | Угловая погрешность |
| Нижняя граница | 10 | 10 | 240' | 10 | 30 | 240' |
| | 5 | 20 | 120' | 5 | 80 | 120' |

| | | | | | | |
|--------------------------|----|-------|------|----|--------|------|
| точности | 1 | 40 | 60' | 1 | 110 | 60' |
| Верхняя граница точности | 1 | 36000 | 60' | 1 | 100000 | 60' |
| | 5 | 50000 | 120' | 5 | 126000 | 120' |
| | 10 | 55000 | 240' | 10 | 140000 | 240' |
| | 30 | 90000 | 640' | 30 | 200000 | 640' |

Таблица 1.3 – Метрологические характеристики универсальных цифровых трансформаторов, использующихся для АСУ ТП, АИИС КУЭ и ПКЭ и РЗА

| Диапазоны измерения тока | Исполнение 1Р (для РЗА ВЛ и Т) | | | Исполнение 2Р (для РЗА ВЛ и стороны НН АТ) | | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|--|--------------------------|---------------------|
| | погрешность, % | значение тока, А действ. | Угловая погрешность | погрешность, % | значение тока, А действ. | Угловая погрешность |
| Нижняя граница точности | 0,75 | 2,5 | 30' | 0,75 | 8 | 30' |
| | 0,35 | 12,5 | 15' | 0,35 | 40 | 15' |
| | 0,2 | 50 | 10' | 0,2 | 160 | 10' |
| | 0,2 | 1200 | 10' | 0,2 | 4800 | 10' |
| | 0,5 | 1500 | 20' | 0,5 | 6400 | 20' |
| Верхняя граница точности | 1 | 36000 | 60' | 1 | 100000 | 60' |
| | 5 | 50000 | 120' | 5 | 126000 | 120' |
| | 10 | 55000 | 240' | 10 | 140000 | 240' |
| | 30 | 90000 | 640' | 30* | 200000 | 640' |

В соответствии с установленной шкалой номинальных параметров для целей измерений рекомендуется на присоединениях с расчётным током нагрузки, с учетом перспективного потребления, не превышающим 800 А использовать цифровые трансформаторы исполнения 1И или 1ИР, а на присоединениях с током более 800 А использовать трансформаторы исполнения 2И или 2ИР.

Выбор параметров измерительных контуров цифровых трансформаторов, используемых для релейной защиты, осуществляется по номинальному току и проверяется по максимальному току. Расчетное значение номинального тока и тока КЗ с учётом апериодической составляющей должно лежать в диапазоне измеряемых токов ЦТТ.

Как правило, для РЗА присоединений тупиковых ВЛ и сторон высшего напряжения силовых трансформаторов и сторон высшего и среднего напряжения силовых автотрансформаторов применяется исполнение 1Р или

1ИР, а для присоединений ВЛ и стороны низшего напряжения АТ применяется исполнение 2Р или 2ИР.

Выбор вида обмотки определяется расчётом установившихся режимов для проверки метрологических характеристик ТТ и расчётом токов КЗ для выбора характеристик для работы РЗА. Предпочтительным является установка 2-х обмоток 1ИР или 2ИР для взаиморезервирования. В случае если обмотки 1ИР и 2ИР не могут обеспечить характеристики для работы устройств АИИСКУЭ и РЗА к 2-м обмоткам ИР добавляется 3-я обмотка И для АИИСКУЭ.

При проверке ЦТТ для защиты (классов 1Р, 2Р, 1ИР, 2ИР) по току КЗ общим правилом является обеспечение погрешности не более 1 % в зоне несрабатывания защит (при внешних КЗ) или на границах срабатывания.

Проверка ЦТТ по току КЗ осуществляется следующим образом:

– Для дистанционной защиты при установке ЦТТ на присоединении ВЛ (см. рисунок 1.1) погрешность не более 10 % должна быть обеспечена для КЗ в точке К1 «за спиной» защиты, погрешность не более 1 % должна быть обеспечена для КЗ в точках К3 и К4. Для точки К2, расположенной в первых 10 % защищаемой ЛЭП погрешность может превышать 10 % при наличии обоснования в проектной документации. Для всех транзитных ЛЭП рекомендуется использовать ЦТТ с обмотками 2Р. Для тупиковых ЛЭП используются ЦТТ с обмотками 1Р при условии, что в конце ЛЭП ток КЗ входит в диапазон, обеспечивающий погрешность не хуже 1 %;

– Для продольной дифференциальной защиты при установке ЦТТ на присоединениях силового трансформатора (см. рисунок 1.2 (а)) погрешность не более 1 % должна быть обеспечена для КЗ в точках К1, К4 и К6. При этом при КЗ в защищаемой зоне и больших кратностях тока КЗ к току уставки погрешность ЦТТ может превышать 10 % при наличии обоснования в проектной документации. Для сторон ВН и СН трансформаторов рекомендуется использовать ЦТТ с обмотками 1Р. Для стороны НН рекомендуется использовать ПАС в ячейке ввода, подключенный к

электромагнитному ТТ. В случае невозможности обеспечить правильность работы РЗА с электромагнитным ТТ необходимо использовать ЦТТ;

