



Низковольтное оборудование

# Применение автоматических выключателей АББ в цифровых системах автоматизации

Серия инженера-конструктора

Power and productivity  
for a better world™





# Применение автоматических выключателей АББ в цифровых системах автоматизации

## Содержание

<b>1 Введение</b> .....	2	<b>4.4.2</b> SD-View 2000 .....	34
<b>2 Цифровая связь</b> .....	3	<b>4.5</b> Пример выбора оборудования для работы с дистанционным управлением и контролем.....	36
<b>2.1</b> Коммуникационные протоколы .....	4	<b>4.6</b> Интеграция автоматических выключателей в промышленные сети Profibus DP или DeviceNet.....	38
2.1.1 Физический уровень .....	5	<b>4.6.1</b> Диспетчеризация и дистанционное управление.....	39
2.1.1.1 Интерфейсы RS-232 и RS-485 .....	6	<b>4.6.1.1</b> Воздушные автоматические выключатели Emax E1-E2-E3-E4-E6 .....	39
2.1.2 Канальный уровень.....	8	<b>4.6.1.2</b> Воздушные автоматические выключатели Emax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7 .....	40
2.1.3 Прикладной уровень .....	8	<b>4.6.1.3</b> Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6 .....	41
2.1.4 Совместимость между уровнями протокола .....	9	<b>5 Примеры применения</b> .....	43
<b>3 Управление распределительными электроустановками</b> .....	10	<b>5.1</b> Диспетчерское управление коммутацией и функциями защиты автоматических выключателей .....	43
<b>3.1</b> Управление выключателями АББ .....	12	<b>5.2</b> Распределение затрат на электроэнергию внутри предприятия.....	44
<b>4 Решение АББ для цифровых систем автоматизации</b> .....	14	<b>5.2.1</b> Сети распределения электроэнергии и связи .	45
<b>4.1</b> Воздушные автоматические выключатели и автоматические выключатели в литом корпусе .....	14	<b>5.2.2</b> Функционирование .....	45
<b>4.1.1</b> Воздушные автоматические выключатели Emax E1-E2-E3-E4-E6.....	14	<b>5.3</b> Управление приоритетными и неприоритетными нагрузками.....	46
<b>4.1.2</b> Воздушные автоматические выключатели Emax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7 .....	16	<b>Приложение А:</b> Результаты измерений, команды и другие данные для диспетчеризации и дистанционного управления.....	47
<b>4.1.3</b> Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6 .....	18	<b>Приложение В:</b> электрические характеристики вспомогательного источника питания.....	51
<b>4.2</b> Решение SD030DX для автоматических выключателей без интерфейса Modbus.....	21	<b>Приложение С:</b> модули связи .....	52
<b>4.3</b> Сеть Modbus RS-485 (правила разводки).....	25	<b>Приложение D:</b> модули измерений.....	56
<b>4.3.1</b> Работа системы Modbus.....	29	<b>Приложение E:</b> дополнительные контакты AUX-E и моторный привод MOE-E.....	58
<b>4.4</b> Программное обеспечение SD-Testbus 2 и SD-View 2000 .....	30	<b>Приложение F:</b> бит контроля четности.....	60
<b>4.4.1</b> SD-Testbus2 .....	30		
<b>4.4.1.1</b> Сканирование системной шины .....	30		
<b>4.4.1.2</b> Взаимодействие с одним устройством.....	32		

# 1 Введение

Широкое применение систем промышленной автоматизации и контроля для управления системами распределения электроэнергии и технологическими установками побуждает изготовителей автоматических выключателей выпускать электронные расцепители, способные к диалоговому взаимодействию по коммуникационным шинам с выходящими устройствами управления, такими как ПК, ПЛК или системы SCADA. В этом случае автоматические выключатели используются не только для коммутации и защиты, но и для мониторинга состояния как оборудования, так и электроустановок в целом.

Основной задачей этой брошюры является предоставление читателю базовых сведений:

- о коммуникационных сетях и протоколах,
- о взаимодействии между интеллектуальными устройствами на основе микропроцессоров;

и описание основных функций электронных расцепителей, позволяющих автоматическим выключателям АББ обмениваться данными по информационной шине. В частности, в этой брошюре содержится важная информация для правильного выбора расцепителей, ак-

сессуаров и программного обеспечения, необходимых для интеграции автоматических выключателей АББ в системы управления электрическими и технологическими установками (например, производственными линиями промышленных предприятий).

Брошюра состоит из четырех основных частей:

- введение в цифровую связь и базовые концепции коммуникационных протоколов;
- управление электроустановками;
- решение АББ для цифровых систем автоматизации;
- примеры применения автоматических выключателей АББ для автоматизированного управления электроустановками.

Кроме того, в состав брошюры включены приложения, позволяющие познакомиться с работой и особенностями применения продукции АББ (коммуникационных и измерительных модулей, дополнительных контактов электронных расцепителей и разъемов), позволяющей автоматическим выключателям производить измерения и обмен данными.

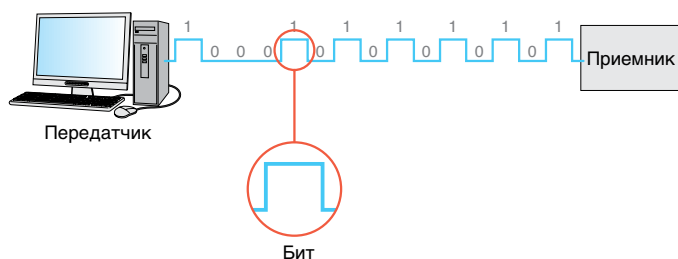


## 2 Цифровая связь

Цифровой связью называется обмен данными (в двоичной форме в виде строки битов<sup>1</sup>) между интеллектуальными электронными устройствами, оборудованными соответствующими цепями и интерфейсами. Данные обычно передаются в последовательном виде, то есть биты, составляющие сообщение или пакет данных, передаются один за другим по одному и тому же каналу (физической среде).

<sup>1</sup> Битом называется используемая компьютером единица информации, соответствующая некоторому состоянию физического устройства и представленная значением 0 или 1. Комбинация битов может представлять собой символ алфавита, число, передавать сигнал, являться командой коммутации или выполнять иную функцию.

Рис. 1. Последовательность битов



Аппараты, которые должны обмениваться между собой данными или информацией, объединяются в коммуникационную сеть. Сеть обычно состоит из узлов, связанных между собой линиями связи:

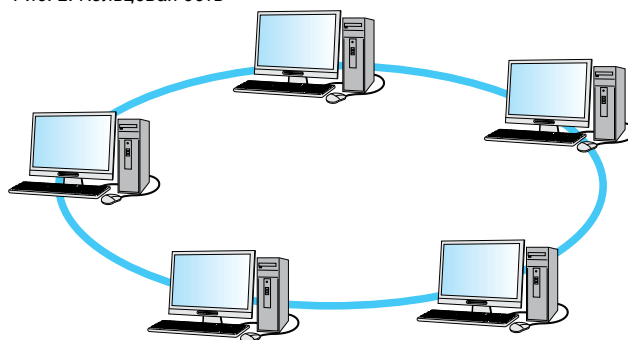
- узел (интеллектуальное устройство, способное взаимодействовать с другими устройствами) представляет собой точку передачи и/или приема данных;
- линия связи связывает между собой два узла и представляет собой прямой канал передачи информации между двумя узлами; на практике, линия представляет собой физическую среду (коаксиальный кабель, витую пару, оптоволоконный кабель, инфракрасные лучи), по которой передаются данные и информация.

По топологии коммуникационные сети можно классифицировать следующим образом:

### - Кольцо

Кольцевые сети состоят из последовательности узлов (на рис. 2 эти узлы представлены персональными компьютерами), соединенных так, чтобы получилось замкнутое кольцо.

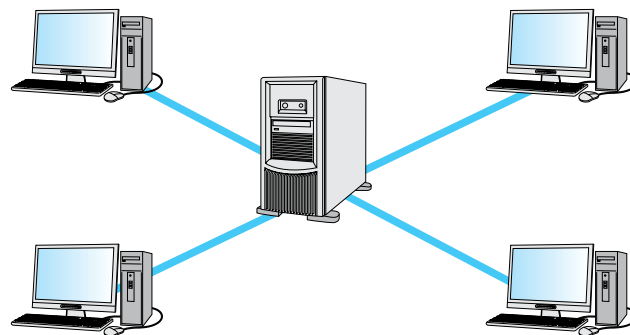
Рис. 2. Кольцевая сеть



### - Звезда

Сети с топологией «звезда» имеют центральный узел, к которому подключены остальные периферийные узлы.

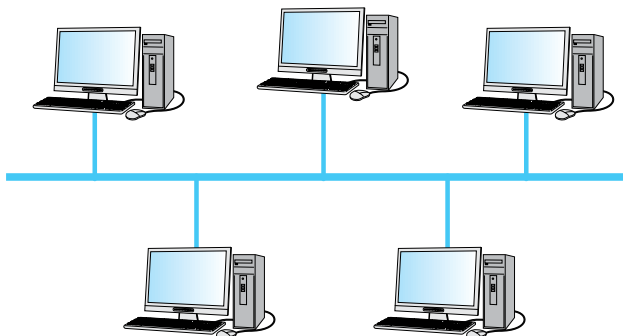
Рис. 3. Сеть с топологией «звезда»



### - Шина

В шине (шлейфе) используется среда передачи (обычно витая пара или коаксиальный кабель), общая для всех узлов, в результате чего все устройства включаются параллельно.

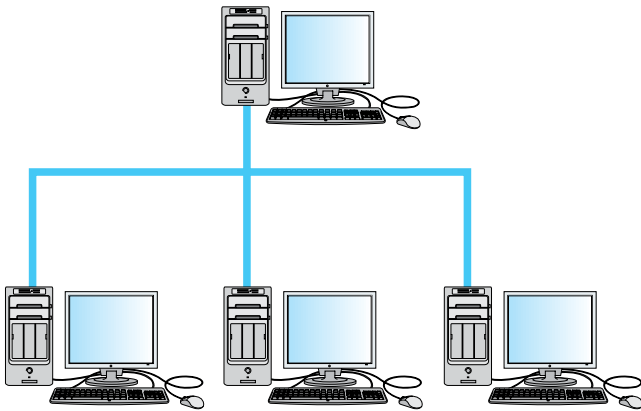
Рис. 4. Сеть с топологией «шина»



Примером управления процессом, требующим диалогового обмена данными между устройствами по коммуникационной сети, может быть:

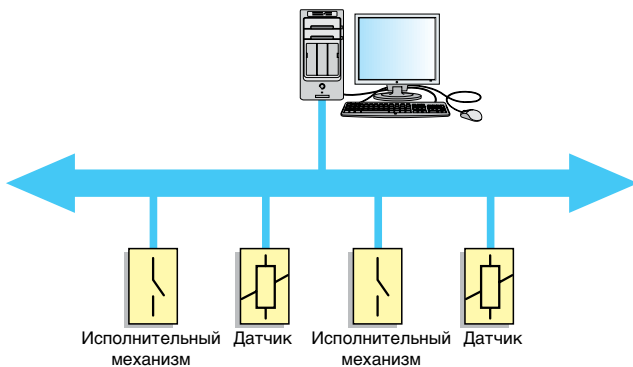
- 1) обмен данными между персональными компьютерами, связанными между собой по локальной сети<sup>2</sup>.

Рис. 5. Пример локальной сети



- 2) передача данных и команд между системой управления и периферийными устройствами (датчиками и исполнительными механизмами) для управления технологическим процессом.

Рис. 6. Пример системы управления технологическим процессом



Для управления сетевым трафиком и обеспечения понимания между двумя взаимодействующими устройствами необходим коммуникационный протокол. Коммуникационным протоколом называется набор правил, которые должны соблюдать два элемента при обмене информацией; это определенное соглашение, описывающее обмен данными между взаимодействующими партнерами.

<sup>2</sup> ЛВС (локальная вычислительная сеть): локальная сеть (например, Ethernet), связывающая между собой близко расположенные персональные компьютеры и терминальные станции, например, в пределах одного офиса или здания.

Для взаимодействия различных устройств в промышленности используются многочисленные отличающиеся друг от друга протоколы. Протоколы отличаются по коммуникационным требованиям, таким как:

- объем передаваемых данных;
  - число взаимодействующих устройств;
  - среда, в которой происходит взаимодействие;
  - ограничения по времени;
  - критичность передаваемых данных;
  - возможность исправления ошибок передачи;
- и многое другое.

Существует множество протоколов, используемых для взаимодействия с устройствами обработки данных, такими как компьютеры и их периферийные устройства.

В следующей главе эти протоколы не рассматриваются: тема будет ограничена описанием протоколов, используемых для обмена данными с периферийными устройствами, которые непосредственно взаимодействуют с контролируемыми физическими процессами. Например, функции связи и диспетчерского контроля могут применяться для управления низковольтными системами распределения электроэнергии.

## 2.1 Коммуникационные протоколы

Используемые в настоящее время в промышленности коммуникационные протоколы очень сложны.

Для упрощения их описания обычно используется разделение на рабочие уровни. В любом протоколе можно выделить три уровня: физический уровень, канальный уровень и прикладной уровень. Каждый уровень относится к тому или иному аспекту взаимодействия:

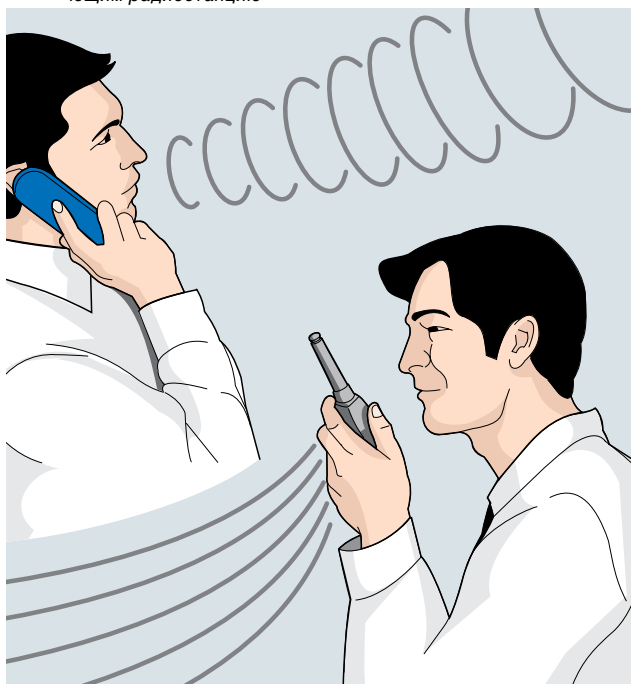
- Физический уровень определяет соединение между разными устройствами с аппаратной точки зрения и описывает электрические сигналы, используемые для передачи битов от одного устройства другому; например, он описывает электрические соединения, напряжения и токи, используемые для представления логических нулей и единиц, а также их длительность. В промышленных протоколах в качестве физического уровня используется один из стандартных интерфейсов RS-232, RS-485, RS-422 и т.п.;

- Канальный уровень описывает способы объединения битов в символы и символов в пакеты, а также способы обнаружения и возможного исправления ошибок. При необходимости, он определяет также приоритеты, которых следует придерживаться при получении доступа к среде передачи;
- Прикладной уровень описывает, что представляют собой передаваемые данные и каково их назначение с точки зрения управляемого процесса. Именно на этом уровне указывается, какие данные должны содержаться в передаваемых и принимаемых пакетах, и как они должны использоваться.

В сущности, эти уровни независимы друг от друга. Если применить эту концепцию к взаимодействию между людьми, то можно, например, договориться о том, что мы будем разговаривать по телефону или по радиостанции (физический уровень), будем говорить по-английски или по-французски (канальный уровень) и определить предмет разговора (прикладной уровень).

Для успешной связи между двумя сторонами все уровни должны соответствовать друг другу; например, нельзя говорить по телефону с человеком, использующим радиостанцию, мы не поймем друг друга, если заговорим на разных языках и т.п.

Рис. 7. Невозможно разговаривать по телефону с человеком, использующим радиостанцию



Не вдаваясь в подробности работы каждого протокола, мы хотим подчеркнуть некоторые характеристики коммуникационной системы, кратко описав три упомянутых уровня.

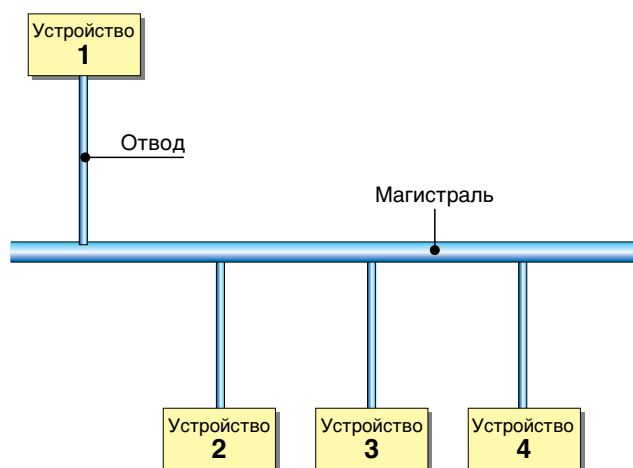
### 2.1.1 Физический уровень

С точки зрения физического уровня, системы связи можно разделить на:

- беспроводные, которые в качестве среды передачи используют радиоволны, инфракрасные лучи или световые сигналы, распространяющиеся в свободном пространстве;
  - проводные или кабельные, в которых сигналы передаются по металлическим или оптоволоконным кабелям.
- К кабельным системам относятся:

- двухточечные кабельные системы, в которых каждая секция кабеля связывает два устройства и используется исключительно для связи между ними (типичный пример – связь ПК с принтером). Такая связь может быть дуплексной (если два устройства могут передавать одновременно) или полудуплексной (если они могут передавать только поочередно);
- многоточечные кабельные системы (называемые также многоточечными линиями), в которых несколько устройств параллельно используют один и тот же коммуникационный кабель. Среди многоточечных систем особый интерес представляют шлейфовые шинные соединения, в которых главный кабель (магистраль) без отводов или с очень короткими отводами соединяет в параллель все подключенные устройства.

Рис. 8 Многоточечная система с магистральной шиной



Чаще всего в промышленных сетях используются интерфейсы физического уровня RS-232 для двухточечных и RS-485 для многоточечных соединений.

### 2.1.1.1 Интерфейсы RS-232 и RS-485

Говоря о физическом уровне, рассмотрим интерфейс RS-232, широко используемый в персональных компьютерах в качестве последовательного порта, то есть работающий в асинхронной двухточечной последовательной коммуникационной системе в дуплексном режиме.

Рис. 9. 9-контактный последовательный разъем RS-232



Рис. 10. 9-контактный последовательный кабель RS-232

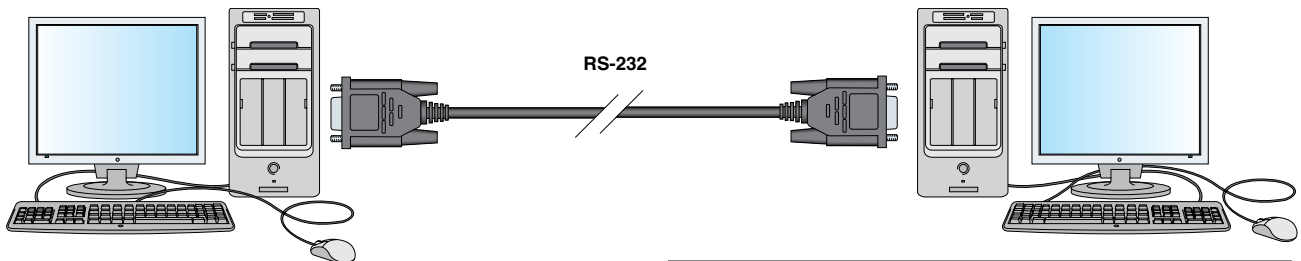


Вот краткое описание особенностей системы:

- «последовательная» означает, что биты передаются один за другим;
- «асинхронная» означает, что каждое устройство может передавать символы или байты только по одному, разделяя их длинными или короткими интервалами;
- «двухточечная» означает, что в этом режиме можно соединить только два устройства.

Если интерфейс RS-232 используется для соединения нескольких устройств, то каждая пара устройств должна иметь собственный независимый канал с двумя выделенными портами.

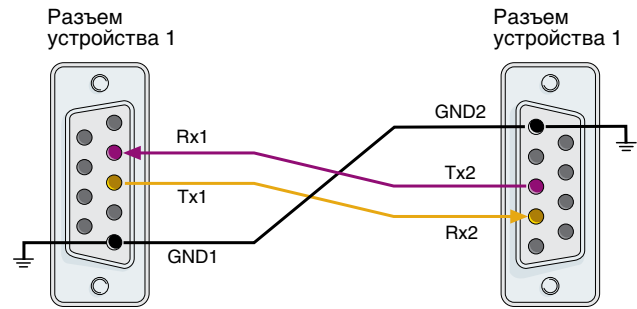
Рис. 11. Двухточечное соединение между двумя ПК



- «дуплексный» означает, что устройства могут передавать и принимать данные одновременно. Дуплексная работа возможна потому, что имеется два отдельных электрических соединения в обоих направлениях передачи данных.

Биты передаются в виде значений напряжения с передающего контакта (Tx) одного устройства на приемный контакт (Rx) другого устройства. Эти напряжения измеряются относительно общего проводника «земля», соединенного с соответствующим контактом GND обоих устройств.

Рис. 12. Типичное соединение двух устройств с интерфейсом RS-232



Таким образом, для соединения нужны минимум три провода (Tx, Rx и GND); можно использовать и дополнительные провода для управления потоком данных (например, для сигнализации готовности устройства к передаче или приему); но эти операции, включающие процессы установки соединения и управления потоком<sup>3</sup> выходят за рамки данной технической статьи.

Каждый символ, проходящий через последовательный кабель, состоит из:

- одного или нескольких стартовых битов, информирующих приемник о приходе нового символа (поскольку интерфейс RS-232 является асинхронным, приемник не может знать о том, когда начинается передача символа, и, следовательно, нужно заранее сообщить ему о начале фрейма);
- некоторого числа битов данных (например, 8);

<sup>3</sup> Управление потоком: метод управления потоком информации. Установка соединения: обмен predetermined сигналами между устройствами для установки соответствующего соединения. В процессе этого обмена устройства сообщают о том, что они хотят передать данные или о том, что они готовы к приему данных.



- необязательного бита контроля четности, используемого для обнаружения ошибок в переданных битах (при обнаружении ошибки весь символ считается ошибочным и отбрасывается). Если бит четности применяется, то при конфигурировании параметров обмена данными можно задать режим контроля четности: «чет» или «нечет»;
- одного или нескольких стоповых битов, сигнализирующих об окончании передачи.

Все перечисленные биты имеют одинаковую длину: последовательный интерфейс настроен на передачу определенного числа битов в секунду (бит/с или бод). Все скорости передачи стандартизованы и, по традиции, кратны 300 битам в секунду. Например, устройство может вести передачу со скоростью 9600, 19200 или 38400 бод, то есть битов в секунду.

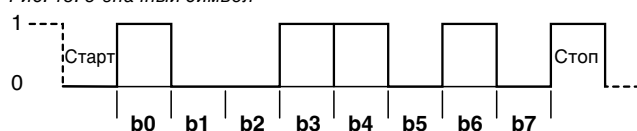
Для корректной работы необходимо, чтобы оба устройства использовали одинаковые параметры: скорость передачи данных, число битов данных, число стартовых и стоповых битов, присутствие или отсутствие бита контроля четности и, если он присутствует, режим контроля четности («чет» или «нечет»).

Если эти условия не соблюдены, то символы будут распознаваться неправильно и, следовательно, передача данных окажется невозможной.

Например, в показанном на рис. 13 фрейме, можно выделить:

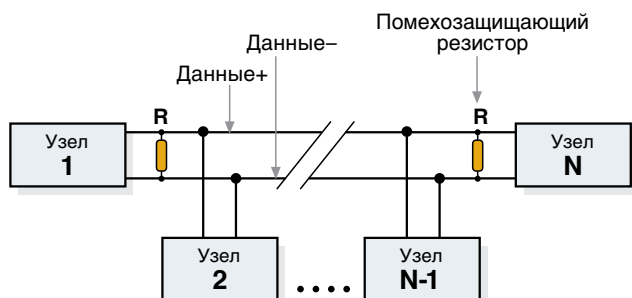
- 1 стартовый бит;
- 8 битов (b0...b7), составляющих символ (передаваемые данные);
- 1 стоповый бит.

Рис. 13. 8-значный символ



**Интерфейс RS-485** отличается от RS-232 электрическими параметрами и способом подключения. Его главные преимущества: возможность реализации многоточечных соединений<sup>4</sup>, то есть соединений между тремя и более устройствами (см. рис. 14), и высокая стойкость к электрическим помехам.

Рис. 14. Многоточечная система с шиной RS-485



Благодаря этим особенностям RS-485 стал наиболее распространенным промышленным интерфейсом, начиная с первой версии интерфейса Modbus (в шестидесятые годы) и заканчивая более современными вариантами Modbus RTU, Profibus-DP, DeviceNet, CANopen и As-Interface. При использовании RS-485, все устройства подключаются параллельно к одной шине, состоящей из двух проводов, называемых Data+ и Data-, или A и B, или Data1 и Data2, в зависимости от изготовителя устройства.

Сигналы передаются в дифференциальной форме, то есть биты представляют собой разность напряжений между линиями Data+ и Data-. Провода этих линий свиты между собой и проходят в непосредственной близости друг от друга, в результате чего электрическая помеха наводится на них одинаково, взаимно компенсируется и практически не влияет на разность напряжений.

Когда устройство не передает, оно готово к приему, демонстрируя это высоким сопротивлением на коммуникационном порту. Стандарт RS-485 (EIA/TIA-485)<sup>5</sup> определяет некоторые пределы входного сопротивления и предъявляет определенные требования к току и мощности сигнала для того, чтобы каждое устройство могло передавать данные по линии.

