

К.И. Волошиновский

АППАРАТНЫЕ И СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ ИСКРОЗАЩИТЫ И ВЗРЫВОЗАЩИТЫ, ОБЩИЙ ХОД РАССУЖДЕНИЙ

Рассмотрены общие подходы к искрозащите и взрывозащите электронных схем и приборов, применяемых в промышленном учете газа, приводятся исходные параметры регулярно применяемых схем. Приведены разные варианты элементов схем с гальванической развязкой, что позволяет предложить набор гальванически развязанных узлов для разрабатываемых схем искрозащите и их сопряжений, приводится перечень типовых вариантов искрозащите и гальванической развязки, проводится общий ход рассуждений в соответствии с рассматриваемыми исходными данными к целенаправленной разработке схем искрозащите.

Ключевые слова: искро- и взрывозащита, электронные приборы, гальваническая развязка, цепь питания, оптронно-дросельная развязка.

Введение. Базовые элементы искрозащите

Применяется два вида искрозащите: токоограничительная – в которой мощность возникающей искры должна быть меньше мощности воспламенения искроопасной среды; защита от короткого замыкания (КЗ) или защита от искры, возникающей в процессе КЗ – в которой искра возникает за счет броска тока на порядок выше по сравнению с номинальным. Искрозащита в соответствии с ГОСТ 22782.5 выполняется для уровня напряжения 18 В, соответствующего номинальному уровню периферийного напряжения 10 В при внутриплатном уровне напряжения 3 В. Для обеспечения защиты от негативных явлений в том числе в структурных схемах применяют всевозможные гальванические развязки, в которых структурные элементы искрозащите общие, а некоторые специфические элементы искрозащите индивидуальны в зависимости от применяемых гальванических развязок, мощности подпора и

соответствующих номиналов токов и напряжений сигнальных и питающих шин внутри искроопасной зоны. Номинал уровня напряжения искрозащите $U = 18$ В, довольно большой, что говорит о возможности применения предохранителей с маркировкой Ех, однако искробезопасные схемы весьма разнообразны, в связи с чем необходимо разобраться в особенностях их развязки и подходах к их искрозащите.

Цифровые и сигнальные цепи. Цепи питания. Общий ход рассуждений. Трансформаторная развязка обеспечивает связь искробезопасных цепей и цепей питания на входе через зазор трансформатора.

Так как ток на вторичной обмотке падает значительно по сравнению с первичной, можно применять трансформаторную развязку несколько раз и последовательную дросельную или индуктивную настройку. Причина необходимости применения устройств развязки является необходимость подпитки промежуточных усилителей защищаемых искробезопасных цепей.

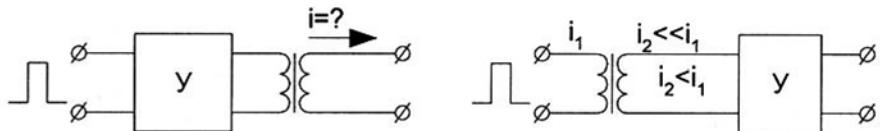


Рис. 1. Устройство искрозащиты до и после гальванической развязки в синусоидальной цепи

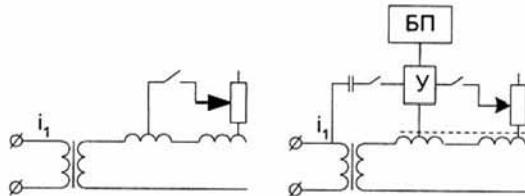


Рис. 2. Устройство искрозащиты и развязки цепи питания искроизлучающего усилителя в синусоидальной биполярной цепи

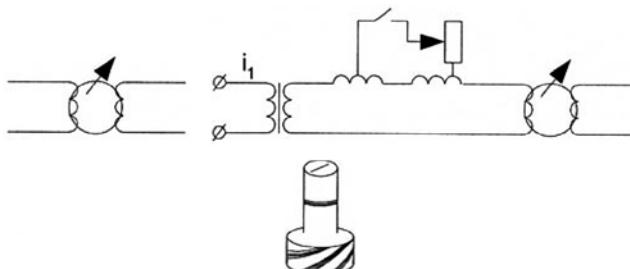


Рис. 3. Дроссель и дроссельная развязка

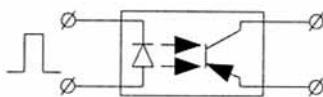


Рис. 4. Оптрон и оптронная развязка импульсных биполярных цепей

Близка к индуктивной развязке дроссельная развязка с применением регулируемого дросселя.

