

# SEL-T400L

Волновая защита

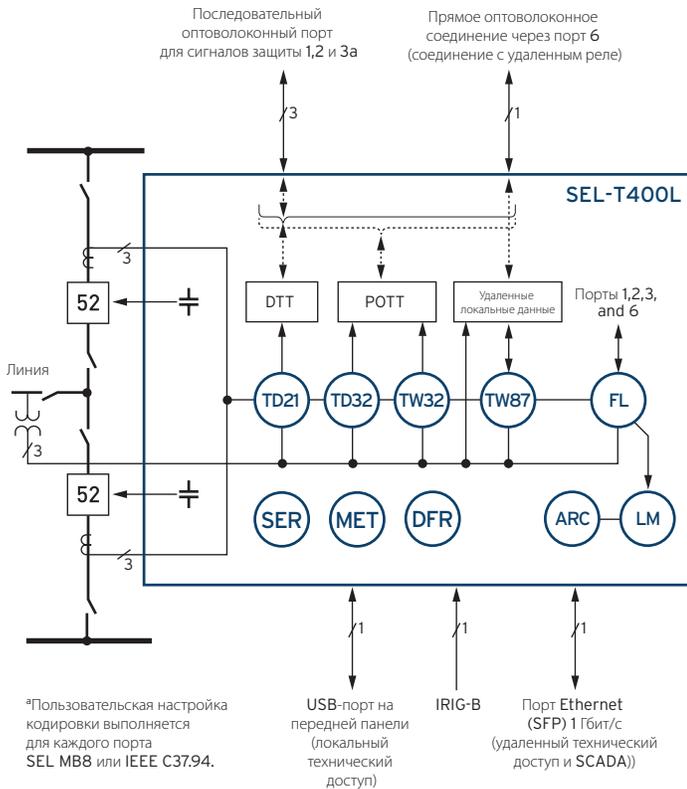


## Скорость, надежность и простота

- Схемы защиты линии, основанные на методах бегущей волны и анализа приращений сигналов, обеспечивают быстрдействие на уровне 1 мс и поддерживают как стандартные проводные каналы, так и прямые оптоволоконные каналы связи.
- Независящий от наличия связи элемент зоны 1 с быстрдействием 3 мс.
- Подходит для работы в схемах с однополюсным отключением, на линиях с продольной компенсацией, а также схем с двумя выключателями.
- Независящее от наличия связи устройство обнаружения места повреждения обеспечивает точность определения до одного пролета линии.
- Регистратор аварийных событий с частотой выборки 1 МГц, а также функция быстрого потокового анализа значений во временной области (FTDV).



# Обзор функций



## Непревзойденные эксплуатационные качества

Реле защиты линии на базе технологии анализа сигнала во временной области SEL-T400L предлагает сверхскоростные функции защиты линии передачи, устройство обнаружения места повреждения методом бегущей волны, а также регистратор аварийных событий с высокой разрешающей способностью. SEL-T400L — это новое слово в разработке средств защиты линий. Благодаря использованию методов бегущей волны и анализа приращений сигналов реле SEL-T400L преодолевает ограничение по скорости для защитных реле, использующих векторные величины. Когда речь идет о защите энергетической системы, важна каждая миллисекунда. Ускоренное устранение неисправностей повышает безопасность населения и персонала энергетических предприятий, увеличивает запас динамической устойчивости системы, ограничивает износ оборудования, повышает качество электроэнергии и ограничивает материальный ущерб. Устройство SEL-T400L обеспечивает защиту линий с продольной компенсацией и выполнение однополюсных отключений.

При помощи технологии обнаружения места повреждения методом бегущей волны реле SEL-T400L может определить место повреждения в течение всего нескольких десятков

## Номер по ANSI/сокращения и функции

1	Логическая схема подготовки к включению и запуска
TD21	Дистанционная защита, реагирующая на приращение
TD32	Направленная защита, реагирующая на приращение
TW32	Направленная защита по бегущей волне
TW87	Дифференциальная защита на основе бегущей волны
TD50	Ненаправленная МТЗ на основе анализа приращений сигналов
TD67	Направленная МТЗ на основе анализа приращений сигналов
DTT	Логическая схема прямого телеотключения
POTT	Логика телеотключения с передачей разрешающего сигнала от ступени с полным охватом
94	Высокоскоростные выходы сигналов на отключение
85 RIO	Связь по протоколу SEL MIRRORING BITS®
LOP	Логика обнаружения потери напряжения
TWDD	Обнаружение аварийных событий на основе анализа бегущей волны
DFR	Регистратор аварийных событий с частотой выборки 1 МГц
SER	Регистратор последовательных событий
FL	Устройство обнаружения места повреждения (одностороннее и двустороннее определение, методы бегущей волны и контроля полного сопротивления)
LM	Мониторинг линии
ARC	Адаптивная логика запрета автоматического повторного включения
MET	Учет и измерение
HMI	Интерфейс оператора

## Дополнительные функции

Предварительно настраиваемая логическая схема отключения
Логическая схема однополюсного отключения
Логика обнаружения разомкнутого полюса
Режим тестирования бегущей волны
Воспроизведение событий
Порт USB 2.0 на передней панели для технического доступа
Порт Ethernet для технического доступа и подключения SCADA
Многоуровневая система паролей для обеспечения безопасности доступа
Функция мониторинга электромагнитных помех
Расширенные функции самодиагностики
Быстрый анализ значений во временной области (FTDV)