В частности, в соответствии с требованиями указанного стандарта, корректная передача данных возможна, если к одной линии подключено не более 31 устройства, находящегося в режиме приема. Следовательно, в соответствии с требованиями стандарта, интерфейс RS-485 гарантирует корректную работу системы при подключении к шине до 32 устройств; при этом в каждом цикле одно устройство находится в режиме передачи, а остальные 31 – в режиме приема.

Поскольку все устройства подключены параллельно к одной шине, в каждый момент времени вести передачу может только одно из них, ибо в противном случае передаваемые сигналы перекроются и станут нераспознаваемыми. Интерфейс RS-485 не поддерживает механизмов, позволяющих определить, какому устройству разрешена передача; эта задача решается на более высоких уровнях используемого протокола. Структура каждого передаваемого символа, его длительность и возможность передачи такие же, как и в рассмотренном ранее интерфейсе RS-232. Например, можно выбрать скорость передачи данных 19 200 бод с 1 стартовым битом, 1 стоповым битом и 1 битом контроля четности, например, в режиме «чет».

Для корректного взаимодействия все устройства, подключенные к одной шине, должны иметь одинаковые параметры. В промышленной автоматизации и в системах распределения электроэнергии большая часть коммуникационных сетей имеет топологию «шина», а наиболее часто используемый физический уровень представляет собой интерфейс RS-485.

<sup>4</sup> В сущности, при многоточечном соединении все устройства подключаются параллельно к главному кабелю.

<sup>5</sup> EIA/TIA-485 «Основы дифференциальной передачи данных» – документ, описывающий стандарт RS-485 и представляющий собой основной норматив для всех производителей.

### 2.1.2 Канальный уровень

Что касается канального уровня, то здесь речь может идти о протоколах типа ведущий-ведомый, когда одно из устройств (ведущее) управляет обменом данными со всеми остальными (ведомыми) устройствами. Альтернативой им являются одноранговые системы, в которых подобной иерархии не существует и все устройства получают доступ к среде передачи на равных правах (в таком случае протокол предусматривает процедуры управления очередностью и приоритетами доступа к среде передачи; типичным примером является Ethernet).

В числе наиболее распространенных коммуникационных протоколов можно упомянуть:

- Modbus RTU, наиболее распространенный коммуникационный протокол для электронных промышленных устройств;
- ProfiBus-DP, применяемый для взаимодействия с интеллектуальными датчиками и исполнительными механизмами, как правило, использующими быстрый и циклический обмен данными между силовыми аппаратами и контроллерами;
- DeviceNet, также используемый для подключения аппаратов к контроллерам (ПК, ПЛК);
- AS-i, используемый для связи с очень простыми датчиками, такими как концевые выключатели, или с коммутирующими устройствами (например, кнопками).

### 2.1.3 Прикладной уровень

Прикладной уровень придает осмысленность передаваемым данным, то есть он связывает команды (например, включить/отключить выключатель) или числа (например, значения напряжений) с данными в двоичном формате, передаваемыми устройствами по коммуникационной сети.

Предположим, например, что мы используем протокол Modbus для дистанционного считывания значений тока, сохраненных в расцепителе PR222DS/PD автоматического выключателя Tmax.

Каждый расцепитель сохраняет значения параметров в специальных регистрах. Эти регистры могут работать только на чтение (например, регистр измеренных токов) или на чтение и запись (например, регистр настроек кривых срабатывания и уставок защиты)<sup>6</sup>.

В PR222DS/PD токи сохраняются в регистрах, начиная с регистра номер 30101.

№ регистра	Содержимое регистра	Значение содержимого
30101	198	IL1 Ток фазы 1 [A]
30102	298	IL2 Ток фазы 2 [A]
30103	447	IL3 Ток фазы 3 [A]
30104	220	ILN Ток нейтрали [A]

Если ведущее устройство (например, ПК) хочет произвести считывание значений тока, оно передает выключателю сообщение, содержащее:

- номера регистров, в которых хранятся нужные данные и которые нужно считывать (измеренные значения связаны с номером регистра; в данном примере используются регистры с номерами от 30101 до 30104, в которых хранятся значения тока);
- тип операции, которую нужно выполнить (например, считывание значений, хранящихся в регистре).

В ответ ведомое устройство (в данном случае это выключатель) передает ведущему запрошенные значения. Затем эти значения представляются оператору в понятном ему виде через интерфейс пользователя и прикладные программы управления, отображающие информацию об управляемом процессе.

На рис. 15 показан интерфейс пользователя программного обеспечения SDView2000, который позволяет оператору:

- просматривать значения тока и данные, касающиеся параметров обеспечиваемой автоматическим выключателем защиты электроустановки;
- дистанционно включать и выключать аппарат.

Рис. 15. Пример интерфейса пользователя для контроля управления электрической установкой



<sup>6</sup> Подробную информацию об интерфейсной карте Modbus расцепителей АББ с коммуникационным интерфейсом можно найти в следующих документах:

- Системный интерфейс PR122-3/P+PR120/DM-PR332-3/P+PR330/DM Modbus, руководство по эксплуатации
- Системный интерфейс PR223EF Modbus, руководство по эксплуатации
- Системный интерфейс PR223DS Modbus, руководство по эксплуатации
- Системный интерфейс PR222DS/PD Modbus, руководство по эксплуатации

### 2.1.4 Совместимость между уровнями протокола

В промышленных коммуникационных сетях все обменивающиеся информацией устройства должны использовать одинаковые протоколы на всех уровнях. Например, как будет показано в следующих главах, выключатели АББ используют протокол Modbus RTU

поверх RS-485. Однако существуют промышленные устройства, использующие протокол Modbus RTU поверх RS-232 или Profibus-DP поверх RS-485.

Некоторые упомянутые выше комбинации приведены в следующей таблице, причем указано, какие из них работоспособны, а какие нет.

УРОВНИ ПРОТОКОЛА	ПРОТОКОЛ УСТРОЙСТВА А	ПРОТОКОЛ УСТРОЙСТВА В	СВЯЗЬ/ДИАЛОГ
Логический уровень	Modbus	Modbus	<b>СВЯЗЬ ВОЗМОЖНА</b> Совместимость на всех уровнях протокола
Физический уровень	RS-485	RS-485	
Логический уровень	Modbus	Modbus	<b>СВЯЗЬ ВОЗМОЖНА</b> Совместимость на всех уровнях протокола
Физический уровень	RS-232	RS-232	
Логический уровень	Profibus-DP	Profibus-DP	<b>СВЯЗЬ ВОЗМОЖНА</b> Совместимость на всех уровнях протокола
Физический уровень	RS-485	RS-485	
Логический уровень	Profibus-DP	Modbus	<b>СВЯЗЬ НЕВОЗМОЖНА</b> Несовместимость на логическом уровне протокола
Физический уровень	RS-485	RS-485	
Логический уровень	Modbus	Modbus	<b>СВЯЗЬ НЕВОЗМОЖНА</b> Несовместимость на физическом уровне протокола
Физический уровень	RS-485	RS-232	
Логический уровень	Profibus-DP	Modbus	<b>СВЯЗЬ НЕВОЗМОЖНА</b> Несовместимость на всех уровнях протокола
Физический уровень	RS-485	RS-232	

Примечание. Под логическим уровнем понимается сочетание канального уровня с прикладным уровнем.

### 3 Управление распределительными электроустановками

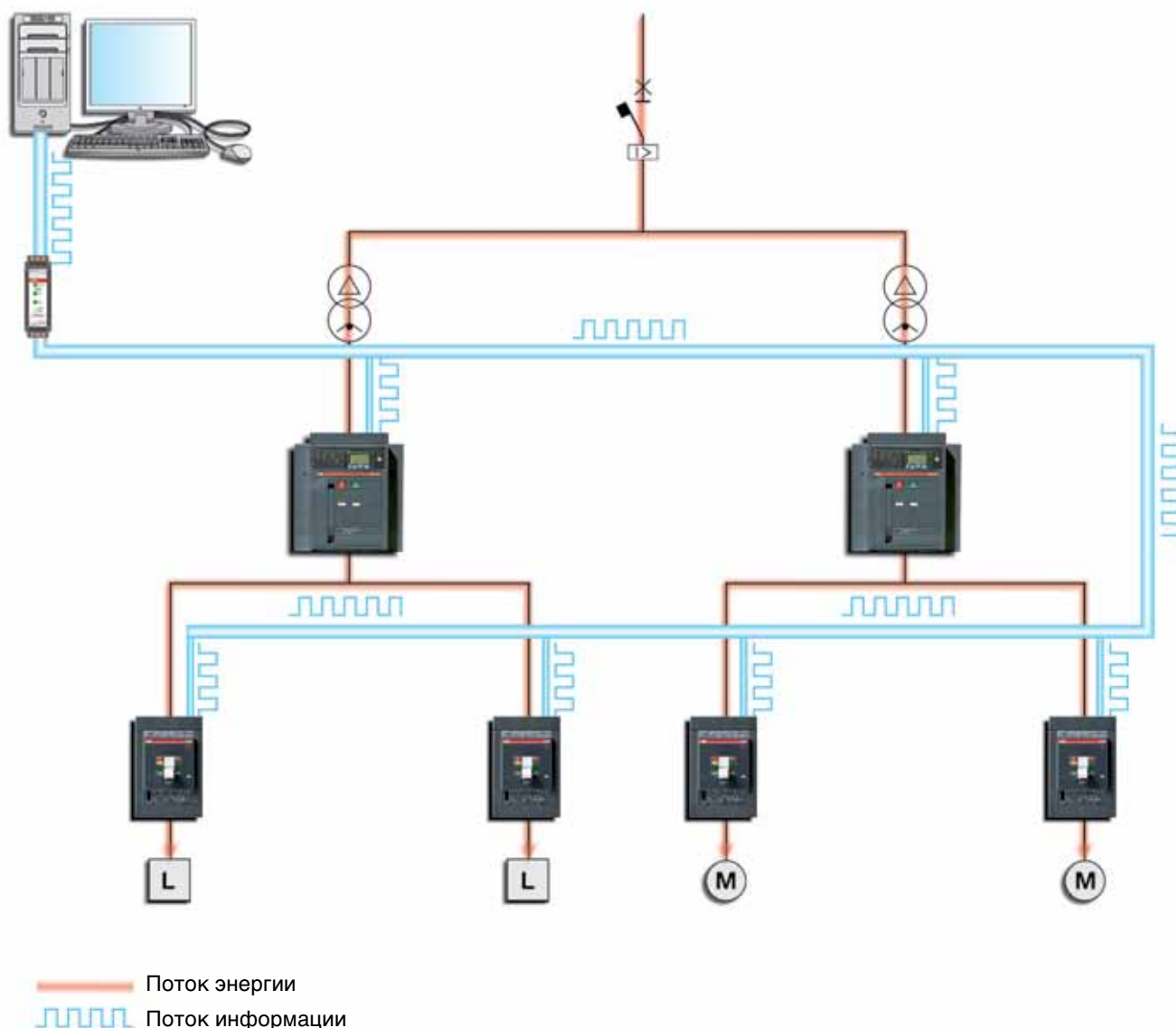
Работу распределительной электроустановки низкого напряжения можно рассматривать в качестве некоторого технологического процесса, ориентированного на распределение электрической энергии. Для повышения надежности и оптимизации управления, распределительная электроустановка нуждается в системе мониторинга и диспетчерского контроля.

Рассмотрим интеграцию распределительной электроустановки в систему централизованного автоматизированного управления промышленным предприятием или гражданским объектом. Можно считать, что на неё воздействуют два потока:

- основной поток (поток энергии), состоящий из электроэнергии, которая через фазные проводники и аппараты коммутации и защиты передается потребителям, питаая нагрузки предприятия;
- поток информации (цифровой поток), включающий всю информацию, данные и команды, используемые для управления распределительной электроустановкой.

Именно этим потоком информации, проходящим через коммуникационную сеть, и управляет система управления.

Рис. 16. Представление потока энергии и потока информации



В зависимости от размеров и сложности управляемых электроустановок можно создавать системы управления с разной архитектурой, от простейшей (двухуровневой) до наиболее сложной (многоуровневой).

В настоящей брошюре для упрощения понимания рассматриваются двухуровневые архитектуры, пригодные для управления распределительными электроустановками малого и среднего размера.

В архитектурах такого типа можно выделить два уровня:

1) уровень управления: включает систему управления и регистрации данных (SCADA – система диспетчерского контроля и сбора данных). В большинстве простых приложений этот уровень состоит из компьютера с установленным ПО для мониторинга, управления и регистрации данных. Именно на этом уровне поступающие от датчиков данные регистрируются, отображаются, обрабатываются и передаются на исполнительные механизмы.

Таким образом, оператор может контролировать состояние всей электроустановки с одной рабочей станции и выдавать команды, необходимые для обеспечения эффективной и правильной работы.

В общем случае, в решениях, сочетающих управление распределительной электроустановкой с управлени-

ем технологическим процессом, уровень управления состоит из управляющего процессора, который контролирует работу системы автоматизации всего технологического процесса;

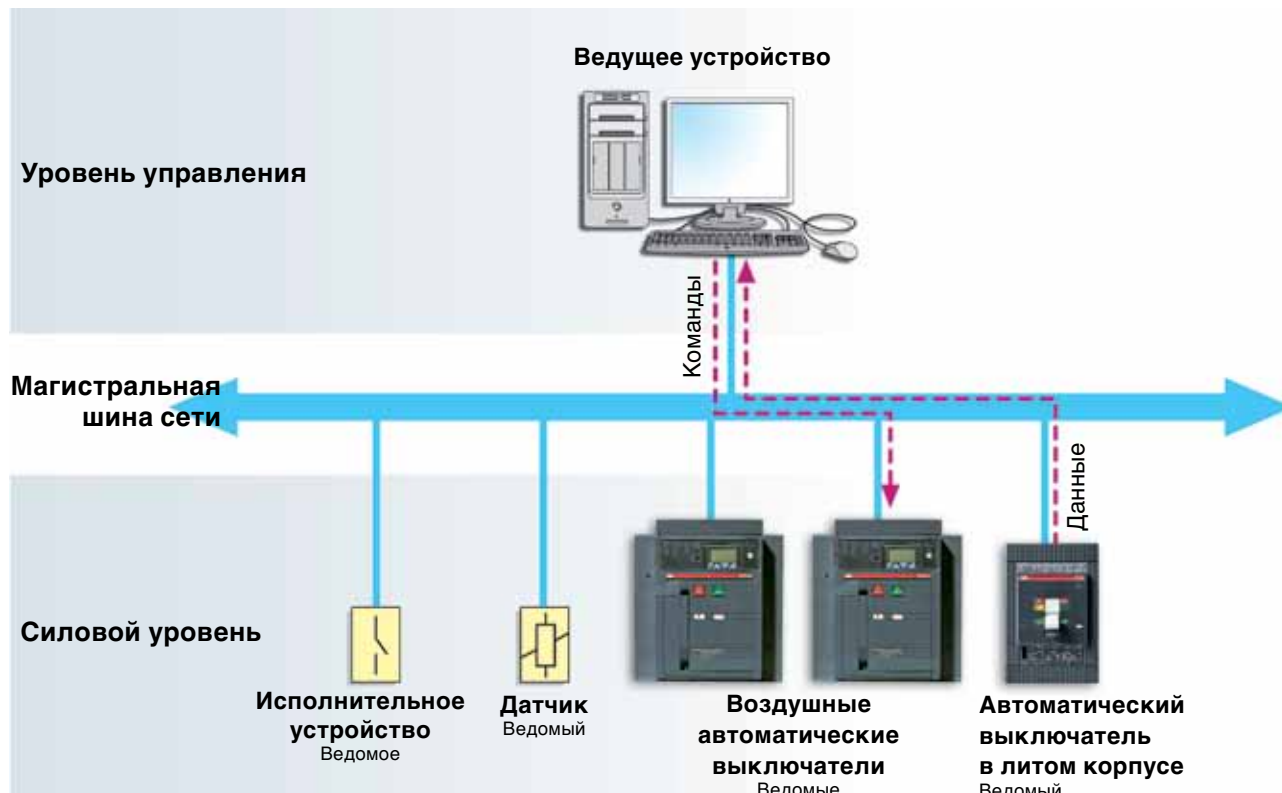
2) силовой уровень: включает силовые устройства, оборудованные коммуникационными интерфейсами (датчики, исполнительные механизмы и аппараты защиты, оборудованные соответствующими электронными расцепителями), которые смонтированы в электроустановке и непосредственно с ней взаимодействуют, а также соединяют ее с уровнем управления.

Основные функции силового уровня:

- 1) передача данных распределительной электроустановки (например, значений токов, напряжений, энергий, состояния выключателей и т.п.) на уровень управления;
- 2) исполнение команд (например, включение/отключение выключателей), поступающих с уровня управления.

Два уровня взаимодействуют между собой через шину. Информационный поток по шине складывается из информации (например, измеренных значений), передаваемой с силового уровня на уровень управления, и команд, следующих в противоположном направлении.

Рис. 17. Система управления с двухуровневой архитектурой



### 3.1 Управление выключателями АББ

В сфере распределения энергии, взаимодействие и диалоговый обмен данными между устройствами защиты возможен благодаря микропроцессорным расцепителям, оборудованным коммуникационным интерфейсом Modbus. Применение этих расцепителей позволяет выключателям АББ:

- обмениваться данными с другими электронными устройствами по коммуникационной шине и взаимодействовать с компьютерными системами управления низковольтных электроустановок;
  - интегрировать управление распределительной электроустановкой с системами автоматизации технологического процесса всего предприятия. Например, объединять информацию (значения тока, напряжения и мощности), поступающую от автоматических выключателей, защищающих двигатели, вспомогательные цепи и линии питания электропечей металлургических заводов, с информацией и данными, относящимися к физическим величинам (например, давление и температура), используемым для управления процессом в целом. Таким образом, выключатель с интерфейсом Modbus выполняет не только классическую функцию защиты от перегрузки и подачи электроэнергии на нагрузки, но и выступает в роли силового устройства системы управления, функционируя и как передатчик<sup>7</sup>, и как исполнительное устройство.
- Возможность передачи данных автоматическим выключателем позволяет контролировать потребление электроэнергии и оптимизировать управление электроустановкой.

Данные об энергопотреблении электроустановки, снабжающей электроэнергией определенный технологический процесс, могут контролироваться, сохраняться и анализироваться для:

- снижения энергопотребления в реальном времени путем отключения низкоприоритетных нагрузок, если энергопотребление выходит за оговоренные лимиты (это позволяет избежать переплаты поставщику электроэнергии);
- определения оптимального тарифа на электроэнергию, наиболее соответствующего реальным потребностям предприятия на основе данных постоянного контроля и анализа энергопотребления. Это позволяет избежать выбора тарифа, не учитывающего сезонных колебаний энергопотребления, и избежать, например, повышенной оплаты за периоды, когда энергопотребление превышало оговоренный лимит;

- определения и планирования затрат на электроэнергию, связанных с управляемым технологическим процессом.

Кроме того, исходя из передаваемой выключателем информации, можно, например:

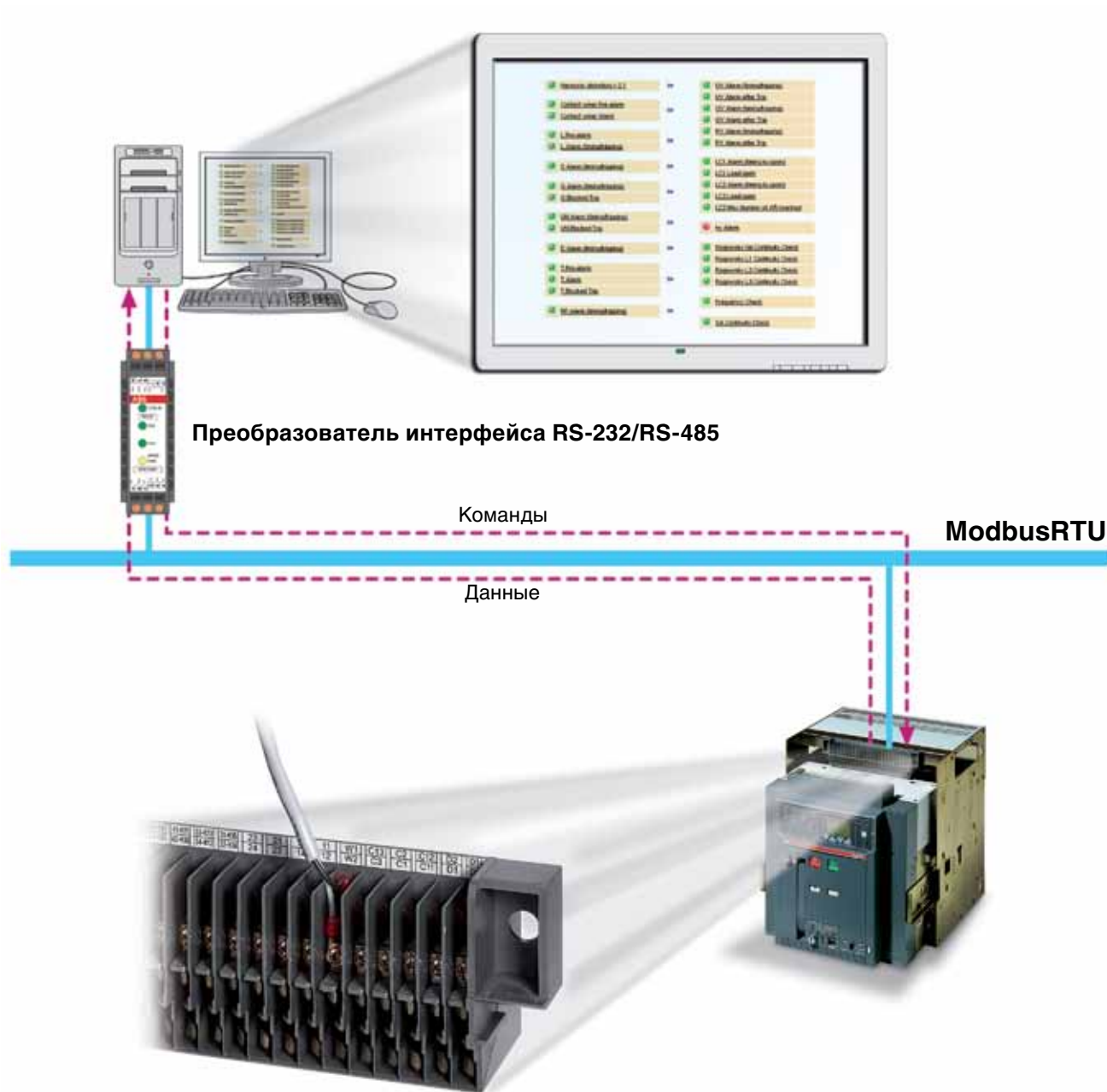
- управлять системами распределения электроэнергии и гарантировать оптимальную работу питаемых ими технологических процессов;
- контролировать выход основных электрических параметров за пределы установленных номинальных значений и гарантировать нормальную работу электроустановки. Это позволяет поддерживать высокое качество электроснабжения;
- обрабатывать предупредительные сигналы, поступающие от выключателей, для предотвращения некорректной работы, отказов и последующих срабатываний защиты. Это позволяет добиться максимальной эффективности производства и сократить простой;
- получать информацию о причинах отказов в определенных секциях электроустановки. Например, причины отказов можно определить, анализируя зарегистрированные значения фазных токов (например, отключение произошло 28.04.2006 в 12:25 из-за короткого замыкания с током 12356 А в фазе L2). Такая информация позволяет выполнять статистический анализ возникновения аномальных условий для определения наиболее вероятных причин отказов;
- собирать диагностические данные устройств защиты (например, процент износа главных контактов) для планирования профилактических работ в соответствии с рабочим циклом технологического процесса, чтобы свести к минимуму простой и гарантировать непрерывность работы электроустановки.

Кроме того, использование электронных расцепителей, передающих данные в систему управления, позволяет измерять основные электрические параметры распределительной электроустановки (токи, напряжения, мощности) без специальных приборов.

Если говорить о преимуществах в денежном эквиваленте, то электронные расцепители позволяют сэкономить на закупке щитовых приборов. Кроме того, экономится место в распределительных щитах, поскольку в них не придется устанавливать специальные датчики, подключаемые к системе управления.

<sup>7</sup> Под передатчиком понимается датчик, передающий измеренные значения через коммуникационную систему. В данной статье, два термина "датчик" и "передатчик", используются, как синонимы.

Рис. 18. Автоматический выключатель в качестве датчика и исполнительного устройства диспетчерской системы



## 4 Решение АББ для цифровых систем автоматизации

В данной главе описываются электронные расцепители и аксессуары, позволяющие автоматическим выключателям работать в сети Modbus под диспетчерским и дистанционным управлением.

### 4.1 Воздушные автоматические выключатели и автоматические выключатели в литом корпусе

#### 4.1.1 Воздушные автоматические выключатели Emax E1-E2-E3-E4-E6

*Диспетчерское и дистанционное управление по сети Modbus*

Воздушные автоматические выключатели Emax оборудованы электронными расцепителями PR122/P или PR123/P, которые могут быть подключены к сети Modbus через модуль связи PR120/D-M (характеристики последнего приведены в приложении С) для того, чтобы:

- передавать аварийные сигналы о срабатывании защиты и сведения о выключателе (например, состояние и положение), а также результаты выполненных электронным расцепителем измерений для удаленной системы диспетчерского управления и контроля;
- принимать внешние команды (например, на включение или отключение выключателя) или уставки функций защиты, делая возможным дистанционное управление аппаратом.

Для реализации дистанционного управления, то есть практического выполнения принятых команд на

включение или отключение, аппараты серии Emax с модулем связи PR120/D-M должны быть оборудованы следующими аксессуарами:

- реле отключения (YO)
- реле включения (YC)
- мотор-редуктором для автоматического взвода пружин включения (M).

Для обмена данными по шине расцепителям PR122/P и PR123/P необходим вспомогательный источник питания Vaux (технические характеристики см. в приложении В).

#### *Измерения*

Возможности по выполнению измерений зависят от типа используемого расцепителя и наличия модуля измерений PR120/V.