В оптронной развязке связь между искробезопасными цепями и цепями вне взрывоопасной зоны обеспечивается посредством оптической связи. Оптронная развязка один из наиболее распространенных, применяемых сейчас и удобных для разработчиков вариантов организации управляемой гальванической развязки цепей.

Устранение взаимовлияния последующих и предыдущих звеньев. Для устранения влияния последующих звеньев на предыдущие применяются диоды, емкости, звенья-единицы различного типа.

К единицам относятся транзисторы биполярные и полевые, включаемые без подпора в цепи соответствующей полярности, для цепей «+» можно использовать единицы р-п-р, с удобными характеристиками при включении с коэффициентом усиления 1, с учетом падения мощности на выходе, отсутствия апериодического процесса на выходе

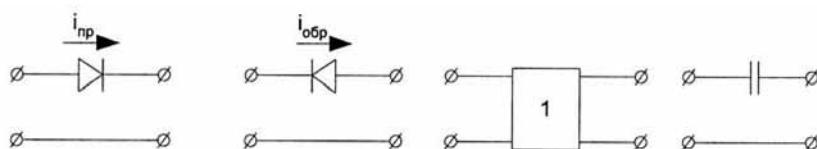


Рис. 5. Устранение влияние с помощью звеньев «единиц»

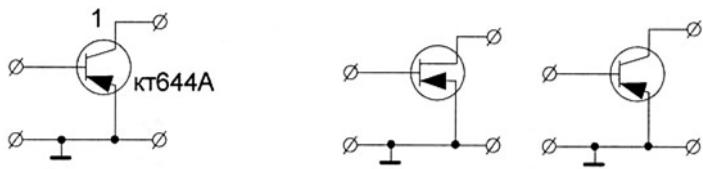


Рис. 6. Устранение влияния с помощью звеньев «единиц»

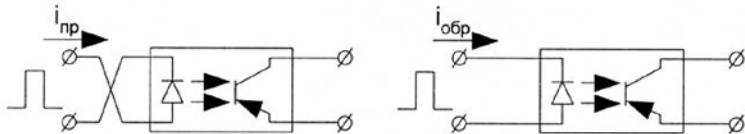


Рис. 7. Включение оптрона по прямому и обратному току

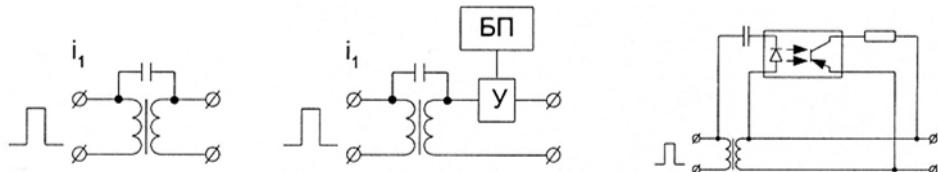


Рис. 8. Организация связанных контуров

и параллельности полочки по отношению к оси времени, для однополярных цепей. Марка транзистора важна для высокочастотных цепей, там где учитывается постоянная времени апериодического процесса на входе, и прямолинейность импульса при единичном коэффициенте усиления.

К «единицам» относится и последовательный резистор, если рассматривать передаточную функцию по напряжению. Полная развязка не обеспечивается, но характер взаимовлияния контуров меняется.

Зная поведение однополярных цепей по отдельности, с учетом принципа несимметрии электронных схем, можно говорить о разработке общего решения развязки или искрозащиты для биполярных цепей.

В цифровых цепях обычно не один ток, а несколько, следуют учитывать тип рассматриваемого тока при включении оптрана.

В схемах, где мощность выходного тока трансформаторной развязки повышается за счет введения связи с последовательной емкостью в канале изолирующей емкости можно ввести дополнительную оптранную развязку.