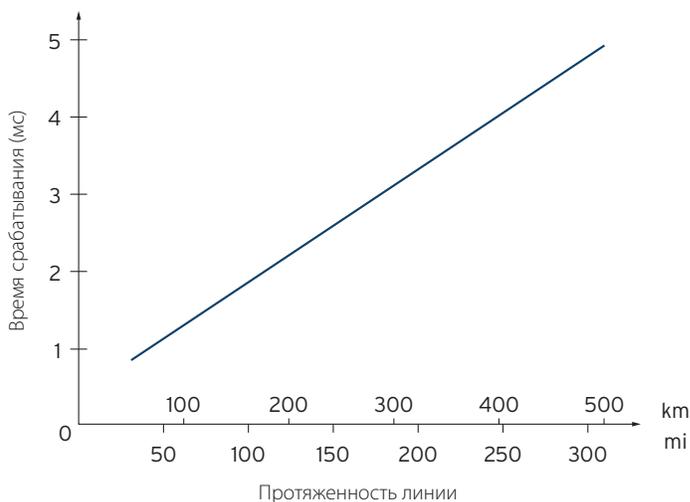
миллисекунд после происшествия, а также сгенерировать сигнал отмены автоматического повторного включения при повреждениях на подземных отрезках комбинированных линий, имеющих участки воздушной и подземной прокладки. Расчеты, выполняемые реле, позволяют определить место повреждения с точностью до одного пролета независимо от длины линии, как при наличии канала связи, так и при его отсутствии. SEL-T400L имеет функцию мониторинга линии, которая позволяет проводить техническое обслуживание линии с учетом состояния и выявлять проблемные участки линии.

Реле SEL-T400L оснащено регистратором событий с высоким разрешением, частота выборки которого составляет 1 МГц при разрешении 18 бит. Используя записанные им события, вы можете анализировать переходные процессы, такие как бегущие волны, вызванные повреждениями, пробоем диэлектрического промежутка выключателя или частичными разрядами.

Встроенная в SEL-T400L функция воспроизведения события позволяет тестировать функции защиты и обнаружения места повреждения без физического размещения испытательного оборудования.

## Схема дифференциальной защиты на принципе бегущей волны

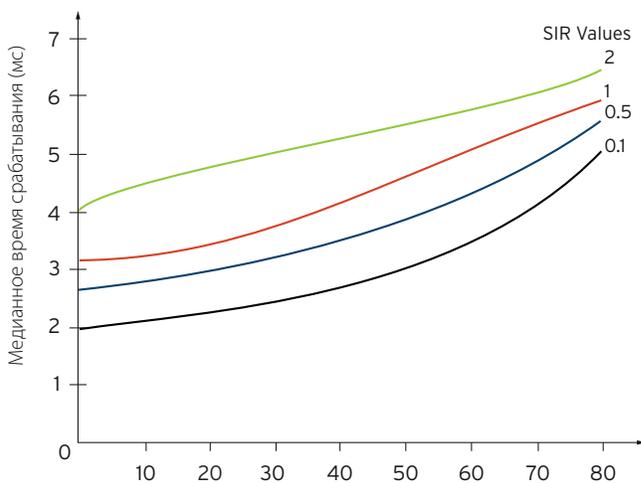
Схема дифференциальной защиты на основе бегущей волны (TW87), в которой для обнаружения повреждений в зоне защиты используется анализ бегущих волн тока, реализована на практике впервые. Время срабатывания схемы составляет 1–5 мс, в зависимости от длины линии. В схеме TW87 используется прямой оптоволоконный канал «точка-точка», при этом не требуются внешние источники времени для согласования удаленных сигналов токов. В этой схеме используются стандартные трансформаторы тока и напряжения.



Время срабатывания TW87 как функция длины линии.

## Элемент дистанционной защиты

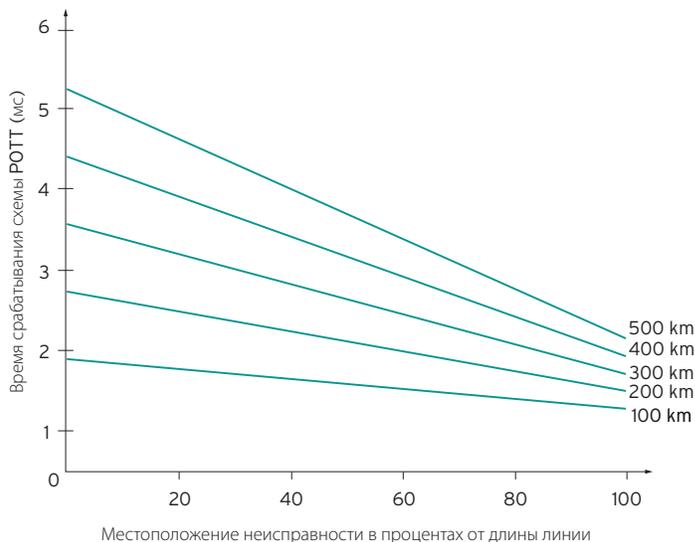
В элементе дистанционной защиты (TD21) с сокращенной зоной, независящим от наличия связи, для принятия решения об отключении используется анализ приращений сигналов напряжения и тока. Этот элемент можно настроить на охват 80% длины линии, расширение зоны при переходных процессах составляет менее 10%, а срабатывание занимает от 2 до 5 мс, в зависимости от места повреждения, уровня короткого замыкания в системе, активного сопротивления в месте повреждения и точки на кривой волны.