Модуль измерения PR120/V (см. приложение D) поставляется установленным на расцепитель PR123/P. Для PR122/P он заказывается отдельно. Модуль позволяет измерять не только токи, но и другие электрические параметры, например, мощность (см. приложение А). Измеренные значения могут передаваться через PR120/D-M вышестоящей системе диспетчерского управления.

Результаты измерений, команды и другие передаваемые данные перечислены в таблице А.1 приложения А. При переводе расцепителя в режим местного управления, все переданные по шине команды дистанционного управления отменяются.

### Электронный расцепитель PR122/P

- Расцепитель PR122/P с модулем связи PR120/D-M и аксессуарами дистанционного управления (YO, YC, M)



*Примечание. Вместе с модулем PR120/D-M поставляется контакт сигнализации взвода пружин и контакт сигнализации положения «установлен/выкачен» автоматического выключателя*



- Расцепитель PR122/P с модулем связи PR120/D-M и аксессуарами дистанционного управления (YO, YC, M)



*Примечание. Вместе с модулем PR120/D-M поставляется контакт сигнализации взвода пружин и контакт сигнализации положения «установлен/выкачен» автоматического выключателя*

### Электронный расцепитель PR123/P

Расцепитель PR123/P с модулем связи PR120/D-M и аксессуарами дистанционного управления (YO, YC, M)



*Примечание. Вместе с модулем PR120/D-M поставляется контакт сигнализации взвода пружин и контакт сигнализации положения «установлен/выкачен» автоматического выключателя.*

#### 4.1.2 Воздушные автоматические выключатели Emax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7

*Дистанционное диспетчерское управление и контроль через сеть Modbus*

Воздушные автоматические выключатели Emax X1 оборудованы электронными расцепителями PR332/P или PR333/P, а автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7 – электронными расцепителями PR332/P, которые могут быть подключены к сети Modbus через модуль связи PR330/D-M (характеристики модуля приведены в приложении С) для того, чтобы:

- передавать аварийные сигналы о срабатывании защиты и сведения о выключателе (например, о его состоянии и положении), а также результаты выполненных электронным расцепителем измерений для удаленной системы диспетчерского управления и контроля. Для передачи этой системе управления сведений о состоянии аппарата (включен, отключен, сработал), выключатели Tmax T7 должны быть оборудованы дополнительными контактами AUX;
- принимать от удаленной системы управления уставки функций защиты и команды (например, на включение и отключение автоматического выключателя), делая возможным дистанционное управление аппаратом. Автоматическими выключателями Emax X1 и Tmax T7 в исполнении с моторным приводом T7M можно управлять дистанционно. Выключателем Tmax T7 в исполнении без моторного привода управлять дистанционно невозможно.

Для реализации дистанционного управления, то есть практического выполнения принятых команд на включение или отключение, аппараты типа Emax X1 и Tmax T7M с модулем связи PR330/D-M должны быть оборудованы следующими аксессуарами:

- модуль привода PR330/R (см. приложение С);
- реле отключения (SOR);
- реле включения (SCR);
- мотор-редуктор для автоматического взвода пружин включения (М).

Для обмена данными по шине, расцепителям PR332/P и PR333/P необходим вспомогательный источник питания  $V_{aux}$  (см. технические характеристики в приложении В).

#### *Измерения*

Возможности по выполнению измерений зависят от типа используемого расцепителя и наличия модуля измерений PR330/V.

Модуль измерения PR330/V (см. приложение D) поставляется установленным на расцепитель PR333/P. Для расцепителя PR332/P он может быть отдельно заказан и установлен на заводе изготовителя. Модуль позволяет, в дополнение к измерению токов, измерять и другие электрические параметры, например, мощность (см. приложение А).

Измеренные значения могут передаваться через PR330/D-M вышестоящей системе диспетчерского управления.

Результаты измерений, команды и другие передаваемые данные перечислены в таблице А.1 приложения А. При переводе расцепителя в режим местного управления, все переданные по шине команды дистанционного управления отменяются.

#### Электронный расцепитель PR332/P для Emax X1 и Tmax T7

- PR332/P с модулем связи PR330/D-M и аксессуарами дистанционного управления (PR330/R, SOR, SCR, M)



Примечание. Вместе с модулем PR330/D-M поставляется контакт сигнализации взвода пружин и контакт сигнализации положения «установлен/выкачен» автоматического выключателя

- Расцепитель PR332/P с модулем связи PR330/D-M, модулем измерений PR330/V и аксессуарами дистанционного управления (PR330/R, SOR, SCR, M).



Примечание. Вместе с модулем PR330/D-M поставляется контакт сигнализации взвода пружин и контакт сигнализации положения «установлен/выкачен» автоматического выключателя.

### Электронный расцепитель PR333/P для Tmax X1

- Расцепитель PR333/P с модулем связи PR330/D-M и аксессуарами дистанционного управления (PR330/R, SOR, SCR, M)



Примечание. Вместе с модулем PR330/D-M поставляется контакт сигнализации взвода пружин и контакт сигнализации положения «установлен/выкачен» автоматического выключателя.

### 4.1.3 Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6

*Дистанционное диспетчерское управление и контроль через сеть Modbus*

Расцепители типа PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS автоматических выключателей Tmax T4, T5 и T6 могут вести обмен данными по сети Modbus через заднюю клеммную колодку разъема X3 (см. приложение С). Функция диалогового обмена данными позволяет:

- передавать аварийные сигналы о срабатывании защиты и сведения о выключателе (например, о его состоянии и положении), а также результаты выполненных электронным расцепителем измерений для удаленной системы диспетчерского управления и контроля;  
Для передачи этой системе управления сведений о состоянии аппарата (включен, отключен, сработал), выключатели Tmax типа T4, T5 и T6 должны быть оборудованы дополнительными контактами AUX-E, называемые также контактами для электронного исполнения (см. приложение E);
- принимать команды от этой системы (например, на включение или отключение выключателя) или уставки функций защиты, делая возможным дистанционное управление аппаратом.  
Для реализации дистанционного управления, то есть практического выполнения принятых команд на

включение или отключение, выключатели в литом корпусе серии Tmax T4, T5 и T6 должны быть оборудованы моторным приводом с электронным интерфейсом MOE-E (приложение E) и вспомогательными контактами AUX-E в электронном исполнении.

Для обмена данными по шине, расцепителям PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS необходим вспомогательный источник питания  $V_{aux}$  (см. технические характеристики в приложении B).

#### *Измерения*

Расцепители PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS выдают значения тока, измеренного в фазах, нейтрали и защитном проводнике.

При установке модуля измерений VM210 и задней соединительной колодки (см. приложение D), расцепители типа PR223EF и PR223DS помимо токов могут измерять и другие основные параметры электроустановки (см. приложение A). Результаты измерений передаются расцепителем внешней системе управления через контакты 1 и 2 разъема X3.

Результаты измерений, команды и другие передаваемые данные перечислены в таблице A.2 приложения A. При переводе расцепителя в режим местного управления, все переданные по шине команды дистанционного управления отменяются.

### Электронный расцепитель PR222DS/PD

- PR222DS/PD с дополнительными контактами AUX-E для электронного исполнения, разъемом X3 и моторным приводом MOE-E с электронным интерфейсом



## Электронный расцепитель PR223EF

- PR223EF с дополнительными контактами AUX-E для электронного исполнения, разъемом X3 и моторным приводом с электронным интерфейсом MOE-E



- PR223EF с дополнительными контактами AUX-E для электронного исполнения, разъемами X3 и X4, модулем измерений VM210 и моторным приводом с электронным интерфейсом MOE-E



## Электронный расцепитель PR223DS

- PR223DS с дополнительными контактами AUX-E для электронного исполнения, разъемом X3 и моторным приводом MOE-E с электронным интерфейсом



- PR223DS с дополнительными контактами AUX-E для электронного исполнения, разъемами X3 и X4, модулем измерений VM210 и моторным приводом с электронным интерфейсом MOE-E



Примечание. Более детальная информация по функциям обмена данными и техническим характеристикам указанных выше изделий содержится в соответствующих технических каталогах.

## 4.2 Решение SD030DX для автоматических выключателей без интерфейса Modbus

Электронные интерфейсные модули SD030DX обеспечивают подключение к сети Modbus:

- автоматических выключателей – воздушных и в литом корпусе, с термомагнитными расцепителями или электронными расцепителями в базовом исполнении;
- а также выключателей-разъединителей – воздушных и в литом корпусе.

Подключенные подобным образом автоматические выключатели и выключатели-разъединители появляются в сети Modbus в качестве ведомых устройств и могут связываться с главным устройством (ПК, ПЛК, системой SCADA). Это позволяет вышестоящей системе управления управлять данными аппаратами.

В частности, она может:

- 1) Считывать состояние автоматического выключателя: включен, отключен, сработал, установлен, выкачен, пружины взведены/разряжены.

- 2) Подавать аппаратам команды включения, отключения и возврата в исходное состояние.

Считывание состояния аппарата выполняется через дополнительные контакты (которые должны быть смонтированы на аппарате).

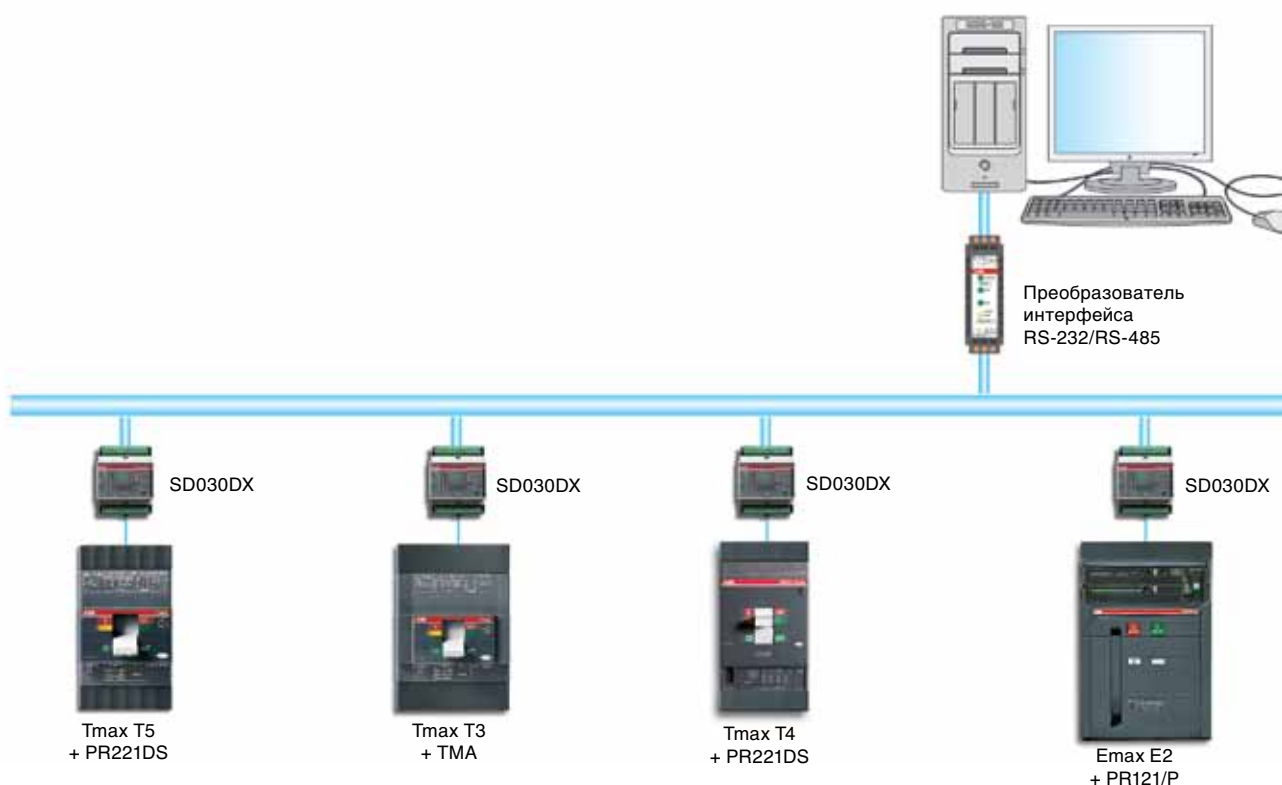
Для выполнения внешних команд аппарат должен быть оборудован соответствующими аксессуарами

Рис. 19. Интерфейсный модуль SD030DX



Основные характеристики SD030DX приведены в таблице ниже:

Тип устройства	Функции	Описание
SD030 DX	- 3 дискретных выхода	- Включен, отключен, перевод в исходное положение
	- 5 дискретных входов	- Опрос состояния аппарата



**Считывание состояния автоматического выключателя**

Для считывания состояния автоматического выключателя используются до 5 дополнительных контактов, подключенных, соответственно, к пяти дискретным входам (DI1, DI2, DI3, DI4 и DI5) SD030DX.

В таблице ниже указаны:

- автоматические выключатели и выключатели-разъединители, которыми можно управлять через SD030DX
- значение сигналов каждого дискретного входа (с соответствующим дополнительным контактом) для различных аппаратов.

Тип автоматического выключателя	Соответствующая информация					
	Пружины	Защита	Состояние автоматического выключателя			Режим управления
	Разряжены = 0 Взведены = 1	Норма = 0 Сработала = 1	Выкачен = 0 Установлен = 1	Отключен = 0 Включен = 1	Норма = 0 Сработал = 1	Дистанционное = 0 Местное = 1
T1-T2-T3 с 5-проводным электромагнитным механизмом управления	-	DI2 + контакт сигнализации срабатывания защиты (S51)	DI3 + контакт сигнализации положения «установлен» (S75I/1)	DI4 + дополнительные контакты автоматического выключателя (Q/1)	DI1 + контакт сигнализации срабатывания автоматического выключателя (SY)	-
T4-T5-T6	-	DI2 + контакт сигнализации срабатывания защиты (S51)	DI3 + контакт сигнализации положения «установлен» (S75I/1)	DI4 + дополнительные контакты автоматического выключателя (Q/1)	DI1 + контакт сигнализации срабатывания автоматического выключателя (SY)	DI5 + переключающий контакт сигнализации положения переключателя режима управления «местное/ дистанционное» (S3/1)
T7, X1 E1÷ E6	DI1 + концевой контакт мотор-редуктора взвода пружины (S33M/1)	DI2 + контакт сигнализации выключенного состояния аппарата, вызванного срабатыванием защиты по сверхтоку (S51)	DI3 + контакт сигнализации положения «установлен» (S75I/1)	DI4 + дополнительные контакты автоматического выключателя (Q/1)	-	DI5 + переключатель режима управления «местное/ дистанционное» (S3/1)
<b>Тип выключателя-разъединителя</b>						
T1D-T3D с 5-проводным электромагнитным механизмом управления	-	-	DI3 + контакт сигнализации положения «установлен» (S75I/1)	DI4 + дополнительные контакты автоматического выключателя (Q/1)	-	-
T4D-T5D-T6D	-	-	DI3 + контакт сигнализации положения «установлен» (S75I/1)	DI4 + дополнительные контакты автоматического выключателя (Q/1)	-	DI5 + переключающий контакт сигнализации положения переключателя режима управления «местное/ дистанционное» (S3/1)
T7D, X1B/MS E1/MS ÷ E6/MS	DI1 + концевой контакт мотор-редуктора взвода пружины (S33M/1)	-	DI3 + контакт сигнализации положения «установлен» (S75I/1)	DI4 + дополнительные контакты автоматического выключателя (Q/1)	-	DI5 + переключатель режима управления «местное/ дистанционное» (S3/1)



**Дистанционное управление**

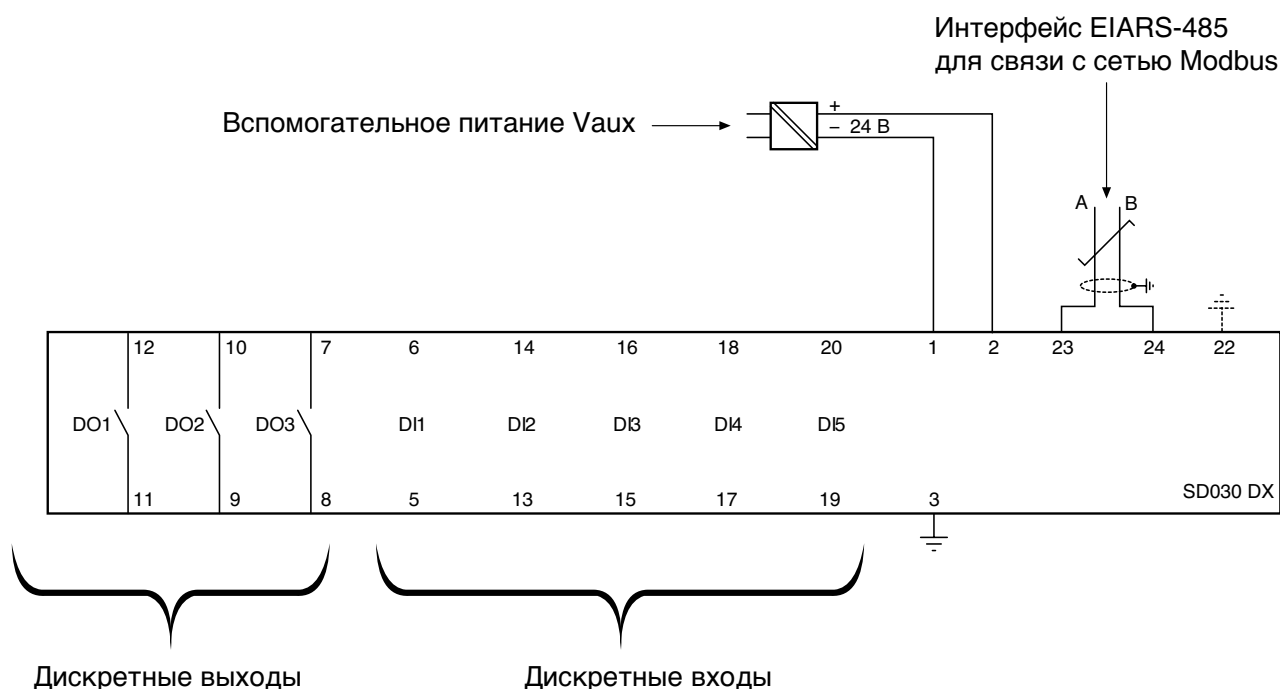
Модули SD030DX передают автоматическому выключателю/выключателю-разъединителю команды (включение, отключение и возврат в исходное положение) от вышестоящей системы управления.

В таблице ниже указаны:

- 1) автоматические выключатели и выключатели-разъединители, которыми можно управлять через SD030DX;
- 2) устанавливаемые на аппарате аксессуары для активации команд;
- 3) типы выполняемых команд.

Автоматический выключатель	Аксессуары для активации команд	Команды
T1-T2-T3	Электромагнитный привод (MOS)	Включение/Отключение
T4-T5-T6	Моторный привод взвода пружины (MOE)	Включение/ Отключение
T7M, X1	SOR: реле отключения SCR: реле включения YR: реле сброса после срабатывания защиты M: мотор-редуктор для автоматического взвода пружин включения	Отключение Включение Возврат в исходное положение
E1 ÷ E6	YO: реле отключения YC: реле включения YR: реле сброса после срабатывания защиты M: мотор-редуктор для автоматического взвода пружин включения	Отключение Включение Возврат в исходное положение
Выключатель-разъединитель		
T1D-T3D	Электромагнитный привод (MOS)	Включение/ Отключение
T4D-T5D-T6D	Моторный привод взвода пружины (MOE)	Включение/ Отключение
T7DM, X1B/MS	SOR: реле отключения SCR: реле включения M: мотор-редуктор для автоматического взвода пружин включения	Отключение Включение
E1/MS ÷ E6/MS	YO: реле отключения YC: реле включения M: мотор-редуктор для автоматического взвода пружин включения	Отключение Включение

Рис. 20. Схема соединений SD030DX



Для корректной работы SD030DX к нему должны быть подключены:

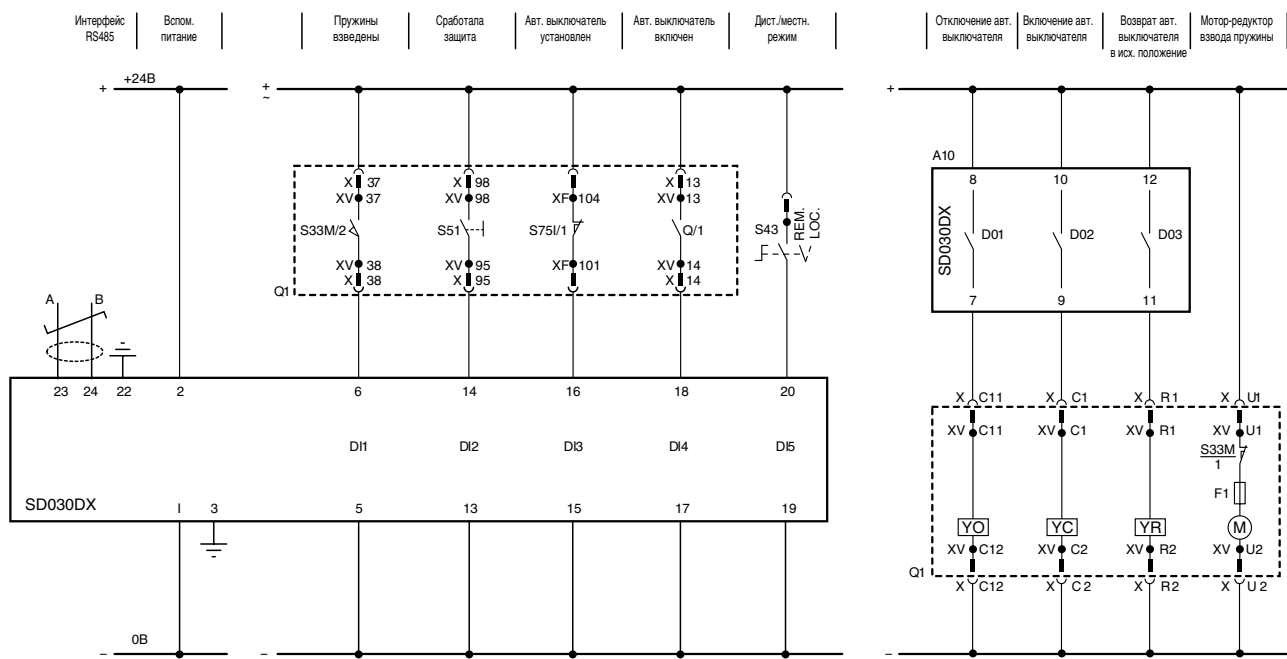
- вспомогательные цепи аппарата через дискретные входы (DI) и выходы (DO), чтобы модуль мог взаимодействовать с автоматическим выключателем: активировать команды (включение, отключение, возврат в исходное положение) и передавать данные о состоянии аппарата;
- сеть Modbus через последовательный интерфейс EIA RS-485 для связи с вышестоящей диспетчерской системой (ПК, ПЛКА или SCADA);
- вспомогательное питание  $V_{aux}$ .

На рис. 21 для примера показана схема подключения модуля SD030DX к воздушному автоматическому выключателю типа Emax E6.

Для функционирования модуля SD030DX к нему должен быть подключен вспомогательный источник питания  $V_{aux}$  со следующими характеристиками:

Характеристики вспомогательного источника питания	SD030DX
Напряжение	24 В пост. тока $\pm 20\%$
Максимальные пульсации	$\pm 5\%$
Номинальная мощность при 24 В	2 Вт

Рис. 21. Схема соединений SD030DX для автоматического выключателя Emax E6



### 4.3 Сеть Modbus RS-485 (правила разводки)

По сравнению с разводкой сетей питания, разводка промышленных сетей обмена данными более сложна и может вызвать определенные трудности, если монтажник не имеет опыта развертывания коммуникационных систем Modbus.

Система Modbus RS-485 объединяет одно ведущее и одно или несколько ведомых устройств. Далее по тексту под ведомыми устройствами будут пониматься только автоматические выключатели АББ, хотя разводка выполняется одинаково для всех Modbus-устройств. Ниже приведены основные правила, которых следует придерживаться при разводке сетей такого типа.

#### 1. Соединительный порт

Каждое устройство оборудовано коммуникационным портом с двумя контактами, называемыми обычно А и В. К этим двум контактам подключается коммуникационный кабель, в результате все взаимодействующие приборы соединяются параллельно.