– Для продольной дифференциальной защиты при установке ЦТТ на присоединениях автотрансформатора (см. рисунок 1.2 (б)) погрешность не более 1 % должна быть обеспечена при КЗ в точках К1, К4 и К5. При этом при КЗ в защищаемой зоне и больших кратностях тока КЗ к току уставки ($I_{КЗ} / I_{уст} > 10$) погрешность ЦТТ может превышать 10 % при наличии обоснования в проектной документации. Для ДЗО НН автотрансформатора погрешность не более 1% должна быть обеспечена при КЗ в точке К7, а погрешность не более 10 % должна быть обеспечена в точках К6 и К5, что автоматически получается, так как при КЗ в точках К6 и К5 ОТТ установленный между АТ и реактором должен иметь погрешность 1% по условию обеспечения правильной работы дифференциальной защиты автотрансформатора. Для стороны ВН и СН автотрансформаторов рекомендуется использовать ЦТТ с обмотками 1ИР. Для стороны НН (между АТ и реактором) рекомендуется использовать ЦТТ с обмотками 2ИР. Для контроля тока через ввод рекомендуется использовать ПАС в ячейке ввода, подключаемый к электромагнитному ТТ. При использовании однофазных АТ необходимо прорабатывать вопрос места установки ОТТ: до соединения в треугольник или после с учётом токов КЗ и выбора параметров срабатывания устройств РЗА.

