ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Искробезопасные электрические цепи

Защита вида **«искробезопасная электрическая цепь»** является одной их самых самой распространённых в промышленных контроллерах.

Регулирует применение этого вида защиты стандарта **ГОСТ Р 51330.10-99 «Электрооборудование защищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i».**

Основные определения документа

Искробезопасной называют электрическую цепь, в которой искрение не вызывает воспламенение с вероятностью большей 0,001, а любое тепловое воздействие не способно воспламенить взрывоопасную смесь.

Искробезопасное электрооборудование – электрооборудование, в котором все электрические цепи искробезопасные.

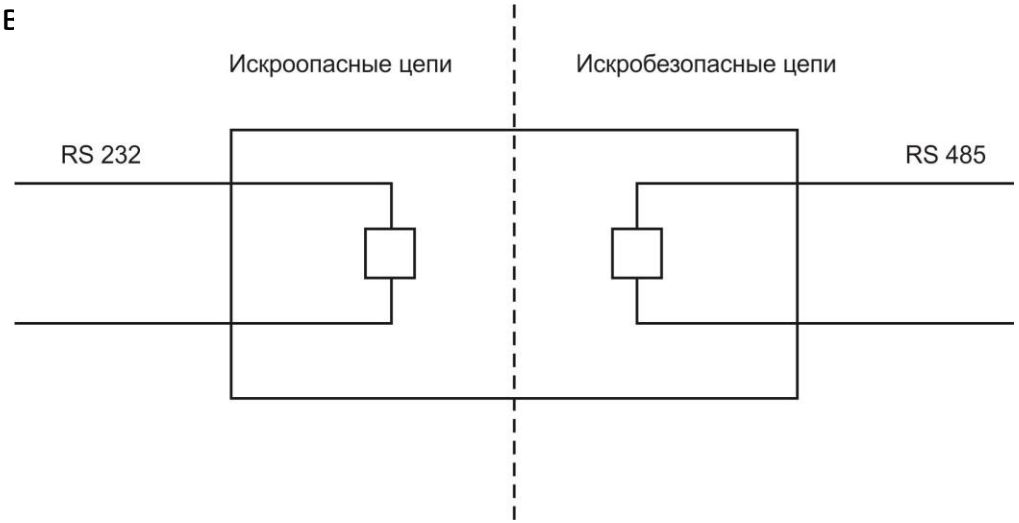
Связанное электрооборудование – электрооборудование, которое содержит как искробезопасные так и искроопасные цепи, при этом конструкция электрооборудования выполнена так, что искроопасные цепи не могут оказать отрицательного влияния на

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Связанное оборудование обеспечивает передачу информации между взрывоопасной и безопасной зонами.

Пример

Преобразователь интерфейсов RS-232 и RS-485 содержит искроопасные цепи интерфейса RS-232 и искробезопасные цепи интерфейса RS-485, между которыми существует неповреждаемое (в смысле ГОСТ 51330.10) разделение, то он относится к связанному оборудое



Типичным примером связанного оборудования являются барьеры искробезопасности.

В маркировке связанного оборудования присутствуют квадратные скобки, например: [Exia] IIC. В маркировке искробезопасного оборудования их нет, например: ExiaIICT6.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Нормальный режим работы – это …

Повреждение - повреждение любого элемента, разделения, изоляции или соединения между элементами при проведении испытаний на искробезопасность.

Учитываемое повреждение - повреждение любого элемента, разделения, изоляции или соединения между элементами в искробезопасном или связанном оборудовании, удовлетворяющие конструктивным требования настоящего стандарта.

Пример

Повреждение резистора, если он нагружен не более чем на 2/3 от номинального тока и напряжения. Если нагрузка превышает это значение, то считается, что резистор уже поврежден.

Неучитываемое повреждение - повреждение любого элемента, разделения, изоляции или соединения между элементами в искробезопасном или связанном оборудовании, не удовлетворяющие конструктивным требования настоящего стандарта.

Пример

Повреждения зазоров шириной менее 0,5 мм, т.е. для оценки уровня искробезопасности следует считать, что они повреждены всегда.