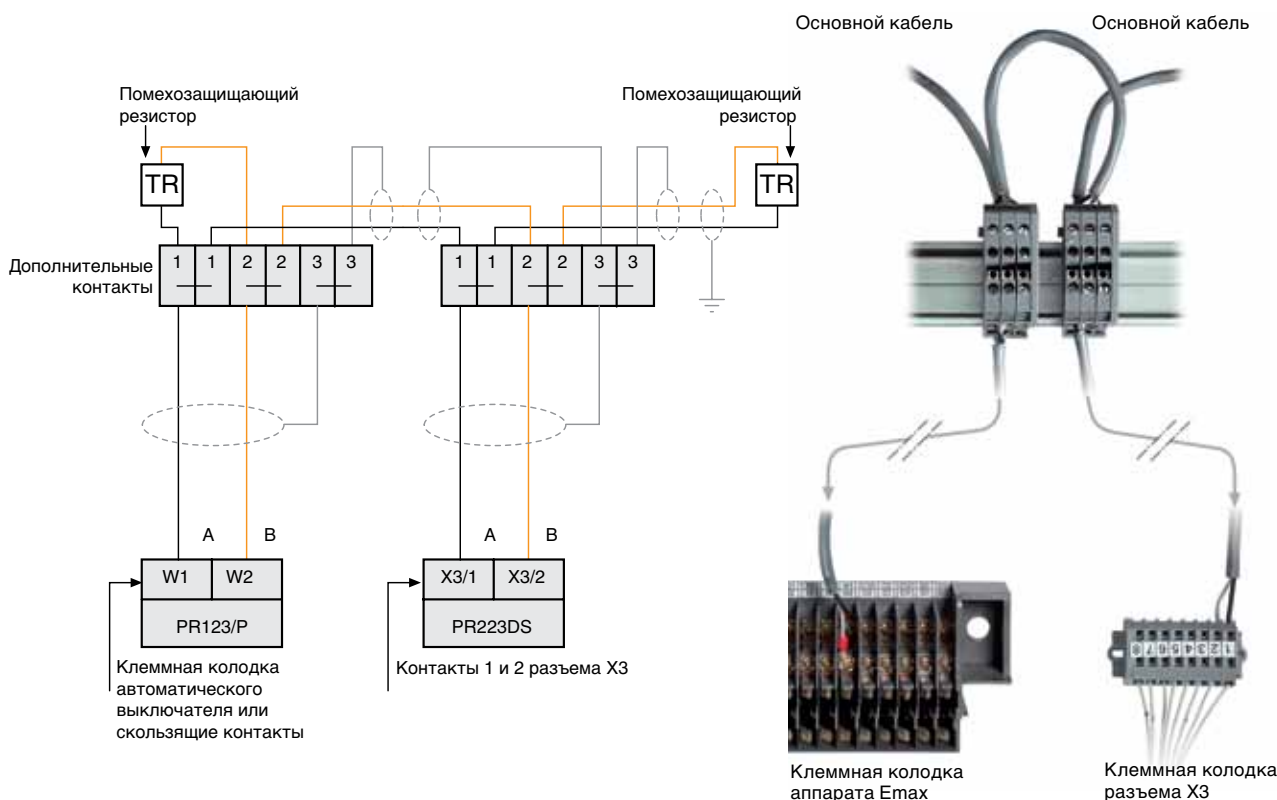
Все контакты А и В должны соединяться между собой: А – с А, В – с В. Инверсное подключение (А к В) нарушит работу не только данного устройства, но и всей коммуникационной системы из-за присутствия обратного постоянного напряжения на контактах неправильно подключенного устройства.

Сведения о коммуникационных контактах выключателей АББ представлены в следующей таблице:

Выключатель	Расцепитель	Контакт А	Контакт В	Примечание
Emax	PR122/P и PR123/P	W1	W2	Клеммная колодка выключателя или скользящие контакты
Emax X1 Tmax T7/ T7M	PR332/P и PR333/P	W1	W2	Клеммная колодка выключателя или скользящие контакты
Tmax T4-T5-T6	PR222DS/PD PR223EF PR223DS	X3/1	X3/2	Контакты 1 и 2 разъема X3

В этой таблице приведена информация, содержащаяся в схеме соединений в Приложении С.

Рис. 22. Схема подключения автоматических выключателей Emax и Tmax к коммуникационной сети Modbus



Чтобы избежать ошибок при подключении нескольких устройств, рекомендуется использовать один и тот же цвет для всех проводов, подключаемых, соответственно к контактам А и В данных устройств (например, белый для А и синий для В); это упростит поиск неправильных подключений.

Коммуникационный порт ведущего устройства (любого) также имеет два контакта, соответствующих контактам А и В. Некоторые изготовители маркируют их Tx- и Tx+, или Data- и Data+, или просто RS-485+ и RS-485-.

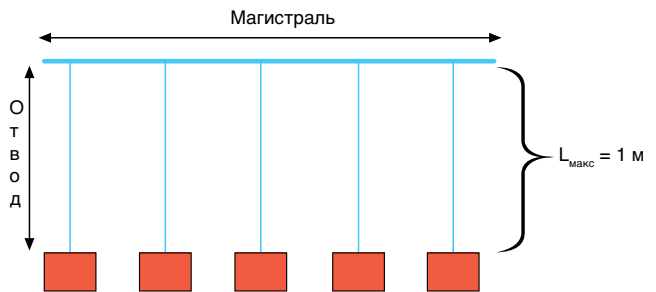
### 2. Подключение устройства

При разводке шлейфа, в отличие от систем распределения электроэнергии, нужно предусмотреть возможность параллельного подключения устройств.

В системе Modbus RS-485 с выключателями АББ имеется главный кабель (шина или магистраль) длиной не более 700 м, к которому через ответвления (называемые также отводами, которые должны быть как можно короче), подключаются все устройства. Для выключателей АББ длина отводов не должна превышать 1 м.

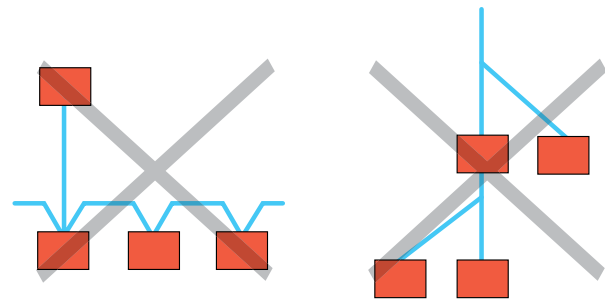
Длинные отводы могут способствовать отражению сигналов, создающему помехи и являющемуся причиной ошибок при передаче данных. На рис. 23 показан пример правильного подключения шлейфом.

Рис. 23. Сеть с топологией «шина» («шлейф»)



На рис. 24 показаны примеры неправильного подключения к шине.

Рис. 24. Примеры неправильного подключения к шине



### 3. Максимальная длина соединений и количество устройств

Длина главной шины не должна превышать 700 м. Это расстояние указано без учета отводов (которые, тем не менее, должны быть короткими). Максимальное количество устройств, которое можно подключить к главной шине, равно 32, включая ведущее.

### 4. Использование повторителей

Для увеличения протяженности сети Modbus можно использовать повторители. Повторителями называются устройства, усиливающие и регенерирующие сигнал, и имеющие два коммуникационных порта для передачи сигналов в обоих направлениях.

При использовании повторителей основной кабель разделяется на сегменты, каждый из которых может достигать длины 700 м и содержать до 32 подключенных устройств (включая повторители).

Рекомендуемое максимальное количество последовательно включенных повторителей – 3. Больше количество повторителей может вызвать чрезмерные задержки передачи данных в коммуникационной системе.

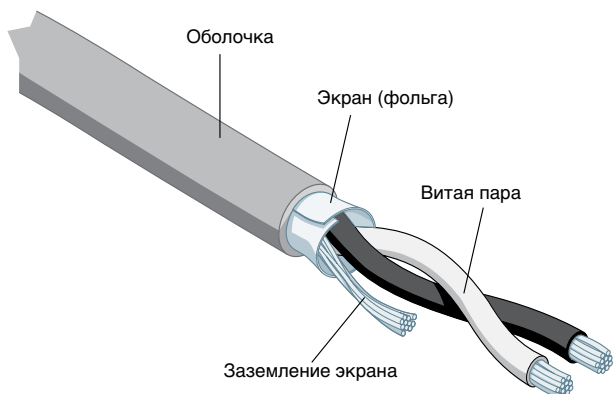
### 5. Тип кабеля

Кабель должен быть экранированной витой парой (типа телефонного).

Для автоматических выключателей АББ рекомендуется использовать кабель Belden 3105A, но можно применять и другие кабели с эквивалентными характеристиками.

Витая пара состоит из двух изолированных проводов, свитых между собой. Это повышает стойкость к электромагнитным помехам, потому что кабель образует серию витков, каждый из которых направлен в противоположную сторону по отношению к предыдущему. Таким образом, окружающее электромагнитное поле пересекает каждую пару витков в противоположных направлениях и следовательно, его воздействие сильно снижается (теоретически, влияние поля на каждой виток в точности противоположно влиянию на следующий виток и следовательно, результирующий эффект равен нулю). В качестве экрана может использоваться оплетка из тонких проводов или металлическая фольга. Оба типа экранов обладают эквивалентными характеристиками.

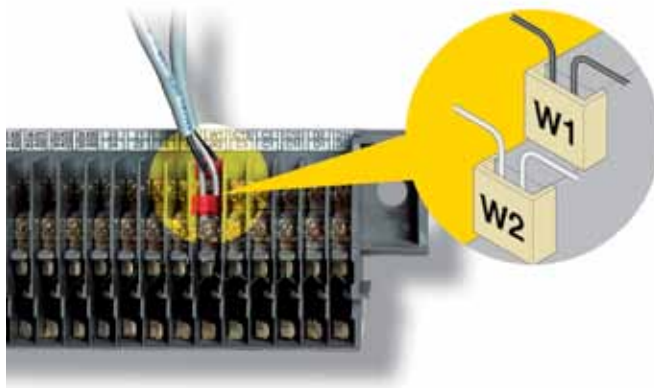
Рис. 25. Структура экранированной витой пары



### 6. Подключение к контактам

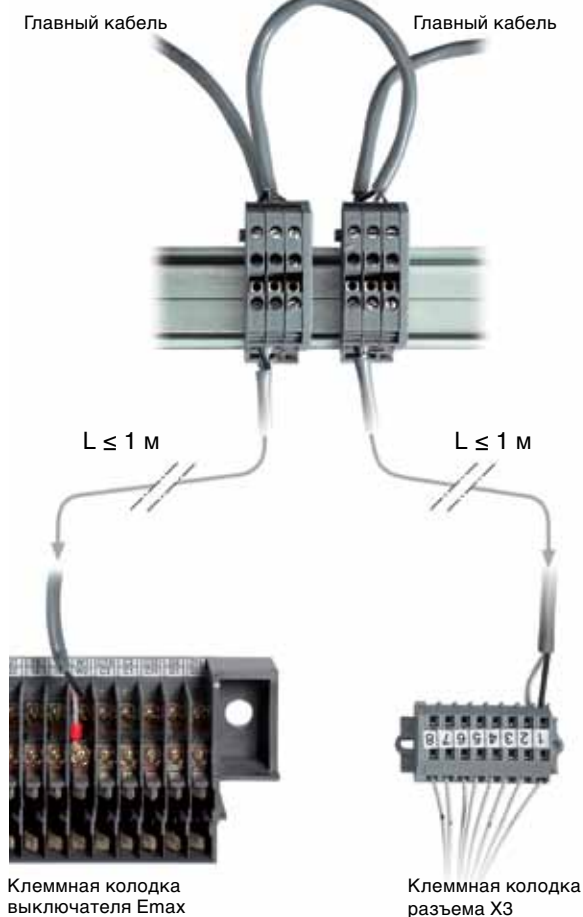
В некоторых странах разрешается вставлять в один зажим два провода. В этом случае можно подключить главный кабель прямо к зажимам клеммной колодки выключателя без отвода, как показано на рис. 26.

Рис. 26. Подключение главного кабеля прямо к зажимам клеммной колодки выключателя



Если же зажим рассчитан на подключение только одного провода, следует создать отвод через дополнительные трехполюсные клеммные колодки для каждого подключаемого выключателя, как показано на рис. 27.

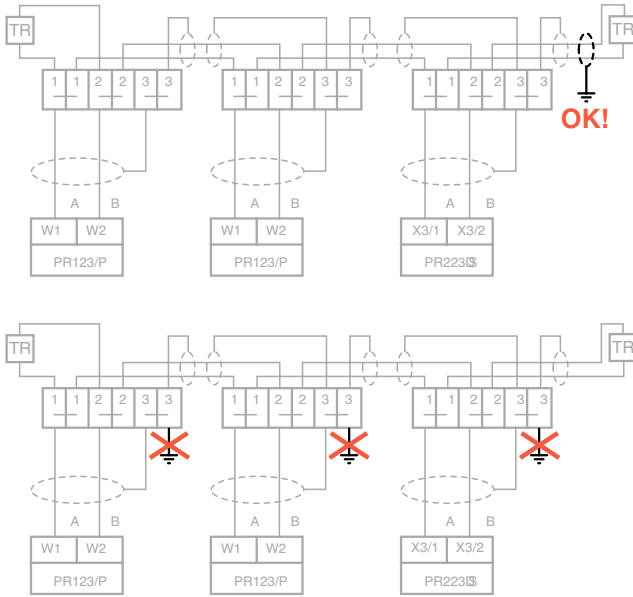
Рис. 27. Подключение к клеммной колодке выключателя через дополнительную клеммную колодку



### 7. Заземление экрана

Экран кабеля нужно соединить с землей в одной точке. Обычно заземление выполняется на одном из концов главного кабеля. Примеры правильного и неправильного заземления показаны на рис. 28.

Рис. 28. Примеры правильного и неправильного заземления экрана



### 8. Помехозащищающие резисторы

Чтобы избежать отражения сигналов, на обоих концах главного кабеля надо установить помехозащищающие резисторы 120 Ом.

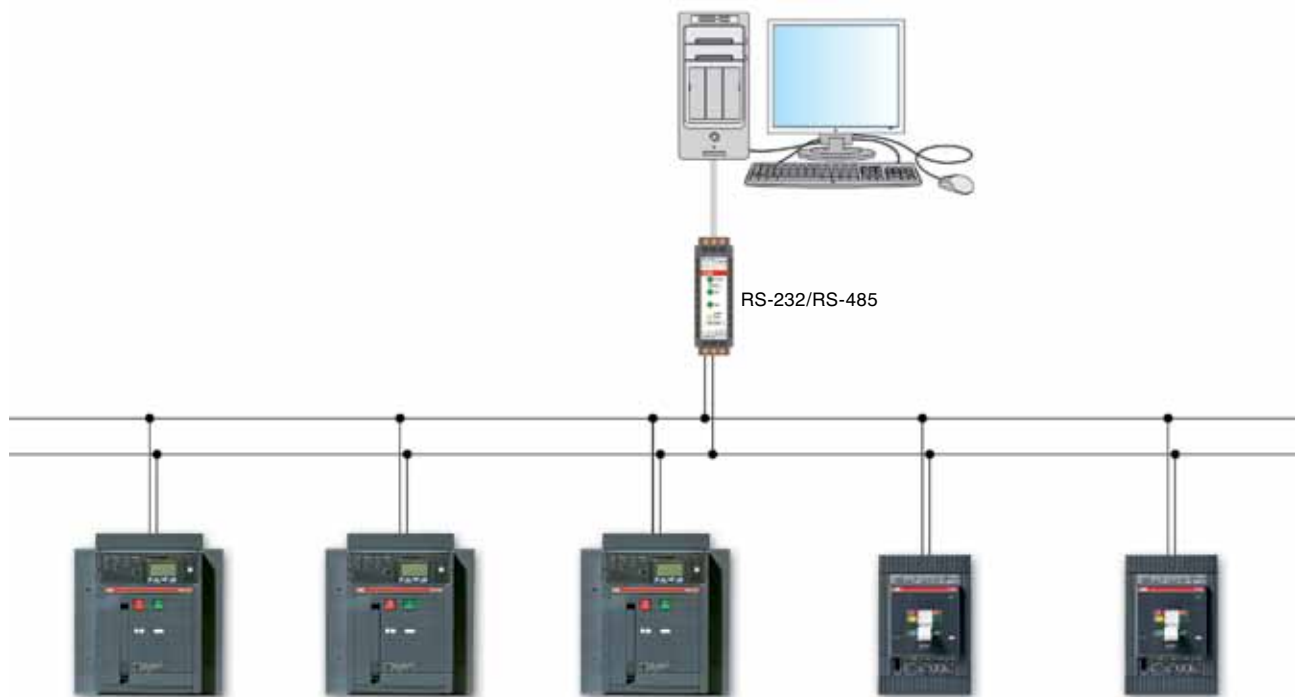
Новые автоматические выключатели АББ Emax, воздушные автоматические выключатели Emax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax не оборудованы встроенными помехозащищающими резисторами. При подключении других устройств, помимо выключателей АББ, нужно проверить, оборудованы ли они такими резисторами (обычно данные резисторы можно подключать и отключать непосредственно на самом устройстве).

Помехозащищающий резистор должен быть подключен к обоим концам главного кабеля. Если общая длина главного кабеля не превышает 50 м, то резисторы на его концах можно не устанавливать.

### 9. Подключение к персональному компьютеру

Если в роли ведущего устройства выступает персональный компьютер, подключение к шине выполняется обычно через преобразователь последовательного интерфейса RS-232/RS-485 как показано на следующем рисунке.

Рис. 29. Подключение ПК к шине через преобразователь последовательного интерфейса RS-232/RS-485 ILPH



### 4.3.1 Работа системы Modbus

Управление потоком информации по шине осуществляется через процедуру типа «Ведущий/Ведомый», причем в роли ведущего устройства выступает ПК или ПЛК, а в роли ведомого – выключатели. Ведущее устройство управляет всем трафиком по шине, и только оно может инициировать обмен данными. Оно передает данные или команды ведомым устройствам и запрашивает от них передачу данных. Ведомые устройства передают данные только в ответ на запрос ведущего.

Ведомые устройства не могут взаимодействовать непосредственно друг с другом: например, чтобы передать данные из одного ведомого устройства в другое, надо чтобы ведущее устройство прочло данные из первого ведомого устройства, а затем передало их второму ведомому устройству. Однако концепция применения выключателей АББ не предусматривает выполнения подобной задачи.

Обмен данными между выключателем (ведомым устройством) и ПК (ведущим устройством) выполняется в следующей последовательности:

- 1) ПК передает на шину команду<sup>8</sup> или запрос
- 2) Опрашиваемый выключатель отвечает, выполняя соответствующее действие, которое может быть следующим:
  - выполнение полученной команды;
  - отправка запрошенных данных;

<sup>8</sup> Команда (или запрос) включает идентификационный код выключателя, которому она адресована. Таким образом, хотя передача принимается всеми подключенными к сети устройствами, отвечает на нее лишь устройство-адресат.

- извещение ведущего устройства о том, что запрос выполнить невозможно.

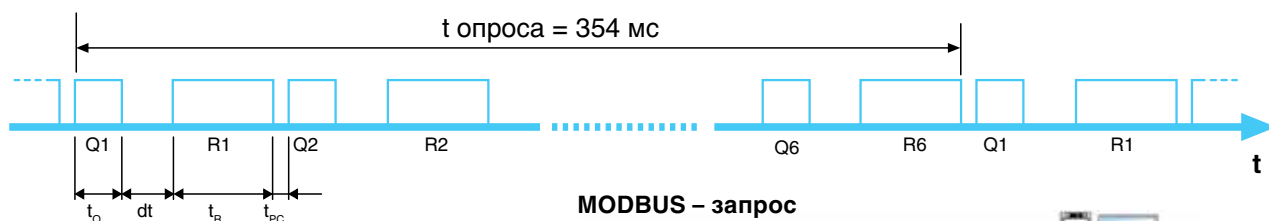
Выключатели опрашиваются компьютером с определенной периодичностью, то есть циклически, один за другим, поэтому полное сканирование распределительной электроустановки занимает некоторое предсказуемое время (период опроса).

Например, мы хотим считать значения токов шести выключателей Tmax с электронным расцепителем PR222DS/PD. Длительность взаимодействия ПК с каждым выключателем складывается из:

- времени опроса  $t_Q$  (которое необходимо ПК для опроса выключателя): 7 мс;
- интервала  $dt$  между запросом и ответом: 43 мс;
- времени ответа  $t_R$  (необходимого выключателю для ответа на запрос): 9 мс.

Исходя из этого, следует, что время опроса одного выключателя составляет примерно 59 мс. Считая его одинаковым для всех аппаратов, можно рассчитать примерный период опроса всех выключателей, который составит  $59 \times 6 = 354$  мс.

При расчете периода опроса, время обработки в компьютере  $t_{PC}$  (период от конца ОТВЕТА выключателя до начала ОПРОСА следующего выключателя) считается пренебрежимо малым.



Q = ЗАПРОС  
(запрос от ПК к выключателю)

R = ОТВЕТ  
(ответ выключателя, переданный на ПК)

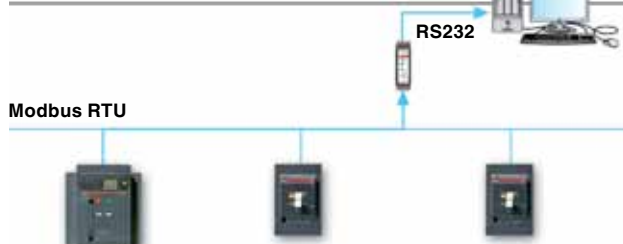
#### MODBUS – запрос

Локальная сеть



#### MODBUS – ответ

Локальная сеть



## 4.4 Программное обеспечение SD-Testbus 2 и SD-View 2000

### 4.4.1 SD-Testbus2

Бесплатное программное обеспечение (ПО) SD-TestBus2 предоставленное компанией АББ предназначено для:

- настройки сети Modbus и подключенных к ней устройств;
- обнаружения отказов и некорректной работы коммуникационной сети;
- тестирования, контроля и настройки расцепителей и других устройств сети Modbus.

ПО SD-TestBu2 позволяет:

- 1) контролировать работу сети Modbus, сканировать её на предмет обнаружения и идентификации новых ведомых устройств, обнаруживать ошибки и задавать параметры обмена данными для автоматических выключателей (такие как адрес, режим контроля четности, скорость передачи);

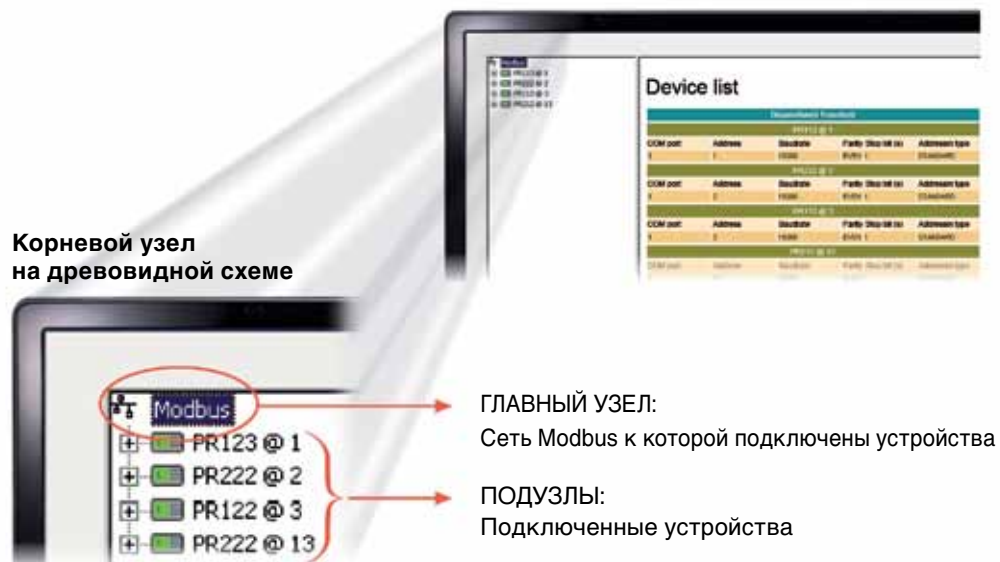
2) взаимодействовать в реальном времени со следующими устройствами:

- PR122/P и PR123/P с модулем связи PR120D-M;
- PR222DS/PD;
- PR223EF, PR223DS;
- PR332/P и PR333/P с модулем связи PR330D-M;
- интерфейсный модуль SD030DX.

#### 4.4.1.1 Сканирование системной шины

Функции ПО позволяют автоматически сканировать шину RS-485 и идентифицировать все имеющиеся на ней ведомые устройства с указанием их коммуникационных параметров. Устройства АББ автоматически распознаются и отображаются в списке устройств и на древовидной схеме.

Рис. 30. Окно SD-Testbus2 со списком устройств и древовидной схемой

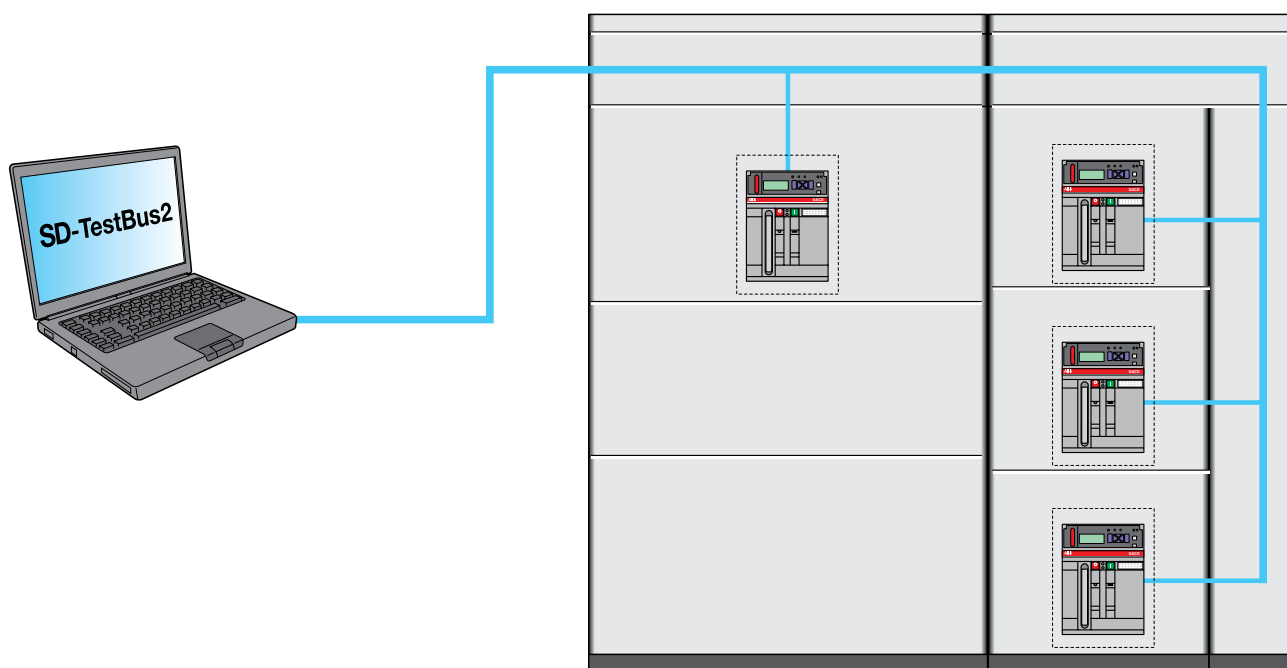




В процессе сканирования, помимо автоматических выключателей, обнаруживается присутствие любых устройств, способных к обмену данными с помощью протокола Modbus, с указанием их коммуникационных параметров.

