

# Цифровая защита линий питания в сетях среднего напряжения

## Устройство защиты и управления REX640

Это гибко настраиваемое устройство защиты и управления представляет собой универсальный механизм для фидеров, трансформаторов, переключателей ответвлений под нагрузкой, двигателей, генераторов, шин, соединительных линий, автосинхронизаторов и катушек Петерсена.

Модульная структура и масштабируемость аппаратных и программных компонентов позволяет адаптировать это устройство к любым требованиям защиты, которые могут возникнуть на протяжении всего срока эксплуатации устройства и подстанции. Устройство позволяет пользователю обновлять и модернизировать оборудование и его функции в течение всего жизненного цикла.

### Сведения о механических и конструктивных параметрах

- Устройство защиты и управления должно состоять из основного блока (реле) и локального человеко-машинного интерфейса (ЛЧМИ).
- ИЭУ должно иметь компактные размеры, а высота не должна превышать 6U.
- ИЭУ должно устанавливаться внутрь отсека низкого напряжения (НН) распределительного устройства или монтироваться с обратной стороны дверцы отсека НН.
- ИЭУ должно поддерживать возможность монтажа в 19-дюймовый шкаф защитного оборудования.
- ЛЧМИ должен поддерживать возможность утопленного или полуютопленного монтажа с проставочной или наклонной рамой либо без них.
- Для упрощения быстрой замены ИЭУ должно иметь отсоединяемые разъемы с безопасным замыканием накоротко трансформатора тока (ТТ) на вторичной стороне. Должна быть обеспечена возможность быстрой замены неисправного модуля или всего устройства запасным компонентом без необходимости вмешательства в электропроводку.
- Разъемы ТТ и ТН должны быть доступны в качестве кольцевых наконечников и клемм винтового типа.
- Сигнальные разъемы должны быть доступны в качестве клемм винтового и вставного типа.
- В качестве опции для устройства и ЛЧМИ должно предлагаться конформное покрытие.
- Устройство должно отвечать требованиям к защите от пыли и влаги класса IP20 с лицевой стороны и со стороны разъемов, класса IP30 с верхней и нижней сторон и класса IP40 с тыльной стороны.
- При утопленном монтаже ЛЧМИ должен отвечать требованиям класса IP54 по защите от пыли и влаги с лицевой стороны.

### Локальный человеко-машинный интерфейс (ЛЧМИ)

- ЛЧМИ устройства защиты должен быть оснащен цветным сенсорным экраном емкостного типа. Размер сенсорного экрана должен составлять не менее 7 дюймов, разрешение — не ниже 800 × 480 пикселей.
- Устройство защиты должно быть в состоянии нормально работать и без ЛЧМИ.
- ЛЧМИ должен поддерживать два типа функций представления данных и обработки команд:
  - отображение информации в виде настраиваемых страниц для работы оператора в штатном режиме (с использованием однолинейных схем, элементов управления, измерений, событий и сигналов);
  - отображение информации в виде стандартных страниц для параметризации устройства защиты, его тестирования, анализа и ввода в эксплуатацию, а также поиска и устранения неполадок.
- В режиме настраиваемых страниц должны поддерживаться перечисленные ниже функции и возможности:
  - Должна быть возможность настройки до десяти пользовательских страниц.
  - Должна быть возможность создавать полностью настраиваемые страницы, использовать стандартные элементы или полностью готовые страницы.
  - На страницах событий должна быть возможность фильтровать события в списке на основе функциональных категорий, таких как защита, управление, измерение и т. д.
  - ЛЧМИ должен поддерживать графическое представление измеренных значений в виде гистограмм, шкал, графиков и векторных диаграмм.
  - ЛЧМИ должен включать полноценную библиотеку символов и обозначений, а также поддерживать возможность создания настраиваемых символов.
  - Базовая информация о взаимных блокировках устройства должна быть представлена в виде однолинейной съемки электрической сети (SLD).
  - На SLD в прямоугольной области вокруг устройства должны быть выделены управляемые основные устройства.
  - Должна быть возможность вывести сигналы на отдельную страницу. Сигналы должны быть представлены в двух категориях: постоянные и скоротечные. Для каждого сигнала должна быть возможность задать текстовое описание в свободной форме.