Неповреждаемый элемент или сборка элементов – элемент или сборка элементов, которые удовлетворяют требованиям настоящего стандарта и не подвергаются повреждениям, указанным в настоящем стандарте. Вероятность того, что такие повреждения произойдут в результате эксплуатации или хранения считаются настолько низкими, что не принимаются в расчёт.

То же самое для изоляции (неповреждаемое разделение).

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Искробезопасные электрические цепи

Максимальное выходное напряжение постоянного тока или эффективное значение переменного тока (U_m) – максимальное напряжение, которое может быть приложено к соединительным устройствам искроопасных цепей связанного электрооборудования без нарушений искробезопасности.

Максимальное входное напряжение (U_i) - максимальное напряжение, которое может быть приложено к соединительным устройствам искробезопасных цепей связанного электрооборудования без нарушений искробезопасности

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ

Искробезопасные электрические цепи

Для того, чтобы электрическая цепь была искробезопасной, необходимо удовлетворить множеству требований

Смысл требований **ГОСТ Р 51330.10-99 «Электрооборудование защищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i»** сводится к ограничению энергии и мощности искры до безопасных значений. Возможность защиты от взрыва таким способом основана на том, что воспламенение и взрыв происходят только при условии, если энергии искры достаточна для инициализации цепной реакция горения. Величина энергии воспламенения колеблется от 60 мкДж для водородно-воздушной смеси до 8...50 мДж для зерновой пыли.

Для ограничения энергии искры *W* нужно ограничить ток, напряжение и продолжительность искрения, так как

$$W = \int_0^T u(t)i(t)dt$$

где *u(t)* – напряжение между искрящими проводниками;

i(t) – ток искры;

T – продолжительность искрения.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Как это сделать?

Ограничение тока выполняется с помощью резисторов, ограничение напряжения - с помощью стабилитронов, ограничение длительности искрения - с помощью постоянной времени RC или L/R.

Стандарт вводит три уровня безопасности электрической цепи: *ia, ib, ic*.

Искробезопасная цепь уровня *ia*

При приложении напряжений U_m и U_i искробезопасные цепи этого уровня не должны вызывать воспламенения взрывоопасной смеси от теплового воздействия, а от искрения с вероятностью большей 10^{-3} в следующих случаях:

- при нормальной работе и введении всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия работы;
- при нормальной работе и введении одного учитываемого и всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия работы;
- при нормальной работе и введении двух учитываемых и всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия работы.

Искробезопасная цепь уровня *ib*

При приложении напряжений U_m и U_i искробезопасные цепи этого уровня не должны вызывать воспламенения взрывоопасной смеси от теплового воздействия, а от искрения с вероятностью большей 10^{-3} в следующих случаях:

- при нормальной работе и введении всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия работы;
- при нормальной работе и введении одного учитываемого и всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия работы.

Искробезопасная цепь уровня *ic*

При приложении напряжений U_m и U_i искробезопасные цепи этого уровня не должны вызывать воспламенения взрывоопасной смеси от теплового воздействия, а от искрения с вероятностью большей 10^{-3} в следующих случаях:

- при нормальной работе и введении всех неучитываемых повреждений, создающих наиболее опасные условия работы.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Для того, чтобы электрическая цепь была искробезопасной, необходимо удовлетворить множеству требований, которые изложены в стандарте.

Технически повышение уровня искробезопасности достигается резервированием или применением неповреждаемых (в смысле ГОСТ 51330.10) элементов.