По завершению сканирования, ПО SD-Testbus2 может выдать предупредительное сообщение о возможных проблемах или ошибках конфигурации (например, имеются два устройства с разными скоростями передачи), что обеспечивает полную диагностику коммуникационной сети. Кроме того, благодаря функции "Find Master", ПО SD-TestBus2 может контролировать присутствие ведущего устройства сети и отображать его коммуникационные параметры (COM-порт, скорость передачи, проверка на четность). Функция сканиро-

вания системной шины особенно полезна на стадии ввода в эксплуатацию распределительного щита, оборудованного аппаратами с возможностью связи с вышестоящими системами управления по сети Modbus. Функция позволяет обнаруживать неправильные соединения и ошибки при задании коммуникационных параметров (например, скорости передачи, числа стоповых битов и т.д.) или конфигурации (например, неправильные адреса) устройств с возможностью их исправления до ввода щита в эксплуатацию. Благодаря этим проверкам, в случае возникновения ошибок обмена данными с вышестоящей системой после ввода в эксплуатацию, их можно будет не относить на счет устройств щита.



#### 4.4.1.2 Взаимодействие с одним устройством

Для автоматических выключателей с электронными расцепителями имеется несколько графических страниц, с помощью которых можно:

- считывать информацию и данные;
- отправлять команды включения и отключения аппарата;
- задавать функции защиты.

Вот некоторые из этих страниц.

##### - Информация ("Information")

Эта страница отображает основные сведения об устройстве (версия ПО и состояние автоматического выключателя) и позволяет отправлять команды отключения и включения аппарата, а также включения мигающего индикатора на передней панели аппарата, по которому оператор может его идентифицировать.



Если аппарат находится в режиме местного управления, то отображаемые команды окрашены в серый цвет, указывающий на невозможность их выполнения.

##### Измерения ("Measures")

На этой странице в реальном времени отображаются результаты выполненных электронным расцепителем измерений; в зависимости от его типа, это могут быть значения:

- тока,
- напряжения,
- мощности и энергии;
- коэффициента мощности и частоты.



##### - Журнал измерений ("Measures History")

На этой странице отображаются зарегистрированные результаты измерений, выполненных электронным расцепителем, в частности:

- максимальный ток и фаза, в которой он зарегистрирован;
  - минимальные и максимальные напряжения и фазы, в которых они зарегистрированы;
  - средняя и максимальная активная мощность;
  - средняя и максимальная реактивная мощность;
  - средняя и максимальная полная мощность
- измеренные в течение последних 24 периодов, длительность которых задается в диапазоне от 5 минут (срок хранения данных 2 часа) до 120 минут (срок хранения данных 24 часа).

Если аппарат находится в режиме местного управления, то отображаемые команды окрашены в серый цвет, указывающий на невозможность их выполнения.



Функция "Measures History" доступна на следующих устройствах:

- PR122/P и PR123/P для Emax;
- PR332/P и PR333/P для Tmax T7 и Emax X1.



#### 4.4.2 SD-View 2000

Программное обеспечение SD-View 2000 устанавливается на ПК и предназначено для сбора данных, управления и контроля состояния небольших и средних распределительных электроустановок с оборудованием АББ.

Это ПО легко устанавливается пользователем, который, зная характеристики электроустановки (сколько и каких автоматических выключателей установлено и как они соединены друг с другом), должен ввести адреса и типологию контролируемых аппаратов. ПО самостоятельно распознает подключенные и сконфигурированные устройства (через Modbus-адреса) и отображает готовые графические страницы для каждого из них. Автоматическое распознавание всех установленных и подключенных к шине устройств позволяет вводить их в эксплуатацию без предварительного конфигурирования.

SD-View 2000 позволяет использовать ПК в качестве SCADA вышестоящей системы управления двухуровневой архитектуры:

1) Уровень управления

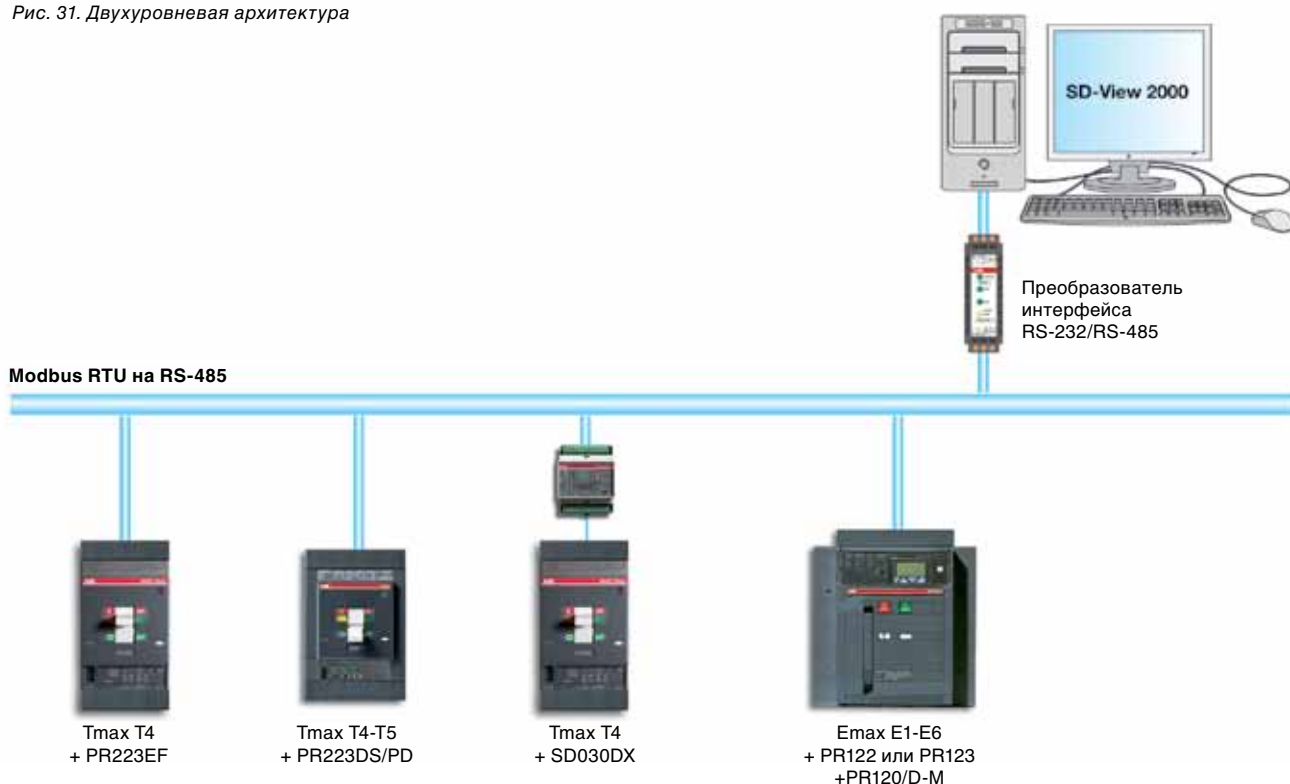
ПК, на котором установлено ПО SD-View2000.

2) Силовой уровень

Устройства АББ, подключенные к шине Modbus RS-485.

ПК может использовать до 4 последовательных портов, к каждому из которых может быть подключено до 31 устройства. Для управления и контроля электроустановки ПК используется в качестве рабочей станции оператора, позволяющей просматривать и распечатывать данные, а также выдавать все необходимые команды устройствам электроустановки.

Рис. 31. Двухуровневая архитектура

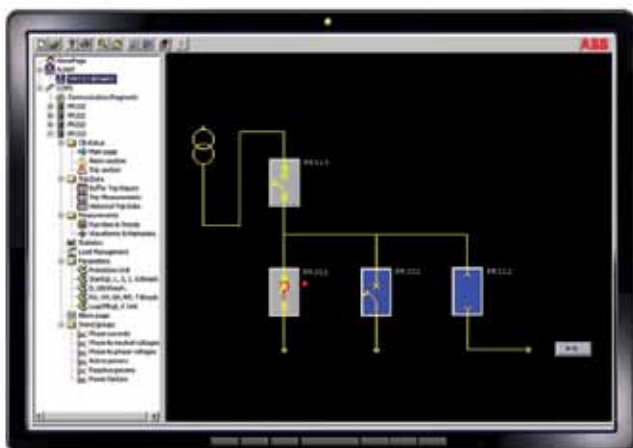


## Контроль электроустановки

ПО SD-View 2000 позволяет постоянно контролировать состояние электроустановки, а также легко и быстро управлять всеми ее функциями. Рабочая станция оператора (ПК с установленным SD-View 2000) собирает информацию с устройств электроустановки и управляет автоматическими выключателями, отдавая команды их расцепителям.

Панель со схемой электроустановки позволяет контролировать всю распределительную сеть. Все коммутационные аппараты отображаются символами, указывающими на их состояние (отключен/включен/сработал/установлен/выкачен) и наличие аварийных ситуаций.

Рис. 32. Отображение схемы электроустановки в SD-View 2000



Возможны следующие операции дистанционного управления:

- считывание и изменение уставок срабатывания расцепителей аппаратов защиты;
- контроль состояния аппаратов (отключен, включен, количество выполненных коммутационных операций, аварийное срабатывание);



- обнаружение аномальных ситуаций во время работы (например, перегрузки) по предупредительным сообщениям, в случае срабатывания защиты – получении сведений о типе неисправности (короткое замыкание, перегрузка, замыкание на землю) и значении токов, при которых произошло отключение;
- хранение данных в рабочем журнале электроустановки (энергопотребление, наиболее нагруженная фаза, все предупредительные и аварийные сообщения);
- график временных зависимостей параметров электроустановки.

Вся информация представляется на графических страницах с удобным интерфейсом, позволяющим пользователю управлять данными, поступающими от каждого автоматического выключателя.

### Подключаемые устройства

SD-View 2000 может управлять всеми автоматическими выключателями низкого напряжения от АББ с интерфейсами Modbus, как вновь разработанных, так и предыдущих серий:

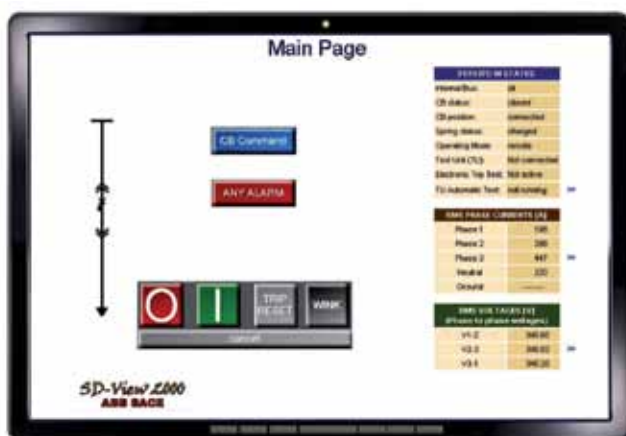
- воздушными автоматическими выключателями Emax от E1 до E6 (см. подраздел 4.1.1);
- воздушными автоматическими выключателями Emax X1 (см. подраздел 4.1.2);
- автоматическими выключателями в литом корпусе Tmax T7 (см. подраздел 4.1.2);
- автоматическими выключателями в литом корпусе Tmax типа T4, T5 и T6 (см. подраздел 4.1.3);

также интерфейсными модулями SD030DX воздушных автоматических выключателей и автоматических выключателей в литом корпусе, оборудованных термомагнитными расцепителями или электронными расцепителями базового исполнения, а также выключателями-разъединителями – воздушными или в литом корпусе (см. подраздел 4.2).

Все характеристики подключаемых устройств имеются в библиотеке системы. Пользователю не нужно задавать их конфигурации и загружать таблицы с наименованиями параметров, которые следует отображать для каждого расцепителя, или создавать графические таблицы – ему достаточно только один раз загрузить список подключенных устройств.

Как видно на рис. 33, графические страницы для каждого из автоматических выключателей просты и удобны в использовании.

Рис. 33. Главная графическая страница для воздушного автоматического выключателя Emax



Более подробная информация по работе с этим ПО приведена в руководстве пользователя «Диспетчерская система SD-View 2000».

### 4.5 Пример выбора оборудования для работы с дистанционным управлением и контролем

Рассмотрим распределительную электроустановку низкого напряжения с системой диспетчеризации, показанной на рис. 34.

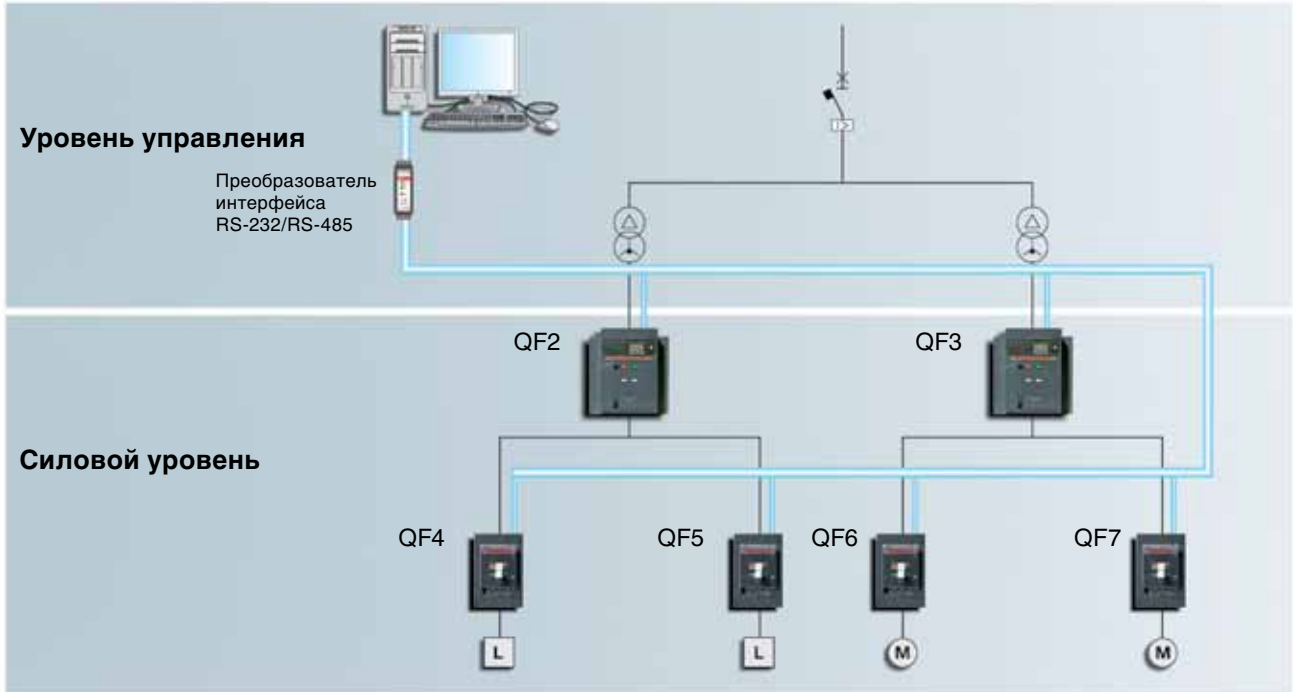
Система диспетчеризации использует промышленную сеть RS-485 протокола Modbus RTU. На уровне управления установлен ПК с ПО SD-View 2000 от АББ<sup>9</sup>. ПК работает в качестве системы SCADA. Он собирает, обрабатывает и сохраняет данные, получаемые от всех автоматических выключателей.

На силовом уровне находятся автоматические выключатели (воздушные – Emax, в литом корпусе – Tmax), оборудованные соответствующими электронными расцепителями:

- PR223DS (QF4, QF5, QF6 и QF7)
- PR123/P (QF2 и QF3).

<sup>9</sup> См. подраздел 4.4.2.

Рис. 34. Система диспетчерского управления и контроля распределительной электроустановки низкого напряжения



#### Выбор автоматических выключателей и аксессуаров для диспетчеризации

Для диспетчеризации электроустановки нужны:

- *Воздушные автоматические выключатели Emax E1 (QF2 и QF3) оборудованные:*
  - 1) электронным расцепителем PR123/P;
  - 2) модулем связи PR120/D-M;
  - 3) модулем измерений PR120/V (входит в базовую комплектацию расцепителя PR123/P);
  - 4) вспомогательным источником питания  $V_{aux}$  (см. приложение В).
- *Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4 (QF4, QF5, QF6 и QF7), оборудованные:*
  - 1) электронным расцепителем PR223DS;
  - 2) разъемом X3 (см. приложения В и С);
  - 3) модулем измерений VM210 (см. приложение D);
  - 4) разъемом X4 (см. приложение D);
  - 5) дополнительными контактами для электронного исполнения AUX-E (см. приложение E);
  - 6) вспомогательным источником питания  $V_{aux}$  (см. приложение В).

#### Выбор автоматических выключателей и аксессуаров для дистанционного управления

Для реализации дистанционного управления автоматическим выключателем необходимы:

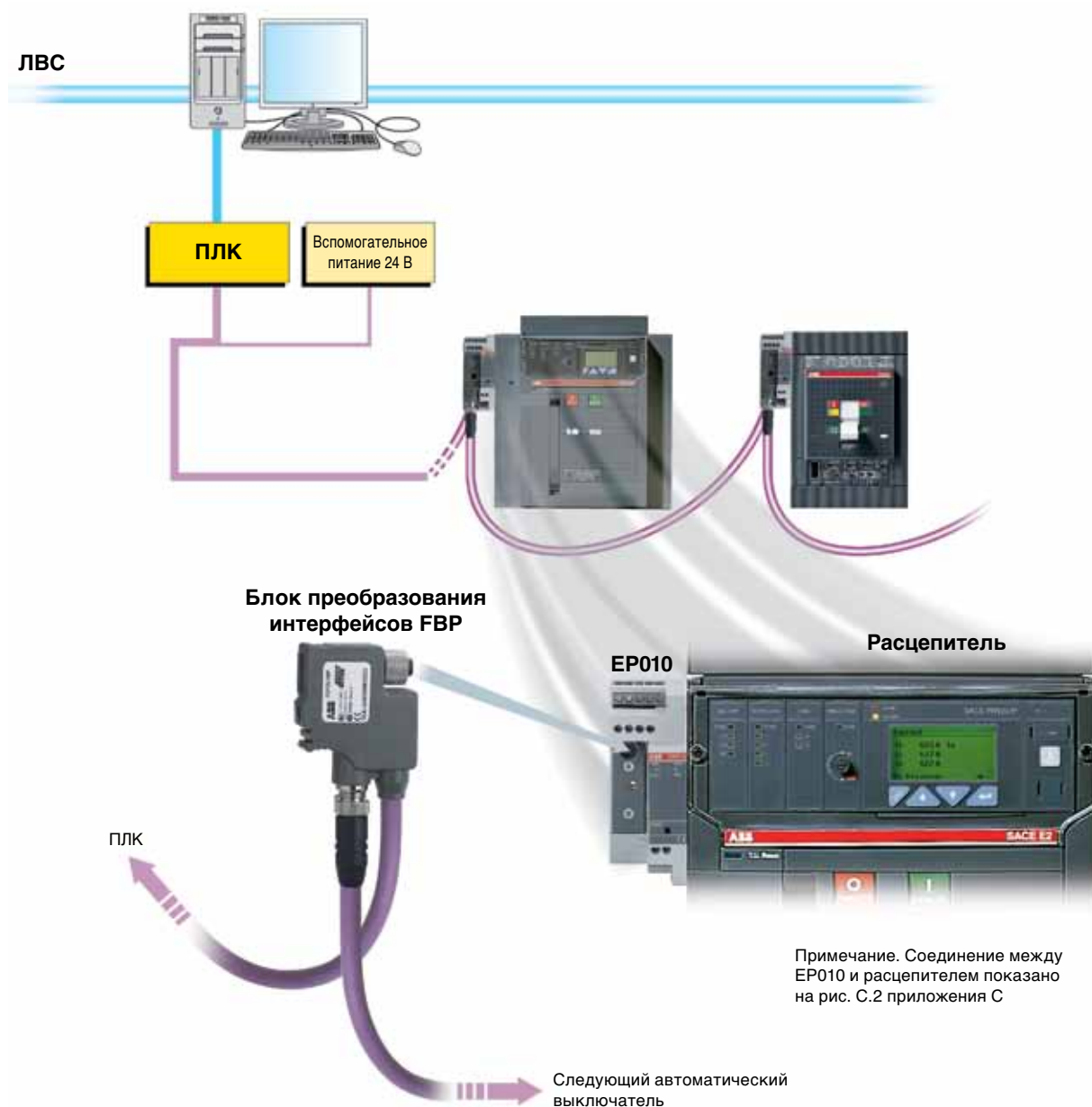
- *Для воздушных автоматических выключателей Emax E1 (QF2 и QF3):*
  - 1) реле отключения (YO);
  - 2) реле включения (YC);
  - 3) мотор-редуктор для автоматического взвода пружин включения (M).
- *Для автоматических выключателей в литом корпусе Tmax T4 (QF4, QF5, QF6 и QF7):*
  - 1) моторный привод с модулем MOE-E (см. приложение E);
  - 2) дополнительные контакты AUX-E для электронного исполнения (по умолчанию поставляются с MOE-E).

#### 4.6 Интеграция автоматических выключателей в промышленные сети Profibus DP или DeviceNet

Модуль интерфейса промышленной сети EP010 позволяет интегрировать автоматические выключатели АББ в промышленные сети протокола Profibus DP или DeviceNet. Для этой цели АББ предлагает блоки преобразования интерфейсов FBP Field-BusPlug, обеспечивающие обмен данными по различным протоколам. Подключение автоматических выключателей к промышленной сети осуществляется, как показано на рисунке.

В данной коммуникационной сети могут работать и другие изделия АББ, такие как ПЛК, пускатели и универсальные контроллеры электродвигателей, устройства плавного пуска и датчики положения.

Таким образом, автоматические выключатели могут использоваться в системах промышленной автоматизации в различных решениях, объединяющих управление технологическим процессом с управлением питающей его системой распределения электроэнергии.





#### 4.6.1 Диспетчеризация и дистанционное управление

##### 4.6.1.1 Воздушные автоматические выключатели Emax E1-E2-E3-E4-E6

*ProfibusDP и DeviceNet: диспетчеризация и дистанционное управление*

Воздушные автоматические выключатели Emax с электронными расцепителями типа PR122/P и PR123/P подключаются к модулю EP010 через модуль связи PR120/D-M (см. приложение С).

Питание 24 В пост. тока для EP010 подается через блок преобразования интерфейсов FBP, который также обеспечивает соединение с шиной.

Подключенный к EP010 расцепитель должен получать вспомогательное питание от источника Vaux (его характеристики указаны в приложении В).

Подключение автоматических выключателей к промышленной сети осуществляется через подходящий блок преобразования интерфейсов FBP:

- PDP22-FBP для ProfibusDP;
- DNP21-FBP для DeviceNet.

##### - Электронные расцепители типа PR122/P и PR123/P

Результаты измерений, аварийные сообщения и другие данные, передаваемые расцепителями PR122/P и PR123/P в указанных ниже конфигурациях перечислены в таблице 1 приложения А.

Операции дистанционного управления автоматическими выключателями перечислены в разделе «Команды» таблицы А.3 приложения А.

При переводе расцепителя в режим местного управления все переданные по шине команды дистанционного управления отменяются.



#### 4.6.1.2 Воздушные автоматические выключатели Emax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7

*Profibus DP и DeviceNet: диспетчеризация и дистанционное управление*

Воздушные автоматические выключатели Emax X1 с электронными расцепителями PR332/P or PR333/P, а также автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7 с электронными расцепителями PR332/P, подключаются к модулю EP010 через модуль связи PR330/D-M, как показано в приложении С. Питание 24 В пост. тока для EP010 подается через блок преобразования интерфейсов FBP, который также обеспечивает соединение с шиной.

Подключенный к EP010 расцепитель должен получать вспомогательное питание от источника Vaux (его характеристики указаны в приложении В).

Подключение автоматических выключателей к промышленной сети осуществляется через подходящий блок преобразования интерфейсов FBP:

- PDP22-FBP для ProfibusDP;
- DNP21-FBP для DeviceNet.

**- Электронные расцепители типа PR332/P и PR333/P**  
Результаты измерений, аварийные сообщения и другие данные, передаваемые расцепителями PR332/P и PR333/P в указанных ниже конфигурациях перечислены в таблице А.3 приложения А.

Операции дистанционного управления автоматическими выключателями перечислены в разделе «Команды» таблицы А.3 приложения А.

При переводе расцепителя в режим местного управления, все переданные по шине команды дистанционного управления отменяются.



#### 4.6.1.3 Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6

*ProfibusDP и DeviceNet: диспетчеризация и дистанционное управление*

Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6 с электронными расцепителями PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS, подключаются к модулю EP010 через разъем X3 (см. в приложение С).

Питание 24 В пост. тока для EP010 подается через блок преобразования интерфейсов FBP, который также обеспечивает соединение с шиной.

Подключенный к EP010 расцепитель должен получать вспомогательное питание от источника  $V_{aux}$  (его характеристики указаны в приложении В).

Подключение автоматических выключателей к промышленной сети осуществляется через подходящий блок преобразования интерфейсов FBP:

##### - Электронный расцепитель PR222DS/PD

- PDP22-FBP для ProfibusDP;
- DNP21-FBP для DeviceNet.

Для реализации дистанционного управления, то есть практического выполнения принятых команд на включение или отключение, выключатели в литом корпусе серии Tmax T4, T5 и T6 должны быть оборудованы моторным приводом с электронным интерфейсом MOE-E (приложение Е) и дополнительными контактами AUX-E для электронного исполнения.

Результаты измерений, аварийные сообщения и другие данные, передаваемые электронными расцепителями PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS в указанных ниже конфигурациях перечислены в таблице А.4 приложения А. Операции дистанционного управления автоматическими выключателями перечислены в разделе «Команды» таблицы А.4 приложения А.

При переводе расцепителя в режим местного управления все переданные по шине команды дистанционного управления отменяются.



