

Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели.

Основные схемные решения. Часть 4.2. Выходной каскад

При организации дежурного режима работы в 2-х проводном дымовом пожарном извещателе особые требования предъявляются именно к выходному каскаду. Как бы ни была реализована схема индикации дежурного режима работы, необходимо, чтобы при функционировании извещателя эта индикация не приводила к значительному импульсному увеличению тока потребления от шлейфа пожарной сигнализации. В противном случае, при подключении в один шлейф нескольких десятков таких извещателей, возможно получение такого импульса тока, который будет оценен ППКП, как сработка извещателя. В тоже время, все извещатели будут оставаться в дежурном режиме работы. И это не теоретические измышления – реально такие извещатели присутствовали на рынке компонентов СПС, например ИП 212-85.

Еще одна проблема схемотехнического решения выходного каскада пожарного извещателя – это схема управления внешним устройством индикации (ВУИ). По п. 4.2.5.1 ГОСТ Р 53325 -2012 ВУИ функция необязательная, но с техническими требованиями [1]:

"При невозможности установки оптического индикатора в ИП, последний должен обеспечивать возможность подключения выносного устройства индикации или иметь другие средства для местной индикации дежурного и тревожного режимов".

Но это требование не означает, что при наличии на самом извещателе встроенного индикатора с функцией дежурного режима, эта же функция должна быть обязательно реализована и на ВУИ. Другими словами, если индикация дежурного режима на извещателе уже имеется, то ВУИ может отображать только состояние пожарной тревоги.

Желательно чтобы выходной каскад обеспечивал надежное функционирование извещателя как в постоянно токовом, так и в знакопеременном шлейфе, причем не только в дежурном режиме работы, но и в режиме пожарной тревоги. В этом случае будет обеспечена совместимость такого извещателя с большим количеством всевозможных ППКП.

Желательно также ограничивать величину тока потребления в дежурном режиме работы, чтобы не было значительного потребления тока в начальный момент включения шлейфа пожарной сигнализации. При этом ток потребления в установившемся режиме работы должен незначительно отличаться по величине от тока ограничения.

Входные цепи управления выходным каскадом должны быть согласованы с выходными узлами логических цепей управления извещателем во всем диапазоне возможных значений тока коммутации в шлейфе пожарной сигнализации.

Выходной каскад в режиме пожарной тревоги должен изменять в шлейфе:

- или сопротивление;
- или ток;
- или напряжение.

Далеко не всегда ранее разработанные извещатели имели идеальные выходные каскады. Как уже говорилось в предыдущей части статьи [2] наиболее правильное и простое по совместимости технических средств решение не заняло доминирующее положение среди технических решений на существующем рынке компонентов СПС.

Выходной каскад, выполненный по принципиальной электрической схеме, приведенной на рис. 1, был опубликован в описании к патенту США US 6288647. Это техническое решение уже приводилось автором в [3]. Устройство вообще не содержит ни индикатора состояний, ни узла управления ВУИ, хотя другие узлы выходного каскада в схеме присутствуют:

68 – выпрямитель с супрессором;

70 - бистабильный элемент;

72 – стабилизатор напряжения с ограничителем тока.