Местоположение неисправности в процентах досягаемости  
Время срабатывания TD21 для различных местоположений повреждения при различных соотношениях полного сопротивления источника и линии.

## Логическая схема телеотключения с расширенной зоной и разрешающим сигналом (POTT)

Для выделения направления повреждения в схеме POTT используются сверхбыстродействующие и чувствительные элементы направленной защиты. Срабатывание элемента направленной защиты (TW32), действующего на основе принципа бегущей волны, происходит в течение 0,1 мс, а срабатывание элемента направленной защиты, действующего на основе анализа приращений сигнала (TD32), занимает от 1 до 2 мс, в зависимости от состояния системы. Схема POTT формирует разделенные по фазе разрешающие сигналы на отключение, благодаря чему обеспечиваются превосходные рабочие характеристики при устранении развивающихся замыканий и перемежающихся повреждений. Для передачи сигналов SEL-T400L через совместимые с этим стандартом мультиплексоры следует использовать кодировку IEEE C37.94. При использовании мультиплексоров, не соответствующих стандарту IEEE C37.94, следует использовать кодировку SEL MB8 и медиаконвертер.



Местоположение неисправности в процентах от длины линии  
Время срабатывания схемы POTT как функция места повреждения, выраженное в процентах от длины линии, при наличии оптоволоконного канала «точка-точка».

## Привлекательная простота

**SEL-T400L** — это прежде всего реле защиты. Поскольку при конструировании значительное внимание было уделено простоте эксплуатации, реле **SEL-T400L** характеризуется минимальным количеством параметров и максимальным удобством при выборе уставок. По сравнению со сложными интеллектуальными электронными устройствами защиты, которые имеют множество функций, терминал **SEL-T400L** обладает привлекательной простотой. Это позволяет повысить эффективность работы персонала и надежность защиты, устранив ошибки, связанные с человеческим фактором.

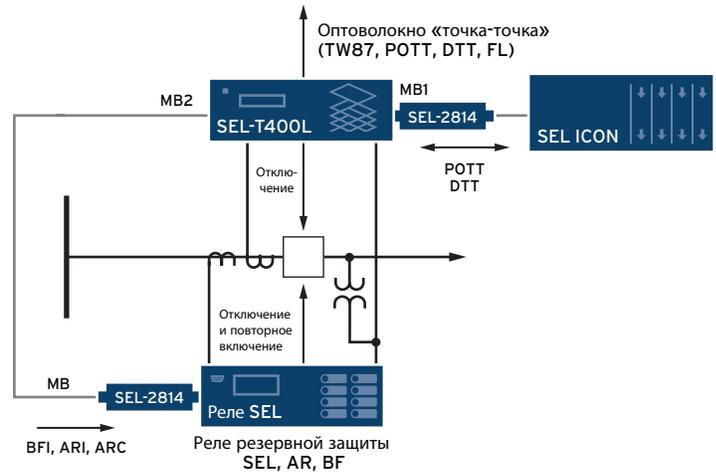
В реле **SEL-T400L** используется предварительно сконфигурированная и простая в настройке логическая схема защиты. Для настройки реле требуется определить незначительное количество параметров, большая часть из которых содержится на паспортных табличках устройств. К ним относятся коэффициенты преобразования трансформаторов тока и напряжения, длина и полное сопротивление линии, номинальная частота и напряжение и т. д. Изменения в конфигурации энергетической системы оказывают меньшее влияние на работу элементов реле **SEL-T400L**, чем на обычные устройства защиты, в которых используются векторные величины. Несколько уставок, для выбора которых потребуется знание принципов действия защиты, представляют собой либо параметры с выбором значения из нескольких вариантов, либо пороговые значения максимального тока или полного сопротивления.

## Непревзойденная точность обнаружения неисправностей

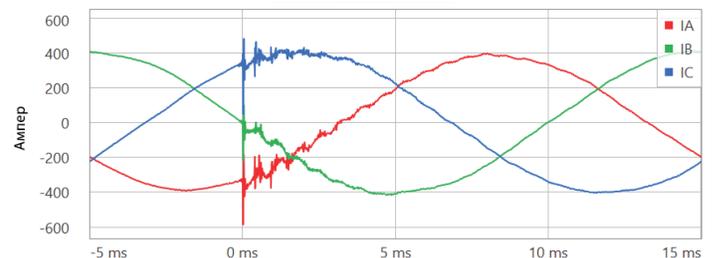
На протяжении двух последних десятилетий инженеры по релейной защите привыкли к тому, что функция определения места повреждения на принципе полного сопротивления является стандартной функцией устройств защиты линий электропередачи. Теперь же можно смело рассчитывать на то, что в составе реле защиты линии будут устройства обнаружения места повреждения, действующие на основе метода бегущей волны, способные обеспечить десятикратное повышение точности. В реле **SEL-T400L** реализована схема одностороннего определения места повреждения при помощи метода бегущей волны, в которой расчет места повреждения осуществляется исключительно путем анализа локальных бегущих волн тока, без использования канала связи. В этом реле также реализован метод двустороннего определения места повреждения, в котором используются первые бегущие волны, поступившие на оба терминала линии. Он требует наличия связи, осуществляемой через оптоволоконный канал дифференциальной защиты или мультиплексированный канал **IEEE C37.94**. Расчеты, необходимые для определения места повреждения, **SEL-T400L** выполняет в течение нескольких десятков микросекунд после замыкания, при этом реле формирует сигнал отмены автоматического повторного включения для неисправностей, произошедших на подземных участках комбинированных линий, имеющих отрезки воздушной и подземной прокладки. Реализованная в **SEL-T400L** технология определения места повреждения с помощью бегущих волн подтвердила свою эффективность при эксплуатации в реальных условиях и обеспечивает локализацию замыкания с точностью до одного пролета независимо от длины линии.