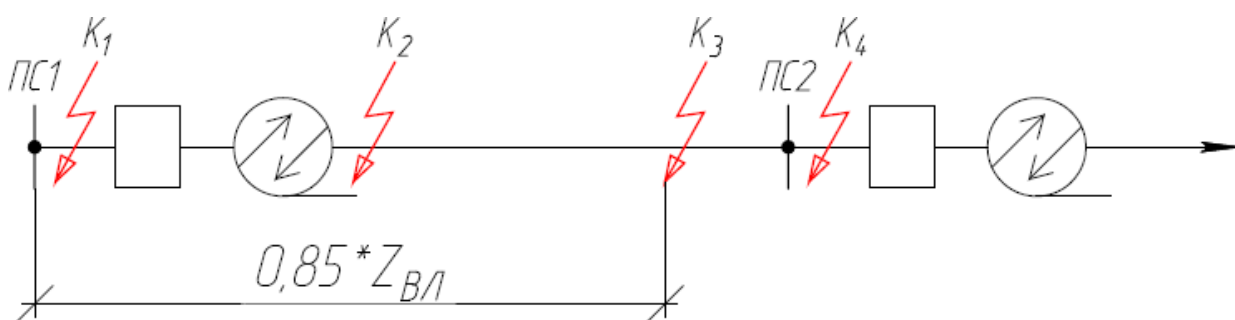


Рисунок 1.1 – Схема для расчёта КЗ на присоединении ВЛ 110 кВ

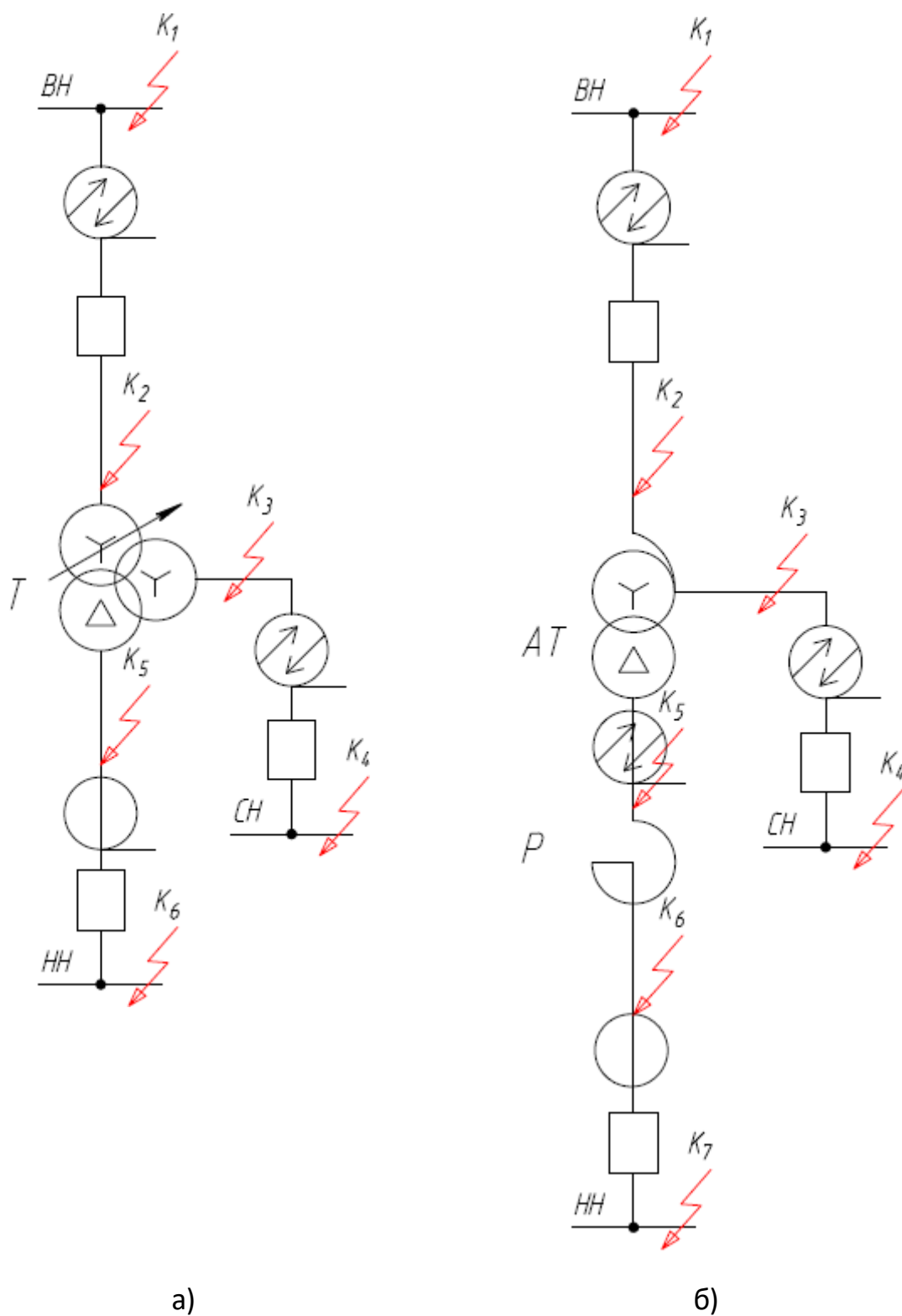


Рисунок 1.2 – Схема расчёта токов КЗ на присоединении трансформатора 110/35/10 кВ (а) и автотрансформатора 220/110/35 кВ (б)

Задание

Для заданному по варианту присоединению рассматриваемой подстанции выбрать ЦТТ и при необходимости ЦТН.

Используя таблицы 1.1-1.3 указать в отчете описание метрологических характеристик цифровых трансформаторов тока

Таблица 1.0 – Варианты заданий

| № варианта | Інагр., А | Назначение | Объект защиты | Токи КЗ в точках, кА | Примечания |
|------------|-----------|------------|---------------|---|---------------------|
| 1 | 470 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=10
K2=25
K3=20
K4=15 | тт пс1
рис. 1.1 |
| 2 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=15
K3=5
K4=5
K5=3,5
K6=3,5 | тт вн
рис. 1.2 а |
| 3 | 960 | РЗА, Изм. | АТ | K1=2,3
K2=20
K3=7
K4=7
K5=4,5
K6=4,5 | тт вн
рис. 1.2 б |
| 4 | 770 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=12,5
K2=30
K3=27
K4=13,5 | тт пс1
рис. 1.1 |
| 5 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=1,2
K3=1,3
K4=1,3
K5=3,1
K6=40 | тт вн
рис. 1.2 а |
| 6 | 960 | РЗА, Изм. | АТ | K1=1,4
K2=1,4
K3=5
K4=45
K5=1,5 | тт вн
рис. 1.2 б |

| | | | | | |
|----|-----|-----------|----|---|---------------------|
| | | | | K6=1,5 | |
| 7 | 470 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=10
K2=25
K3=20
K4=15 | тт пс1
рис. 1.1 |
| 8 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=15
K3=5
K4=5
K5=3,5
K6=3,5 | тт вн
рис. 1.2 а |
| 9 | 960 | РЗА, Изм. | АТ | K1=2,3
K2=20
K3=7
K4=7
K5=4,5
K6=4,5 | тт вн
рис. 1.2 б |
| 10 | 770 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=12,5
K2=30
K3=27
K4=13,5 | тт пс1
рис. 1.1 |
| 11 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=1,2
K3=1,3
K4=1,3
K5=3,1
K6=40 | тт вн
рис. 1.2 а |
| 12 | 960 | РЗА, Изм. | АТ | K1=1,4
K2=1,4
K3=5
K4=45
K5=1,5
K6=1,5 | тт вн
рис. 1.2 б |
| 13 | 470 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=10
K2=25
K3=20
K4=15 | тт пс1
рис. 1.1 |
| 14 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=15
K3=5
K4=5 | тт вн
рис. 1.2 а |

| | | | | | |
|----|-----|-----------|----|---|---------------------|
| | | | | K5=3,5
K6=3,5 | |
| 15 | 960 | РЗА, Изм. | АТ | K1=2,3
K2=20
K3=7
K4=7
K5=4,5
K6=4,5 | ТТ ВН
рис. 1.2 б |
| 16 | 770 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=12,5
K2=30
K3=27
K4=13,5 | ТТ пс1
рис. 1.1 |
| 17 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=1,2
K3=1,3
K4=1,3
K5=3,1
K6=40 | ТТ ВН
рис. 1.2 а |
| 18 | 960 | РЗА, Изм. | АТ | K1=1,4
K2=1,4
K3=5
K4=45
K5=1,5
K6=1,5 | ТТ ВН
рис. 1.2 б |
| 19 | 470 | РЗА, Изм. | ВЛ | K1=10
K2=25
K3=20
K4=15 | ТТ пс1
рис. 1.1 |
| 20 | 890 | РЗА, Изм. | ТР | K1=1,2
K2=15
K3=5
K4=5
K5=3,5
K6=3,5 | ТТ ВН
рис. 1.2 а |

