

Дымовые оптоэлектронные точечные пожарные извещатели. Основные схемные решения. Часть 4.1. Выходной каскад

Выходной каскад пожарного извещателя и оптоэлектронного дымового точечного в частности состоит из нескольких взаимосвязанных узлов, которые рассматривались в предыдущих первых пяти частях статьи, посвященным блок-схемам. Принципиальные схемные решения большей части этих узлов ничем не отличаются от аналогичных узлов, применяемых в других пожарных извещателях. В частности, в выходном каскаде тепловых точечных пожарных извещателей применяются такие узлы, как выпрямитель; стабилизатор тока (напряжения) и бистабильный элемент. Подробное описание этих решений можно найти в публикациях автора по схемотехнике тепловых пожарных извещателей [1, 2]. Часто в дымовых пожарных извещателях разделяют функции, которые выполняет бистабильный элемент – памяти сработки и коммутации шлейфа пожарной сигнализации. Если функцию памяти сработки выполняют логические элементы блока управления (микроконтроллера): триггер, ячейка памяти, то функцию коммутации шлейфа обычно выполняет транзисторный ключ, который обеспечивает согласование сопротивлений коммутируемых цепей.

Если извещатель предназначен для работы в 4-х проводном шлейфе пожарной сигнализации, когда питание извещателя (лей) осуществляется от источника постоянного тока номинальным напряжением 12 В, а цепь сигнализации коммутируется "сухими" контактами реле, то для таких целей вполне хватает одно- или двухтранзисторного каскада на обычных биполярных транзисторах, или специальной микросхемы – драйвера реле. Схемы таких каскадов легко можно найти в справочной литературе. Примеры, взятые из книги [3], представлены на рис. 1 - 4, где элементом нагрузки R_n будет электромагнитное реле.

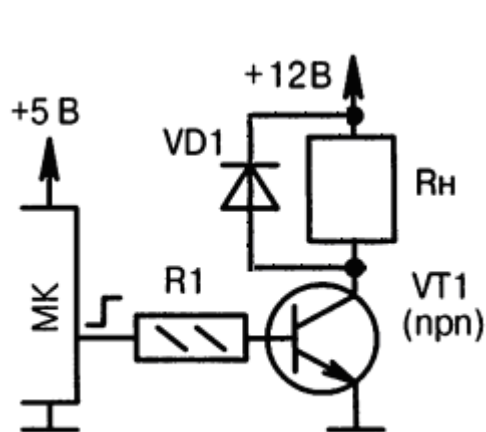


Рис. 1

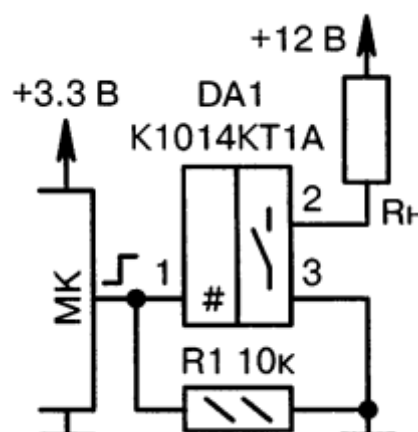


Рис. 2

Шунтирование обмотки реле диодом необходимо делать обязательно, так как это показано на рис. 1: для R_n диодом VD 1. В противном случае ЭДС самоиндукции, возникающая в обмотке реле, может значительно превысить максимально допустимое напряжение на коллекторе транзистора, коммутирующего реле и вывести из строя этот транзистор.