Искрозащита и развязка в цепи питания. В устройствах искрозащиты при введении схемы искрозащиты как многополюсника, вкрапления, в основное которого топологическое решение, можно воспользоваться подходом на основе связанных контуров, суть которого сводится к устранению взаимовлияния контуров и

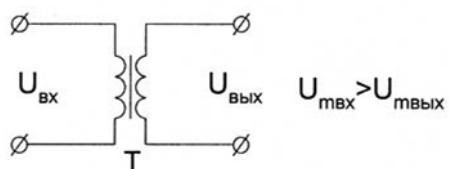


Рис. 9. Организация связанных контуров

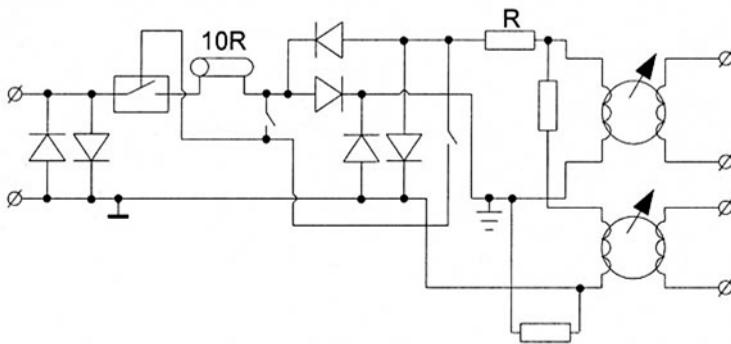


Рис. 10. Импульсный блок питания

ветвей, посредством гальванической развязки. К устройствам гальванической развязки бесспорно относится трансформатор, который и позволяет обеспечить трансформаторную гальваническую развязку в цепи питания.

Для гальванической развязки мощных импульсных блоков питания можно использовать маловитковые дроссели с резистивной защитой.

Далее с целью последующей искрозащиты линий питания можно использовать оптронно-дроссельную развязку.

Искрозащита с использованием нормированных контактов. Искрозащита имеет как минимум два варианта исполнения. Первый стандартный вариант требует ограничить мощность искры, второй избежать ее появления совсем.

Третий стандартный вариант обеспечивает оптронную развязку, однако сгорание оптрана не исключается, поэтому считать эту развязку полной нельзя. Однако, можно поставить за-

дачу построения комбинированных схем, которая позволяет скомбинировать оптронную и дроссельную или дроссельно-трансформаторную развязку.

Причем имеется два стандартных подварианта. Для чего требуется оценить зависимость искусственно включаемого последовательного сопротивления соединений искрозащищаемых электрических цепей, при которых срабатывание схемы обеспечивается на 100%, что подразумевает некоторый допуск, который может быть казалось бы довольно большим, но есть и ограничения, которые делают его достаточно узким. Первый вариант здесь это включение такого вот оценочного измерительного резистора. Второй вариант включение вместо резистора специальной схемы или другого элемента или звена.

В процессе искрозащиты цепей мало ограничить мощность искры в номинальном режиме, необходимо защитить искробезопасные цепи от

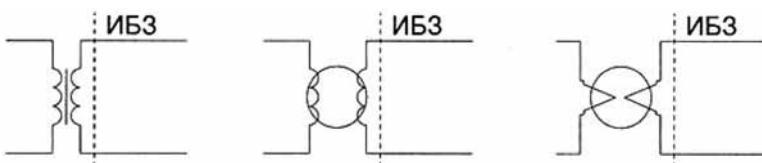


Рис. 11. Дроссельная и трансформаторная развязка для цифровых схем и схем питания соответственно

брюков при включении и выключении, перекоммутации, брюков напряжения при возникновении короткого независимого от перекоммутации короткого замыкания.

В особых случаях нормирующий контакт можно реализовать в виде схемы, которую можно строить в соответствии с композиционным подходом, который предлагается в электронике и позволяет получать разрабатываемые схемы целенаправленно.

Оптронно-дроссельная развязка. Задачу можно решать не только с использованием нормированных контактов и нормированных цепей, а решать к непосредственную задачу разработки топологического решения искозащиты, как целевой электронной задачи, причем следует иметь в виду, что развязке в области средств и систем учета газа для помещений категорий А–Г подвергаются искрозашиты и развязке именно сигнальные импульсные биполярные цепи, однополярные в процессе передачи, и однополярные в процессе простоя. Учитывая, наличия в таких сигнальных цепях обратного тока, следует подходить к топологическому целевому решению на основе композиции электроники, как науки, учитывая тот возможный аппарат разработки, который она может представить разработчику.