##### - Электронный расцепитель PR223EF



- Электронный расцепитель PR223DS



Примечание. Более подробная информация о диалоговых функциях и характеристиках изделий, указанных в этой главе, содержится в соответствующих технических каталогах и руководствах по эксплуатации.

## 5 Примеры применения

Приведем несколько примеров применения автоматических выключателей АББ в цифровых системах автоматизации:

- диспетчерское управление коммутацией и функциями защиты аппаратов;
- контроль распределения затрат на электроэнергию внутри предприятия;
- управление приоритетными и неприоритетными нагрузками.

### 5.1 Диспетчерское управление коммутацией и функциями защиты автоматических выключателей

Рассмотрим систему управления электростанцией. Для установок данного типа очень важно обеспечить непрерывное управление не только производством электроэнергии, но и питанием служб жизнеобеспечения (диспетчерской, системы отопления, мотор-редукторов автоматических выключателей и выключателей-разъединителей,

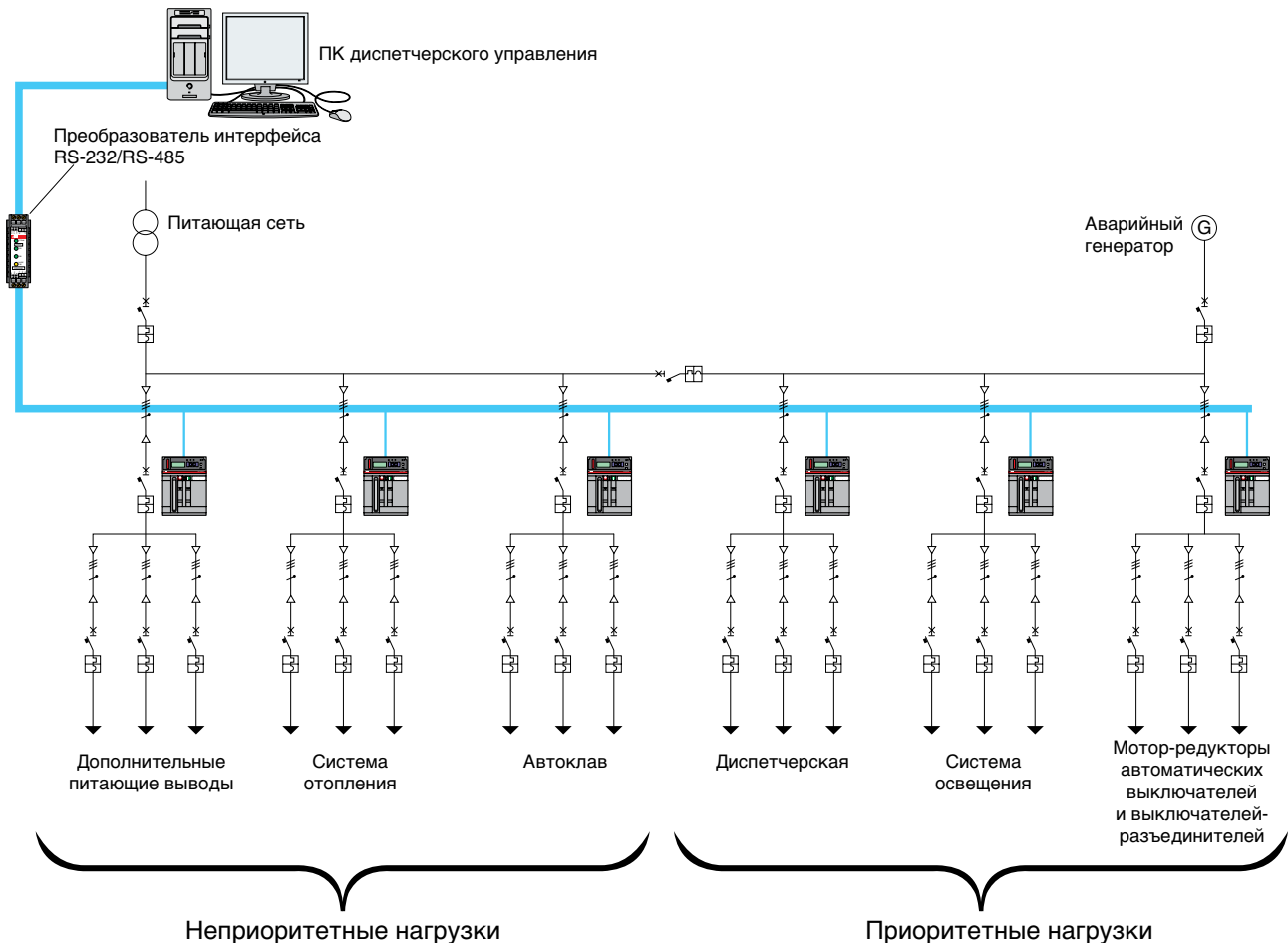
противопожарной системы, наружного освещения, дополнительных питающих выводов и т. д.). Всё это цепи низкого напряжения.

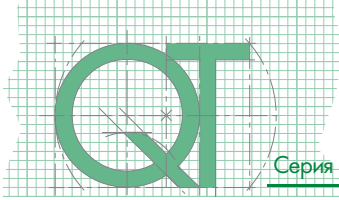
В систему также входит аварийный генератор для питания приоритетных нагрузок. В каждом распределительном щите имеется главный автоматический выключатель Еmax с расцепителем PR122/P-PR123/P. Расцепитель PR123/P используется только в распределительных щитах приоритетных нагрузок с возможностью питания от генератора, поэтому он имеет функцию «двойные уставки»: в его памяти хранится два набора уставок, первый – для работы в нормальных условиях с питанием от сети, второй – для аварийных условий с питанием от генератора; переключение между наборами уставок производится мгновенно.

Расцепители PR122/P и PR123/P оборудованы коммуникационным интерфейсом Modbus (дополнительный модуль PR120/D-M) и подключены к системе диспетчерского управления.

Эта система взаимодействует с автоматическими выключателями по коммуникационной сети протокола

Рис. 36. Схема питания служб жизнеобеспечения электростанции





Modbus и отображает три типа информации, получаемой от вспомогательных систем:

- аварийные сообщения о срабатывании защиты от перегрузки;
- сопутствующие данные о срабатывании защит (в случае аварийного срабатывания отображаются значения отключенных токов, осциллограммы, записанные расцепителем в свой журнал);
- данные, касающиеся срока службы каждого автоматического выключателя (количество коммутационных операций и процент износа главных контактов).

Система диспетчерского управления циклически считывает информацию с каждого автоматического выключателя по коммуникационной шине.

Аварийные и предупредительные сообщения отображаются для операторов в диспетчерской и сохраняются в базе данных системы диспетчерского управления.

Имеющиеся данные позволяют:

- 1) контролировать в реальном времени состояния цепей питания служб жизнеобеспечения;
- 2) осуществлять диагностический и статистический анализ произошедших аномалий для предупреждения их в будущем, повышения эффективности вспомогательных систем, что способствует повышению эффективности работы всей электростанции.

Кроме того, данные о сроке службы каждого автоматического выключателя (количество выполненных коммутационных операций и процент износа главных контактов) передаются через локальную сеть в базу данных и используются для планирования профилактического обслуживания аппаратов с целью обеспечить их бесперебойную работу.

## 5.2 Распределение затрат на электроэнергию внутри предприятия

Для правильного ценообразования важно знать расходы на электроэнергию, потребляемую технологическими линиями, выпускающими ту или иную продукцию. Рассмотрим промышленное предприятие, выпускающее моющие средства на трех технологических линиях. Каждая линия производит один тип моющего средства, отличающийся составом, расфасовкой и видом упаковки. Все линии заняты схожими технологическими процессами, начинающимися со смешивания различного исходного сырья. Три линии должны производить различные объемы продукции, поэтому и время их работы планируется по отдельности: в определенный момент одна из них может быть загружена полностью, а остальные – остановлены.

Для правильного управления предприятием необходимо знать энергозатраты каждого из производств.

В частности, рассматриваемые расходы на оплату электроэнергии могут складываться из:

- платы за электроэнергию, пропорциональной количеству киловатт-часов, потребленных каждой технологической линией;
- штрафа за реактивную энергию, пропорционального количеству минут, в течение которых коэффициент электрооборудования потребителя был ниже установленного электросбытовой организацией.

### 5.2.1 Сети распределения электроэнергии и связи

Электрораспределительная сеть низкого напряжения имеет радиальную структуру. У каждой технологической линии имеется свой распределительный шкаф QBT-PR, снабжающий питанием производственное оборудование, и распределительный шкаф линии расфасовки QBT-AU, снабжающий питанием оборудование для автоматической заливки продукции по бутылкам и их дальнейшей упаковки. В каждом из распределительных щитов имеется главный автоматический выключатель Emax E2, оборудованный следующими аксессуарами:

- электронным расцепителем PR122/P;
- модулем измерения PR120/V;
- модулем связи Modbus PR120/D-M.

Расцепители получают питание 24 В пост. тока от источников питания АББ типа CP-24/1. В каждом из щитов имеется по одному такому источнику питания.

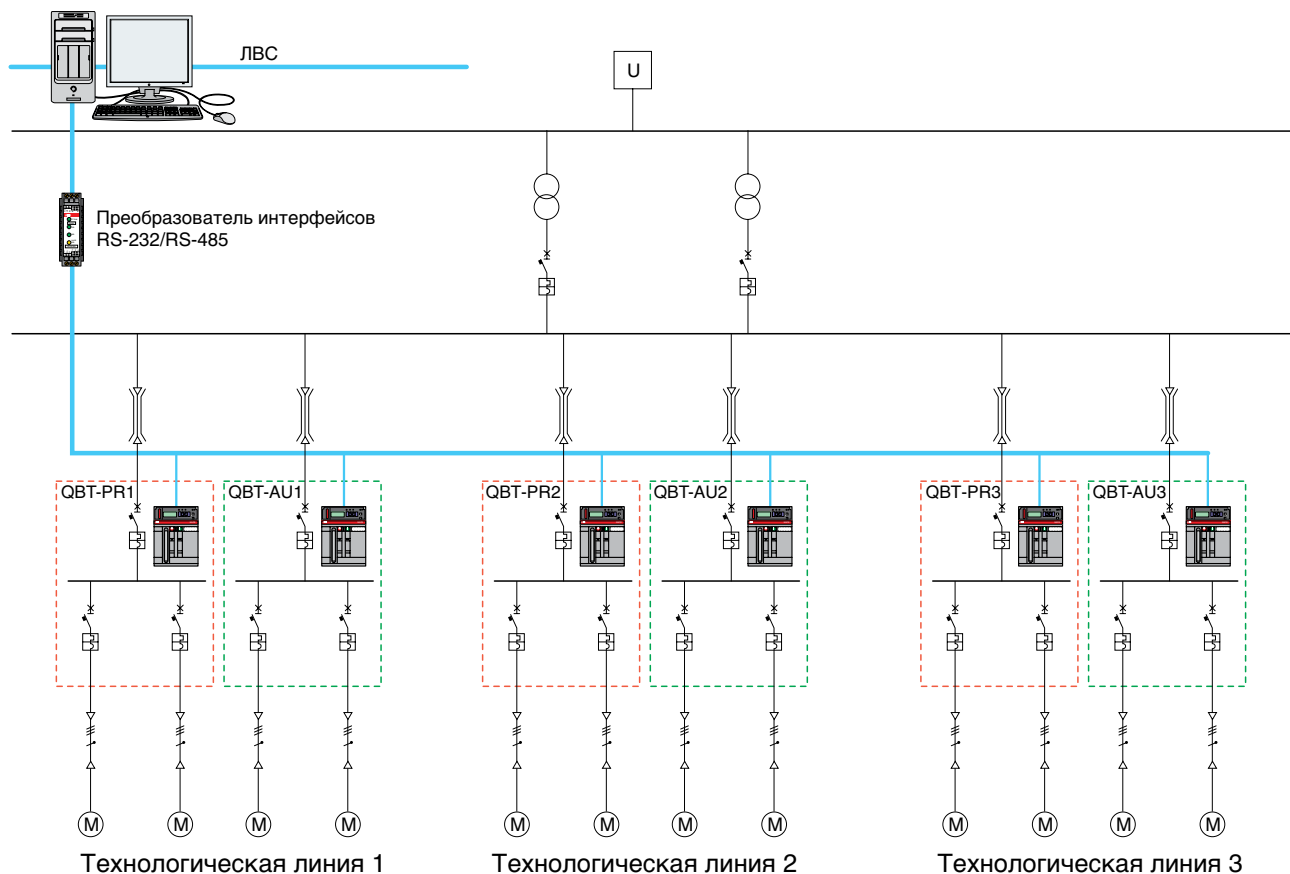
Все главные автоматические выключатели подключены экранированным кабелем к коммуникационной шине RS-485, соединяющей их с ПК, на котором установлено ПО диспетчерского управления. Компьютер, в свою очередь, входит в локальную сеть управления предприятием.

### 5.2.2 Функционирование

Наличие модулей PR120/V позволяет расцепителям всех главных автоматических выключателей непрерывно измерять активную и реактивную мощность, а также соэф их нагрузок. Расцепитель снабжен счетчиком электроэнергии, который с заданной периодичностью регистрирует суммарное значение потребленной активной электроэнергии.

Все указанные выше изделия доступны через сеть как регистры, считываемые с помощью протокола Modbus. Программное обеспечение по диспетчерскому управлению выполняет простой цикл опроса, в ходе которого считывает из регистров автоматических выключателей суммарное значение электроэнергии и измеренную реактивную мощность. Период опроса может составлять, например, 5 с.

Каждые 15 мин. приложение записывает файл со значениями суммарной потребленной электроэнергии и средней реактивной мощности для каждого автоматического выключателя. Зарегистрированные таким образом значения анализируются специалистами, ответственными за распределение затрат на активную и реактивную энергию между технологическими линиями.



### 5.3 Управление приоритетными и неприоритетными нагрузками

В торговом центре может быть несколько холодильных камер, каждая из которых имеет собственный холодильный контур. Каждый контур оборудован собственным термостатом и может включаться автоматически и независимо.

Кроме того, каждая камера может работать в нормальном режиме (хранения) или в режиме быстрого замораживания, позволяющем как можно скорее охладить загруженные продукты. В последнем случае возникает пиковое потребление.

Помимо морозильных камер, электрораспределительная сеть питает их внутреннее освещение, кондиционирование воздуха и внешнее аварийное освещение. Последнее считается неприоритетной нагрузкой и при необходимости может быть отключено для сокращения энергопотребления.

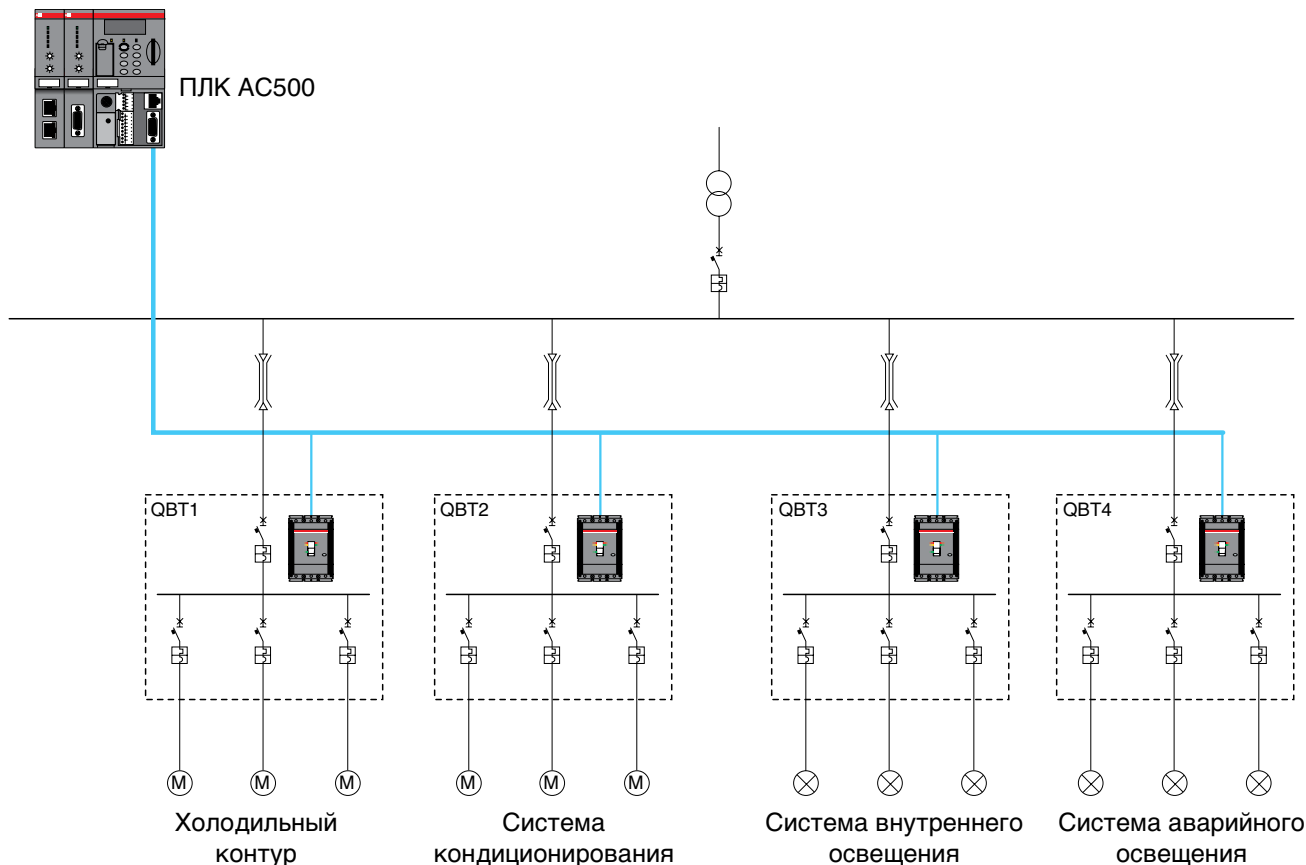
Главные автоматические выключатели каждого щита вторичного распределения QBT1, QBT2, QBT3 и QBT4 – это аппараты серии Tmax с расцепителями PR222DS/PD, оборудованными интерфейсами Modbus.

Кроме того, каждый автоматический выключатель оборудован дополнительными контактами с электронным интерфейсом AUX-E и мотор-приводом с электронным интерфейсом MOE-E. Автоматические выключатели подключены к одной коммуникационной шине Modbus RTU, ведущим устройством которой является ПЛК AC500 с интерфейсом RS-485.

Рабочая программа ПЛК управляет нагрузками: она циклически считывает значения токов главных автоматических выключателей и выдает команды на отключение неприоритетных нагрузок, когда суммарный потребляемый ток превышает заданный предел, или при наступлении других запрограммированных условий работы. Эти условия могут быть связаны с тарифами на электроэнергию в периоды пикового потребления (электроэнергия может быть дороже днем, в часы пиковой нагрузки, и дешевле в ночные часы).

Управление нагрузками преследует две цели:

- предотвращение срабатывания главных автоматических выключателей для защиты от перегрузки;
- снижение, насколько возможно, потребления в часы, когда тарифы на электроэнергию наиболее высоки.





# Приложение А: Результаты измерений, команды и другие данные для диспетчеризации и дистанционного управления

## Диспетчерское управление через промышленную сеть Modbus RTU

Таблица А. 1. Результаты измерений, команды и другие данные, передаваемые воздушными автоматическими выключателями Emax и Emax X1, автоматическими выключателями в литом корпусе Tmax T7

		E1+E6			T7-X1		X1
		PR122/P+ PR120/D-M	PR122/P+ PR120/D-M+ PR120/V	PR123/P+ PR120/D-M	PR332/P+ PR330/D-M	PR332/P+ PR330/D-M+ PR330/V	PR333/P+ PR330/D-M
<b>Значения электрических параметров</b>	Токи в фазных (IL1, IL2, IL3) и нейтральном (IN) рабочих проводниках, защитном проводнике	■	■	■	■	■	■
	Напряжения (фазные, линейные, остаточное)	■	■	■	■	■	■
	Мощность: суммарная и по фазам (активная P, реактивная Q, полная S)	■	■	■	■	■	■
	Кэффициент мощности	■	■	■	■	■	■
	Кэффициент амплитуды (Iампл./Iдейств.)	■	■	■	■	■	■
	Частота	■	■	■	■	■	■
	Энергия суммарная и по фазам (активная, реактивная, полная)	■	■	■	■	■	■
	Анализ гармоник (THDi, THDv и спектр) до 40-й (до 35-й при f= 60 Гц)	■	■	■	■	■	■
	Осциллограммы токов в фазных и нейтральном проводниках	■	■	■	■	■	■
	Осциллограммы линейных напряжений	■	■	■	■	■	■
	Регистратор данных	■	■	■	■	■	■
	Журнал измерений (Iмакс.)	■	■	■	■	■	■
<b>Информация о состоянии</b>	Состояние и положение аппарата (вкл./откл., установлен/выквачен)	■	■	■	■	■	■
	Состояние пружин (взведены/разряжены)	■	■	■	■	■	■
	Режим управления (местное, дистанционное)	■	■	■	■	■	■
	Заданные параметры защиты, параметры для управления нагрузкой	■	■	■	■	■	■
<b>Сервисные данные</b>	Общее количество ручных операций и срабатываний	■	■	■	■	■	■
	Количество проверочных срабатываний и операций, выполненных вручную	■	■	■	■	■	■
	Число срабатываний каждой функции защиты	■	■	■	■	■	■
	Износ главных контактов (%)	■	■	■	■	■	■
<b>Сообщения о срабатываниях защиты</b>	Записи данных о последних 20 срабатываниях	■	■	■	■	■	■
	Защита L, S, I, G	■	■	■	■	■	■
	Направленная защита D (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от небаланса токов U (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от перегрева расцепителя OT	■	■	■	■	■	■
	Защита от небаланса напряжений U (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от падения напряжения UV (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от повышенного напряжения OV (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от остаточного напряжения RV (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от обратного потока мощности RP (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
<b>Диагностические сообщения</b>	Защита от пониженной частоты UF (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от повышенной частоты OF (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Команда срабатывания не выполнена	■	■	■	■	■	■
	Износ контактов = 100 %	■	■	■	■	■	■
	Ошибка модуля сопряжения	■	■	■	■	■	■
<b>Команды</b>	Катушка отключения (TC) отсоединена или повреждена	■	■	■	■	■	■
	Датчики тока отсоединены	■	■	■	■	■	■
	Включение/отключение автоматического выключателя	■	■	■	■	■	■
	Сброс аварийных сигналов	■	■	■	■	■	■
<b>События</b>	Задание уставок и кривых срабатывания защиты	■	■	■	■	■	■
	Системная синхронизация времени срабатывания каждого выключателя	■	■	■	■	■	■
	Изменение состояния выключателя, функций защиты и аварийных сигналов (последние 80)	■	■	■	■	■	■

Более подробная информация об электрических параметрах, данных и аварийных сигналах содержится в документе:  
 - Руководство по эксплуатации PR122-3/P+PR120/D-M-PR332-3/P+PR330/D-M с системным интерфейсом Modbus

Таблица А.2. Результаты измерений, команды и другие данные, передаваемые автоматическими выключателями в литом корпусе Tmax T4, T5 и T6

		PR222DS/PD	PR223EF	PR223EF + VM210	PR223DS	PR223DS + VM210
<b>Значения электрических параметров</b>	Токи в фазных (IL1, IL2, IL3) и нейтральном (IN) рабочих проводниках, защитном проводнике (Ig)	■	■	■	■	■
	Линейные напряжения (V12-V23-V31)			■		■
	Фазные напряжения (V1-V2-V3)			■		■
	Коэффициент амплитуды (L1-L2-L3-N)		■	■	■	■
	Частота			■		■
	Мощность: суммарная и по фазам (активная P, реактивная Q, полная S)					■
	Суммарный коэффициент мощности					■
	Суммарная энергия (активная, реактивная, полная)					■
<b>Информация о состоянии</b>	Состояние автоматического выключателя (включен, отключен, сработал)	■	■	■	■	■
	Режим управления (местное, дистанционное)	■	■	■	■	■
	Уставки функций защиты	■	■	■	■	■
	Записи данных о последних n срабатываниях	1	20	20	20	20
<b>Сервисные данные</b>	Общее количество выполненных операций	■	■	■	■	■
	Общее количество срабатываний	■	■	■	■	■
	Количество тестовых срабатываний	■	■	■	■	■
	Количество операций вкл/выкл, выполненных в ручном режиме	■	■	■	■	■
	Количество срабатываний отдельно для каждой функции защиты L-S-I-G	■	■	■	■	■
	Число срабатываний отдельно для каждой функции защиты EF-SOS		■	■		
<b>Сообщения о срабатываниях защиты</b>	Мгновенная защита от короткого замыкания I (значения отключения)	■	■	■	■	■
	Защита L, S, G (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■
	Защита EF, SOS (параметры отключения)		■	■		
<b>Диагностические сообщения</b>	Команда срабатывания не выполнена	■	■	■	■	■
	Перегрев MOE-E	■	■	■	■	■
	Катушка отключения отсоединена или повреждена		■	■	■	■
<b>Команды</b>	Включение/отключение автоматического выключателя (с MOE-E)	■	■	■	■	■
	Сброс аварийных сигналов	■	■	■	■	■
	Возврат автоматического выключателя в исходное положение (с MOE-E)	■	■	■	■	■
	Настройка кривых защиты и уставок срабатывания	■	■	■	■	■
<b>События</b>	Изменение состояния выключателя, функций защиты и аварийных сигналов	■	■	■	■	■

Более подробная информация об электрических параметрах, данных и аварийных сигналах содержится в документах:

- Руководство по эксплуатации PR223EF с системным интерфейсом Modbus
- Руководство по эксплуатации PR223DS с системным интерфейсом Modbus
- Руководство по эксплуатации PR222DS/PD с системным интерфейсом Modbus.