Пример решения

Выбор трансформаторов тока на напряжение 6(10) кВ



Требуется **выбрать трансформаторы тока (ТТ)** типа ТОЛ-СЭЩ-10 на напряжение 6 кВ устанавливаемые в ячейку типа КРУ-СЭЩ-61М (ОАО «Самарский завод «Электроцит»»), для питания счетчика электрической энергии типа СЭТ 4ТМ.03М, подключенный к обмотке класса точности 0,5S (для технического учета), а также для подключения терминала релейной защиты типа Сириус-21-Л-И1 (ЗАО «РАДИУС Автоматика»), согласно рисунку 2.1 и рисунку 2.2.

От проектируемой ячейки осуществляется питание силового трансформатора мощностью 2500 кВА.

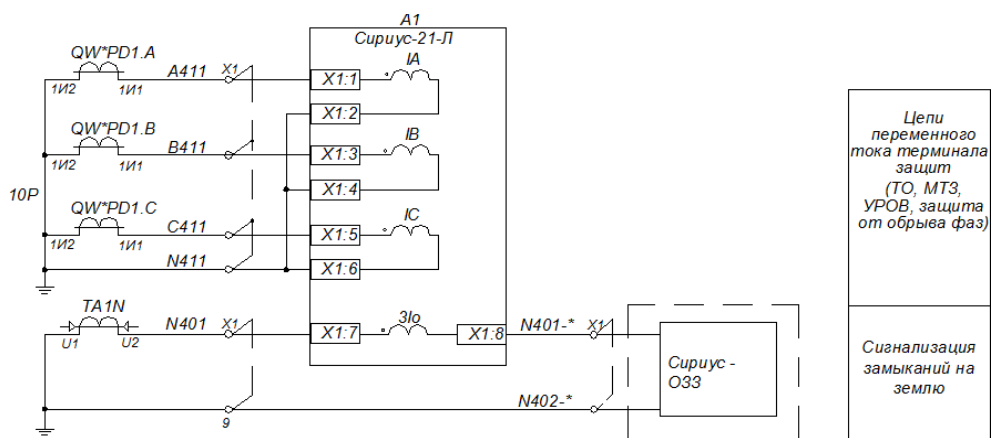


Рисунок 2.1 — Схема подключения трансформаторов тока к терминалу Сириус-21-Л-И1

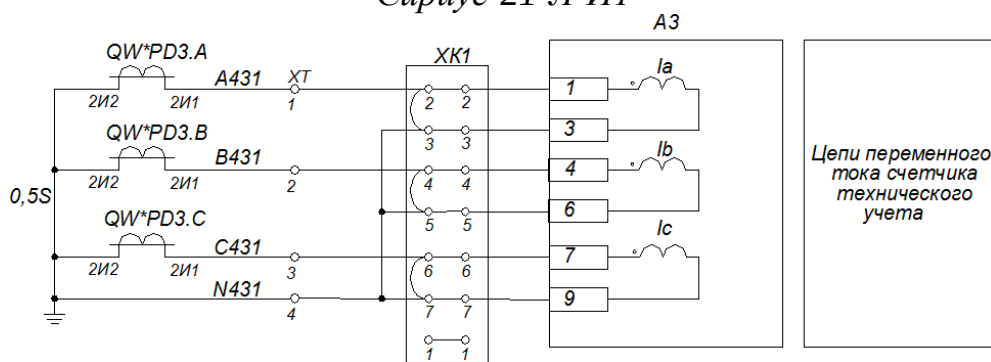


Рисунок 2.2 — Схема подключения трансформаторов тока к счетчику СЭТ 4ТМ.03М

Выбирать трансформаторы тока, мы должны из условий:

1. Номинальное напряжение $U_{уст} = 6 \text{ кВ} \leq U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ (условие выполняется);

2. Номинальный ток $I_{расч} < I_{ном}$;

2.1. Рассчитываем первичный расчетный ток:

$$I_{расч} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 6} = 240,8 (\text{А})$$

Предварительно выбираем трансформаторы тока на номинальный первичный ток 300 А (согласно каталога, см. таблицу 1) $I_{ном.} = 300 \text{ А} > I_{расч} = 240,8 \text{ А}$ (условие выполняется);

Таблица 1.1 – Параметры трансформаторов тока

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|---|
| 1. Номинальное напряжение, кВ | 10 |
| 2. Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 12 |
| 3. Номинальный первичный ток, А | 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 |
| 4. Номинальный вторичный ток, А | 5 |
| 5. Номинальная частота, Гц | 50 |
| 6. Число вторичных обмоток, не более | 4 |
| 7. Номинальные вторичные нагрузки с коэффициентом мощности $\cos\varphi = 0,8$ ВА:
Обмотки для измерения
Обмотки для защиты | 5; 10
15, 20, 30 |
| 8. Номинальный класс точности:
Для измерения и учета
Для защиты | 0,2S; 02; 0,5B; 0,5
5P; 10P |
| 9. Номинальная предельная кратность $K_{ном}$ вторичной обмотки для защиты | 10, 15, 20 |
| 10. Номинальный коэффициент безопасности приборов $K_{бном}$ вторичной обмотки для измерений | 5, 10, 15 |

3. Для того, чтобы присоединенные приборы, работали в требуемом классе точности, необходимо чтобы, подключаемая вторичная нагрузка Z_n не превышала номинальной, для данного класса точности, при этом должно выполняться условие $Z_n \leq Z_{доп}$.