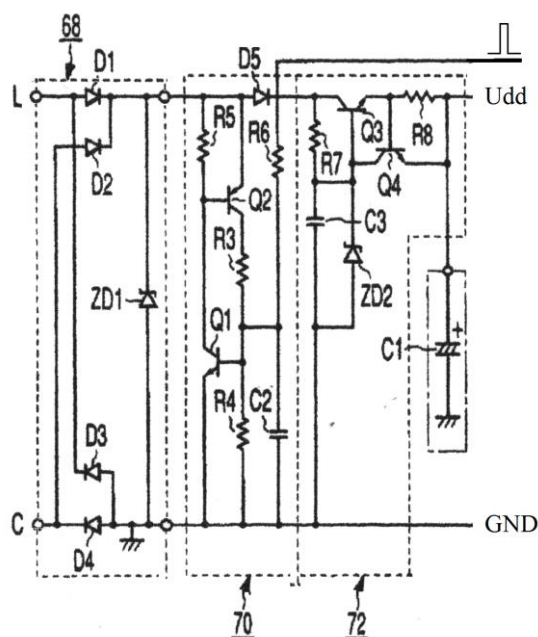


Рис. 1

Супрессор ZD1 обеспечивает ограничение импульсов напряжения, которые могут наводиться на шлейфе пожарной сигнализации. Бистабильный элемент на транзисторах Q1 и Q2 в дежурном режиме работы практически не потребляет ток, а с другой стороны - режиме пожарной тревоги этот узел может коммутировать значительные токи: 50 – 100 мА. Стабилизатор напряжения выполнен по классической схеме на транзисторах Q3 и Q4. Величина тока ограничения определяется сопротивлением резистора R8. Если нагрузкой, подключенной последовательно с извещателем, будет резистор, то ВАХ этого извещателя с резистором будет соответствовать рис. 12 [2]. В том случае, когда данный извещатель будет подключаться непосредственно к шлейфу пожарной сигнализации без дополнительных элементов, то его ВАХ будет подобна ВАХ тиристора [4]. И в этом случае трудно отличить сработку извещателя от короткого замыкания в шлейфе пожарной сигнализации, то есть состояние пожарной тревоги от неисправности.

Недостатки такого выходного каскада очевидны. Отсутствие индикации дежурного режима работы и состояния пожарной тревоги делают такое изделие неудобным в эксплуатации. Сопротивление резистора, который устанавливается последовательно с извещателем, различное для различных ППКП.

Схема выходного каскада с индикатором состояния и узлом управления ВУИ, приведена на рис. 2. Решение было заимствовано из российского патента на изобретение RU 2134907 [5]. Это техническое решение мало чем отличается от схемы выходного ключа, представленного на рис. 13 в предыдущей части статьи [2].

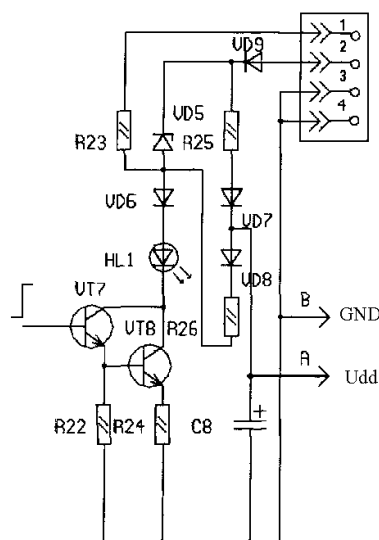


Рис. 2

Узел управления ВУИ выполнен на резисторе R23. ВУИ подключается анодом к выводу 2 извещателя, а катодом – к выводу 1. Питание остальных элементов схемы осуществляется через последовательно соединенные резистор R25 и диод VD7. Индикатор состояния HL1 обеспечивает индикацию только режима пожарной тревоги. Без существенного изменения взаимосвязей между элементами невозможно реализовать индикацию дежурного режима работы. Для того, чтобы организовать отдельный контур для импульсов тока через красный светодиод необходимо, чтобы катод светодиода был подключен к общему проводу устройства – к шине GND.

Вольтамперная характеристика извещателя с таким выходным каскадом также будет повторять рис. 14 [2]. На извещателях с такой ВАХ легко строить СПС, в которых необходимо получать сигнал пожарной сигнализации при сработке двух и более извещателей в одном шлейфе. Второе условие для построения такой СПС – чтобы ППКП контролировал ток в шлейфе.

Но чаще российские разработчики используют выходные каскады со стабилизацией напряжения в шлейфе при сработке извещателя. Возникающие трудности согласования сигналов пытаются компенсировать приведением типовой ВАХ изделия в эксплуатационной документации. Тем самым предлагая проектировщикам и инсталляторам самостоятельно решать

проблему согласования извещателей и ППКП. Так в руководстве по эксплуатации на извещатель ИП 212-46 [6] приведена не только схема выходного каскада, но и его ВАХ (см. рис. 3 и 4).