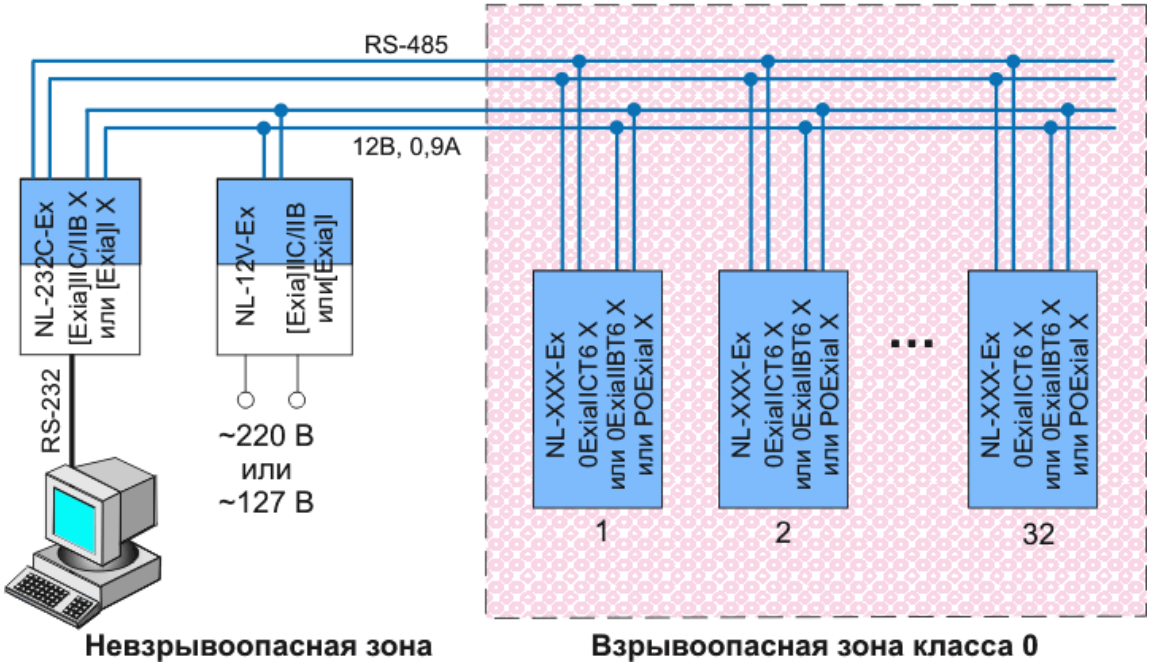
Устройства (контроллеры, модули ввода-вывода, датчики, исполнительные механизмы), применяемые на взрывоопасных объектах, делятся на три больших класса:

- устройства, являющиеся полностью искробезопасными;
- устройства, относящиеся к "связанному оборудованию", которые содержат как искробезопасные, так и искроопасные цепи, причем искроопасные цепи не могут влиять на искробезопасные;
- обычные устройства, применяемые совместно с барьерами искробезопасности.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Искробезопасные устройства могут быть расположены как внутри взрывоопасной зоны, так и вне ее.

Связанное оборудование может располагаться только вне взрывоопасной зоны, но его искробезопасные цепи могут идти внутрь взрывоопасной зоны (искробезопасными являются цепи интерфейса RS-485 и питания 12 В, 0,9 А).



ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

При проектировании контроллеров с искробезопасными цепями принимают меры, чтобы любые неисправности в устройстве не могли вызвать искру или нагрев поверхности до опасной температуры. Однако в результате монтажа системы автоматизации появляются дополнительные емкости и индуктивности кабелей, а также входные емкости и индуктивности других устройств, которые, суммируясь, могут превысить допустимые значения. Поэтому на корпусе искробезопасного оборудования указывают не только его собственные параметры, но и допустимые параметры подключаемых цепей. К таким параметрам относятся следующие:

- максимальное напряжение на *искроопасных* зажимах связанного электрооборудования, которое еще не приводит к нарушению искробезопасности;
- максимальное входное напряжение на клеммах *искробезопасных* цепей, которое еще не приводит к нарушению искробезопасности;
- максимальное выходное напряжение, которое может появиться на зажимах искробезопасных цепей в случае приложения к нему максимальных значений U_m и U_i;
- максимальный входной ток, который может протекать в соединительных цепях между искробезопасными устройствами без нарушения искробезопасности;
- максимальный выходной ток, который может протекать в соединительных цепях между искробезопасными устройствами в случае приложения максимальных напряжений U_m и U_i;