## Мониторинг линии

Функция мониторинга линии позволяет выявлять на линии слабые места и выполнять техническое обслуживание линии с учетом условно-прогнозных показателей. Мониторинг линии включается при запуске бегущих волн предвестниками неисправностей, такими как частичный разряд из-за загрязнения изолятора, зарастание растительностью или зарождающиеся неисправности кабеля. Функция мониторинга линии с высокой точностью обнаруживает предвестники неисправностей, табулирует события, свидетельствующие о появлении неисправностей вдоль линии, и выдает аварийные сигналы, если число событий в каком-либо месте превышает установленный пользователем порог. На основе этой информации можно уменьшить неисправности линий, очистив или заменив изоляторы и подрезав растительность.



Здесь показана рекомендованная схема применения устройства **SEL-T400L** в составе технического решения, построенного с использованием компонентов, производимых компанией **SEL**. Для реализации резервной защиты, функций УРОВ и АПВ может быть применено устройство защиты, автоматизации и управления **SEL-421** либо реле дифференциальной защиты линии с расширенными функциями защиты, автоматизации и управления **SEL-411L**.

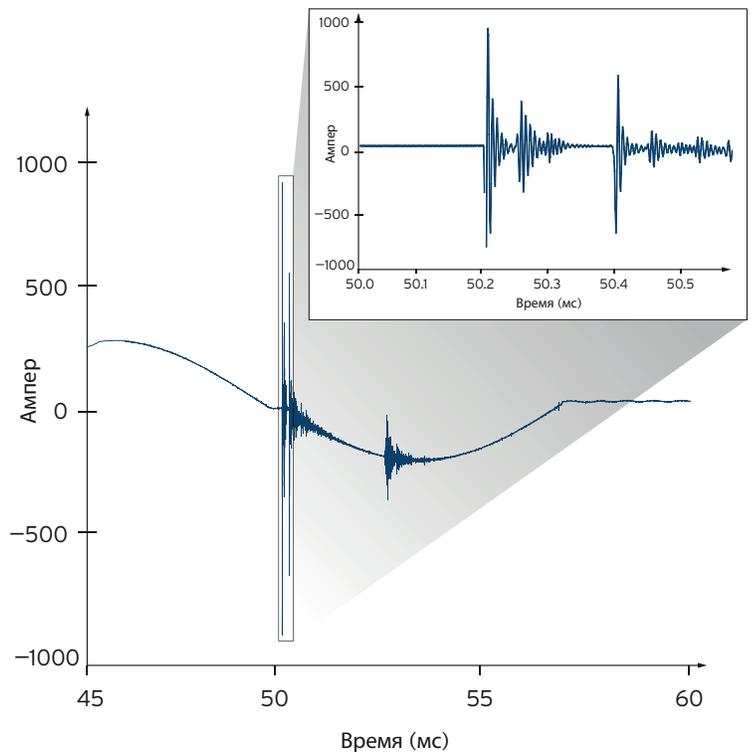


**SEL-T400L** обнаруживает, определяет местоположение, табулирует и подает аварийные сигналы о событиях в зоне, помогая предотвратить неисправности и определить слабые места линии.