- В режиме стандартных (готовых) страниц должны поддерживаться перечисленные ниже функции и возможности.
  - Должна быть возможность просматривать и модифицировать параметры устройства защиты.
  - Должна быть возможность отслеживать и эмулировать сигналы на входах устройства защиты, а также посылать определенные сигналы на его выходы и выходы функциональных блоков. Эти функции должны быть доступны только в режиме тестирования устройства защиты.
  - На отдельной странице должна поддерживаться функция тестирования подачи вторичного тока. На этой странице должна быть возможность отключать определенные функции защиты для отдельного тестирования каждой из них. Эти функции должны быть доступны только в режиме тестирования устройства защиты. При возврате в нормальный режим должны восстанавливаться исходные параметры устройства.
  - Для тестирования обмена данными должна быть возможность создавать события MMS (по одному или группами) без активации соответствующих функций. Эти функции должны быть доступны только в режиме тестирования устройства защиты.
  - Должны поддерживаться функции мониторинга отправленных и полученных наборов данных IEC 61850-8-1 GOOSE и их содержимого.
  - Должны поддерживаться функции мониторинга отправленных и полученных потоков IEC 61850-9-2 LE SMV и их содержимого.
- ЛЧМИ должен быть оснащен отдельной кнопкой Home в определенном месте, которая бы обозначала текущий статус устройства защиты. Должны быть реализованы следующие режимы индикации статуса: постоянный зеленый (активных сигналов нет), мигающий красный (есть неподтвержденные сигналы), постоянный красный (сигналы подтверждены, но они еще активны), мигающий зеленый (устройство защиты в режиме тестирования).
- Кнопка Home также должна использоваться в качестве навигационной кнопки для перемещения между страницами. При длинном нажатии кнопки Home (более 1 секунды) должен осуществляться переход на страницу закладок.
- Простое однократное нажатие кнопки Home не должно активировать никаких функций управления.
- ЛЧМИ должен поддерживать вспомогательный источник питания 24–250 В пост. тока и 100–240 В перем. тока.
- Должна быть возможность установить ЛЧМИ недалеко от устройства защиты с прямым Ethernet-подключением к нему или в удаленном месте с подключением по Ethernet-сети подстанции.

#### **Входы и выходы**

- Входы фазных токов и вход тока нулевой последовательности ИЭУ должны быть рассчитаны на номинальный ток 1/5 А. Выбор значения 1 А или 5 А должен производиться программными средствами.
- Для областей применения, в которых требуется чувствительная защита от замыканий на землю, ИЭУ должно иметь дополнительно заказываемый вход тока нулевой последовательности 0,2/1 А. Выбор значения 0,2 А или 1 А должен производиться программными средствами.
- При измерении значений тока и напряжения с использованием традиционных измерительных трансформаторов ИЭУ должно иметь до 20 аналоговых входов.
- ИЭУ должно иметь дополнительно опциональные входы датчиков тока (катушка Rogowski) и датчиков делителей напряжения, а также поддерживать использование комбинированных датчиков тока и напряжения, подключенных к одному разъему на каждую фазу. Входы датчика тока должны поддерживать датчики с номинальным диапазоном 40...4000 А.
- ИЭУ должно поддерживать возможность комбинированного использования традиционных измерительных трансформаторов и датчиков, т. е. система дифференциальной защиты трансформаторов может быть оснащена входами тока первичной стороны на базе традиционных измерительных трансформаторов и входами тока вторичной стороны от датчиков, и наоборот.
- ИЭУ должно иметь до 56 дискретных входов и до 42 дискретных выходов, при этом все они должны быть свободно настраиваемыми в рамках внутренней схемы управления ИЭУ.
- Для обеспечения непосредственного управления срабатыванием выключателя ИЭУ должно быть оснащено тремя двухполюсными силовыми выходными ИЭУ со встроенным контролем цепи срабатывания (TCS). Эти выходные ИЭУ должны создавать и выдерживать номинальный ток 30 А в течение 0,5 с с отключающей способностью  $\geq 1$  А ( $L/R < 40$  мс).
- Для обеспечения быстрого непосредственного срабатывания выключателя ИЭУ должно иметь до трех опциональных высокоскоростных статических силовых выходов с контролем цепей отключения (TCS) и временем срабатывания не более 1 мс. Эти статические силовые выходы должны создавать и выдерживать номинальный ток 30 А в течение 0,5 с с отключающей способностью  $\geq 3$  А ( $L/R < 40$  мс).
- Для обмена данными в рамках схемы защиты ИЭУ должно быть оснащено двумя высокоскоростными статическими сигнальными выходами с временем срабатывания не более 1 мс.
- Пороговое напряжение дискретных входов ИЭУ должно настраиваться в диапазоне 16...176 В пост. тока для каждого отдельного входного модуля.
- При подаче напряжения дискретные входы ИЭУ должны использовать более высокий пусковой ток, чтобы обеспечить удаление возможных загрязнений или сульфидов с поверхности включающегося контакта.
- ИЭУ должно иметь до 20 опциональных входов RTD и до четырех каналов mA, которые можно будет использовать в режиме выхода или входа. Выбор режима для управления каналом mA должен осуществляться программно.
- ИЭУ должно иметь четыре опциональных входа датчиков дуговой защиты петлевого или радиального типа. Должна быть возможность свободного выбора комбинации петлевых и радиальных датчиков. ИЭУ должно контролировать состояние как петлевых, так и радиальных датчиков дуговой защиты.