Есть еще один подход, можно замкнуть на коротко, и использовать некоторую внутреннюю схему снижения



Рис. 12. Оценочный измерительный резистор по Сотскому с учетом брюка тока включения (переходные контакты)

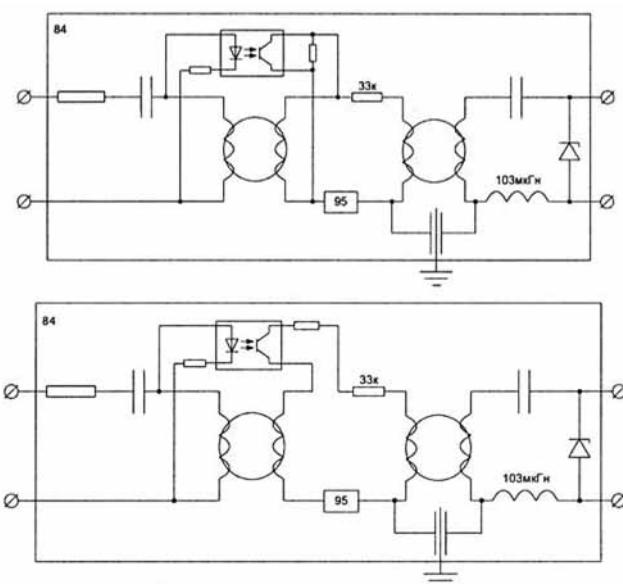


Рис. 13. Оптронно-дросельная развязка

мощности искры, но следует учитывать, что она должна быть интегрирована в электронную схему формирования выходного сигнала для искрозащищаемой цепи. Кроме того, следует учесть, что по выходу для формирования сигнала может стоять микросхема.

Условия и напряжения эксплуатации. Мощные цепи с достаточно большим напряжением, т.е. цепи со следующим типом уровня напряжения по отношению к уровню периферийного напряжения ПК также нужно защищать. В помещениях категории А, размещают и розетки для сетевого питания 220 В. В ряде случаев в целях защиты непосредственно оборудования применяется более низкое напряжение питания несколько более низкого уровня для стандарта или протокола последовательного порта, в т.ч. микросхема последовательного порта по выходу Binder-разъема запитывается более низким напряжением 5 В, по отношению к уровню 10 В для подключения периферийной ЭВМ.

Особые случаи и условия для выполнения искрозащиты. Проделаем анализ недостатков предложенной ниже интерфейсной схемы, так как и для схем, которые позволяют избежать установки дополнительных блоков питания, так же может потребоваться установка или разработка устройств искрозащиты. При реализации определенных функций непосредственно схемотехнически, например, на рис. 12, можно избежать установки дополнительного блока питания с применением диодов и стабилитрона.

Мощность на шине ниже, т.к. блок питания или дополнительный подпор не используется. Для приведенной схемы введено усовершенствование, которое представлено на рис. 14. Степень совершенства в данном случае лучше не рассматривать, но важно понимать, что искрозащита специальных совершенных схем не может быть выполнена только структурным способом, а делается посредством разработки схемы сопряжения основной схемы и схемы искрозащиты, пусть даже структурной, и если введено усовершенствование, которые уже содержит структурные элементы, например диоды и/или стабилитроны, то необходимо учитывать взаимовлияние ветвей схемы, структурной схемы усовершенствования и структурной схемы искрозащиты. С целью устранения взаимовлияния ветвей или отдельных ветвей необходимо разработать схему сопряжения, совокупность схемы сопряжения и структурной или иной схемы искрозащиты таким образом и составляет решение задачи искрозащиты, для схем в которых усовершенствования являются значимыми.

В ряде случаев наблюдается явление шунтирования входов, с которым также приходится бороться, но некорректность работы сигнальных цепей не всегда связана с ним, иногда достаточно выверить схемы под-