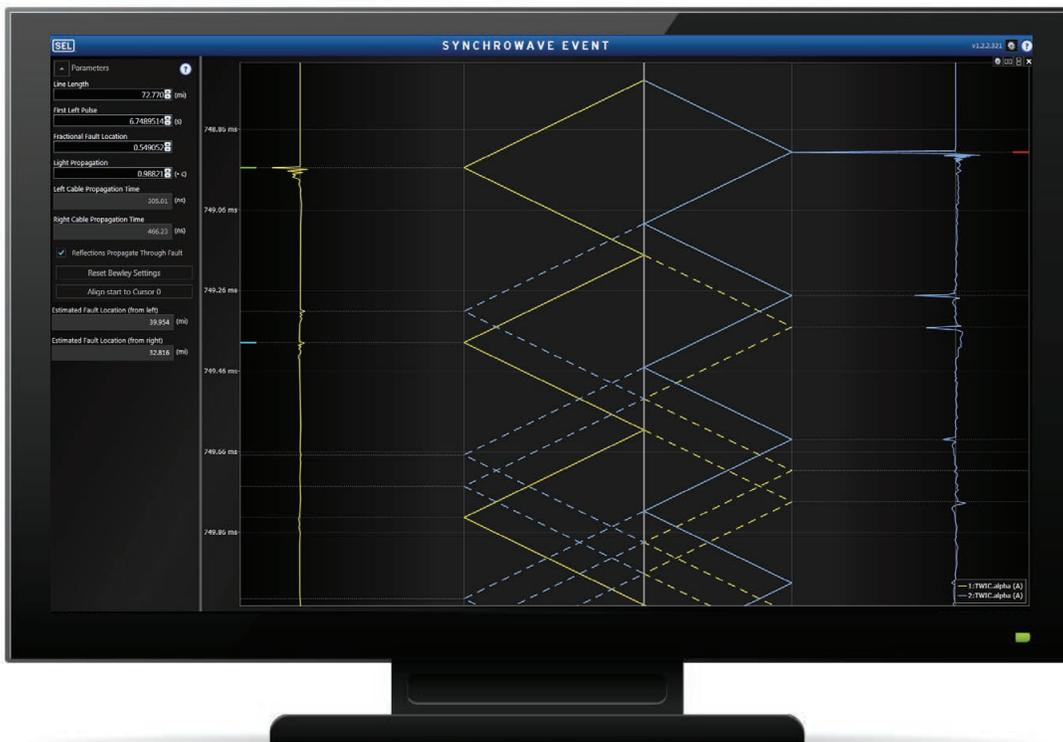
## Осциллограф высокого разрешения

Использование устройства **SEL-T400L** в составе энергосистемы аналогично применению осциллографа. Теперь вы можете смотреть на токи и напряжения с частотой выборки **1 МГц**. **SEL-T400L** сохраняет в памяти до **50** событий, записывая их последовательно одно за другим, при этом продолжительность одного события в регистраторе составляет **1,2** секунды. **SEL-T400L** также сохраняет информацию о событиях на частоте **10 кГц** в формате «**10 kHz COMTRADE**», информацию о выбранных рабочих параметрах защиты, внутренних битах, уставках, а также данные о местоположении неисправностей и сводку о событиях.

При использовании оптоволоконного канала дифференциальной защиты локальные данные, полученные при частотах выборки **1 МГц** и **10 кГц**, также будут содержать величины удаленных напряжений и токов.



Осциллограф высокого разрешения показывает повторное зажигание дуги в выключателе при отключении питания шунтирующего реактора.



Визуализация бегущей волны аварийного события, выполненная при помощи программного обеспечения отчетов о событиях **SEL-5601-2 SYNCHROWAVE®**.

# Обзор продукции

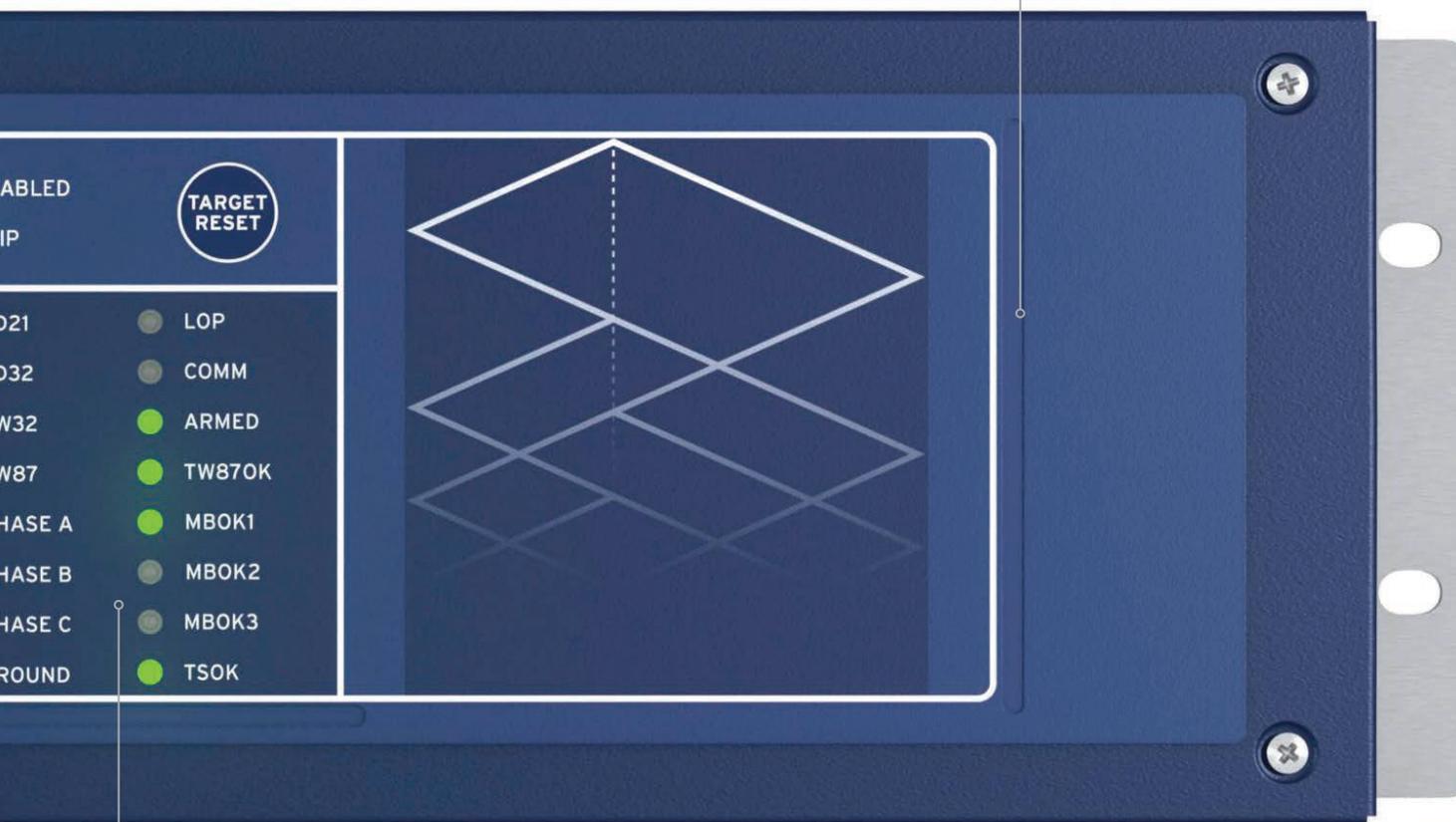
Порт USB 2.0  
для локального  
инженерного доступа.