#### **Функции защиты и управления: базовая функциональность всех вариантов исполнения ИЭУ**

- ИЭУ должно иметь ненаправленную фазную защиту от перегрузки по току (50P/51P) и защиту от замыканий на землю (50G/50N // 51G/51N); каждая из них должна состоять из девяти ступеней (три грубых, три чувствительных, три мгновенного срабатывания). Характеристики срабатывания грубой и чувствительной ступеней должны настраиваться как независимая выдержка времени (DT) или как обратозависимая времятоковая характеристика (IDMT) с поддержкой разных типов кривых обратной зависимости, включая определяемую пользователем. Мгновенная ступень отсечки должна поддерживать возможность обнаружения пиков для быстрого срабатывания в условиях насыщения токовых трансформаторов.

- ИЭУ должно иметь шестиступенчатую направленную фазную защиту от перегрузки по току (67) с памятью напряжения и поляризацией прямой и обратной последовательностей.
- ИЭУ должно иметь восьмиступенчатую направленную защиту от замыкания на землю (67N) с выбираемой поляризацией обратной и нулевой последовательностей.  $I_0$  и  $U_0$  должны получаться либо из фазных токов и напряжений, либо из измеренных значений тока нейтрали и напряжения нулевой последовательности.
- ИЭУ должно иметь защиту от дуги на основе одновременного обнаружения тока и света от дуги. Во время работ по техническому обслуживанию на подстанции должна быть предусмотрена возможность изменения критериев срабатывания на свет только через дискретный вход.
- ИЭУ должно иметь трехступенчатую защиту от перегрузки по току обратной последовательности (46), регулируемая в диапазоне от 0,01 до 5-кратного значения  $I_n$ , и срабатывать на базе характеристики независимой выдержки времени (DT) и обратнозависимой времятоковой характеристики (IDMT), а также характеристики срабатывания IEC и ANSI/IEEE.
- Для обнаружения асимметрии фаз, вызванной обрывом проводника, ИЭУ должно иметь защиту от обрыва фазы (46PD). Для оптимальной чувствительности и устойчивости срабатывание должно быть основано на соотношении токов прямой и обратной последовательностей.
- ИЭУ должно иметь двухступенчатую направленную максимальную токовую защиту прямой последовательности (67Q).
- ИЭУ должно иметь полную защиту по напряжению, включая по меньшей мере защиту от повышения напряжения (59), от понижения напряжения (27), от повышения напряжения прямой последовательности (59PS), от понижения напряжения прямой последовательности (27PS), от повышения напряжения обратной последовательности (59NS) и от повышения напряжения нулевой последовательности (59G/59N).
- ИЭУ должно иметь 12-ступенчатую защиту по частоте (81), включая по меньшей мере защиту от повышения частоты, защиту от понижения частоты и защиту по скорости изменения частоты со свободно программируемыми значениями скорости повышения или скорости понижения для каждой ступени.
- ИЭУ должно включать основанную на частоте шестиступенчатую функцию автоматической частотной разгрузки и восстановления нагрузки (81LSH) для автоматического отключения и обратного подключения некритической нагрузки в случае перегрузки сети.
- Для воздушных линий ИЭУ должно иметь функцию многократного автоматического повторного включения (79) с поддержкой срабатывания по полторной схеме выключения.
- ИЭУ должно иметь функцию резервирования при отказе выключателя (50BF) (до трех выключателей), включая независимые таймеры для повторного выключения того же выключателя и резервного выключения вышестоящего выключателя.
- ИЭУ должно иметь защиту от пониженного тока (37) для определения отсоединения фидера, низкой нагрузки или потери фазы.