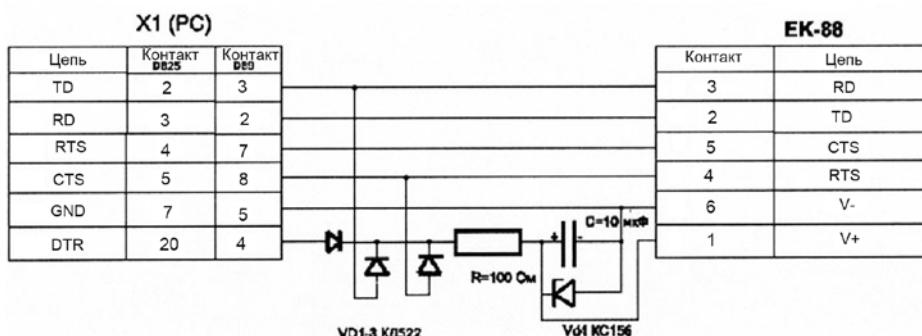


Рис. 14. Кабель KA-K для электронного корректора EK-88

ключения у однотипных приборов, которые могут оказаться различными, хотя отличий не много, например для преобразователя сигналов АПС-45 для широко применяемых сейчас шкафов телеметрии Аксон необходимо дополнительно проследить установку перемычек для СПГ-741 или СПГ-761. Тем не менее в общем случае, требуется рассматривать включение сопряжения или схемы искрозащиты с учетом установки перемычек по дополнительным линиям разрешения и готовности передачи для различных последовательных интерфейсов, таких как RS-232, RS-485 в которых линии питания по спецификации не предусмотрены, однако необходимость в подпитке микросхем последовательного порта на практике все равно может возникать.

В случае интерфейса USB требуется развязка не только сигнальных линий, но и линий питания предусмотренных в спецификации интерфейса, поэтому к искрозащите линий питания интерфейса USB можно пойти по разному, но принципы искрозащиты тоже, что и для линий RS-232, RS-485. Т.к. сигнальные линии USB биполярные А и В, то как и в случае интерфейса RS-485 наблюдается сходство. Линии RS-485 могут различаться по выходу, и по схемам гальванической развязки выходов, что требует учета наличия таких схем на выходе искрозащищаемых устройств.

Токи и напряжения искрозащищаемых сигнальных цепей. К сигнальным цепям относятся измерительные и цифровые цепи. Измерительные цепи соответствуют обычно стандартам 0–4 мА, или 4–20 мА. Регулярно применяются датчики с токовым выходом 4–20 мА. Для потенциальных датчиков напряжение выхода составляет не более 10 В.

Для микросхемы ADM202 (преобразователь RS232–3В/10В) перифе-

рийный ток по верхнему фронту I_{tip} составляет 15 мА, для шины свободном состоянии -15 мА. Ток короткого замыкания I_{max} составляет 60 мА. При напряжении 10 В и токе 0,15 мА выходное эквивалентное действующее значение сопротивления составляет порядка 300...600 Ом.

Сложностью искрозащиты длинных линий связи, является наличие удельной емкости кабеля, емкость качественного кабеля длиной 500 м многожильной бухты (КГПВВГ) составляет порядка 0,5 мФ, что не составляет большой проблемы для искрозащиты, но приводит к апериодической помехе, однако в ряде случаев возникающие искры видимы глазом, особенно когда речь идет о линиях связи длиной до 2 км и более, когда в ряде случаев промежуточные кроссы не предусмотрены. Здесь решение задача искрозащиты и исключения дополнительных блоков питания сводится к организации регулируемой шины питания напряжение, на которой, для обеспечения стабильного тока, зависит от подключаемой емкости кабеля. Падение напряжения от кросса при питании устройств с допустим уровнем напряжения 12 В составляет не более 3 В при питании от блока питания 15...18 В, при питании устройств, размещенных в отдельно стоящих ГРП категории А. При этом допуск по напряжению питания контроллеров составляет 12...25 В. Однако, для обеспечения стабильной работы прибора достаточно обеспечить стабильное напряжение нашине выше порога компаратора 5 В и при падении тока ниже допустимого значения увеличивать мощность на входе или промежуточном преобразователе, что можно реализовать с помощью преобразователей уровня внутриплатного напряжения в периферийное, где ток на выходе поддерживается в соответствии со спецификацией, но при

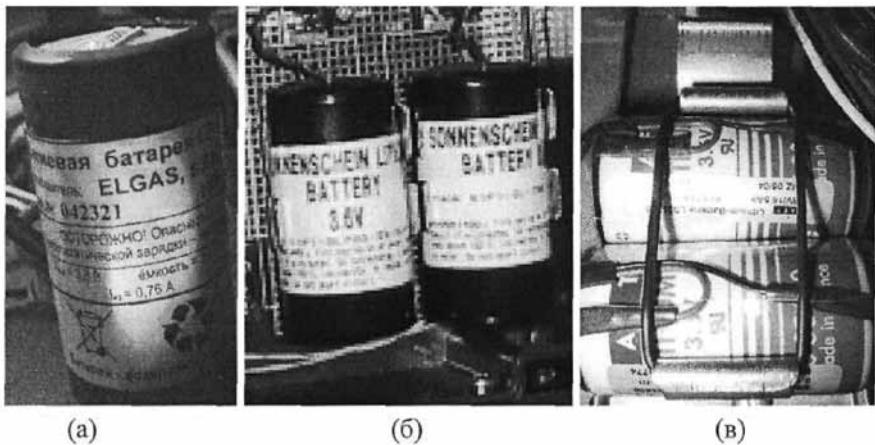


Рис. 15. Батареи для питания электронных корректоров учета газа: а) – mElcor, б) – Sevc-91, в) – EK260