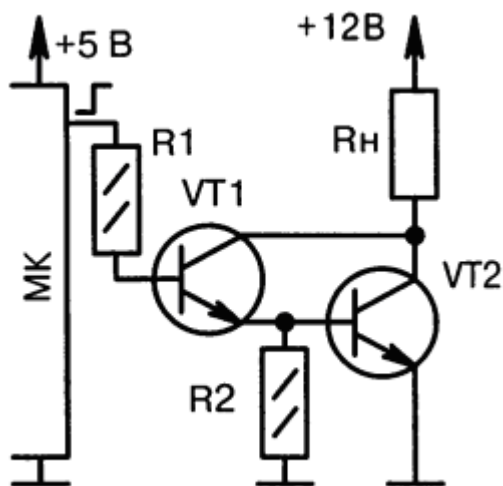


Рис. 3

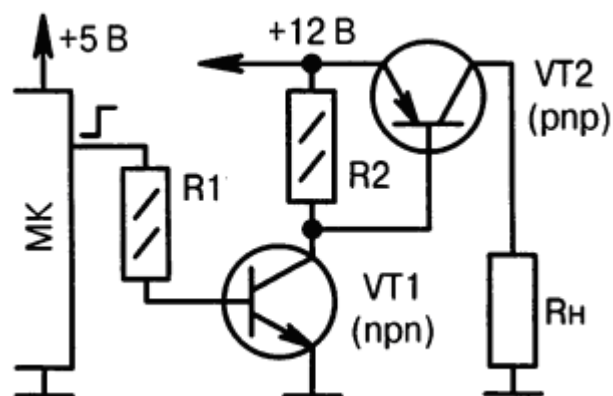


Рис. 4

Как должна быть организована сигнальная цепь 4-х проводного шлейфа пожарной сигнализации рассказано в [4]. Обычно используются нормально замкнутые контакты реле, параллельно которым устанавливаются резисторы, сопротивление которых добавляется к сопротивлению оконечного резистора шлейфа при сработке соответствующего извещателя. Там же рассказано, где и как должны подключаться резисторы в 4-х проводном шлейфе и какие дополнительные узлы необходимо применять, для того, чтобы обеспечить соответствие требованиям нормативных документов: так чтобы при сработке любого извещателя на приборе приемно-контрольном пожарном (ППКП) формировался сигнал пожарной тревоги. А при извлечении любого извещателя из базы, или отключении питающего напряжения 12В на ППКП формировался сигнал неисправности в соответствующей зоне контроля (в соответствующем шлейфе). Необходимо также понимать, что при желании использовать извещатели, у которых реле имеет нормально разомкнутые контакты, требуется чтобы такой извещатель содержал по пять разъемных контактов на активной части извещателя и на базовом основании, или чтобы базовое основание имело разрывной контакт, замыкающийся при установке на нее активной части.

В этом случае выбор двух других узлов выходного каскада – выпрямителя и стабилизатора напряжения не является критичным для извещателя. Но к выбору ППКП, с которым будут работать такие извещатели, предъявляются особые требования:

- повышенное потребление тока в дежурном режиме работы;
- состояния шлейфа ППКП должен оценивать по изменению сопротивления;
- выход питания извещателей может быть один на несколько шлейфов.

Возможная схема выходного каскада 4-х проводного пожарного извещателя представлена на рис. 5. Величина сопротивления резистора R2 зависит от типа применяемого ППКП. При сработке извещателя сопротивление именно этого резистора добавляется к сопротивлению оконечного элемента.