Дисплей для просмотра данных  
учета электроэнергии, информации  
о событиях, местонахождении  
неисправностей и состоянии реле.

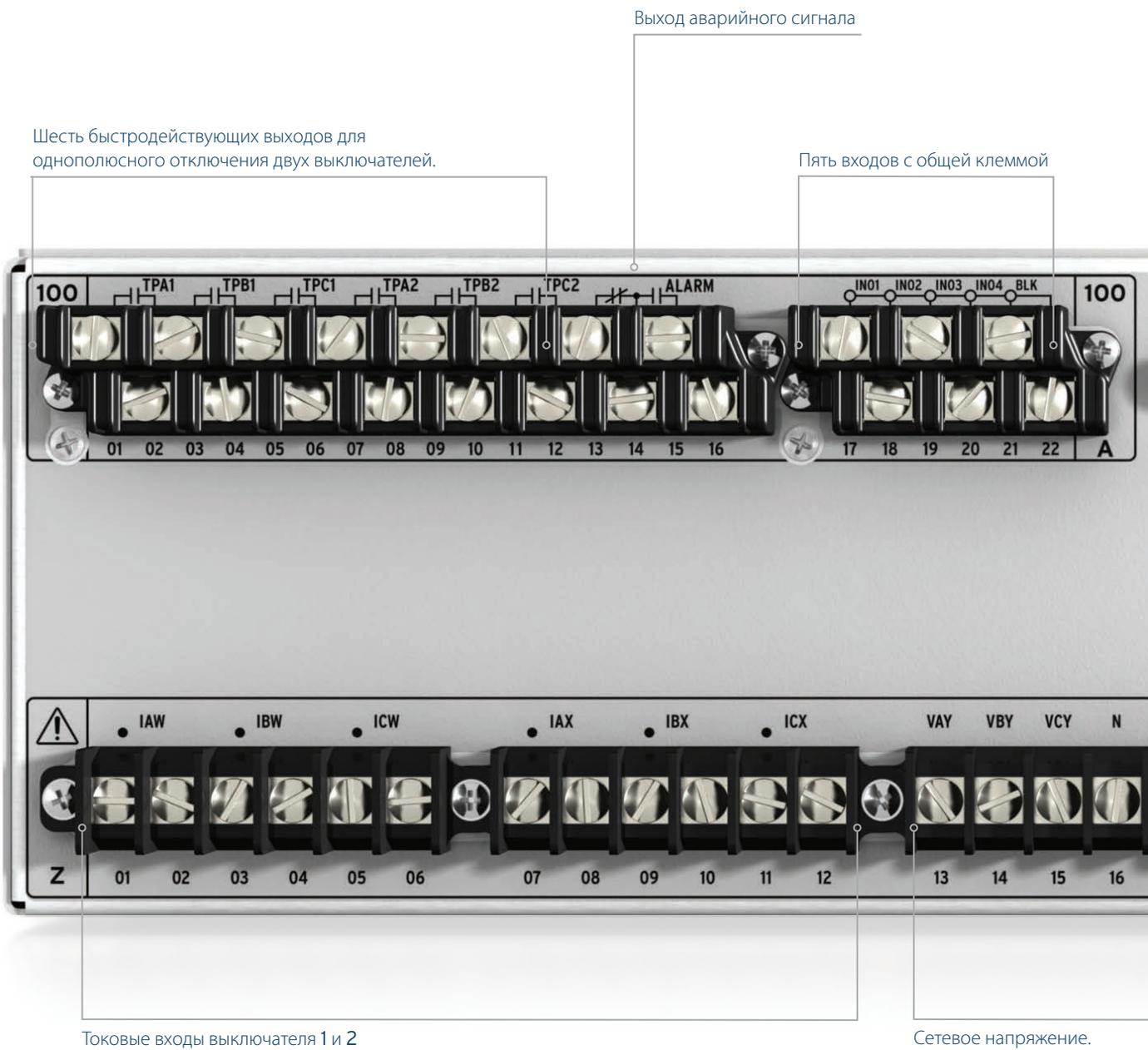


ЧМИ с простой навигацией.