- ИЭУ должно иметь трехфазную защиту от перегрузки по току с пуском по напряжению (51 B) с двумя фазами для защиты генераторов от короткого замыкания вблизи клемм генератора. Эта функция должна включать настраиваемые характеристики независимой выдержки времени (DT) и обратнозависимую времятоковую характеристику (IDMT). Функция должна срабатывать, когда ток превышает заданное значение, динамически вычисляемое на основе измеренного напряжения на клеммах. Также должна быть обеспечена возможность выбирать характеристику с ограничением напряжением / наклоном напряжения или с управлением напряжением / шагом напряжения.
- ИЭУ должно включать логику включения на повреждение (SOTF), обеспечивающую быстрое отключение при замыкании выключателя на поврежденный фидер или шину. Эта функция должна дополнять функции ненаправленной или направленной защиты от перегрузки по току и ускорять срабатывание защиты.
- ИЭУ должно поддерживать как высокоомную (87NHI), так и низкоомную (87NLI) защиту от замыканий на землю с торможением для одной или двух обмоток.
- Низкоомная защита от замыканий на землю с торможением (87NLI) должна основываться на принципе дифференциального тока с цифровой стабилизацией, а вторая гармоника тока нейтрали должна использоваться для блокирования этой функции при наличии пусковых токов трансформатора. Не должно быть необходимости в использовании внешнего стабилизирующего резистора или нелинейных резисторов. Характеристика срабатывания должна соответствовать независимой выдержке времени.
- ИЭУ должно поддерживать трехфазную функцию обнаружения броска тока намагничивания (68NB) с двумя степенями.
- ИЭУ должно включать функцию контроля синхронизма (25) для включения выключателя (для трех выключателей). Эта функция должна гарантировать, что напряжение, фазный угол и частота на всех сторонах разомкнутого выключателя отвечают требованиям к безопасному соединению двух сетей. Функция должна включать функцию контроля наличия напряжения и поддерживать режимы работы «обесточенная линия / линия под напряжением» и «обесточенная шина / шина под напряжением». Для обеспечения включения выключателя при соединении двух асинхронных сетей функция должна учитывать задержку замыкания выключателя и измеренную частоту проскальзывания, чтобы команда включения подавалась в нужный момент. Функция должна включать компенсацию сдвига фаз для случаев, когда опорное напряжение измеряется на силовом трансформаторе. В случае отказа предохранителя должна быть предусмотрена возможность блокировки функции подачи напряжения.
- Чтобы схема могла работать близко к тепловому пределу, одновременно обеспечивая достаточную защиту, ИЭУ должно иметь трехфазную тепловую защиту (49F) для фидеров, кабелей и распределительных трансформаторов. Тепловая модель должна соответствовать требованиям стандарта IEC 60255-149.
- ИЭУ должно поддерживать управление по крайней мере 14 коммутирующими устройствами (включая не менее 3 выключателей и 11 разъединителей/выключателей заземления), свободно выбираемыми для управления и индикации или только для индикации.
- Должна быть возможность использовать ИЭУ в качестве мультифункционального контроллера (например, блока управления присоединением) в зависимости от особенностей системы.
- При использовании в качестве блока управления присоединением ИЭУ должно поддерживать достаточное количество входов и выходов, ЛЧМИ для управления каждым первичным устройством в отсеке с логикой блокировки на уровне подстанции и отсека, функциями контроля, индикации и мониторинга, а также опциональной защитой повторного включения и резервной защитой.

#### **Опциональные функции защиты и управления: защита линий питания**

Помимо базовой функций, должны быть предусмотрены перечисленные ниже опциональные функции защиты линий питания.

- В сетях с компенсированной нейтралью, незаземленных сетях и сетях с высокоомным заземлением ИЭУ должно поддерживать отдельную функцию для обнаружения переходных, перемежающихся и постоянных замыканий на землю. Критерий определения направления повреждения в функции защиты должен учитывать несколько гармоник (67NYH).