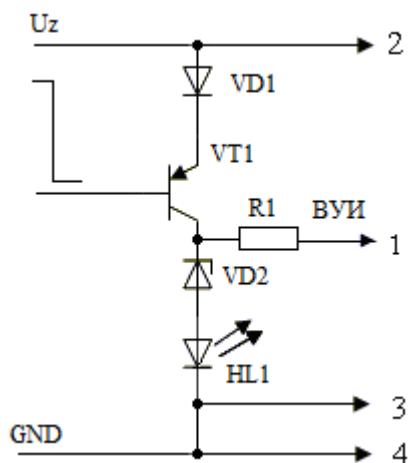


Рис. 3

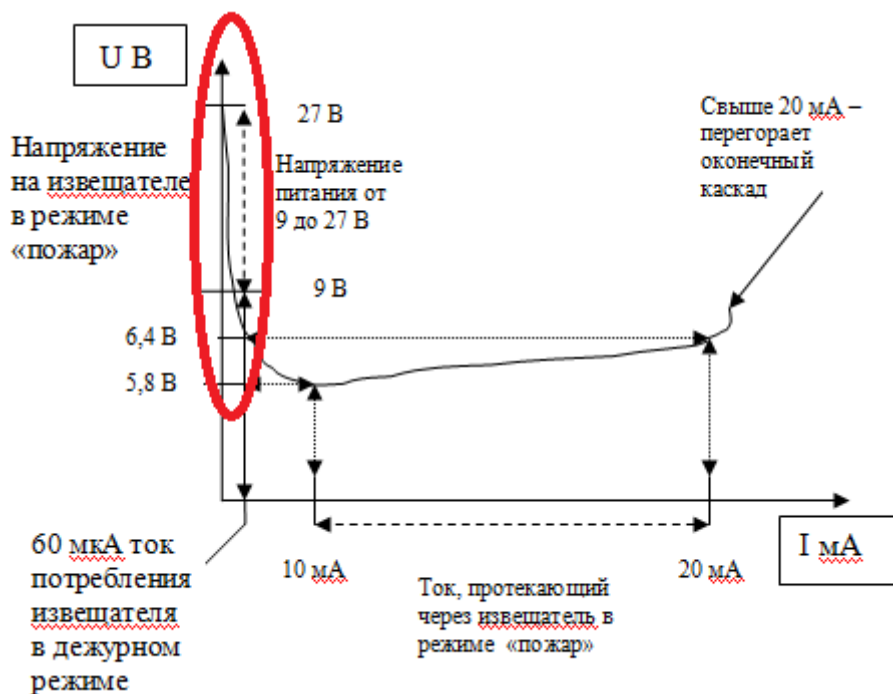


Рис. 4

В режиме пожарной тревоги извещатель формирует (стабилизирует) внутреннее сопротивление от 310 Ом до 340 Ом при протекающем через него токе от 10 мА до 20 мА и напряжении питания от 9 В до 27 В, что позволяет использовать ограничивающее сопротивление одного номинала, независимо от количества и расположения извещателя в шлейфе сигнализации (для конкретного приемно-контрольным прибора). Максимально допустимый ток извещателя в сработавшем состоянии не более 20 мА. Минимально допустимый ток удержания сработавшего состояния, мА:

с подключенным ВУИ	10;
без ВУИ	5.

Хотя некоторые российские ППКП оценивают сработку извещателя как "ПОЖАР 1" при увеличении тока в шлейфе на 2-4 мА.

Как видно из заимствованной ВАХ, разработчики извещателя не совсем разбираются в работе своего изделия. Так участок ВАХ, отмеченный автором эллипсом красного цвета ни как не может соответствовать участку ВАХ для дежурного режима работы. Получается у них, что при напряжении (6-9) В через извещатель идет ток в 60 мкА, с повышением же падения напряжения на извещателе ток потребления в дежурном режиме уменьшается и при 27 В вообще становится равным нулю! Да и не начинается эта ВАХ с начала координат, как будто извещатель у них является еще и источником ЭДС напряжением не менее 5,8 В.

Если при сработке извещателя по каким-то причинам ток станет "свыше 20 мА – перегорает выходной каскад". Получается, что при случайной ложной сработке и неправильном согласовании цепей шлейфа пожарной сигнализации извещатель сам может стать источником возгорания?

Перегрев элементов изделия на участке больших токов ВАХ происходит по причине отсутствия в схеме самого извещателя цепей ограничения тока.

Проблема ограничения максимального тока в режиме пожарной тревоги реализована в выходном каскаде извещателя ИП 212-3СУ [7] (ТУ 4371-001-27456886-97 с изм. №1-2011). Поэтому схема выходного каскада этого извещателя, представленная на рис. 5, выглядит несколько громоздко.

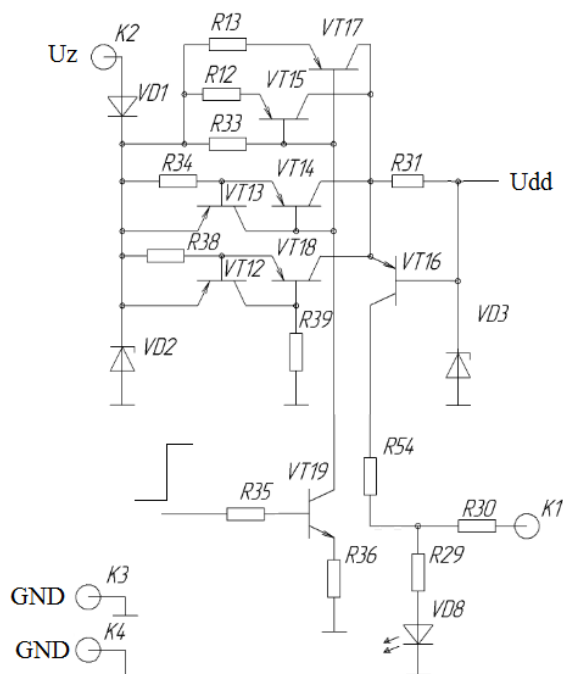


Рис. 5

Стабилитрон VD2 имеет напряжение стабилизации 33 В, что превосходит возможные значения напряжений в шлейфах пожарной сигнализации. Он выполняет роль супрессора по

защите изделия от наводимых высоковольтных помех. Транзистор VT16 управляет работой внутреннего индикатора состояния и ВУИ, который подключается между контактами К1 и К4.

