

---

## Учебный имитационный стенд ПС 110/10 кВ

Учебный имитационный стенд предназначен для наглядного обучения специалистов в области РЗА работе с терминалами серии «Сириус-2», устанавливаемых на РП и подстанциях класса 6/10–110 кВ. Стенд имитирует релейную защиту РЗА типовой двухтрансформаторной подстанции 110/10 кВ, без защит линий напряжением 110 кВ.

Для организации логических связей между терминалами для выполнения таких функций как УРОВ, ЛЗШ, АВР, ВНР, АЧР, ЧАПВ и др., применяется протокол МЭК 61850 с передачей GOOSE сообщений по интерфейсам Ethernet (по витой паре).

На стенде размещена однолинейная мнемосхема подстанции с размещенными органами индикации и управления выключателями, а также кнопки и ключи, позволяющие имитировать различные виды неисправностей оборудования – как отказы самого первичного оборудования, так и различные виды КЗ в разных точках схемы.

Рядом с управляемыми выключателями на мнемосхеме размещены терминалы «Сириус», выполняющие необходимые функции защиты и автоматики, позволяющие обучающимся изучать логику их работы и взаимодействие между собой, а также получить навыки работы собственно с терминалами – ввод уставок, снятие информации при срабатываниях, контроль за текущими величинами токов и напряжений и т.д.

Дополнительно на стенде размещено устройство дуговой защиты «Орион-ДЗ», позволяющее имитировать возникновение дуговых замыкания в различных отсеках ячейки КРУ 10 кВ отходящей линии с различным действием на отключение оборудования.

Кроме этого на стенде размещено устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи «Сириус-2-ОМП», на котором можно имитировать различные виды коротких замыканий на линии 110 кВ с разными токами КЗ.

Цепи связи между терминалами позволяют наглядно изучать такие сложные функции РЗА энергообъектов как АВР, ВНР, ЛЗШ, УРОВ, дуговая защита, АЧР, ЧАПВ и другие.

Все устройства соединены в единую локальную сеть связи и подключены к промышленному компьютеру, установленному в шкафу ШЭРА-СОИ. Это позволяет дистанционно изменять уставки, считывать информацию и осциллограммы при срабатывании устройств и отображать все это на большом экране. Такой подход позволяет изучать работу с терминалами не только с встроенного в них интерфейса человек-машина (дисплей и клавиатура), но и дистанционный метод работы – через компьютер и специализированное программное обеспечение АСУ ТП «Старт-2ПС».

Конструктивно стенд выполнен на основе двух шкафов размером 2200×800×600 мм, а также рядом стоящего шкафа ШЭРА-СОИ с промышленным компьютером.

На передних панелях шкафов стенда нанесена мнемосхема подстанции и установлены терминалы. Ключи управления выключателями и лампы их положения также установлены на мнемосхеме, что обеспечивает наглядную демонстрацию состояния и работы подстанции.

В стенде применены имитаторы выключателей, выполненные на бистабильных реле. Кроме этого, на схеме установлены ключи и кнопки с подсветкой для имитации различных видов коротких замыканий, а также неисправностей оборудования. Соответственно, задавая те или иные неисправности, можно вызвать соответствующую реакцию на них терминалов РЗА и изучать работу как терминалов по отдельности, так и в системе РЗА ПС в общем.