- В сетях с компенсированной нейтралью, незаземленных сетях и сетях с высокоомным заземлением ИЭУ должно иметь защиту от замыкания на землю на основе проводимости (21NY) и на основе активной мощности (32N).
- ИЭУ должно иметь дифференциальную защиту линии по отдельным фазам с двумя ступенями, одна со смещением (грубая) и вторая без смещения (чувствительная). (87L)
- Алгоритм дифференциальной защиты линии должен независимо выполняться в локальном ИЭУ и ИЭУ на дальнем конце в соответствии с так называемым принципом «ведущий — ведомый». Для максимальной координации защиты и одновременного срабатывания выключателей на обеих сторонах ИЭУ должны дополнительно отправлять команду срабатывания на удаленный конец в виде специального дискретного сигнала по каналу связи защиты.
- Дифференциальная защита линии должна поддерживать силовые трансформаторы в зоне защиты. ИЭУ должно соответствовать как группе подключения силового трансформатора, так и различным коэффициентам трансформации тока на сторонах высокого и низкого напряжения.
- Для обеспечения селективного срабатывания функций защиты на стороне низкого напряжения небольшого силового трансформатора с отводом в защищаемой зоне ступень со смещением дифференциальной защиты линии должна быть способна работать на основе характеристики независимой выдержки времени (DT) и обратнoзависимой времятоковой характеристики (IDMT).
- Должна иметься возможность блокировки смещенной ступени дифференциальной защиты линии на основе обнаруженного броска пускового тока. Обнаружение должно быть основано на содержимом второй гармоники измеренных фазных токов. Обнаруженное состояние броска пускового тока должно передаваться на удаленный конец в виде специальных отдельных фазных дискретных сигналов по каналу связи защиты, чтобы заблокировать дифференциальную защиту линии на удаленном конце.
- Должны обнаруживаться помехи в канале связи защиты между устройствами на локальном и удаленном конце. Контроль должен охватывать отсутствующие, задержанные и поврежденные сообщения.
- Обнаруженные помехи в канале связи защиты, которые могут приводить к ложному срабатыванию дифференциальной защиты линии, должны блокировать дифференциальную защиту линии и освобождать выбранную резервную защиту.
- При восстановлении канала связи защиты схема дифференциальной защиты линии должна автоматически возвращаться в обычное состояние.
- ИЭУ должно по заказу поддерживать использование электрического соединения с контрольным проводом. Должна иметься возможность последующего перехода с электрического на оптический носитель без изменения аппаратного или программного обеспечения ИЭУ. Использование электрического носителя не должно оказывать влияние на рабочие характеристики или функции ИЭУ.
- ИЭУ должно быть механизмом дистанционной защиты полной линейной схемы не менее пяти зон (21P/21N). Функции защиты должны поддерживать логику схем связи, логику слабого питания, логику реверса тока и логику локального ускорения.
  - Должны поддерживаться перечисленные ниже типы схем связи. Прямое дистанционное отключение в сокращенной зоне (DUTT), дистанционное отключение в сокращенной зоне с разрешенным сигналом (PUTT), дистанционное отключение в расширенной зоне с разрешенным сигналом (POTT) и схема блокирования с направленным сравнением (DCB).
- Дистанционная защита должна поддерживать характеристики как круглой (mho), так и четырехугольной (quad) зоны.
- ИЭУ должно поддерживать алгоритм локализации неисправности для вычисления положения места неисправности с точностью  $\pm 2,0\%$  для замыканий между фазами и между фазой и землей в сетях с непосредственным заземлением, радиальных сетях с нейтралью, заземленной через низкое активное сопротивление, изолированной и компенсированной нейтралью.