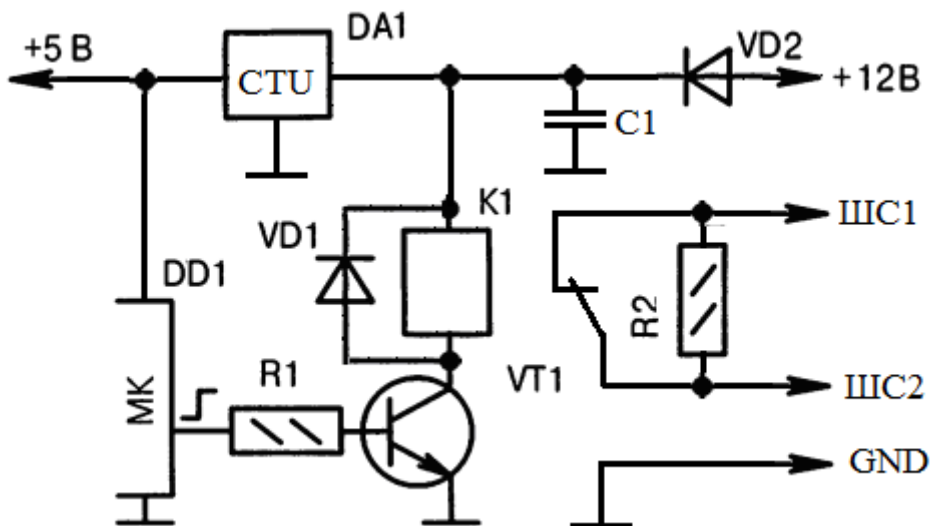


Рис. 5

Если с выхода микроконтроллера нельзя получить ток достаточный для переключения транзистора, то следует применять двухтранзисторный каскад по схемам, приведенным на рис. 3 или 4.

Индикация состояния извещателя может быть выполнена на светодиодном единичном индикаторе красного цвета свечения, который через токоограничительный резистор подключен к отдельному логическому выводу микроконтроллера DD1.

Если же свободного вывода у микроконтроллера нет, то индикатор состояния можно включить последовательно с обмоткой реле, как это показано на рис. 6.

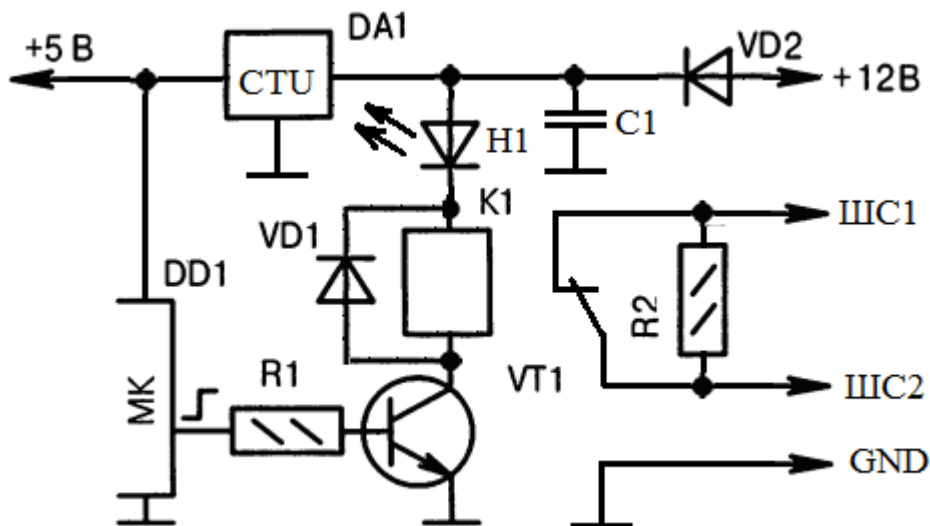


Рис. 6

Но с 01.01.2014 вступил в действие стандарт ГОСТ Р 53325-2012 [5], в котором к индикации на пожарном извещателе предъявляются особые требования:

"4.2.5.1 ИПП или блок обработки ИПП должен содержать встроенный оптический индикатор, отображающий различные режимы работы. Тревожный режим работы индикатора при передаче извещения о пожаре (для пороговых ИПП) или принятии приемно-

контрольным прибором решения о переходе в режим «Пожар» по сигналу от ИП (для аналоговых из вещателей) должен быть отличным от дежурного режима. 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. Режим «Пожар» должен индицироваться красным цветом".

Нельзя назвать правильным решение, в котором индикация дежурного режима работы будет осуществляться по схеме, приведенной на рис. 6, но короткими импульсами с большим периодом следования. Даже при коротких импульсах (менее 1 мс) контакты реле могут размыкаться, что может привести к формированию ложных сигналов сработки извещателя.

Получить функцию индикации дежурного режима работы можно по схеме, представленной на рис. 7. Благодаря использованию эмиттерного повторителя на транзисторе VT2 выход микроконтроллера, управляющий ИК излучателем, не будет перегружен по току, а яркость импульсного свечения в дежурном режиме работы не будет зависеть от изменения напряжения в шлейфе. Яркость свечения будет определяться величиной сопротивления резистора R3. Только нужно отчетливо понимать, что питание индикатора Н1 в дежурном режиме работы будет осуществляться током от внешнего источника электропитания напряжением 12 В.