Через стабилизатор тока на транзисторах VT12 и VT18 осуществляется питание устройства в дежурном режиме работы – он осуществляет ограничение тока на уровне около 50 мкА. Ограничитель тока в режиме пожарной тревоги выполнен на 4-х транзисторах VT13, VT14, VT15 и VT17, который включается транзистором VT19. При этом ток потребления ограничивается на уровне 24 мА обеспечивая защиту изделия при подключении его к источнику питания с напряжением 24 В без токоограничительного резистора. Каждый из транзисторов VT14, VT15 и VT17 ограничивает ток на уровне 8 мА, тем самым распределяя рассеиваемую мощность равномерно на каждом из этих транзисторов. Если бы подключение коллекторов двух из этих транзисторов осуществлялось через переключатель или съемные перемычки, то можно было бы иметь извещатель с тремя значениями тока ограничения в режиме пожарной тревоги:

- 8 мА;
- 16 мА;
- 24 мА.

Несмотря на сложность выходного каскада извещатель ИП 212-3СУ не имеет индикации дежурного режима работы, хотя красный светодиод VD8 установлен так, чтобы его катод был подключен к общему проводу устройства – к шине GND.

Схема выходного каскада с таким же подключением светодиодного индикатора имеется в американском патенте US 5872517 [8], которая приведена на рис. 4. Как видно из представленной схемы, в этом решении исключена возможность подключения ВУИ.

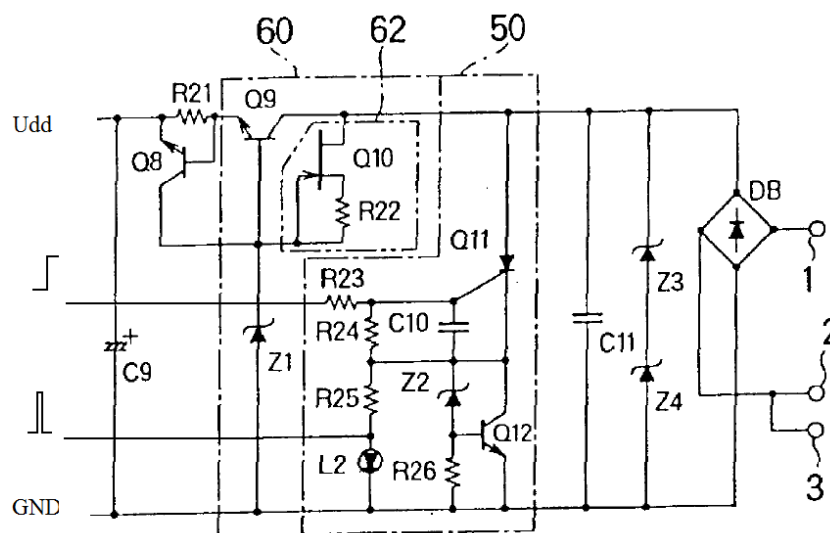


Рис. 4

Другими особенностями данного решения является то, что в составе выпрямителя присутствует конденсатор C11. Стабилизатор тока 62, который выполнен на полевом транзисторе Q10 и резисторе R22 обеспечивает высокий коэффициент стабилизации параметрического

стабилизатора напряжения на транзисторе Q9 и стабилитроне Z1. Бистабильный элемент выполнен на тиристоре Q11. Транзистор Q8 обеспечивает ограничение тока на заданной величине. Особые отличия коснулись бистабильного элемента с узлом индикации. Светодиод L2 выполняет две функции: индикации дежурного режима работы и режима пожарной тревоги. Благодаря применению параллельного стабилизатора напряжения на транзисторе Q12 и стабилитроне Z2 обеспечивается в режиме пожарной тревоги стабильная яркость свечения светодиодного индикатора L2 в широком диапазоне падения напряжения на шлейфе пожарной сигнализации. Импульсы тока подаются на светодиод L2 за счет разряда емкости, которая заряжается малым током на длительных промежутках времени между импульсами тока, разряжающими этот конденсатор. В этом случае не будет импульсного потребления тока от шлейфа пожарной сигнализации, а среднее значение тока потребления не значительно увеличится за счет введения индикации дежурного режима работы.