#### **Измерения, аварийные сигналы и отчетность**

- ИЭУ должно поддерживать несколько функций измерения трехфазных тока и напряжения (основной гармоники или эффективного значения в качестве выбираемых опций) с точностью  $\pm 0,5\%$ , а также измерение тока и напряжения нулевой, обратной и прямой последовательностей с точностью  $\pm 1\%$  в диапазоне  $\pm 2$  Гц от номинальной частоты. Должна быть возможность гибкого назначения функций измерения входом тока и напряжения в пределах ИЭУ. Функции измерения также должны быть доступны для полученных значений тока и напряжения на базе IEC 61850-9-2.
- Измерения на базе значений IEC 61850-9-2 LE должны считаться локальными в контексте функций защиты, измерения, регистрации аварийных процессов и контроля.
- ИЭУ должно поддерживать несколько функций измерения мощности и питания (P, Q, S, кВт·ч и кВт·Ар·ч) с точностью  $\pm 1,5\%$  и измерение коэффициента мощности с точностью  $\pm 0,015$ . Должна быть возможность гибкого назначения функций измерения каждому из трех входов фазового тока и напряжения в пределах ИЭУ. Функции измерения также должны быть доступны для полученных значений тока и напряжения на базе IEC 61850-9-2.
- ИЭУ должно быть способно отслеживать качество питания на основе измеряемых значений тока и напряжения.
- Функция мониторинга качества напряжения должна отслеживать изолированные гармонические искажения, включая общее гармоническое искажение (THD), отдельные гармоники и компонент постоянного тока, краткосрочные колебания напряжения (выбросы, провалы и прерывания), а также асимметрию напряжений. Функция мониторинга качества напряжения должна соответствовать требованиям стандарта EN 50160.
- Функция мониторинга качества тока должна отслеживать изолированные гармонические искажения, включая общее гармоническое искажение (THD), искажения синусоидальности кривой тока (TDD), отдельные гармоники и компонент постоянного тока.
- ИЭУ должно быть способно визуализировать значения гармонического искажения тока и напряжения, а также отдельные гармоники в ЛЧМИ и передавать эти сведения в системе верхнего уровня по каналам связи подстанции.
- Для сбора сведений о последовательности событий (SoE) в ИЭУ должна быть установлена энергозависимая память с емкостью, достаточной для хранения не менее 1024 кодов событий с соответствующими отметками времени.
- ИЭУ должно поддерживать хранение не менее 128 кодов отказов в энергозависимой памяти ИЭУ.
- Записи об отказе должны содержать по крайней мере значения фазных токов, значения фазных напряжений, значения тока и напряжения нулевой, обратной и прямой последовательностей, дифференциального тока и тока торможения, а также активную группу уставок.
- ИЭУ должно быть оснащено регистратором аварийных процессов, поддерживающим частоту выборки 32 значения на цикл и имеющим до 24 каналов аналоговых сигналов и до 64 каналов дискретных сигналов.

- Установленный в ИЭУ регистратор аварийных процессов должен поддерживать не менее 12 записей длительностью по 3 секунды с частотой 32 значения на цикл для 10 аналоговых и 64 дискретных каналов.
- ИЭУ должно поддерживать хранение до 100 записей аварийных процессов.
- ИЭУ должно быть оснащено средством записи профиля нагрузки для фазных токов и напряжений, поддерживающим до 12 выбираемых величин нагрузки и длительность записи более 1 года. Выходные данные средства записи профиля нагрузки должны быть в формате COMTRADE.