длинах кабеля не более 0,5...1 км. На линиях связи с длинной более 1 км требуется разработка специальных схемотехнических решений, при условии, что установка промежуточных кроссов и преобразователей не производится. Регулирование тока в таких схемах, должно предусматривать сопряжение со схемой искрозащиты.

Токи и напряжения искрозащищаемых цепей питания. Ток на выходе синусоидальной цепи составляет по паспортам на блоки питания 0,5 А = 500 мА, поэтому ток на выходе стабилизаторов напряжения предусмотрительно ограничивается. Искрозащищаемые цепи питания обычно соответствуют блокам питания с напряжением 3,5 В; 5 В; 7 В; 10 В; 14 В. Напряжение выхода обычно стабилизированное постоянное или синусоидальное. Встречаются специфические блоки питания, для которых четко регламентирован узкий коридор, тока и напряжения, соответствующий микросхеме питания конкретного эксплуатируемого оборудования. Если микросхема питания укладывается в требования по уровню токов и напряжений искрозащиты, то для обеспечения искро-

защиты в целом достаточно барьера искрозащиты, которые обеспечиваются структурную или шунт-диодную искрозащиту.

Для ряда макетно-отладочных плат применяются импульсные блоки питания, которые используются обычно только в помещениях категории Г, а помещениях категории А не устанавливаются, но сами контроллеры или макетно-отладочные платы от других блоков питания не включаются, т.е. от других не специфичных блоков питания не работают, поэтому монтаж и эксплуатация таких контроллеров внутри зоны категории А требует дополнительной разработки устройств искрозащиты. Но есть контроллеры, например ICP-DAS (Китай), которые специфических блоков питания не требуют.

Ток на выходных клеммах аккумуляторных или обычных батарей питания составляют 0,76 А (рис. 15.).

Искрозащита цепей с повышенным напряжением. В помещениях категории А, размещаются и розетки с напряжением 220 В. Искрозащита таких цепей осуществляется с помощью специальных схем с применением специальных микросхем драй-

веров, модулей MOSFET и полевых транзисторов. Следует учитывать, что в задачах учета газа возникает необходимость не просто в защите слаботочных цепей, а в защите измерительных и сигнальных линий с напряжением питания до 36 В, а также цепей питания, т.е. даже если напряжение и ток имеют достаточно высокие номиналы, то электрические цепи все равно должны быть искрозащищены, что позволяет говорить о целенаправленной разработке специальных искрозащитных схем. Оптронно-дросельная развязка может также применяться для искрозащиты и защиты цепей питания от КЗ.

Заключение

Искрозащищаемые цепи питания подлежащие искрозащите при токе 0,5 А обеспечивают уровень напряжения 3 В; 3,5 В; 5 В; 7 В; 10 В; 14 В на вторичной обмотке трансформатора. Аккумуляторные батареи и батареи при токе $0,76 \pm 0,03$ А ($\pm 3,9\%$) имеют уровень напряжения 3,5 В. Метрологические цепи работают в токовых диапазонах 0..4 мА и 4...20 мА с блоками питания 24 В, 10 мА. Интерфейсные периферийные микросхемы обеспечивают уровень внешнего напряжения 10 В при токе 0,15 мА. Ток короткого замыкания I_{max} составляет 60 мА для периферийных цепей с действующим значением сопротивления составляет порядка 300...600 Ом. В свободном состоянии шина рассчитана на напряжение -10 В при токе -15 мА, в таком режиме шина может прибывать долго, особенно в режиме длительно-непрерывно, когда интервалы между опросами или обменами сообщениями составляют значительные интервалы времени. Микросхемы преобразования частоты работают с номинальным током 2 мА в широком диапазоне напряжений 0–5...36 В или $0.. \pm 3,5$ В.. ± 18 В.