Большой выдвижной ящик для этикеток для обозначения схем или других ресурсов



Выдвижной ящик для этикеток и светодиодные индикаторы для просмотра причины отключения, типа неисправности и общего состояния реле.



Вход времени IRIG-B

Три оптоволоконных порта для мультиплексированных или прямых сигналов защиты (SEL MB8 или IEEE C37.94).

Порт Ethernet 1 Гбит/с для инженерного доступа и поддержки SCADA, малый форм-фактор (SFP)



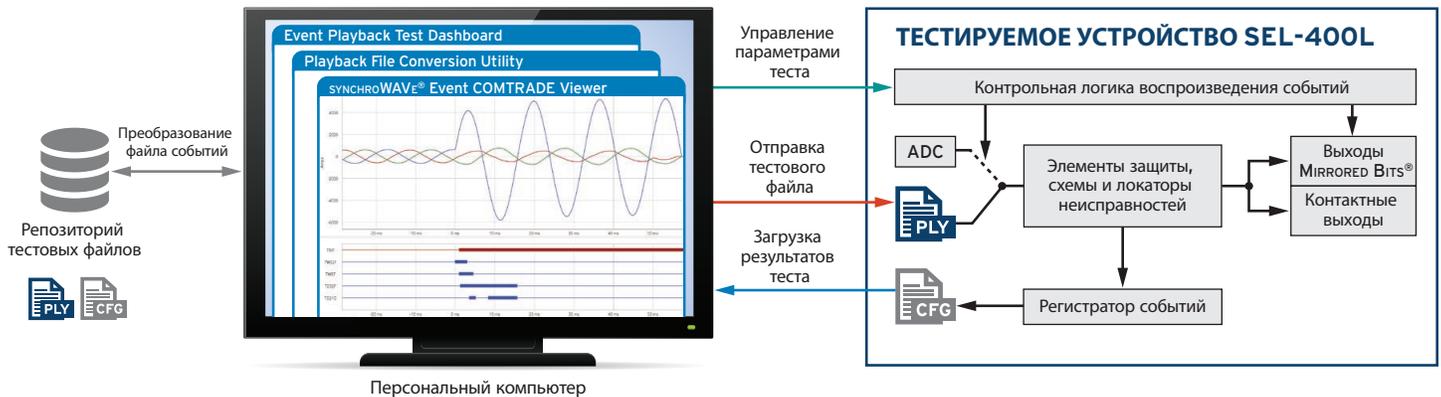
Источник питания

Оптический порт SFP для защитной сигнализации со сверхвысокой пропускной способностью по прямому оптоволоконному каналу.

## Простота тестирования

Встроенная в реле **SEL-T400L** функция воспроизведения величин тока и напряжения открывает новые возможности для тестирования реле. Для проверки устройства **SEL-T400L** вы можете загрузить и воспроизвести сигналы тока и напряжения, записанные **SEL-T400L** или другими реле серии **SEL-T400** или цифровыми регистраторами неисправностей в условиях реальной эксплуатации, или сформированные при помощи программного обеспечения для моделирования переходных процессов. Такая возможность позволяет специалистам по РЗА быстро проверить уставки реле и проанализировать работу реле на отключение с использованием только реле (т. е. комплект тестового оборудования не требуется). Таким образом, при выполнении пусконаладочных работ после проверки аппаратной части реле инженер может проверить уставки без подачи вторичных параметров, в частности входных сигналов напряжения и тока, а также выходных сигналов на отключение.

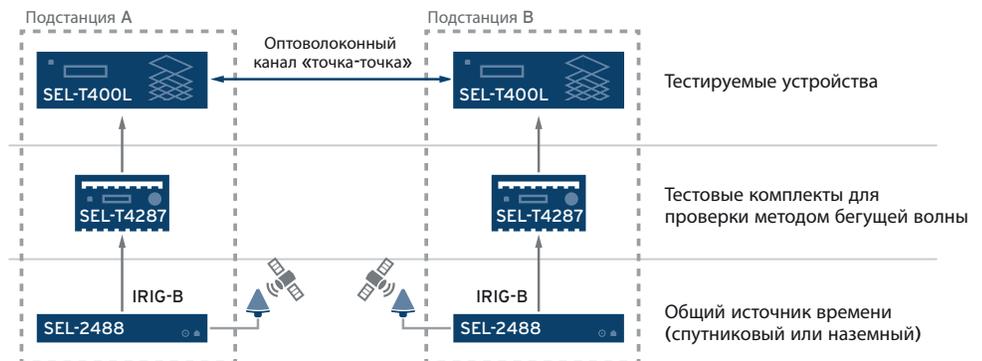
Для преобразования любого файла формата **IEEE C37.111 COMTRADE**, подходящего для тестирования устройства **SEL-T400L**, в файл формата воспроизведения **SEL** воспользуйтесь утилитой **SEL Playback File Conversion** в составе программного обеспечения **acSELeRator QuickSet SEL-5030**. Для тестирования элементов, действующих на основе анализа приращений сигнала, и устройств обнаружения места повреждения, использующих мониторинг полного сопротивления, вы можете использовать записи, выполненные в условиях реальной эксплуатации при частоте выборки **1 кГц** или выше, а для тестирования элементов, схем и устройств обнаружения места повреждения, в которых используется метод бегущей волны, необходимо воспользоваться записями, выполненными в условиях реальной эксплуатации с частотой выборки **1 МГц** и выше. Для загрузки тестовых файлов и управления ими в памяти реле, а также для их исполнения и управления воспроизведением события используйте панель воспроизведения тестовых файлов (**Event Playback Test Dashboard**) в составе **QuickSet**. Вы можете составить план-график и воспроизводить событие на нескольких реле по текущему точному времени для полного тестирования защитных схем, построенных на основе устройств **SEL-T400L**, и устройств обнаружения места повреждения при двустороннем определении.