## Диспетчерское управление по промышленной сети Profibus DP и DeviceNet

Таблица А.3. Результаты измерений, команды и другие данные, передаваемые воздушными автоматическими выключателями Emax и X1, автоматическими выключателями в литом корпусе Tmax T7

		E1+E6			T7-X1		X1
		PR122/P+ PR120/D-M+ EP010	PR122/P+ PR120/D-M+ PR120/V+ EP010	PR123/P+ PR120/D-M+ EP010	PR332/P+ PR330/D-M+ EP010	PR332/P+ PR330/D-M+ PR330/V+ EP010	PR333/P+ PR330/D-M+ EP010
<b>Значения электрических параметров</b>	Токи в фазных (IL1, IL2, IL3) и нейтральном (IN) рабочих проводниках, защитном проводнике	■	■	■	■	■	■
	Напряжения (фазные, линейные, остаточное)		■	■		■	■
	Мощность: суммарная и по фазам (активная P, реактивная Q, полная S)		■	■		■	■
	Суммарный коэффициент мощности		■	■		■	■
	Частота		■	■		■	■
	Суммарная энергия (активная, реактивная, полная)		■	■		■	■
	Анализ гармоник (THDi, THDv и спектр) до 25-й (нечетные)			■			■
<b>Информация о состоянии</b>	Состояние автоматического выключателя (включен, отключен, сработал)	■	■	■	■	■	■
	Положение автоматического выключателя (установлен, выкачен, сработал)	■	■	■	■	■	■
	Состояние пружин (взведены/разряжены)	■	■	■	■	■	■
	Режим управления (местное, дистанционное)	■	■	■	■	■	■
	Заданные параметры защиты	■	■	■	■	■	■
<b>Сервисные данные</b>	Общее количество выполненных операций	■	■	■	■	■	■
	Общее количество срабатываний	■	■	■	■	■	■
<b>Сообщения о срабатываниях защиты</b>	Защита L	■	■	■	■	■	■
	Защита S	■	■	■	■	■	■
	Защита I	■	■	■	■	■	■
	Защита G	■	■	■	■	■	■
	Защита от небаланса токов U (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от перегрева расцепителя OT	■	■	■	■	■	■
	Защита от небаланса напряжений U (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от падения напряжения UV (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от повышенного напряжения OV (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от остаточного напряжения RV (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита по обратному потоку мощности RP (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от пониженной частоты UF (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Защита от повышенной частоты OF (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■	■
	Направленная защита от короткого замыкания D (уставка и задержка)	■	■	■	■	■	■
<b>Диагностические сообщения</b>	Команда срабатывания не выполнена	■	■	■	■	■	■
	Износ контактов = 100 %	■	■	■	■	■	■
	Ошибка модуля сопряжения	■	■	■	■	■	■
	Катушка отключения (TC) отсоединена или повреждена	■	■	■	■	■	■
	Датчики тока отсоединены	■	■	■	■	■	■
<b>Команды</b>	Включение/отключение автоматического выключателя	■	■	■	■	■	■
	Сброс аварийных сигналов	■	■	■	■	■	■

Более подробная информация об электрических параметрах, данных и аварийных сигналах содержится в документе:  
 - Интерфейс Modbus/FBP. Руководство по эксплуатации

Таблица А.4. Результаты измерений, команды и другие данные, передаваемые автоматическими выключателями в литом корпусе Tmax T4, T5 и T6

		PR222DS/ PD + EP010	PR223EF + EP010	PR223EF + VM210 + EP010	PR223DS + EP010	PR223DS + VM210 + EP010
<b>Значения электрических параметров</b>	Токи в фазных (IL1, IL2, IL3) и нейтральном (IN) рабочих проводниках, защитном проводнике (I <sub>g</sub> )	■	■	■	■	■
	Линейные напряжения (V12-V23-V31)			■		■
	Фазные напряжения (V1-V2-V3)			■		■
	Коэффициент амплитуды (L1-L2-L3-N)		■	■	■	■
	Частота			■		■
	Мощность: суммарная и по фазам (активная P, реактивная Q, полная S)					■
	Суммарный коэффициент мощности					■
	Суммарная энергия (активная, реактивная, полная)					■
<b>Информация о состоянии</b>	Состояние автоматического выключателя (включен, отключен, сработал)	■	■	■	■	■
	Режим управления (местное, дистанционное)	■	■	■	■	■
	Уставки функций защиты	■	■	■	■	■
<b>Сервисные данные</b>	Общее количество выполненных операций	■	■	■	■	■
	Общее количество срабатываний	■	■	■	■	■
	Количество срабатываний отдельно для каждой функции защиты L-S-I-G	■	■	■	■	■
	Число срабатываний отдельно для каждой функции защиты EF-SOS		■	■	■	■
	Количество тестовых срабатываний		■	■	■	■
	Количество операций вкл/выкл, выполненных в ручном режиме		■	■	■	■
<b>Сообщения о срабатываниях защиты</b>	Защита L (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■
	Защита S (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■
	Защита G (время и параметры отключения)	■	■	■	■	■
	Защита I (значения отключения)	■	■	■	■	■
	Защита EF, SOS		■	■	■	■
<b>Диагностические сообщения</b>	Команда срабатывания не выполнена	■	■	■	■	■
	Перегрев МОЕ-Е	■	■	■	■	■
	Катушка отключения отсоединена или повреждена		■	■	■	■
<b>Команды</b>	Включение/отключение автоматического выключателя (с МОЕ-Е)	■	■	■	■	■
	Возврат автоматического выключателя в исходное положение (с МОЕ-Е)	■	■	■	■	■
	Сброс аварийных сигналов	■	■	■	■	■
<b>События</b>	Изменение состояния выключателя, функций защиты и аварийных сигналов	■	■	■	■	■

Более подробная информация об электрических параметрах, данных и аварийных сигналах содержится в документе:  
 - Интерфейс Modbus/FBP. Руководство по эксплуатации

## Приложение В: электрические характеристики вспомогательного источника питания

### Воздушные автоматические выключатели Е1, Е2, Е3, Е4 и Е6

Электрические характеристики	PR122/P-PR123/P
Номинальное напряжение	24 В пост. тока ± 20%
Максимальные пульсации	5 %
Пусковой ток при 24 В	10 А в течение 5 мс
Номинальный ток при 24 В	~ 170 мА*
Номинальная мощность при 24 В	4 Вт*

\* Значение указано для питания PR12X/P с модулем связи PR120/D-M

### Воздушные автоматические выключатели Еmax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7

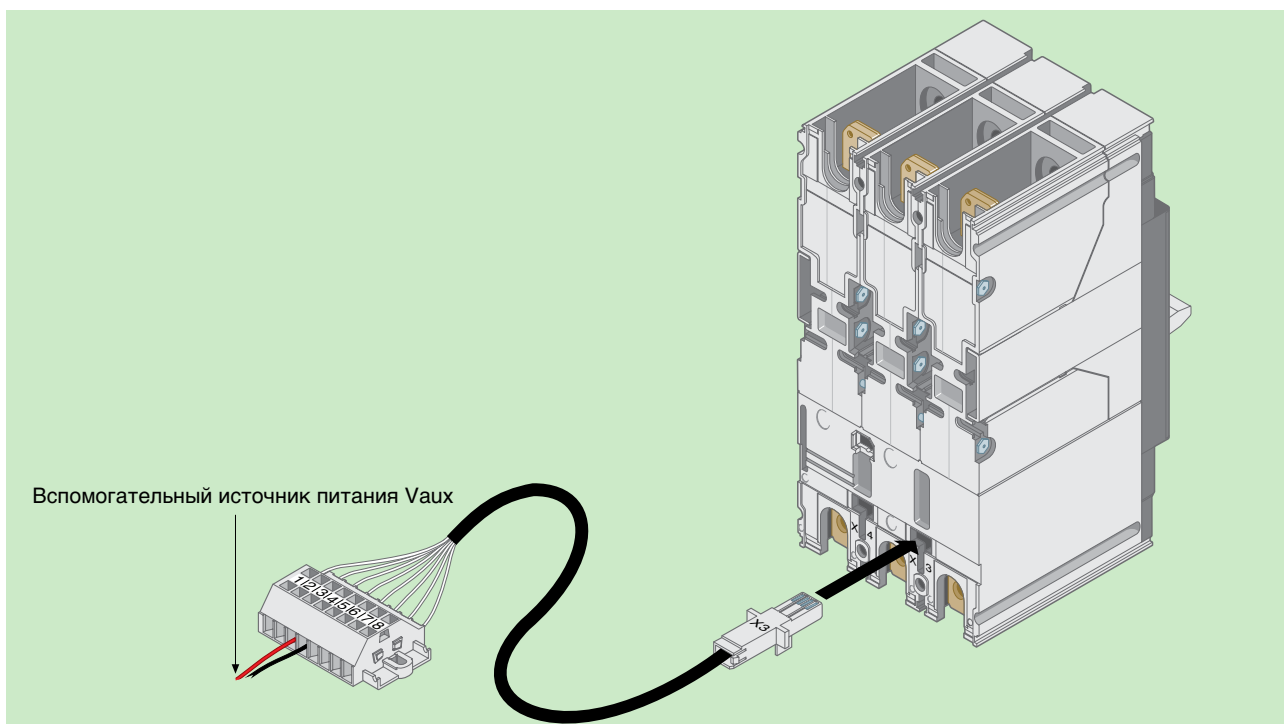
Электрические характеристики	PR332/P-PR333/P
Номинальное напряжение	24 В пост. тока ± 20%
Максимальные пульсации	5 %
Пусковой ток при 24 В	2 А в течение 5 мс
Номинальный ток при 24 В	~ 170 мА*
Номинальная мощность при 24 В	4 Вт*

\* Значение указано для питания PR33X/P с модулем связи PR330/D-M

### Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4, T5 и T6

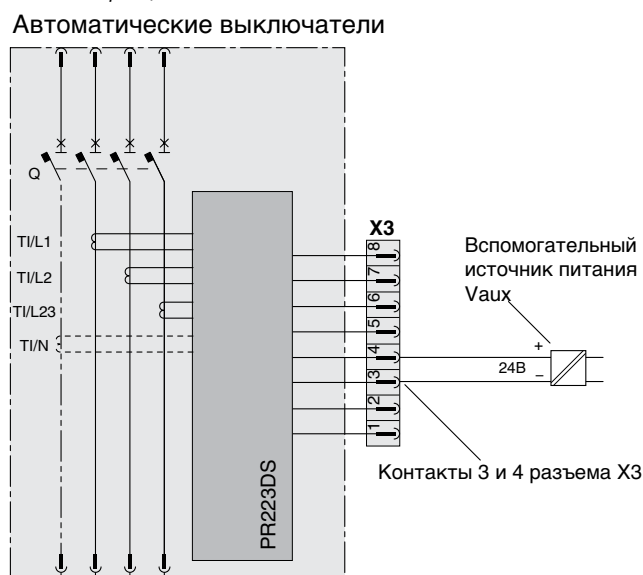
Электрические характеристики	PR222DS/PD	PR223DS PR223EF
Номинальное напряжение	24 В пост. тока ± 20%	24 В пост. тока ± 20%
Максимальные пульсации	± 5 %	± 5 %
Пусковой ток при 24 В	1 А в течение 30 мс	~ 4 А в течение 0,5 мс
Номинальный ток при 24 В	100 мА	~ 80 мА
Номинальная мощность при 24 В	2,5 Вт	~ 2 Вт

Рис. В.2. Подключение вспомогательного питания к автоматическим выключателям Т4, Т5 и Т6



На воздушных автоматических выключателях типа Еmax и Еmax X1, а также автоматических выключателях в литом корпусе Tmax T7 вспомогательное питание подается на зажимы К1 и К2. На автоматических выключателях в литом корпусе типа Т4, Т5 и Т6 вспомогательное питание подается на расцепители PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS через контакты 3 и 4 разъема Х3, как показано на следующем рисунке:

Рис. В.1. Схема подключения вспомогательного источника питания к расцепителю PR223DS



## Приложение С: модули связи

### Воздушные автоматические выключатели E1, E2, E3, E4 и E6

- Модуль связи Modbus PR120/D-M



Протокол	Modbus RTU
Физический интерфейс	RS-485
Скорость передачи	9600 - 19 200 бит/с

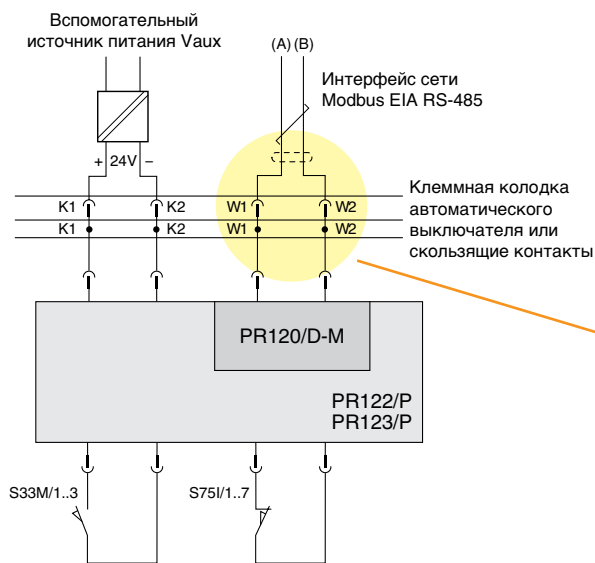
Модуль связи получает питание непосредственно от расцепителя PR122/P или PR123/P, который в свою очередь питается от вспомогательного источника Vaux. Характеристики питания указаны в следующей таблице.

	PR122/PR123	PR120/D-M
Питание (гальванически развязанное)	от вспомогательного источника питания 24 В пост. тока $\pm 20\%$	от PR122/PR123
Максимальные пульсации	5 %	-
Пусковой ток при 24 В	$\sim 10$ А в течение 5 мс	-
Номинальный ток при 24 В	$\sim 130$ мА	+ 40 мА
Номинальная мощность при 24 В	$\sim 3$ Вт	+ 1 Вт

### - Подключение к сети Modbus

Расцепители PR122/P и PR123/P подключаются к сети Modbus через модуль связи PR120/D-M согласно приведенной ниже схеме.

Рис. С.1. Схема подключения расцепителя PR12X/P к сети Modbus через модуль PR120/D-M

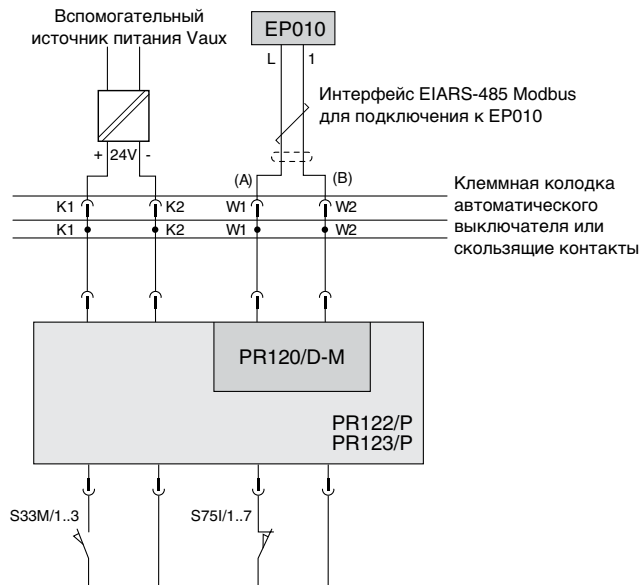


Примечание.  
 W1-W2: зажимы для подключения кабеля Modbus  
 K1-K2: зажимы для подключения вспомогательного источника питания Vaux  
 S33M/1...3: контакты сигнализации взвода пружин  
 S75I/1...7: контакты сигнализации состояния «установлен» (для выкатного автоматического выключателя)

### - Подключение к модулю EP010

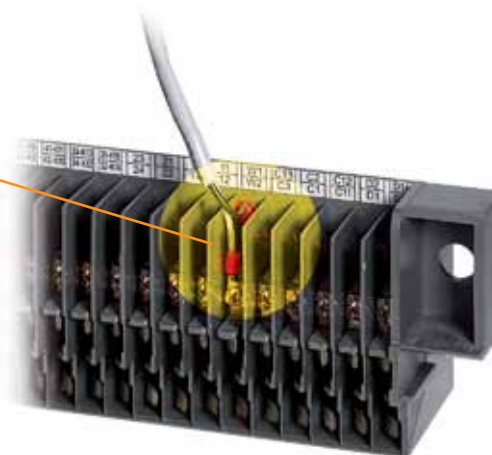
Расцепители PR122/P и PR123/P подключаются к модулю EP010 через модуль связи PR120/D-M.

Рис. С.2. Схема подключения расцепителей PR122/P-PR123/P к модулю EP010




Примечание.  
 W1-W2: зажимы для подключения кабеля Modbus  
 K1-K2: зажимы для подключения вспомогательного источника питания Vaux  
 L-1: зажимы порта Modbus  
 S33M/1...3: контакты сигнализации взвода пружин  
 S75I/1...7: контакты сигнализации состояния «установлен» (для выкатного автоматического выключателя)

Интерфейс Modbus EIA RS-485



## Воздушные автоматические выключатели Emax X1 и автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T7

### - Модуль связи PR330/D-M

	Протокол	Modbus RTU
	Физический интерфейс	RS-485
	Скорость передачи	9600 - 19 200 бит/с

Модуль связи получает питание непосредственно от расцепителя PR332/P или PR333/P, который в свою очередь питается от вспомогательного источника Vaux. Характеристики питания указаны в следующей таблице.

	PR332/PR333	PR330/D-M
Питание (гальванически развязанное)	от вспомогательного источника питания 24 В пост. тока ± 20 %	от PR332/PR333
Максимальные пульсации	5 %	-
Пусковой ток при 24 В	2 А в течение 5 мс	-
Номинальный ток при 24 В	~ 130 мА	+ 40 мА
Номинальная мощность при 24 В	~ 3 Вт	+ 1 Вт

### - Модуль реле управления PR330/R

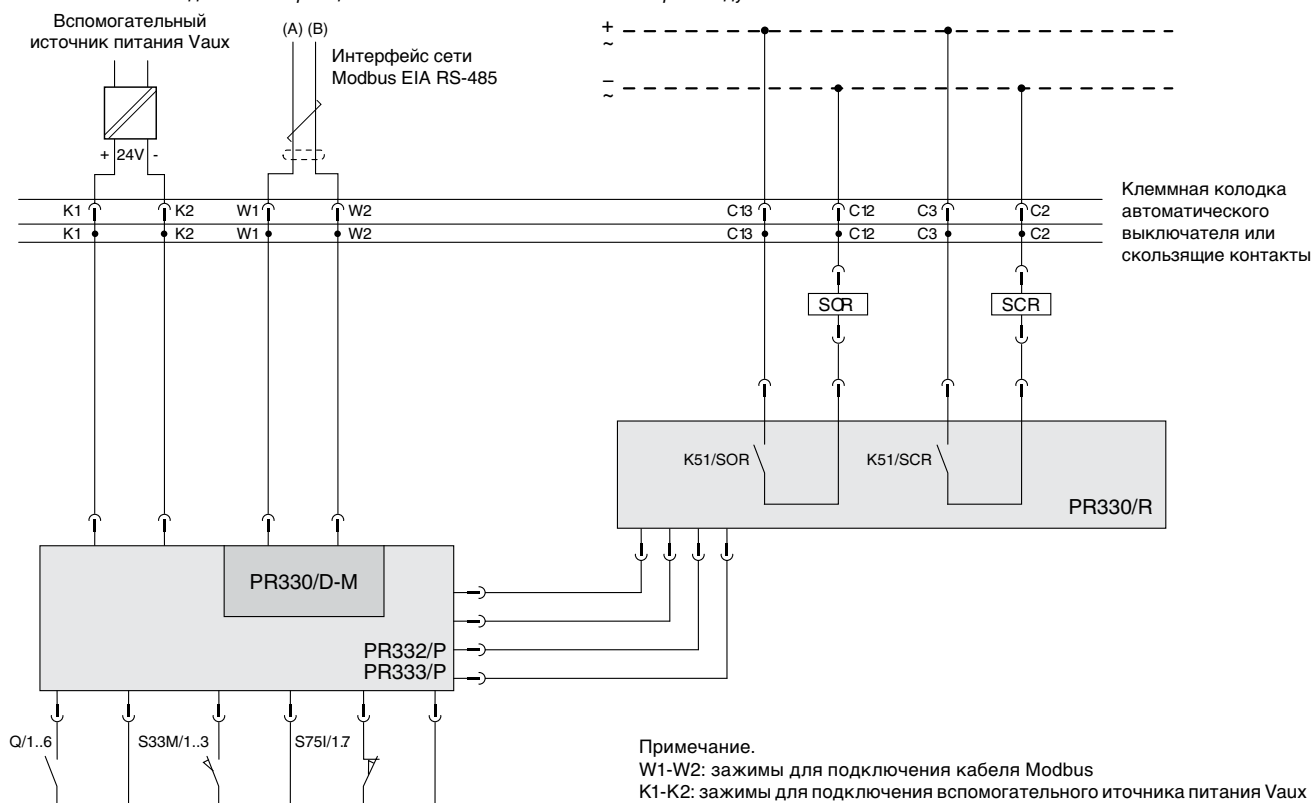
Автоматические выключатели Emax X1 и Tmax T7 могут выполнять команды дистанционного включения и отключения, если помимо модуля связи PR330/D-M, они оборудованы модулем реле управления PR330/R. Данное устройство принимает команды от расцепителя и выдает сигналы управления аппаратом через свои релейные контакты: K51/SCR – для реле включения SCR, K51/SOR – для реле отключения SOR, см. рис. С.3.



### - Подключение к сети Modbus

Расцепители PR332/P и PR333/P подключаются к сети Modbus через модуль связи PR330/D-M согласно приведенной ниже схеме.

Рис. С.3. Схема подключения расцепителя PR33X/P к сети Modbus через модуль PR330/D-M

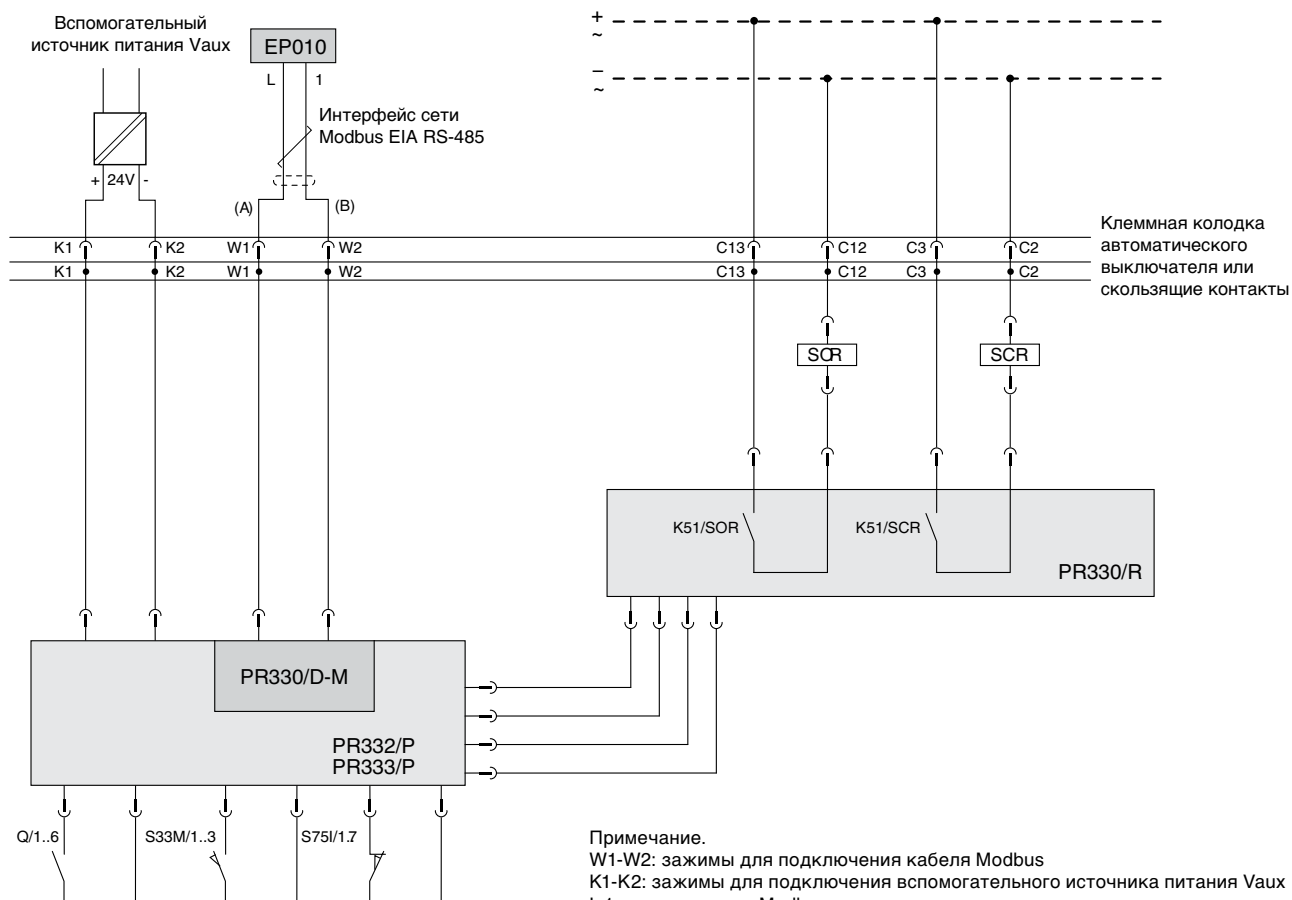


Примечание.  
 W1-W2: зажимы для подключения кабеля Modbus  
 K1-K2: зажимы для подключения вспомогательного источника питания Vaux  
 SOR: реле отключения  
 SCR: реле включения  
 K51/SOR: контакт управления реле отключения  
 K51/SCR: контакт управления реле включения  
 Q/5-Q/6: дополнительные контакты автоматического выключателя  
 S33M/1..3: контакты сигнализации взвода пружин  
 S75I/1..7: контакты сигнализации состояния «установлен» (для выкатного автоматического выключателя)

- Подключение к модулю EP010

Расцепители PR332/P и PR333/P подключаются к модулю к EP010 через модуль связи PR330/D-M.