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

- максимальная входная мощность искробезопасной цепи, которая может рассеиваться в электрооборудовании без нарушения его искробезопасности;
- максимальная электрическая мощность на выходе искробезопасной цепи устройства;
- максимальное значение емкости, которое может быть подключено к клеммам устройства без нарушения его искробезопасности;
- суммарная эквивалентная внутренняя емкость устройства, которая может оказаться подключенной к его клеммам;
- максимальное значение индуктивности, которое может быть подключено к клеммам устройства без нарушения его искробезопасности;
- суммарная эквивалентная внутренняя индуктивность устройства, которая может оказаться подключенной к его клеммам;
- максимальное отношение индуктивности к сопротивлению внешней электрической цепи, которое не нарушает его искробезопасность;
- максимальное отношение внутренней индуктивности к внутреннему сопротивлению, которое может иметь место на его клеммах.

Блоки искрозащиты

Для обеспечения искробезопасности можно:

- использовать контроллеры или модули ввода-вывода с искробезопасными цепями.
- использовать блоки искрозащиты (барьеры безопасности).

Второй способ гораздо дороже первого, но удобен тем, что барьеры безопасности являются универсальным средством защиты и поэтому позволяют сделать выбор нужного контроллера из огромного разнообразия контроллеров, не имеющих искробезопасных цепей.

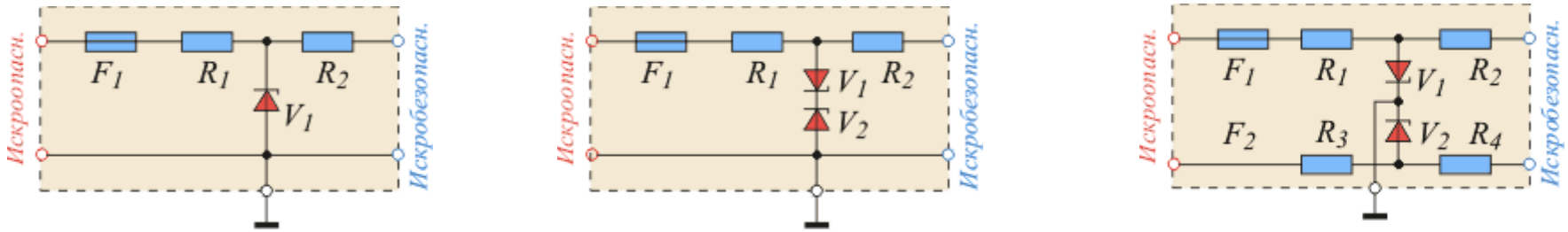
Барьеры безопасности могут быть пассивными и активными. Пассивные барьеры строятся на диодах, стабилитронах, резисторах и предохранителях, помещаются в неразборный корпус и заливаются компаундом для исключения возможности их ремонта.

Активные барьеры представляют собой повторители сигнала, состоящие из искробезопасной и искроопасной части, которые разделены оптронами и трансформаторами.

Конструкция барьеров безопасности должна исключать возможность неправильного монтажа, например, с помощью асимметричной формы крепления барьера или цветовой маркировки.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Схемы пассивных блоков искрозащиты



A B C

Стабилитрон V_1 ограничивает напряжение между своими выводами (схема А), поэтому ток и напряжение, которые могут появится на зажимах искробезопасной цепи, строго ограничены и не зависят от напряжения на искроопасных клеммах.

Барьеры рассчитываются в предположении, что на искроопасных клеммах может появиться сетевое напряжение 220В. Для того, чтобы повысить надежность барьера, стабилитроны дублируют или троируют в зависимости от требуемого уровня искробезопасности. Ток через стабилитрон ограничивается резистором R_1 . Чтобы ток не превысил допустимые пределы, используют предохранитель F_1 .

На переменном токе применяют схему барьеров со встречно включенными стабилитронами (схема В).