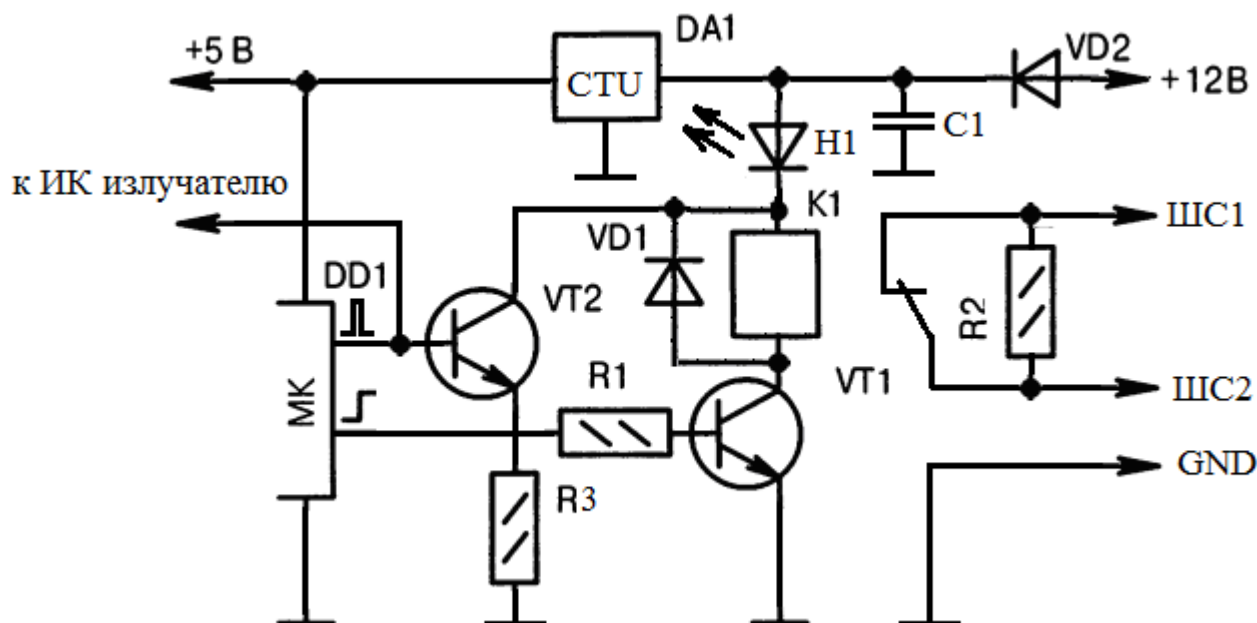


Рис. 7

Недостаток 4-х контактной базы и активной части только с четырьмя контактами ощущается при необходимости использования на конкретном объекте внешнего устройства индикации (ВУИ). Нормативными требованиями запрещено подключение такого индикатора последовательно в цепь питания извещателя, так как обрыв в цепи ВУИ приведет к нарушению нормальной работы самого извещателя.

Некоторые производители, выпускающие дымовые пожарные извещатели в одном конструктивном исполнении как 2-х, так и 4-х проводные часто используют одну и ту же печатную плату для сборки того или иного исполнения изделия. Поэтому схемотехническое решение выбирается с учетом его пригодности для всех вариантов исполнения. А конкретное исполнение получается установкой или не установкой определенных компонентов.

Особенностью построения 2-х проводных исполнений извещателей является то, что они должны быть совместимы с ППКП. Причем, если совместимость будет обеспечиваться с большим количеством типов ППКП, тем шире возможно применение такого извещателя.

Известно, что ППКП могут контролировать состояние шлейфа пожарной сигнализации:

- по напряжению в шлейфе;
- по току в шлейфе;
- по сопротивлению шлейфа.

Кроме того измерения могут проводиться:

- на постоянном токе;
- на переменном токе;
- на импульсном токе одной полярности;
- на импульсном знакопеременном токе разной скважности.