#### Обмен данными

- ИЭУ должно поддерживать стандарт IEC 61850, редакции 1 и 2.
- ИЭУ должно поддерживать работу с двумя IP-подсетями подстанции, назначенными разным портам Ethernet.
- ИЭУ должно поддерживать гибкое именование продуктов (FPN) для удобного сопоставления модели данных ИЭУ на базе стандарта IEC 61850 с клиентской моделью данных IEC 61850.
- Помимо стандарта IEC 61850, ИЭУ должно поддерживать одновременную связь с помощью одного из следующих протоколов: Modbus® (RTU-ASCII/TCP), IEC 60870-5-103, IEC 60870-5-104 или DNP3 (последовательный/TCP). При использовании внешнего адаптера должен поддерживаться протокол Profibus, когда это требуется.
- ИЭУ должно поддерживать защищенный протокол DNP3 TCP/IP и IEC 60870-5-104 на базе IEC 62351
- Последовательный интерфейс должен предлагаться как с оптоволоконным, так и с гальваническим соединением.
- В ЛЧМИ должен быть предусмотрен порт Ethernet (RJ45) на локальной параметризации и получения данных.
- ЛЧМИ должен быть оснащен портом USB для подключения накопителя. Должна поддерживаться возможность считывания следующих данных с ИЭУ: данные регистрации аварийных процессов, данные регистрации неисправностей, события, профили загрузки, сведения об устройстве, настройки, файлы журналов. Должна быть возможность на электрическом уровне отключить порт USB с помощью специальной настройки.
- ИЭУ должно поддерживать до пяти клиентов IEC 61850 (MMS) одновременно.
- Для дублирования связи по Ethernet ИЭУ должно быть оснащено двумя оптическими или двумя электрическими интерфейсами сети Ethernet с HSR и PRP.
- ИЭУ должно быть оснащено третьим портом Ethernet (гальваническим или оптоволоконным) для связи с другими устройствами Ethernet через шину станции IEC 61850. Этот порт Ethernet также должен поддерживать сигналы дистанционного ввода/вывода на базе IEC 61850-8-1.
- ИЭУ должно поддерживать обмен сообщениями по стандарту IEC 61850 GOOSE и удовлетворять требованиям к рабочим характеристикам при применении для отключения (<10 мс) в соответствии со стандартом IEC 61850.
- ИЭУ должно поддерживать общий доступ к аналоговым значениям, таким как температура, сопротивление и положения отводов, с использованием сообщений по стандарту IEC 61850 GOOSE.
- ИЭУ должно поддерживать стандарт IEEE 1588 v2 для точной синхронизации времени (<4 мкс) в Ethernet-системах. ИЭУ также должно поддерживать методы синхронизации времени (<4 мкс) SNTP (Simple Network Time Protocol) и IRIG-B (Inter-Range Instrumentation Group — Time Code Format B).
- ИЭУ должно поддерживать шину процесса IEC 61850-9-2 LE для отправки значений выборки токов и напряжений.
- ИЭУ должно поддерживать получение четырех полных потоков (4 для тока и 4 для напряжения) данных IEC 61850-9-2 LE и переключения между потоками на основе заданных условий.
- ИЭУ должно быть оснащено каналом связи защиты типа «точка-точка» для расстояний до 50 км с интегрированным оптоволоконным каналом или до 8 км с гальваническим каналом с использованием внешнего модема. Канал связи защиты должен поддерживать дифференциальную защиту линий, а также возможность передавать не менее 16 дополнительных двоичных сигналов между концами линии (например, для обмена данными в рамках схемы дистанционной защиты линий). Для возможности расширения системы в будущем этот интерфейс должен быть доступен во всех модулях связи независимо от того, нужен ли он на изначальном этапе.

#### Кибербезопасность

- ИЭУ должно поддерживать возможность настраивать контроль доступа для отдельных пользователей на основе ролей.
- ИЭУ должно поддерживать ролевой контроль доступа (RBAC) на базе стандарта IEC 62351-8.
- ИЭУ должно поддерживать учетные записи отдельных пользователей (до 50 человек).
- ИЭУ должно поддерживать функции централизованного управления пользователями и ролями с использованием серверов Active Directory (AD) или Lightweight Directory Access Protocol (LDAP).
- ИЭУ должно поддерживать журнал безопасности с хранением до 2048 событий в энергонезависимой памяти.
- ИЭУ должно поддерживать функции централизованного журналирования на базе протокола Syslog.
- ИЭУ должно поддерживать возможность обновления сертификата X.509, используемого для защищенного обмена данными и идентификации устройств.
  - Автоматически с использованием инфраструктуры открытых ключей (PKI)
  - Вручную с использованием инструмента настройки ИЭУ
- Должна быть возможность отключить неиспользуемые порты Ethernet и последовательной связи.
- Должна быть возможность задать набор поддерживаемых служб для каждой подсети Ethernet.
- Работа ИЭУ должна отвечать применимым разделам NERC CIP, IEEE 1686 и IEC 62351
- ИЭУ должно поддерживать функции фильтрации и ограничения скорости Ethernet для регулирования интенсивности трафика Ethernet/TCP (например, на случай атаки типа «отказ в обслуживании»).

#### Конструкция и возможности настройки конфигурации

- ИЭУ должно иметь 6 независимых групп уставок для соответствующих настроек защиты (начальное значение и время срабатывания). Также должна быть предусмотрена возможность переключения настройки защиты с одной группы уставок на другую менее чем за 20 мс с момента активации сигналом дискретного входа. Изменение группы уставок не должно вести к перезагрузке ИЭУ.