Рассчитываем вторичную нагрузку согласно типовой работы «Указания по расчету нагрузок трансформаторов тока» «Теплоэлектропроект» №48082-э.

3.1 Определяем сопротивление счетчика типа СЭТ 4ТМ.03М:

$$Z_n = \frac{\Sigma S_{приб.}}{I_{2ном}^2} = \frac{0,3}{5^2} = 0,012 \text{ Ом},$$

где:

- $S_{приб.} = 0,3 \text{ ВА}$ – потребляемая мощность прибора, согласно каталога на счетчик СЭТ 4ТМ.03М.
- $I_{2ном.} = 5 \text{ А}$ – номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока.

3.2 Определяем сопротивление обмотки трансформаторов тока для измерения, рассчитанное из номинальной вторичной нагрузки, равное 5 ВА, согласно каталога на ТОЛ-СЭЩ-10.

$$Z_{\text{доп}} = \frac{S_{\text{ном.}}}{I_{2\text{ном.}}^2} = \frac{5}{5^2} = 0,2 \text{ Ом}$$

3.3 Определяем сопротивление провода (кабеля) пользуясь **выражением (3) из типовой работы №48082-э**, для схемы соединения трансформаторов тока в полную звезду, принимая что $Z_n = Z_{\text{доп}}$:

$$r_{\text{пр}} = Z_{\text{доп}} - Z_n - r_{\text{пер}} = 0,2 - 0,012 - 0,05 = 0,138 \text{ Ом};$$

где:

$r_{\text{пер}} = 0,05 \text{ Ом}$ – переходное сопротивление контактов при двух, трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов;

3.4 Определяем сечение кабеля соединяющего трансформаторы тока класса точности 0,5S с счетчиком типа СЭТ 4ТМ.03М:

$$S = \frac{l}{\gamma \cdot r_{\text{пр}}} = \frac{4}{57 \cdot 0,138} = 0,5 \text{ мм}^2$$

где:

- l – длина провода (кабеля) от трансформатора тока до места установки измерительных приборов, м;
- γ – удельная проводимость, м/Ом*мм² (для меди $\gamma = 57$, для алюминия $\gamma = 34,5$).

По условиям механической прочности для меди, принимаем кабель сечением 2,5 мм².

3.5 Определяем фактическое сопротивление кабеля с учетом принятого.

$$r_{\text{пр}} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{4}{57 \cdot 2,5} = 0,028 \text{ Ом}$$

3.6 Определяем фактическую нагрузку, при этом должно выполняться условие $Z_n < Z_{\text{доп}}$:

$$Z_n = Z_n + r_{\text{пр}} + r_{\text{пер}} = 0,012 + 0,028 + 0,05 = 0,09 \text{ Ом}$$

$$Z_n < Z_{\text{доп.}} = 0,09 \text{ Ом} < 0,2 \text{ Ом (условие выполняется);}$$

4. Определяем сопротивление и сечение кабеля для токовых цепей микропроцессорного терминала Сириус-21-Л-И1, согласно рис.1.

4.1 Определяем сопротивление микропроцессорного терминала Сириус-21-Л-И1:

$$Z_n = \frac{\Sigma S_{\text{приб.}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом};$$

где:

$S_{\text{приб.}} = 0,5 \text{ ВА}$ – потребляемая мощность терминала Сириус-21-Л-И1, согласно каталога.

4.2 Определяем расчетную кратность для токовой отсечки по формуле (13) из типовой работы №48082-э:

$$K_{\text{расч}} = \frac{1,1 \cdot I_{\text{с.з.}}}{I_{1\text{ном}}} = \frac{1,1 \cdot 3000}{300} = 11$$

где:

- 1,1 – коэффициент, учитывающий 10%-ную погрешность ТТ при срабатывании защиты;
- $I_{\text{с.з.}} = 3000 \text{ А}$ – первичный ток срабатывания защиты;
- $I_{1\text{н}}$ – первичный номинальный ток ТТ.

По кривой предельной кратности для ТОЛ-СЭЩ-10 определяем допустимую нагрузку, исходя из расчетной кратности 11 при которой погрешность, не должна быть более 10%. $S_{\text{доп.}} = 30 \text{ ВА}$.