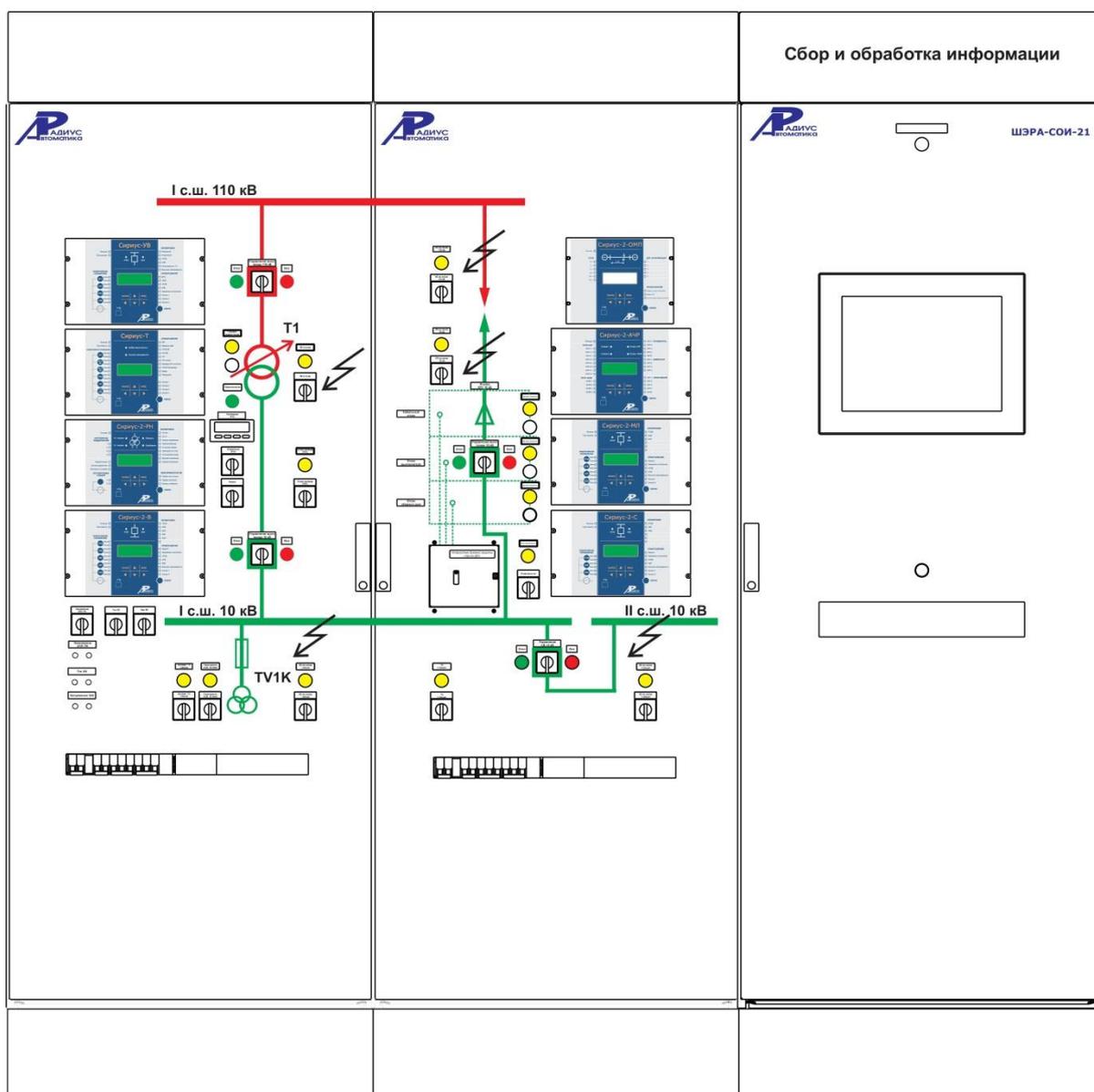
Для имитации напряжений и токов нагрузки применен специальный имитатор трехфазных токов и напряжений, выполненный с применением трехфазной сети. Такое решение позволяет избежать применения

в стенде дорогостоящего проверочного устройства типа «РЕТОМ», а также существенно упростить и сделать более наглядной имитацию различных неисправностей в сети. Переключателями типа и вида КЗ задается ток короткого замыкания в сети (близкое или дальнее), а также его вид, причем имитируются все различные типы КЗ – трехфазное, двухфазное, двухфазное с землей и однофазное.

Для проверки дуговой защиты имеются кнопки на мнемосхеме, при нажатии на которые имитируется срабатывание соответствующих каналов ДЗ. Одновременная подача тока с помощью переключателя позволяет реализовать работу защиты с контролем по току. Если же одновременное КЗ при этом не делать, то имитируется ложная засветка датчиков дуговой защиты, например, при фотосъемке, и реакция на них схемы РЗА.