Простое решение выходного каскада с индикацией, как дежурного режима, так и режима пожарной тревоги реализовано в схеме, представленной на рис. 5 с применением микросхемы 1845ИП11, разработанной украинским предприятием НТФ ЭЛКОР [9].

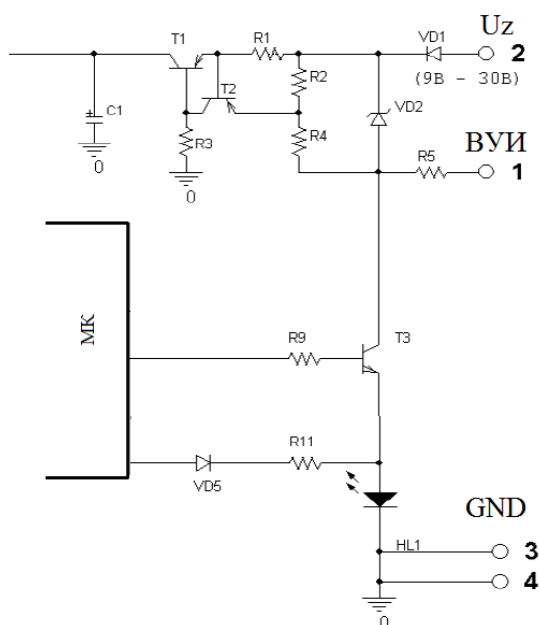


Рис. 5

В дежурном режиме работы питание всех элементов схемы осуществляется через стабилизатор тока, выполненный на транзисторах T1 и T2. В режиме пожарной тревоги значение тока ограничения этим стабилизатором изменяется в сторону увеличения с помощью делителя на резисторах R2 и R4. Сам же выходной каскад в режиме пожарной тревоги имеет ВАХ стабилитрона – аналогично рис. 9 [2].

Еще более просто выглядит выходной каскад извещателя ИП 212-141, представленный на рис. 6. ВАХ этого каскада подобна ВАХ извещателя ИП 212-41М, которая приведена на рис. 12 [2].

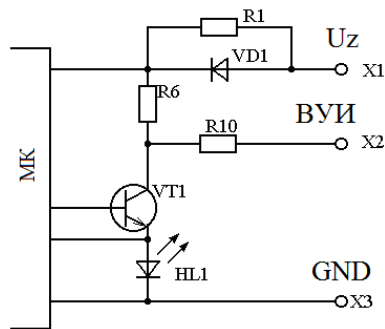


Рис. 6

В дежурном режиме работы ток потребления извещателя не является постоянным. С периодичностью 5 с после каждой световой вспышки светодиода HL1 ток потребления увеличивается на полторы секунды до значения 55 мкА. В последующие 3,5 с ток потребления понижается до 25 мкА.

При большом количестве извещателей в шлейфе пожарной сигнализации ППКП может оценить изменение тока более чем на один миллиампер как сработку пассивного извещателя.

Это показывает, что не всегда простая конструкция является гениальной. При разработке схемы дымового пожарного извещателя приходится решать одновременно несколько противоречивых задач. Оптимальное решение получается только на компромиссе нескольких противоречий. Примером решения схемы выходного каскада на основе компромисса является техническое решение в извещателях серии ИПК, реализованное автором в начале этого века.

Схема выходного каскада комбинированного микроконтроллерного извещателя ИПК-3 представлена на рис. 7.