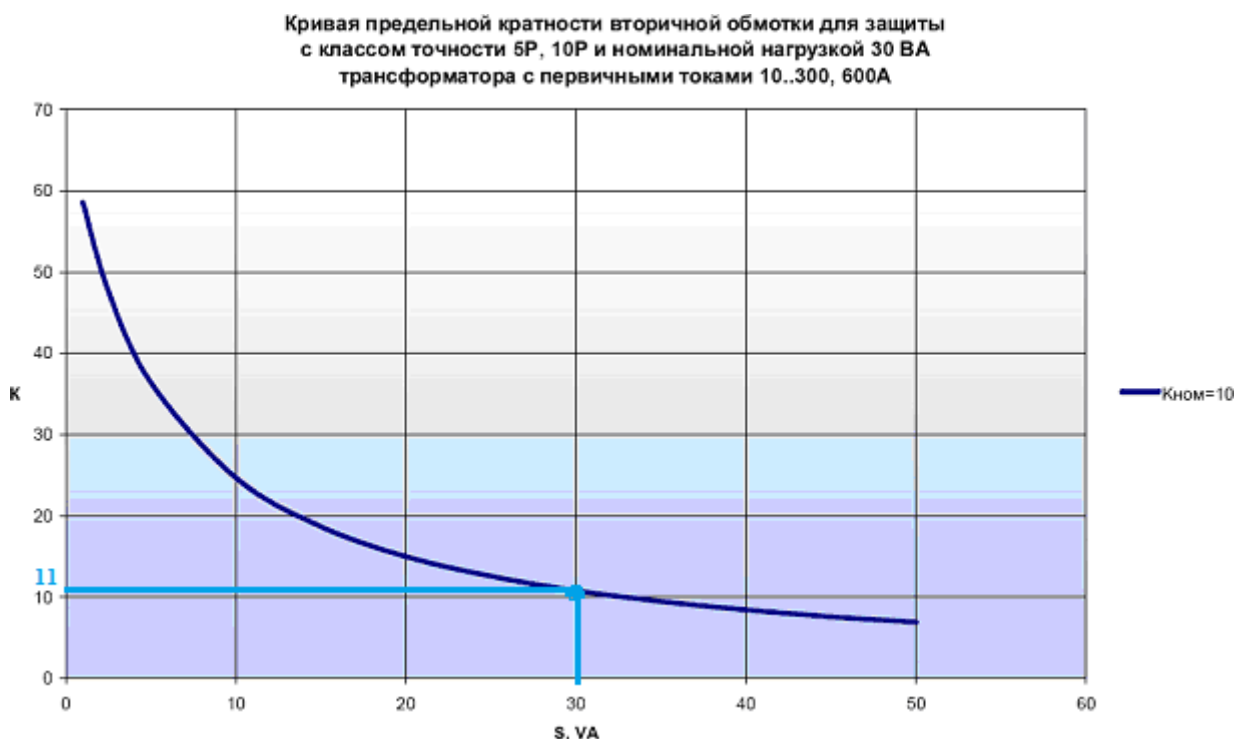


Рис.3 – Кривая предельной кратности вторичной обмотки для защиты с классом точности 5P, 10P и номинальной нагрузкой 30 ВА трансформатора с первичными токами 10...300, 600 А

4.3 Определяем сопротивление обмотки трансформаторов тока для защиты — 10P, рассчитанное из допустимой вторичной нагрузки, равной 30 ВА:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{S_{\text{доп}}}{I_{2\text{ном}}^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом};$$

4.4 Определяем сопротивление провода (кабеля) пользуясь выражением (3) из типовой работы №48082-э, для схемы соединения трансформаторов тока в полную звезду, принимая что $Z_n = Z_{\text{доп}}$:

$$r_{np} = Z_{\text{доп}} - Z_n - r_{\text{пер}} = 1,2 - 0,02 - 0,05 = 1,13 \text{ Ом}$$

4.5 Определяем сечение кабеля соединяющего трансформаторы тока класса точности 10P с терминалом Сириус-21-Л-И1:

$$S = \frac{l}{\gamma \cdot r_{np}} = \frac{4}{57 \cdot 1,13} = 0,06 \text{ мм}^2$$

где:

- l – длина провода (кабеля) от трансформатора тока до места установки терминала, м;
- γ – удельная проводимость, м/Ом*мм² (для меди $\gamma = 57$, для алюминия $\gamma = 34,5$).

По условиям механической прочности для меди, принимаем кабель сечением 2,5 мм².

4.6 Определяем фактическое сопротивление кабеля с учетом принятого.

$$r_{np} = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{4}{57 \cdot 2,5} = 0,028 \text{ Ом}$$

4.7 Определяем фактическую нагрузку, при условии, что $Z_n < Z_{доп}$ должно выполняться:

$$Z_n = Z_n + r_{np} + r_{пер} = 0,02 + 0,028 + 0,05 = 0,098 \text{ Ом}$$

$$Z_n < Z_{доп} = 0,098 \text{ Ом} < 1,2 \text{ Ом (условие выполняется);}$$

Как видно из расчетов при использовании современной аппаратуры в ячейках КРУ с небольшой потребляемой мощностью и незначительной длиной кабеля, проводить расчеты по определению сечения кабеля, можно не выполнять.

А сечение кабеля применять по механической прочности, согласно ПУЭ раздел 3.4.4. для токовых цепей — 2,5 мм² для меди и 4 мм² для алюминия;

Если же у Вас, например, трансформаторы тока находятся на ОРУ, а измерительная аппаратура расположена на значительном расстоянии от трансформаторов тока, то обязательно нужно проверить чтобы выполнялось условие $Z_n \leq Z_{доп}$.