Имеющиеся ключи ввода неисправностей оборудования типа «Отказ выключателя», «Отказ привода РПН», «Перегорание плавкой вставки ТН», «Отключение автомата ТН» и др., позволяют имитировать различные характерные ситуации, бывающие на подстанциях, и оценить действие специальных функций РЗА, таких как УРОВ, а также работу сигнализации при данных видах неисправностей.

Внешний вид стенда приведен на рисунке ниже:



---

Для проверки терминалов и функций, связанных с изменением напряжения или частоты напряжения, а также изменяемого угла между током и напряжением, например, направленной земляной защиты, в устройстве предусмотрена подача линейных напряжений, а также напряжения  $3U_0$  и тока  $3I_0$  на некоторые терминалы от внешнего регулируемого источника с помощью клемм подключения. При этом можно имитировать работу терминала «Сириус-2-АЧР», а также более углубленно изучить работу терминала «Сириус-2-РН».

В стенде применены следующие терминалы:

- «Сириус-УВ» – резервная защита трансформатора с функцией управления выключателя;
- «Сириус-Т» – основная защита трансформатора;
- «Сириус-2-В» – защита вводного выключателя с функцией АУВ;
- «Сириус-2-РН» – регулятор напряжения трансформатора под нагрузкой;
- «Сириус-2-С» – защита секционного выключателя с функцией АУВ;
- «Сириус-2-МЛ» – защита отходящей линии 10 кВ с функцией АУВ
- «Сириус-2-АЧР» – автоматика частотной разгрузки;
- «Сириус-2-ОМП» – устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи напряжением 6–500 кВ;
- «Орион-ДЗ» – устройство дуговой защиты.

Для объединения всех терминалов «Сириус» в локальную сеть с возможностью удобного наблюдения за токами и напряжениями, подводимым ко всем терминалам, просмотра и изменения уставок, считывания событий и срабатываний, а также осциллограмм с их просмотром на экране компьютера, рядом со стендом устанавливается шкаф ШЭРА-СОИ с промышленным компьютером, встроенным сенсорным экраном, клавиатурой и различными интерфейсами связи. На компьютере устанавливается программа «Старт-2ПС» – система АСУ ТП объекта, или «Старт-3» – АРМ инженера-релейщика.

#### **Возможности стенда**

- Наблюдение в режиме «Контроль» терминалов трехфазного тока нагрузки и трехфазного напряжения, сдвинутых относительно друг друга примерно на 30 градусов.
- Управление с помощью ключей с соответствующей индикацией положением выключателей высшей стороны силового трансформатора 110/10 кВ, низшей его стороны (ввода секции 10 кВ), секционного выключателя 10 кВ, отходящей линии 10 кВ. При этом напряжения и токи в различных участках первичной схемы будут соответствовать положениям выключателей.
- Управление в ручном режиме с помощью ключа и автоматическом режиме текущую ступень РПН трансформатора с ее отображением на цифровом индикаторе.
- Имитация автоматического управления РПН путем выбора уставки напряжения поддержания, большей, либо меньшей, чем напряжение сети, а также возможности подведения внешнего регулируемого напряжения к терминалу «Сириус-2-РН» и демонстрация его работы в режиме «Автоматическое регулирование».
- Создание (с помощью переключателя) различных неисправностей привода РПН с выдачей сигнализации и диагностики – расшифровки причины на терминале «Сириус-2-РН». Имитируются неисправности «Привод не пошел», Привод застрял» и «Привод побежал».
- Возможность подведения внешнего регулируемого напряжения с регулируемой частотой к устройству «Сириус-2-АЧР» с демонстрацией работы очередей АЧР и ЧАПВ с действием на выключатель отходящей линии 10 кВ.
- Возможность имитации работы автомата ТН I секции шин 10 кВ со снятием напряжений с подключенных к нему терминалов, а также сигнализацией данной ситуации с блокировкой работы ЗМН.