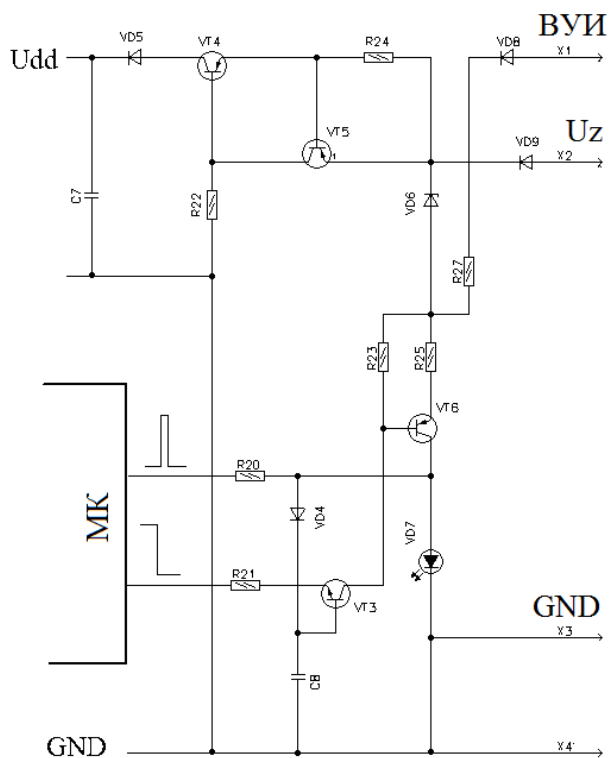


Рис. 7

Работает устройство следующим образом. При включении питающего напряжения U_z конденсатор C_8 разряжен, транзисторы VT_3 и VT_6 выключены. Через ограничитель тока на транзисторах VT_4 и VT_5 начинает заряжаться конденсатор C_7 . Когда напряжение на нем станет выше минимального рабочего напряжения микроконтроллера МК, последний запускается, формирует сигналы на своих выходах и обрабатывает информацию, поступающую на входа этого микроконтроллера. На светодиод VD_7 через резистор R_{20} поступают импульсы тока с первого выхода микроконтроллера, которые с заданной периодичностью обеспечивают индикацию дежурного режима работы. От импульсов падения напряжения на светодиоде VD_7 через диод VD_4 заряжается конденсатор C_8 . На втором выходе микроконтроллера МК устанавливается высокий потенциальный уровень. Транзистор VT_3 будет оставаться в закрытом состоянии. Такое состояние схемы будет соответствовать дежурному режиму работы. При сработке извещателя на его первом выходе устанавливается высокий потенциальный уровень сигнала, а на втором – низкий уровень. Транзистор VT_3 открывается и будет оставаться в открытом состоянии, даже если на первом выходе микроконтроллера установится низкий или промежуточный уровень сигнала. Вслед за транзистором VT_3 открывается и транзистор VT_6 . Через диод VD_8 , стабилитрон VD_6 , резисторы R_{23} и R_{25} , транзистор VT_6 и светодиод VD_7 будет идти электрический ток соответствующий режиму пожарной тревоги. Так как ток в режиме пожарной тревоги, проходящий через светодиод VD_7 будет заведомо больше амплитудного значения тока в дежурном режиме работы, то падение напряжения на нем будет больше чем в дежурном режиме работы. Больше и стабильней будет величина напряжения на конденсаторе C_8 . Значит, будет стабильным коллекторный ток транзистора VT_3 . При малых токах потребления извещателем в режиме пожарной тревоги транзистор VT_6 будет находиться в насыщении и ВАХ извещателя на этом участке будет подобна ВАХ стабилитрона (см. рис. 9 [2]). Но при снижении сопротивления токоограничительного резистора, установленного последовательно с извещателем, внутренне сопротивление будет ускоренно увеличиваться, так как транзистор VT_6 выйдет на режим ограничения тока. Стабилитрон VD_6 обеспечивает удержание извещателя в состоянии пожарной тревоги даже при очень малых значениях этого тока. Такое состояние также обеспечивается тем, что микроконтроллер в состоянии пожарной тревоги не только не увеличивает свой ток потребления, а даже уменьшает его.

Расширить диапазон возможных значений тока в режиме пожарной тревоги, как в большую, так и в меньшую стороны, позволяет схема выходного каскада, приведенная на рис. 8.

Эта схема используется в извещателе АРТОН-ИПД-3.10МК [10]. ВАХ этого извещателя представлена на рис. 9. Ток удержания у извещателя менее 0,5 мА, а ограничение тока наступает после 30 мА. При изменении тока от 2 до 20 мА падение напряжения на извещателе остается в пределах (8 ± 2) В. По сравнению с выходным каскадом извещателя ИП 212-3СУ этот каскад значительно проще, он имеет более широкий диапазон рабочих токов.