5. Проверяем на электродинамическую стойкость по условию:

$$i_y = 20,553 \text{ кА} \leq i_{пр.с} = 80 \text{ кА (условие выполняется)}$$

где:

- $i_y = 20,553 \text{ кА}$ – расчетный ударный ток КЗ;
- $i_{пр.с} = 80 \text{ кА}$ – ток динамической стойкости, выбирается из каталога по таблице 2 для исполнения 01.

Таблица 2

| Номинальный
первичный ток: | Исполнения трансформаторов | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--------------------|--------------------|--------|--|--------------------|--------------------|--------|
| | 01,02,03
11, 21 | 04,05,06
12, 22 | 07,08,09
13, 23 | 14, 24 | 01,02,03
11, 21 | 04,05,06
12, 22 | 07,08,09
13, 23 | 14, 24 |
| | Односекундный ток
термической стойкости, кА | | | | Ток электродинамической
стойкости, кА | | | |
| 10 А | 1 | 2 | — | — | 2,5 | 5 | — | — |
| 15 А | 1,6 | 3,2 | — | — | 4 | 8 | — | — |
| 20 А | 2 | 4 | — | — | 5 | 10 | — | — |
| 30 А | 3 | 6 | — | — | 7,5 | 15 | — | — |
| 50 А | 5 | 8 | 10 | 20 | 12,5 | 20 | 25 | 50 |
| 75 А | 8 | 10 | 16 | 31,5 | 20 | 25 | 40 | 80 |
| 100 А | 10 | 16 | 20 | 40 | 25 | 40 | 50 | 100 |
| 150 А | 16 | 20 | 31,5 | 40 | 40 | 50 | 80 | 100 |
| 200 А | 20 | 31,5 | 40 | — | 50 | 80 | 100 | — |
| 300 А | 31,5 | 40 | — | — | 80 | 100 | — | — |
| 400-2000 А | 40 | — | — | — | 100 | — | — | — |

6. Определим предельный ток термической стойкости. При этом должно выполняться условие:

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 5,23 \leq 31,5^2 \cdot 1 = 5,23 \leq 992,25 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}) \text{ условие выполняется}$$

где:

- $I_{тер} = 31,5$ кА предельный ток термической стойкости, выбранный по каталогу (см. таблицу 2);
- $t_{тер} = 1$ сек. - длительность протекания тока термической стойкости, согласно каталогу (см. таблицу 2);
- B_k – тепловой импульс рассчитывался ранее, при **выборе силового выключателя 6 кВ.**

Выбираем трансформатор тока типа ТОЛ-СЭЩ-10-01-0,5S/0,5/10P-5/10/30-300/5У2 и для токовых цепей выбираем кабель марки КВВГЭнг-4х2,5мм².

Все расчетные и каталожные данные, сводим в таблицу 3.

Таблица 1.3

| №
п/п | Расчетные
данные | Каталожные данные | Условие
выбора | Примечание |
|----------|---|--|--|---|
| | | Трансформатор тока
ТОЛ-СЭЩ-10-01-
0,5S/0,5/10P-5/10/30-
300/5У2 | | |
| 1 | $U_{уст}=6 \text{ кВ}$ | $U_{ном}=10 \text{ кВ}$ | $U_{уст} \leq U_{ном}$ | условие
выполняется |
| 2 | $I_{расч}=240,8 \text{ А}$ | $I_{ном}=300 \text{ А}$ | $I_{расч} < I_{ном}$ | условие
выполняется |
| 3 | $Z_H=0,09 \text{ Ом}$ | $Z_{доп}=0,2 \text{ Ом}$ | $Z_H \leq Z_{доп}$ | Для счетчика СЭТ
4ТМ.03М (условие
выполняется) |
| 4 | $Z_H=0,01 \text{ Ом}$ | $Z_{доп}=1,2 \text{ Ом}$ | $Z_H \leq Z_{доп}$ | Для терминала
Сириус-21-Л-И1
(условие
выполняется) |
| 5 | $B_{\kappa} = 5,23(\kappa A^2 \cdot c)$ | $I_{тер.}^2 \cdot t_{тер} = 992,25(\kappa A^2 \cdot c)$ | $B_{\kappa} \leq I_{тер.}^2 \cdot t_{тер}$ | условие
выполняется |

Список использованных источников

1. СТО 56947007-.29.240.10.256-2018 Технические требования к аппаратно-программным средствам и электротехническому оборудованию ЦПС, ПАО «ФСК ЕЭС».
2. Типовая работа «Указания по расчету нагрузок трансформаторов тока» «Теплоэлектропроект» №48082-э
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание. 2008г.
4. Рожкова Л.Д. и Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Энергоатомиздат, 1987.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы студента
по дисциплине
«Организация информационного обмена данных в электроэнергетике»

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и
электротехника»
Направленность (профиль):
«Цифровые технологии в электроэнергетике»

Ставрополь, 2025

Введение

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного изучения определенных тем дисциплины по материалам, рекомендованным преподавателем, а также в порядке подготовки к практическим занятиям.