- 
- Возможность имитации перегорания плавкой вставки на высшей стороне 10 кВ трансформатора напряжения I секции шин 10 кВ с появлением напряжения обратной последовательности, вызывающей сигнализацию неисправности ТН в терминале «Сириус-2-В».
  - Возможность имитации короткого замыкания внутри силового трансформатора I секции со срабатыванием дифференциальной защиты в терминале «Сириус-Т» или же, при ее отключении, со срабатыванием МТЗ терминала «Сириус-УВ», с отключением выключателей по обеим сторонам трансформатора.
  - Имитация различных видов КЗ, причем, с различным значением токов, выбираемых переключателями – А0, АВ, ВС, АВ0, АВС, а также типа КЗ – металлическое или КЗ через переходное сопротивление.
  - Возможность имитации работы газовой защиты трансформатора, причем с действием как на терминал «Сириус-УВ», так и на «Сириус-Т».
  - Имитация короткого замыкания на I секции шин 10 кВ со срабатыванием МТЗ ввода 10 кВ или МТЗ стороны ВН резервной защиты трансформатора (в случае ее вывода).
  - Имитация работы логической защиты шин (ЛЗШ) в терминале «Сириус-2-В» в случае ее введения кнопкой оперативного управления в этом случае.
  - Имитация создания короткого замыкания на II секции шин 10 кВ (за секционным выключателем) с отключением КЗ МТЗ или ЛЗШ СВ от терминала «Сириус-2-С».
  - Имитация создания КЗ на отходящей линии от I секции шин 10 кВ ступенями токовой отсечки или МТЗ, в том числе ускоренной, с функцией ОМП в терминале «Сириус-2-МЛ».
  - Имитация создания дугового короткого замыкания в различных отсеках КРУ отходящей линии 10 кВ – в шинном отсеке, отсеке выключателя, отсеке кабельной воронки, причем как настоящего, с протеканием тока КЗ через ввод и отходящую линию, так и ложной работы дуговой защиты – без тока КЗ, для сигнализации такой ситуации терминалами «Сириус-2-МЛ» и «Сириус-2-В».
  - Имитация неисправности цепи отключения выключателя отходящей линии 10 кВ с сигнализацией ее терминалом «Сириус-2-МЛ», а также, при имитации КЗ на линии, со срабатыванием УРОВ в терминале «Сириус-2-В».
  - Имитация короткого замыкания на подводящей линии 110 кВ со срабатыванием устройства определения места повреждения «Сириус-2-ОМП» с индикацией вида КЗ, токов и напряжений при отключении, а также расстояния до места повреждения.
  - Имитация отключения ТН II секции шин с запретом ЗМН в терминале «Сириус-2-В».
  - Имитация пропадания напряжения на питающем входе ввода I секции шин, вызывающего срабатывание защиты минимального напряжения (ЗМН) с отключением выключателя ввода, и дальнейшей работы автоматического ввода резервного источника питания (АВР) путем включения секционного выключателя. Производится ключом управления выключателя стороны ВН трансформатора путем его отключения.
  - Имитация восстановления напряжения на питающем вводе 10 кВ после АВР, приводящего к срабатыванию схемы восстановления схемы нормального режима (ВНР) путем включения выключателя ввода с последующим отключением секционного выключателя. Производится путем включения выключателя ввода стороны ВН трансформатора ключом управления.
  - Имитация квитирования выключателей после аварийного отключения путем подачи команды на отключение ключом управления.
  - Сброс сигнализации каждого терминала путем нажатия на кнопку «Сброс» на их передней панели.
  - Имитация работы автоматического повторного включения (АПВ), в том числе, двукратного, при имитации КЗ на отходящей линии 10 кВ. Можно имитировать как самоустраняемое КЗ, так и устойчивое, отключая ключ имитации КЗ или оставляя его включенным после срабатывания защиты. При АПВ работает ускорение МТЗ.
  - Имитация работы земляной сигнализации или защиты как по токам высших гармоник, так и основной частоты 50 Гц, а также направленной земляной защиты в терминале отходящей линии 10 кВ «Сириус-2-МЛ» с помощью подведения внешних регулируемых токов и напряжений.
  - Все состояния терминалов и выключателей также можно отображать на мнемосхеме подстанции на экране компьютера в программе диспетчерского управления «Старт-2ПС».