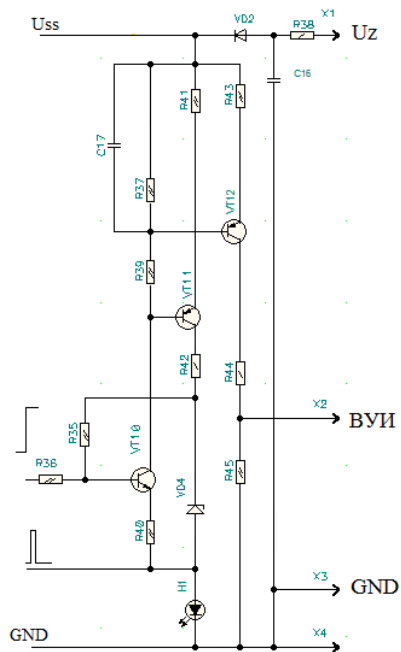


Рис. 8

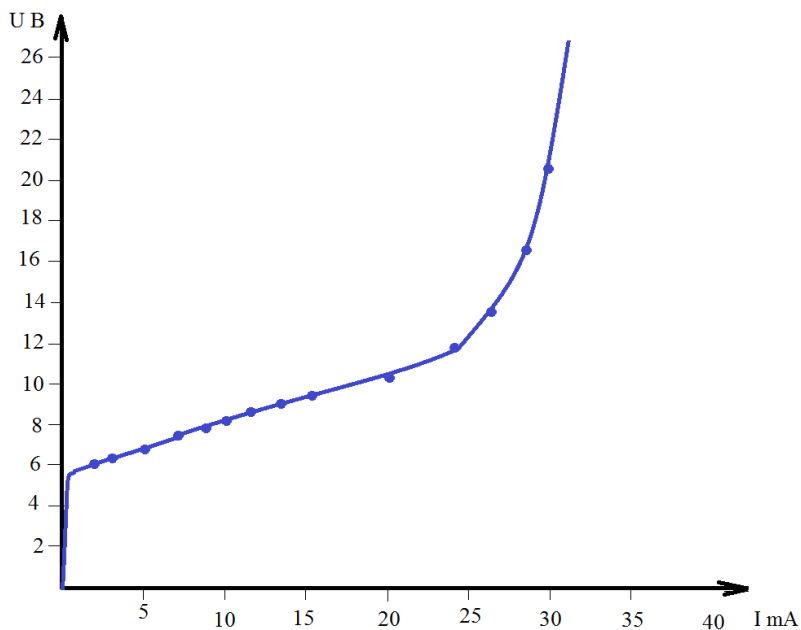


Рис. 9

ВУИ в этом выходном каскаде подключается относительно общего провода (GND), причем ток удержания практически не зависит от того, подключен к извещателю с таким выходным каскадом ВУИ или нет.

Выходной каскад адресных извещателей, работающих в двухпроводном шлейфе, может отличаться от обычных выходных каскадов только наличием дополнительного токового ключа. С помощью импульсного изменения тока потребления осуществляется передача цифровой информации от адресного извещателя на ППКП. Передача информации от ППКП осуществляется напряжением питания, поэтому переменная составляющая напряжения в шлейфе пожарной сигнализации через простейший узел согласования поступает на вход микроконтроллера.

Наиболее сложным является выходной каскад двухточечного извещателя ИП-2.4 [11], который подключается к двум гальванически развязанным шлейфам пожарной сигнализации.

Схема этого выходного каскада представлена на рис. 10.

Выходной каскад извещателя ИП-2.4 содержит обычные узлы:

- выпрямитель на диоде VD9 и конденсаторе C18;
- стабилизатор напряжения с ограничителем тока на транзисторах VT9, VT10, стабилитроне VD7;
- стабилизатор напряжения на транзисторе VT8 и стабилитроне VD4;
- транзисторный ключ на двух транзисторах VT11 и VT12;
- индикаторы состояния извещателя на светодиодах Н1 и Н2, диодах VD3, VD5, VD6.

А также отдельный, отдельный гальванически развязанный транзисторный ключ с памятью сработки. Он содержит транзисторный оптрон DA1, два транзистора VT13 и VT14, светодиод Н3, стабилитрон VD8, два диода VD10, VD11, а также ряд конденсаторов и резисторов.