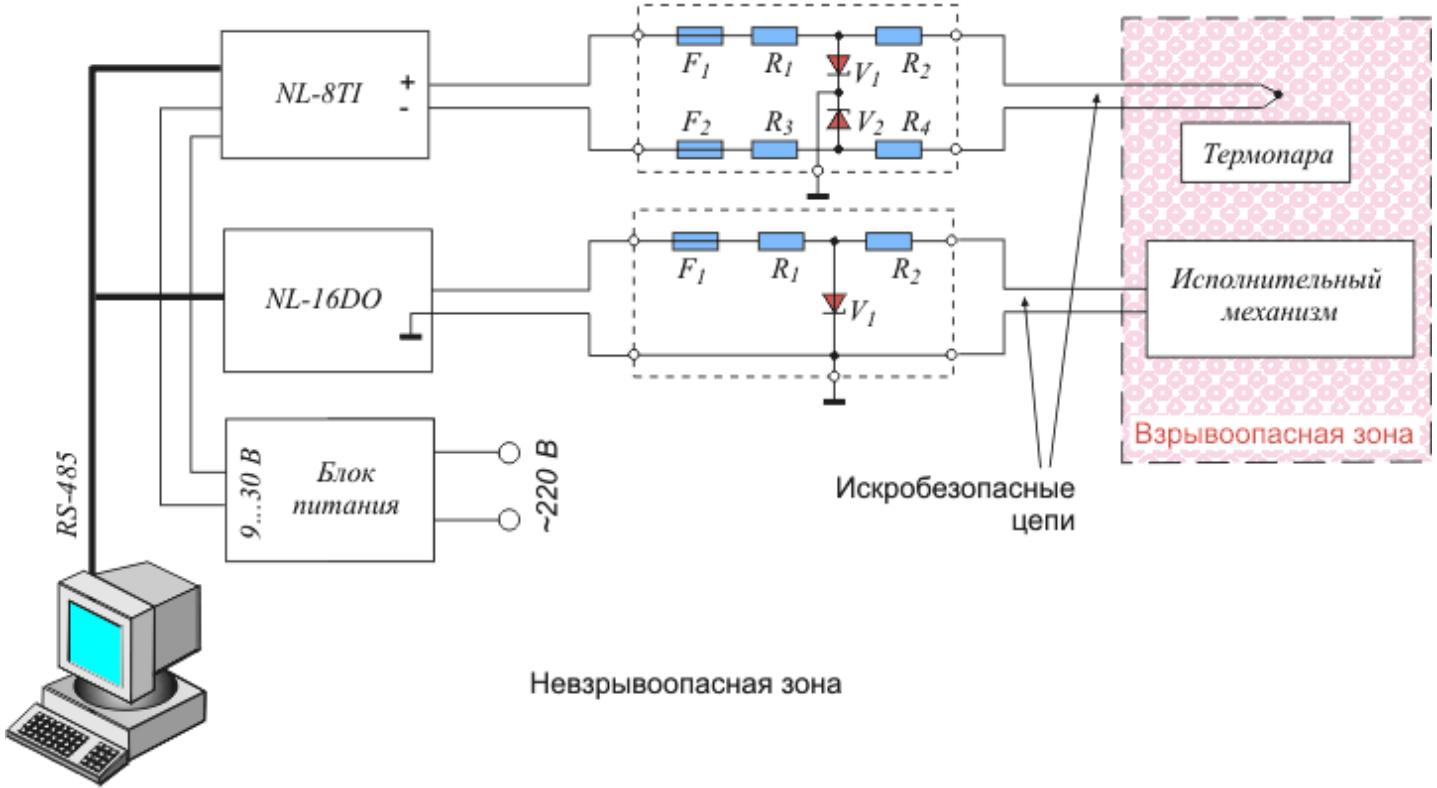
Для передачи дифференциального сигнала используют цепь, показанную на схеме С.

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ
Искробезопасные электрические цепи

Блок искрозащиты относится к связанному оборудованию, он устанавливается **вне** взрывоопасной зоны.

Барьеры для термопреобразователей сопротивления отличаются от барьеров для термопар, дискретных сигналов или аналоговых сигналов.

Барьеры, входящие в состав измерительного канала, относятся к средствам измерений и характеризуются погрешностью передачи сигнала. В пассивных барьерах источником погрешности являются утечки стабилитрона и ненулевое сопротивление резисторов, которое составляет делитель напряжения с входным сопротивлением нагрузки.



Примеры барьеров