Рис. С.4. Схема подключения расцепителя PR33X/P к модулю EP010



Примечание.  
 W1-W2: зажимы для подключения кабеля Modbus  
 K1-K2: зажимы для подключения вспомогательного источника питания Vaux  
 L-1: зажимы порта Modbus  
 SOR: реле отключения  
 SCR: реле включения  
 K51/SOR: контакт управления реле отключения  
 K51/SCR: контакт управления реле включения  
 Q/5-Q/6: дополнительные контакты автоматического выключателя  
 S33M/1...3: контакты сигнализации взвода пружин  
 S75I/1...7: контакты сигнализации состояния «установлен» (для выкатного автоматического выключателя)



## Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6

### - Подключение к сети Modbus

Автоматические выключатели в литом корпусе типа Т4, Т5 и Т6, оборудованные электронными расцепителями PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS, подключаются к сети Modbus через зажимы 1 и 2 разъема Х3, см. схему на рис. С.5.

Рис. С.5. Схема подключения расцепителя PR223DS к сети Modbus через разъем Х3

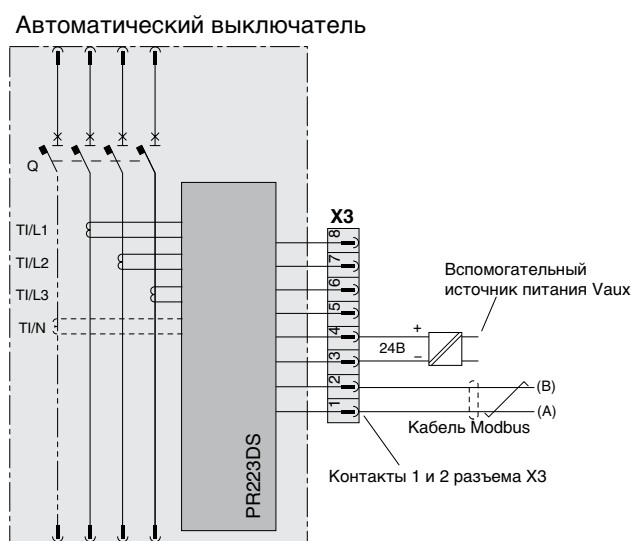
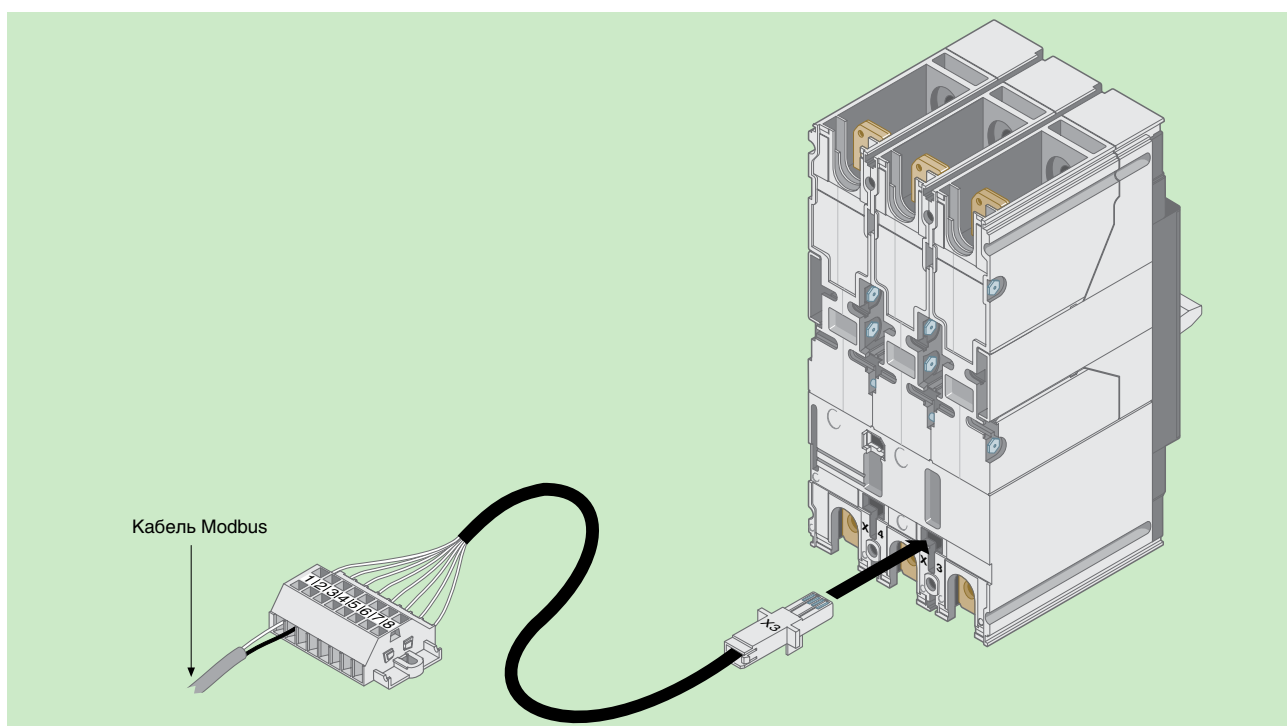


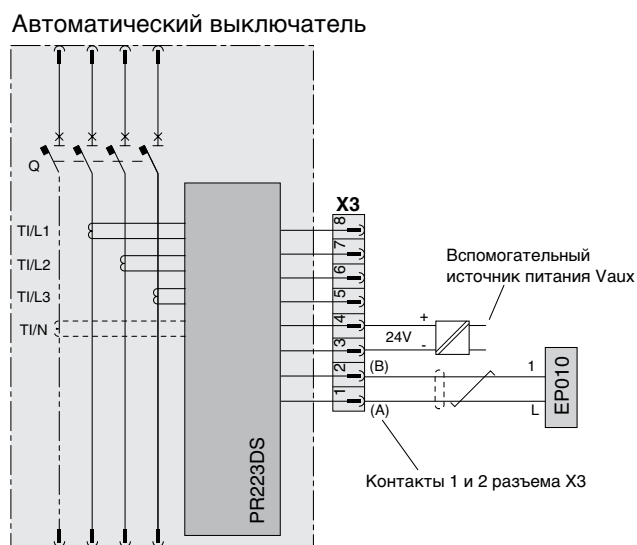
Рис. С.6. Подключение к сети Modbus автоматических выключателей Tmax T4, T5 и T6 через разъем Х3



### - Подключение к модулю EP010

Автоматические выключатели в литом корпусе Т4, Т5 и Т6 подключаются к модулю EP010 через зажимы 1 и 2 разъема Х3.

Рис. С.7. Схема подключения модуля EP010 к автоматическому выключателю Tmax



## Приложение D: модули измерений

**Воздушные автоматические выключатели Emax E1 - E6 с модулем измерений PR120/V, воздушный автоматический выключатель Emax X1 и автоматический выключатель в литом корпусе Tmax T7 с модулем измерений PR330/V**

Основная функция данного модуля – измерение напряжений фаз и обработка результатов измерений. Полученные значения нескольких электрических параметров (см. приложение A) передаются в расцепитель, который передает их диспетчерской системе для управления логикой защиты электроустановки.

Кроме того, модули измерений PR120/V и PR330/V могут снабжать дополнительным питанием расцепителя (не заменяя их собственное питание или вспомогательный источник питания, последний всегда необходим для обмена данными по шине): соответственно, PR122/P и PR123/P – для Emax E1-E6, PR333/P – для Emax X1, PR332/P – для Tmax T7.

Рис. D.1. Модуль измерений PR120/V



Рис. D.2. Модуль измерений PR330/V



## Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4-T5-T6

### - Функции модуля измерений VM210

Модуль VM210 – это преобразователь напряжения, который можно подключать непосредственно к электросети. Он выдает градуированные сигналы на расцепители защиты PR223EF и PR223DS.

Рис. D.3. Модуль измерений VM210



Сигналы на выходах 3, 4, 5 и 6 модуля VM210 соответствуют напряжениям фаз. Они поступают на входы 5, 6, 7 и 8 разъема X4 согласно схеме, показанной на рис. D.4. Необходимое для работы модуля VM210 питание подается через входы 1 и 2 от вспомогательного источника, имеющего следующие характеристики:

<b>Напряжение</b>	24 В пост. тока ± 20%
<b>Максимальные пульсации</b>	5 %
<b>Номинальная мощность при 24 В</b>	3,5 Вт

Рис. D.5. Подключение модуля VM210 к разъему X4

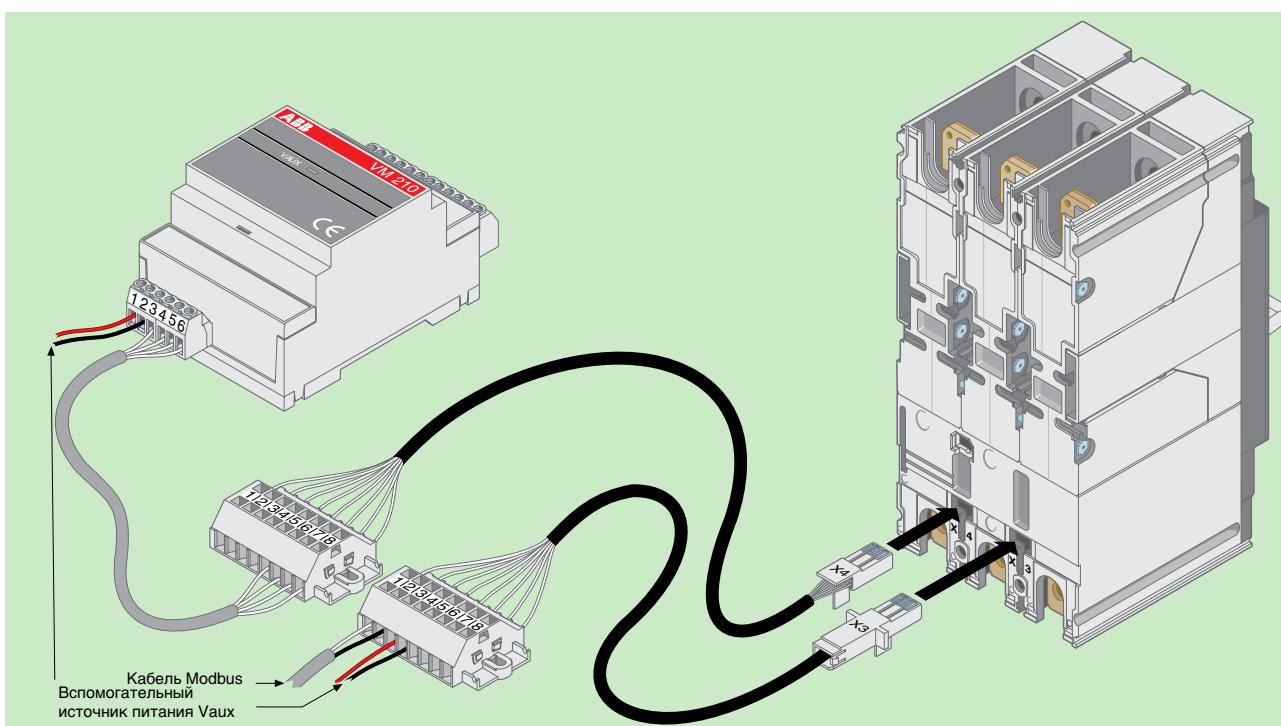
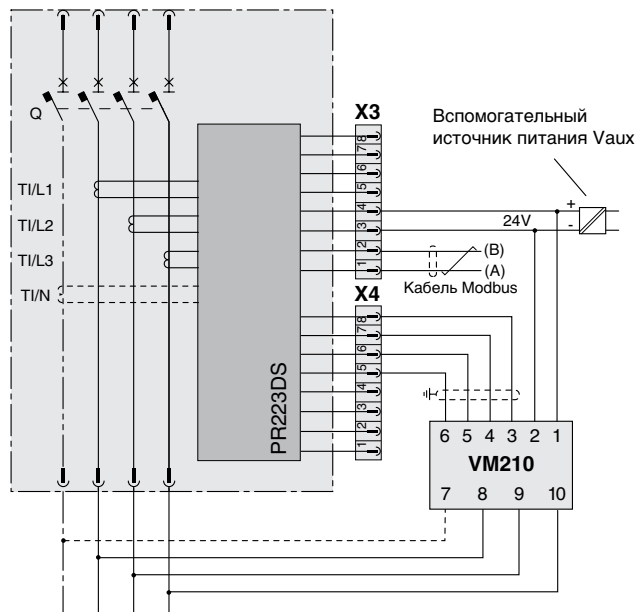


Рис. D.4. Подключение модуля VM210 к расцепителю PR223DS

### Автоматический выключатель



#### Назначение контактов VM210

Вход	Контакт	Сигнал	Выход	Контакт	Сигнал
	1	Vaux +		3	COMM
	2	Vaux -		4	Vout1
	7	N		5	Vout2
	8	L1		6	Vout3
	9	L2			
	10	L3			

## Приложение Е: дополнительные контакты AUX-E и моторный привод MOE-E

Для автоматических выключателей Tmax T4, T5 и T6 необходимы специальные аксессуары:

- дополнительные контакты AUX-E для электронного исполнения – только для системы диспетчеризации;
- моторный привод типа MOE-E с электронным интерфейсом – для дистанционного управления.

лизации электроустановки через контакты SQ и SY (см. рис. Е.2); таким образом обеспечивается резервирование сигнализации состояния аппарата.

Рис. Е.1. Блок дополнительных контактов AUX-E, установленный на Tmax T5

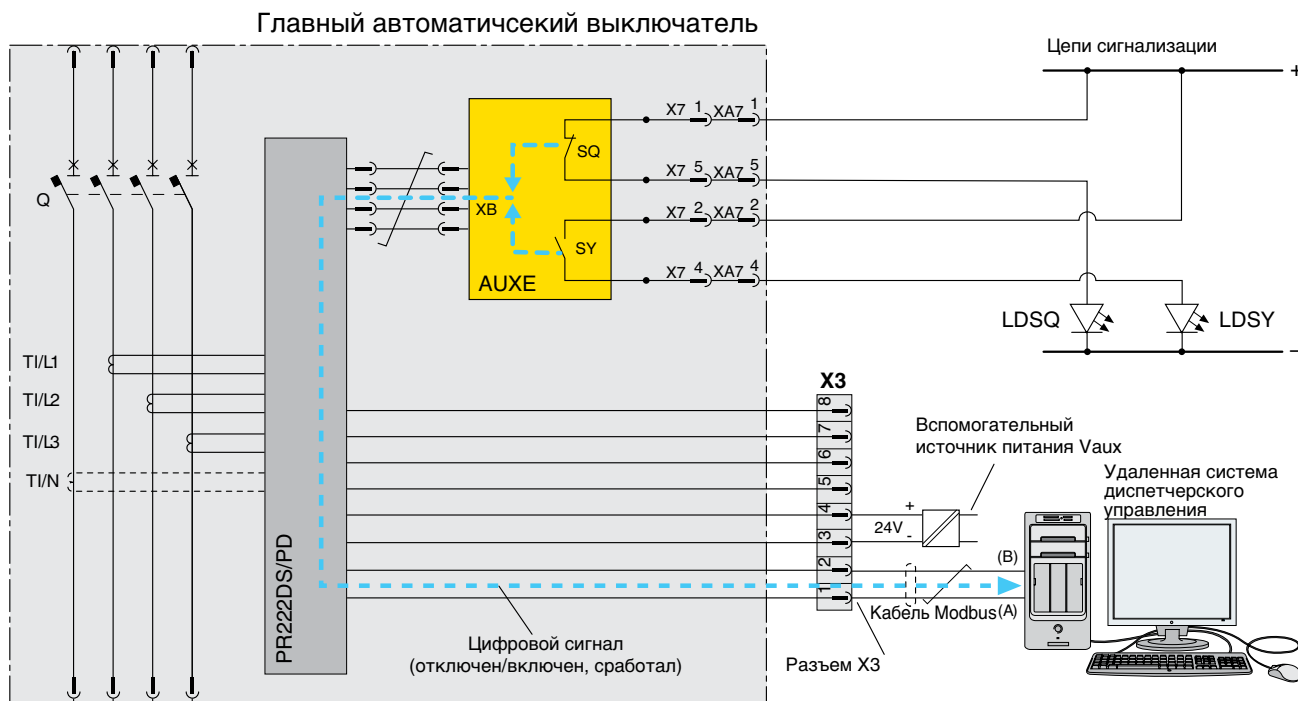


### Е.1 Дополнительные контакты AUX-E для электронного исполнения

Через дополнительные контакты AUX-E микропроцессорные расцепители типа PR222DS/PD, PR223EF и PR223DS получают информацию о состоянии автоматического выключателя (отключен, включен, сработал) и передают ее через сеть Modbus в систему диспетчеризации (см. рис. Е.2).

Контакты AUX-E также передают информацию о состоянии автоматического выключателя в цепи сигна-

Рис. Е.2. Схема соединений контактов AUX-E, подключенных



Примечание.

SQ: Контакт сигнализации включения/отключения автоматического выключателя

SY: Контакт сигнализации аварийного отключения автоматического выключателя (положение «сработал»)

Электрические характеристики контактов SQ и SY:

Номинальное напряжение: 24...350 В

Номинальный ток: 0...100 мА

Максимальное напряжение: 400 В

Максимальный непрерывный ток: 120 мА

Максимальный ток (в течение 100 мс): 300 мА

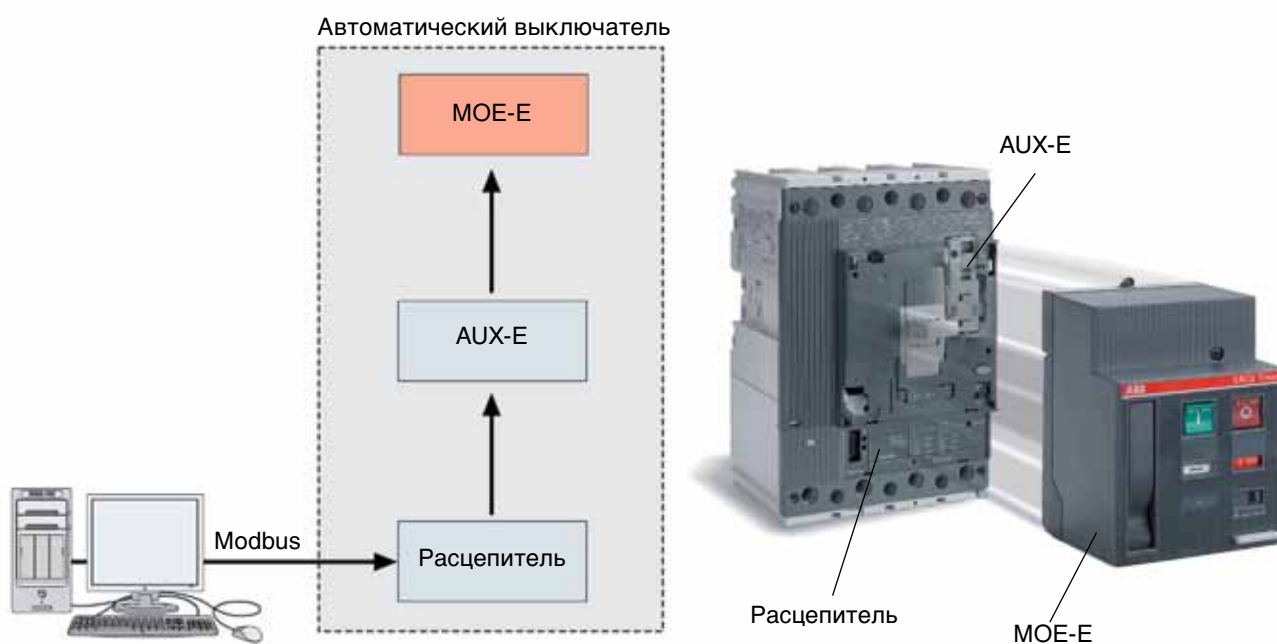
## Е.2 Моторный привод взвода пружины (MOE-E)

Автоматические выключатели в литом корпусе Tmax T4, T5 и T6 могут выполнять дистанционные команды включения и отключения, если они оборудованы моторным приводом MOE-E и дополнительными контактами для электронного исполнения AUX-E (которые по умолчанию поставляются вместе с MOE-E). Моторный привод MOE-E оборудован, помимо механизма с электродвигателем, электронным модулем управления, который преобразует цифровые сигналы от удаленной диспетчерской системы в импульсы напряжения, необходимого для выполнения механической операции

размыкания и замыкания автоматического выключателя. Цифровые сигналы от диспетчерской системы принимаются электронным расцепителем и передаются на моторный привод по схеме, показанной на рис. Е.3. Дополнительные контакты AUX-E сообщают расцепителю о состоянии автоматического выключателя (отключен/включен/сработал). Исходя из этой информации, расцепитель может выдавать или не выдавать команды включения, отключения или возврата в исходное положение.

Таким образом, расцепитель выдает команды, соответствующие реальному состоянию аппарата (например, команда на включение не выдается, когда аппарат находится в положении «сработал»).

Рис. Е.3. Принцип работы модулей MOE-E и AUX-E



## Приложение F: бит контроля четности

Бит контроля четности – это бит, добавляемый в конце кодовой комбинации каждого передаваемого символа для предотвращения ошибок при приеме. Если для контроля четности выбран режим «чет», то данный бит принимает значения:

- 1, если передаваемый символ содержит нечетное число единиц;
- 0, если передаваемый символ содержит четное число единиц.

Таким образом, в передаваемом символе всегда содержится четное число единиц.

В соответствии с этим правилом, приемник должен подсчитать количество битов, установленных в 1. Если результат будет нечетным, то он будет считать принятый символ ошибочным и запросит передатчик отправить его еще раз.

И наоборот, в режиме контроля четности «нечет», дополнительный бит устанавливается в 1 или 0 так, чтобы в передаваемом символе всегда было нечетное количество единиц.

Режим контроля четности «чет»		
Знак для передачи	Бит контроля четности	Переданный знак
00111000	1	001110001

Режим контроля четности «нечет»		
Знак для передачи	Бит контроля четности	Переданный знак
00111000	0	001110000

Чтобы два устройства могли корректно обмениваться данными, у них должен быть установлен одинаковый режим контроля четности.

## Статьи о техническом применении



**QT1**

**Селективность автоматических выключателей АББ в сетях низкого напряжения**

**QT2**

**Выбор электрооборудования при проектировании трансформаторных подстанций в сетях среднего/низкого напряжения**

**QT3**

**Системы распределения электроэнергии, защита при косвенном прикосновении и защита от замыкания на землю**

**QT4**

**Методические рекомендации по выбору и размещению автоматических выключателей в распределительных сетях 0,4 кВ и низковольтных комплектных устройствах**

**QT5**

**Автоматические выключатели АББ для применений на постоянном токе**

**QT6**

**Низковольтные комплектные устройства с защитой от электрической дуги**

**QT7**

**Трехфазные асинхронные двигатели. Общие сведения и координация аппаратов АББ**

**QT8**

**Коррекция коэффициента мощности и фильтрация гармоник в электроустановках**

**QT9**

**Применение автоматических выключателей АББ в цифровых системах автоматизации**

**Для заметок**



**Для заметок**

**Для заметок**



# Наши координаты

**117997, Москва,**  
ул. Обручева, 30/1, стр. 2  
Тел.: +7 495 960 2200  
Факс: +7 495 960 2220

**193029, Санкт-Петербург,**  
Б. Смоленский пр., 6  
Тел.: +7 812 326 9915  
Факс: +7 812 326 9916

**400005, Волгоград**  
пр. Ленина, 86  
Тел.: +7 8442 24 3700  
Факс: +7 8442 24 3700

**394006, Воронеж,**  
ул. Свободы, 73  
Тел.: +7 473 239 3160  
Факс: +7 473 239 3170

**620066, Екатеринбург,**  
ул. Бархотская, 1  
Тел.: +7 343 369 0069  
Факс: +7 343 369 0000

**664033, Иркутск,**  
ул. Лермонтова, 257  
Тел.: +7 3952 56 2200  
Факс: +7 3952 56 2202

**420061, Казань,**  
ул. Н. Ершова, 1 а  
Тел.: +7 843 279 3330  
Факс: +7 843 279 3331

**350049, Краснодар,**  
ул. Красных Партизан, 218  
Тел.: +7 861 221 1673  
Факс: +7 861 221 1610

**603140, Нижний Новгород,**  
Мотальный пер., 8  
Тел.: +7 831 461 9102  
Факс: +7 831 461 9164

**630073, Новосибирск,**  
пр. Карла Маркса, 47/2  
Тел.: +7 383 346 5719  
Факс: +7 383 315 4052

**614077, Пермь,**  
ул. Аркадия Гайдара, 86  
Тел.: +7 342 263 4334  
Факс: +7 342 263 4335

**344065, Ростов-на-Дону,**  
ул. 50-летия Ростсельмаша, 1/52  
Тел.: +7 863 203 7177  
Факс: +7 863 203 7177

**443010, Самара,**  
ул. Красноармейская, 1  
Тел.: +7 846 269 8047  
Факс: +7 846 269 8046

**354002, Сочи,**  
Курортный проспект, 73  
Тел.: +7 8622 62 5048  
Факс: +7 8622 62 5602

**450071, Уфа,**  
ул. Рязанская, 10  
Тел.: +7 347 232 3484  
Факс: +7 347 232 3484

**680000, Хабаровск,**  
ул. Муравьева-Амурского, 44  
Тел.: +7 4212 30 2335  
Факс: +7 4212 30 2327

**693000, Южно -Сахалинск,**  
ул. Курильская, 38,  
Тел.: +7 4242 49 7155  
Факс: +7 4242 49 7155

По вопросам заказа оборудования обращайтесь к нашим официальным дистрибьюторам: <http://www.abb.ru/lowvoltage>