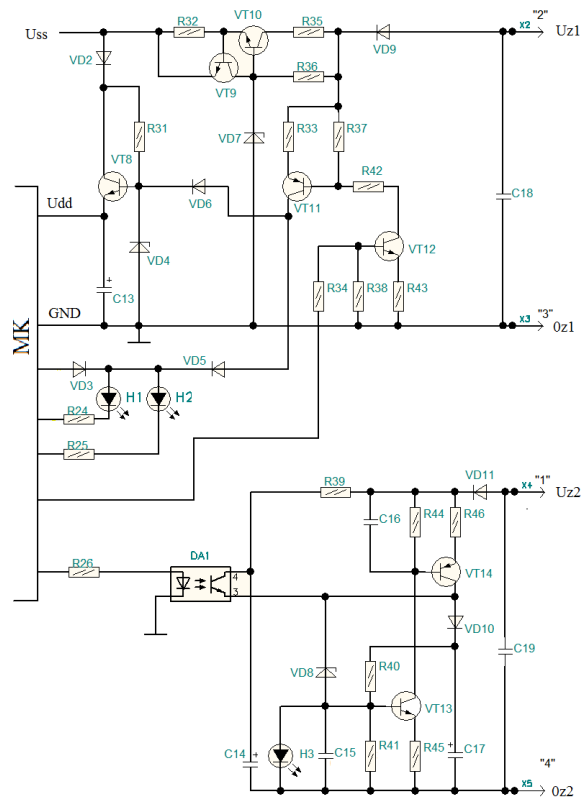


Рис. 10

Работает этот ключ следующим образом. В дежурном режиме работы от микроконтроллера на транзисторный оптрон DA1 импульсы управления не поступают. После подачи на клеммы 1 и 4 извещателя напряжения питания Uz2 транзисторы VT13 и VT14 будут оставаться закрытыми. В цепи электропитания этого ключа ток протекать практически не будет.

Если в верхнем сенсоре двухточечного извещателя появится дым, то микроконтроллер будет осуществлять импульсное управление оптроном DA1. Благодаря первому же импульсу тока, появившемуся в выходной цепи оптрона откроется транзистор VT13, который, в свою очередь, откроет транзистор VT14. Ток коллекторов этих двух транзисторов будет стабильным, и светодиод H3 будет светиться одинаково ярко во всем диапазоне рабочих напряжений. Конденсатор C17 будет заряжен до фиксированного значения напряжения вне зависимости от напряжения Uz2 (в пределах рабочих значений – от 10 до 30 В). При кратковременном отключении питающего напряжения, например, при работе в знакопеременном шлейфе пожарной сигнализации этот ключ будет сохранять включенное состояние при восстановлении питающего напряжения благодаря энергии, накопленной на конденсаторе C17. Если удельная оптическая плотность воздуха в верхнем сенсоре станет ниже порогового значения, то микроконтроллер прекратит подавать импульсы управления на оптрон DA1. Тогда отключением питающего напряжения Uz2 на время более 3с можно будет восстановить дежурный режим работы ключа – перевести его в отключенное состояние. Если же дым в камере верхнего сенсора будет оставаться, то даже после отключения питающего напряжения ключ будет находиться в

состоянии пожарной тревоги благодаря импульсам управления, поступающим на транзисторный оптрон DA1.

Схемотехника, примененная в двухточечных извещателях серии ИП2 защищена рядом патентов на изобретения Украины и России: UA73398 [12], UA85270 [13], UA85273 [14], RU2265888 [15], RU2356094 [16], RU2356095 [17].

Баканов Владимир - главный конструктор ЧП"АРТОН"

Литература:

1. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Баканов В. "Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели. Основные схемные решения. Часть 4.1. Выходной каскад" <http://daily.sec.ru/2014/12/05/Dimovie-optiko-elektronnie-tochechnie-posharnie-izveshateli-Osnovnie-shemnie-resheniya-CHast-41-Vihodnoy-kaskad.html>
3. Баканов В. "Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели. Основные схемные решения. Часть 1.4. Блок-схемы" <http://daily.sec.ru/2014/06/24/Dimovie-optiko-elektronnie-tochechnie-posharnie-izveshateli-Osnovnie-shemnie-resheniya-CHast-14-Blok-shemi.html>
4. Гусев В. Г., Гусев Ю. М. "Электроника: Учеб. пособие -2-е изд., М. Высш. шк. 1991 с. 116
5. <http://www.findpatent.ru/patent/213/2134907.html>
6. Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный ИП212-46, Руководство по эксплуатации БВДК.425232.003-01РЭ, http://kontakt-tambov.moy.su/publ/pribory_okhranno_pozharnoj_signalizacii_dilerskij_centra_v_g_tambov_oao_quot_npp_quot_kontakt_quot/1-1-0-7
7. <http://www.aktivsb.ru/prod-186.html>
8. <http://www.google.com.ar/patents/US5872517>
9. <http://ntf-elcor.all.biz/mikroshema-1845ip10-g841306>
10. http://www.arton.com.ua/products/fire_detectors/conventional_smoke_detectors/arton_ipd_310mk/
11. http://www.arton.com.ua/products/fire_detectors/conventional_smoke_detectors/ip_24/
12. Патент Украины на изобретение № 73398 «Дымовой пожарный извещатель», бюл. № 7, 2005 г
13. Патент Украины на изобретение № 85270 «Дымовой пожарный извещатель», бюл. № 1, 2009 г
14. Патент Украины на изобретение № 85273 «Дымовой пожарный извещатель», бюл. № 1, 2009 г
15. <http://www.findpatent.ru/patent/226/2265888.html>
16. <http://www.findpatent.ru/patent/235/2356094.html>
17. <http://www.findpatent.ru/patent/235/2356095.html>