Цепи питания микросхем АЦП имеют входы с напряжением 2,7...3,3 В и 4,75..5,25 В с токами 0,32...1,1 мА, и 0,45...1,3 мА при токе покоя на выходе 1 мкА. Микросхемы АЦП обмениваются сообщениями с процессором по стандартным интерфейсам SPI или I2C для которых токи и напряжения приводятся в их спецификациях. Входной сигнал для аналоговых входов АЦП преобразуется в двух режимах 0...20 мВ и 0...2,5 В, что приводит к необходимости включения аналогового сигнала через устройство сопряжения, требующие дополнительной разработки как самих сопряжений, таких схем искрозащиты для таких входов. Аналоговые метрологические цепи сложны не только в повышении метрологической точности, но и в аппаратной организации схем их сопряжений и искрозащиты при обеспечении метрологической точности на коммерческом уровне 1..3% по этому для помещений категории А лучше применять датчики с частотным выходом.

Искрозащита специальных совершенных схем может быть выполнена не только структурным способом, но и посредством разработки схемы сопряжения основной схемы и схемы искрозащиты, пусть даже структурной, и если введено усовершенствование, которые уже содержит структурные элементы, например диоды и/или стабилитроны, то необходимо учитывать взаимовлияние ветвей схемы, структурной схемы усовершенствования и структурной схемы искрозащиты. С целью устранения взаимовлияния ветвей или отдельных ветвей необходимо разработать схему сопряжения, совокупность схемы сопряжения и структурной или иной схемы искрозащиты таким образом и составляет решение задачи искрозащиты, для схем в которых усовершенствования являются значимыми.

1. ПБ12-529-03. Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления. – 200 с.
2. ГОСТР 51330.0-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Общие требования.
3. Сотсков Б.С. Основы расчета и проектирования электромеханических элементов автоматических и телемеханических устройств. – М.-Л.: Энергия, 1965.
4. Правила устройства электроустановок. ПУЭ Издание 7.
5. СИКТ.407221.014 Руководство по эксплуатации. Расходомер-счетчик газа с коррекцией по температуре и давлению ПРИЗ. ГНЦ НИИТеплоприбор. ГНЦ НИИТеплоприбор.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Волошиновский Кирилл Иванович – соискатель, ассистент кафедры, e-mail: volkir@nm.ru, МГИ НИТУ «МИСиС».

UDC 621.6,621.3.06

HARDWARE & CIRCUIT DECISIONS FOR IMPLEMENTING SPARK & EXPLOSION SAFETY, GENERAL ARGUMENT OBJECTIONS

Voloshinovskiy K.I., Competitor, Assistant of Chair, e-mail: volkir@nm.ru, Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS».

In the article adduced general objections to spark & explosion safety schemes for electronic devices, applied to industrial gas consumption accounting with cited parameters of regulary used schemes with different kinds of scheme elements with galvanic isolation, so allows to consider a set of junctions with galvanic isloation for developing spark & explosion safety schemes and there junction schemes, typic variants spark & explosion safety isolation schemes are also listed, due to expound of general argument objections according to source data for purposeful sparksafety scheme desing.

Key words: intrinsically- and explosion protection, electronic devices, galvanic isolation, supply chain, oporno-throttle interchange.

REFERENCES

1. PB12-529-03. Pravila bezopasnosti sistem gazoraspredeleniya i gazopotrebleniya (Safety rules PB 12-529-03. Gas distribution and consumption system safety), 200 p.
2. GOSTR 51330.0-99. Elektrooborudovanie vzryvozashchishchennoe. Obshchie trebovaniya (State Standard 51330.0-99. Explosionproof electrical equipment. General requirements).
3. Sotskov B.S. Osnovy rascheta i proektirovaniya elektromekhanicheskikh elementov avtomaticheskikh i telemekhanicheskikh ustroistv (Basis of calculation and designing of electromechanical components for automation devices and robots), Moscow-Leningrad, Energiya, 1965.
4. Pravila ustroistva elektrostanovok. PUE Izdanie 7 (Electric installation code. Edition 7).
5. СИКТ.407221.014 Руководство по эксплуатации. Raskhodomer-schetchik gaza s korreksie po temperaturi i davleniyu PRIZ. GNTs NIITeplopribor (SIKT 407221.014. Operations manual. PRIZ gas flow meter with temperature and pressure correction. NIITeplopribor State Scientific Center).