Загрузка и воспроизведение тестовых файлов выполняется с помощью встроенной функции воспроизведения событий.

Испытание вторичным током входов-выходов устройства **SEL-T400L**, измерений и защитных элементов, действующих на основе анализа приращений сигнала, не вызывает никаких затруднений. Современные комплекты для тестирования реле позволяют формировать сигналы, требуемые для проверки защитных элементов, действующих на основе анализа приращений.

Для проверки защитных элементов и устройств обнаружения места повреждения, в которых используется метод бегущей волны, воспользуйтесь системой проверки с помощью бегущей волны **SEL-T4287**.



Устройство **SEL-T4287** способно формировать бегущие волны тока наносекундной длительности. Сквозное тестирование можно выполнить при помощи двух тестовых комплектов **SEL-T4287**, синхронизированных через спутниковый таймер.

## Удаленный мониторинг и диагностика

Благодаря возможности выборки данных о токе и напряжении с непревзойденной скоростью и разрешением (1 МГц, 18 бит) реле SEL-T400L представляет собой мощное средство для сбора данных, используемых при решении задач в области расширенного удаленного мониторинга и диагностики. Через имеющийся гигабитный порт Ethernet реле в режиме реального времени осуществляет передачу величин (FTDV) с высоким разрешением. Используя данные SEL-T400L в режиме реального времени, вы можете обнаружить проблемы, связанные с изоляцией, событиями восстановления переходного напряжения или повторного зажигания дуги в выключателе, коммутационными процессами и прочими высокочастотными проявлениями. Впервые вы можете осуществлять непрерывный мониторинг состояния системы с частотой выборки 1 МГц. Для получения подробного описания формата и инструментальных средств, позволяющих опробовать эту расширенную функциональность устройства SEL-T400L, обратитесь в компанию SEL ([selinc.com/support](http://selinc.com/support)).



# Технические характеристики SEL-T400L

## Общие сведения

<b>Шесть входов переменного тока</b>	Номинальный входной ток (модель 5 A): 5 A Номинальный входной ток (модель 1 A): 1 A
<b>Три входа переменного напряжения</b>	Диапазон номинальных напряжений: 57,7–144,3 В LN ( $V_{НОМ} = 100–250$ В LL) Соединение: Четырехпроводное соединение с общей нейтралью
<b>Выходы управления</b>	Номинальное напряжение: 125–250 В постоянного тока Диапазон рабочего напряжения: 0–300 В постоянного тока <b>Шесть высокоскоростных сильноточных отключающих выходов Fast Hybrid Form A</b> Рабочее время (пуска): $\leq 10$ мкс (резистивная нагрузка) Выход аварийной сигнализации (Form C)
<b>Выходы управления</b>	Оптоизолированные (работа в биполярном режиме): 5 входов с общей клеммой Частота выборки: 10 кГц Номинальное напряжение: 125 В пост. тока
<b>Три оптоволоконных последовательных порта</b>	Скорость передачи данных: 19 200–115 200 бит/с (кодирование SEL MIRRORING BITS) или 64 кбит/с (кодирование IEEE C37.94) Тип разъема: ST Тип оптоволокна: Многомодовый Длина волны: 820 нм
<b>Порт на передней панели</b>	Тип USB: 2,0 Тип разъема: Тип B
<b>Оптоволоконный порт Ethernet</b>	Скорость передачи данных 1 Гбит/с Тип волокна и дальность: Многомодовое, 2 км для типичного непрерывного оптоволоконного кабеля Тип разъема: LC
<b>Порт дифференциальной защиты</b>	Скорость передачи данных 1 Гбит/с Тип волокна и дальность: Многомодовое, 0,3/0,55 км; одномодовое, от 10 до 200 км Тип разъема: LC (трансивер SFP заказывается отдельно)
<b>Вход по времени</b>	Формат входа IRIG-B: Демодулированный IRIG-B
<b>Источник питания</b>	Диапазон номинальных напряжений: 125–250 В пост. тока, 110–240 В перем. тока
<b>Диапазон рабочих температур</b>	–40° to +85°C
<b>Вес и размеры</b>	Стойка 3U 6,01 кг (13,25 фунта) 482,6 мм Ш × 132,6 мм В × 235,7 мм Г (19,00 дюймов Ш × 5,22 дюйма В × 9,28 дюйма Г)

## SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES

Повышение безопасности, надежности и экономичности использования электроэнергии  
+1.509.332.1890 | info@selinc.com | selinc.com/ru

© Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., 2021  
20210317