Цель дисциплины «Организация информационного обмена данных в электроэнергетике» – формирование согласно ООП ВО набора компетенций будущего бакалавра по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Для достижения этой цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи: ознакомление с основными понятиями и терминами изучаемой дисциплины, которыми будущий специалист будет оперировать в своей практической деятельности.

1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая 50% учебного времени студента.

В широком смысле под самостоятельной работой студентов следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины. Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине «Организация информационного обмена данных в электроэнергетике» являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста,

работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.;

– для закрепления и систематизации знаний: обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др.);

– для закрепления навыков – подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов по лабораторным работам, выполнение дополнительных заданий, выданных преподавателем.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Следует с первых дней обучения в вузе приучать себя к целесообразному распределению занятий по месяцам и неделям семестра. При этом очень важна равномерная работа как основное условие успешных занятий в вузе.

Высшей ступенью обучения является приобретение навыков самостоятельной творческой работы, а творческому применению знаний нужно учиться параллельно с их приобретением.

Задачами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Организация информационного обмена данных в электроэнергетике» являются:

- формирования готовности студентов к поиску, обработке и применению информации для решения профессиональных задач;
- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной деятельности.

2 План-график выполнения самостоятельной работы

Общий объём самостоятельной работы в рамках изучения дисциплины «Организация информационного обмена данных в электроэнергетике» составляет 81 астрономических часа.

В структуре самостоятельной работы предусмотрено самостоятельное изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям.

В таблице 2.1 приведен план график выполнения самостоятельной работы.

Таблица 2.1 – План график выполнения самостоятельной работы

| Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов) | Вид деятельности студентов | Средства и технологии оценки | Объем часов, в том числе | | |
|--|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------|
| | | | СРС | Контактная работа с преподавателем | Всего |
| 3 семестр | | | | | |
| ИД-1 _{ПК-4} | Подготовка к лекции | Собеседование | 12.00 | 1.00 | 13.00 |
| ИД-1 _{ПК-4} | Подготовка к практическим занятиям | Собеседование | 24.00 | 1.00 | 25.00 |
| ИД-1 _{ПК-4} | Самостоятельное изучение литературы | Тестирование | 41.00 | 2.00 | 43.00 |
| Итого за 3 семестр | | | 77.00 | 4.00 | 81.00 |
| Итого | | | 77.00 | 4.00 | 81.00 |

3 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в изучении литературы. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько форм записей, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование.

1. План – наиболее краткая формой записи. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мест и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого вступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к конспекту, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины

предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к

прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – непереносимое правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В текстуальном конспекте сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками,

репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению тематического конспекта предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

4 Методические указания по подготовке к практическим занятиям

В рамках самостоятельной работы предусмотрена подготовка студента к практическим занятиям. Практические занятия позволяют интегрировать теоретические знания и формировать практические умения и навыки студентов в процессе учебной деятельности.

Цели практическим занятиям по дисциплине «Организация информационного обмена данных в электроэнергетике»:

- 1) закрепление теоретического материала путем систематического контроля за самостоятельной работой студентов;
- 2) формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения практических работ;
- 3) развитие аналитического мышления путем обобщения результатов практических работ;
- 4) формирование навыков оформления результатов практических работ в виде таблиц, графиков, выводов.

На практических занятиях осуществляются следующие формы работ со студентами: индивидуальная (оценка знаний, выполненных тестовых заданий, проверка рабочих тетрадей); групповая (выполнение заданий малыми группами по 2-4 человека); фронтальная (подведение итогов выполнения лабораторных работ).

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Ковцова, И.О. Обработка и передача
учетных данных для классических и цифровых электроподстанций
Электронный ресурс : монография / И.О. Ковцова. - Москва: Прометей, 2016.
- 236 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-
9908018-7-5

2. Берлин, А.Н. Телекоммуникационные сети и устройства Электронный ресурс: учебное пособие / А.Н. Берлин. - Телекоммуникационные сети и устройства, 2019-12-01. - Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 395 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5- 94774-896-3.

3. СТО 56947007-29.240.10.265-2019 Общие требования к метрологическому контролю измерительных каналов ЦПС

Дополнительная литература:

4. IEC 61850 Communication networks and systems for power utility automation (Стандарт)

Учебно-методическая литература:

5. Организация информационного обмена данных в электроэнергетике. Методические указания по выполнению практических работ. Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», СКФУ, 2023 /сост. Звада П.А.

Интернет-ресурсы:

6. <http://catalog.ncfu.ru> – электронные каталоги Ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО.

7. <http://www.biblioclub.ru> – электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».

8. <http://www.iprbookshop.ru/> – ЭБС «IPRbooks».

9. <http://digitalsubstation.com/blog/2012/10/18/struktura-standarta->

[me-k-61850/](#) – Александр Головин, Алексей Аношин

Структура стандарта МЭК 61850;

10. <http://www.dynamics.com.ru> – сайт компании ООО НПП «Динамика»;

11. <http://www.tekvel.ru> – сайт компании ТЕКВЕЛ;