- ИЭУ должно поддерживать человеко-машинный интерфейс на основе веб-браузера (веб-ЧМИ) с безопасной связью (TLS) и обеспечивать указанные ниже функции.
  - Аварийная сигнализация и списки событий
  - Контроль системы
  - Настройки параметров
  - Измерения
  - Записи аварийных событий
  - Векторная диаграмма
  - Однолинейная схема электрической сети (SLD)
  - Чтение и запись параметров, чтение информации о последовательности событий (SoE) и данных аварийных процессов
- ЛЧМИ и средство конфигурации ИЭУ должны поддерживать разные языки.
- ЛЧМИ и средство конфигурации ИЭУ должны поддерживать коды функций защиты МЭК и ANSI.
- ИЭУ должно иметь не менее 33 двухцветных светодиодных индикаторов виртуальной сигнализации с произвольно настраиваемой конфигурацией.
- ИЭУ должно иметь графическое средство конфигурации для всех сфер применения ИЭУ, включая поддержку многоуровневого логического программирования, и редактор представлений ЛЧМИ.
- Должна быть возможность произвольно настраивать все физические измерения тока и напряжения и выборки измеренных величин в рамках функций защиты и измерения, а также каналов аналогового входа средства регистрации аварийных процессов.
- Средство конфигурации ИЭУ должно включать сетевую визуализацию состояния применения ИЭУ.
- Когда функция защиты отключена или удалена из конфигурации, ни ИЭУ, ни средство конфигурации не должны отображать параметры, связанные с этой функцией.
- Должна быть предусмотрена возможность поддержания актуального состояния средства конфигурации ИЭУ с помощью обновления через Интернет.
- Средство конфигурации ИЭУ должно поддерживать просмотр событий ИЭУ, записей аварийных событий и визуализацию осциллограмм аварийных процессов.
- Средство конфигурации ИЭУ должно включать полную документацию на ИЭУ, включая подробные сведения о работе и техническую информацию.
- Средство конфигурации ИЭУ должно включать функцию сравнения архивной конфигурации с конфигурацией ИЭУ.
- Средство конфигурации ИЭУ должно обеспечивать конфигурацию вертикальной и горизонтальной связи в соответствии со стандартом IEC 61850, включая сообщения GOOSE и выборку измеренных значений.
- Средство конфигурации ИЭУ должно поддерживать импорт и экспорт допустимых файлов IEC 61850 (ICD, CID, SCD, IID).
- Средство конфигурации ИЭУ должно поддерживать возможность использования ИЭУ по стандартам IEC 61850 редакций 1 и 2 в рамках одной системы.
- Текущая версия средства конфигурации ИЭУ должна быть совместима с предыдущими версиями ИЭУ.
- На средство конфигурации ИЭУ должен быть получен сертификат стандарта IEC 61850, редакция 2, выданный аккредитованной испытательной лабораторией уровня Level A.
- Средство конфигурации также должно поддерживать возможность обновлять и модернизировать оборудование и функции ИЭУ на месте эксплуатации в течение всего жизненного цикла ИЭУ без привлечения сервисных специалистов производителя.

#### Типовые испытания и другие требования по соответствию

- ИЭУ должно иметь диапазон температур непрерывной работы  $-25 \dots +55 \text{ }^\circ\text{C}$  и диапазон температур транспортировки и хранения  $-40 \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- ИЭУ должно удовлетворять требованиям механических испытаний в соответствии со стандартами IEC 60255-21-1 и -2, Class 2, в отношении вибрации, ударов и толчков.
- Максимальная потребляемая вспомогательная мощность ИЭУ должна быть меньше 25 Вт (в условиях эксплуатации).
- На ИЭУ должен быть получен сертификат стандарта IEC 61850, редакция 2, выданный аккредитованной испытательной лабораторией уровня Level A.
- ИЭУ должно удовлетворять требованиям к испытаниям на электромагнитную совместимость (ЭМС) в соответствии со стандартом EN 60255-26 и требованиям Директивы по электромагнитному оборудованию 2014/30/EU.
- ИЭУ также должно отвечать требованиям директивы RoHS 2011/65/EU.
- Должны быть получены сертификаты механических, экологических испытаний, испытаний на безопасность и ЭМС от аккредитованной независимой лаборатории.

#### Дополнительная информация

За более подробной информацией обращайтесь к региональному представителю компании ABB или посетите наш веб-сайт:

[www.abb.com/mediumvoltage](http://www.abb.com/mediumvoltage)

Информация в настоящем документе может быть изменена без предварительного уведомления и не должна рассматриваться как какое-либо обязательство со стороны компании ABB. Компания ABB не несет никакой ответственности за ошибки, которые могут содержаться в тексте этого документа.

ABB является зарегистрированным товарным знаком компании ABB Group. Все другие товарные знаки и наименования продуктов, используемые в настоящем документе, могут являться товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих владельцев.

В случае расхождений между английской и любой другой языковой версией, текст английской версии имеет преимущественную силу.