Измерения могут проводиться:

- прямым компарированием амплитуды сигнала;
- интегрированием нескольких замеров, с компарированием среднего значения;
- 20-ти мс интегрирование с подавлением основных помех;
- прироста параметра относительно значения в дежурном режиме работы;
- с компенсацией дрейфа параметра.

В пожарном извещателе, предложенном Шакировым В. А. [6], использовалась схема, приведенная на рис. 8. Индикатор состояния подключен к отдельному выходу блока логики.

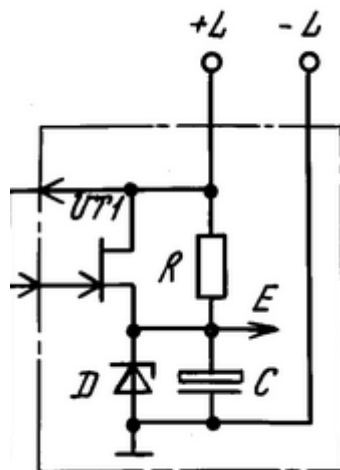


Рис. 8

В схеме этого выходного каскада отсутствует узел выпрямителя, что уже накладывает свои ограничения на типы ППКП совместимые с таким извещателем. Не предусмотрено так же подключение ВУИ.

В дежурном режиме работы полевой транзистор VT1 будет закрыт и питание элементов схемы извещателя будет осуществляться от шины E. Параметрический стабилизатор напряжения на элементах R, D, C позволит питать остальные элементы извещателя стабильным напряжением, при малых токах потребления и практически не зависеть от напряжения в шлейфе пожарной сигнализации, которое подается на клеммы +L и -L.

В режиме пожарной тревоги на затвор полевого транзистора VT1 подается потенциал, открывающий его. Высокоомный резистор R будет практически закорочен. Таким образом, после сработки извещателя вместо резистора с большим сопротивлением будет подключен к шлейфу пожарной стабилизации стабилитрон, который ограничит напряжение на извещателе на уровне 5-6 В. Если постоянно токовый шлейф пожарной сигнализации будет организован так, что ограничение тока будет выполняться только в ППКП, то напряжение в таком шлейфе снизится до указанного значения, даже если в дежурном режиме работы на нем было рабочее напряжение 12 или 24 В.

Если же напряжение в шлейфе выбранного ППКП будет стабильным без ограничения тока, а измеряться будет ток в шлейфе, то для того, чтобы отличить ток короткого замыкания в шлейфе необходимо будет устанавливать последовательно с каждым извещателем токоограничительный диод, например в базовом основании каждого извещателя. В этом случае ППКП принципиально может различить сработку одного, двух или нескольких извещателей в одном и том же шлейфе.

Вольт амперная характеристика (ВАХ) такого извещателя будет выглядеть, как это показано на рис. 9:

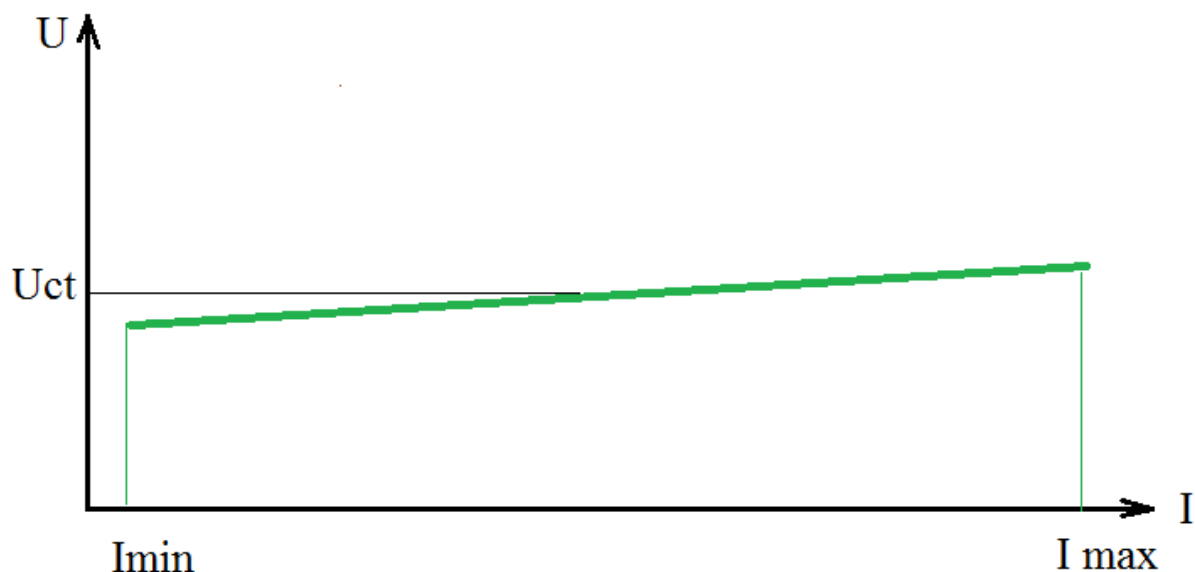


Рис. 9

При токе в цепи извещателя меньше минимального значения изделие будет самопроизвольно возвращаться в дежурный режим работы. Данный эффект аналогичен тиристорному эффекту с цепи постоянного тока. Значение I_{\min} , который аналогичен току удержания тиристора, составляет несколько миллиампер. Проводя согласование режимов работы ППКП и извещателей необходимо, чтобы ток в режиме пожарной тревоги был заведомо больше I_{\min} . Наклон ВАХ будет определяться динамическим сопротивлением стабилитрона D и сопротивлением открытого полевого транзистора VT1.

Выходной каскад, более пригодный к практическому применению, представлен на рис. 10. Именно такая схема применяется в извещателе ИП 212-44 [7]. В этой схеме применено два выпрямителя. Один на диоде VD4 отдельно для выходного ключа, а другой на диоде VD1 для остальных элементов схемы извещателя. Биполярный транзистор VT1 в режиме пожарной тревоги подключает параллельно цепи питания извещателя ограничитель напряжения собранный из двух стабилитронов VD2, VD3 и диода VD4, соединенных последовательно. Параллельно стабилитрону VD3 подключен индикатор состояния извещателя на светодиоде H и резисторе R1.

ВУИ подключается между выводами "1" и "2", причем эта внешняя цепь также подключается параллельно другому стабилитрону VD2. В этом случае общий ток потребления извещателя в режиме пожарной тревоги не зависит от того подключен ВУИ или нет. Однако минимальный рабочий ток в режиме пожарной тревоги, при котором удерживается извещатель в сработавшем состоянии зависит от того подключен ВУИ или нет. С подключенным ВУИ минимальный ток удержания будет 5 мА, а без ВУИ только 2 мА.

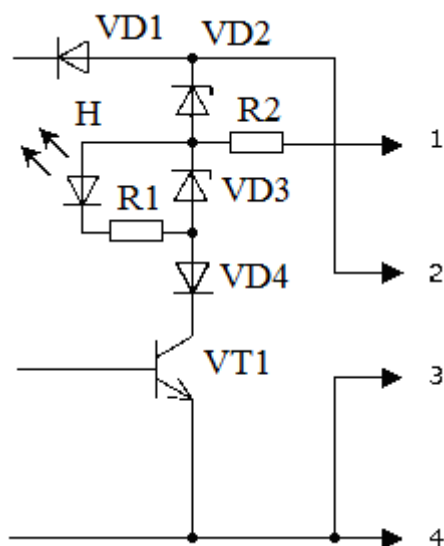


Рис. 10

ВАХ этого выходного каскада имеет вид такой же как и у предыдущей схемы, только величина напряжения стабилизации $U_{ст}$ будет несколько больше: 8-9 В. Более высокое напряжение не допустимо по двум причинам: извещатель с таким выходным каскадом должен

работать с ППКП со знакопеременным напряжением и с ППКП, у которых постоянное напряжение в шлейфе в дежурном режиме работы может быть 10 В.

Более простым, с точки зрения примененных компонентов, выглядит выходной каскад, примененный в извещателе ИП212-41М. Схема этого каскада, представленная на рис. 11, соответствует объекту интеллектуальной собственности [8].

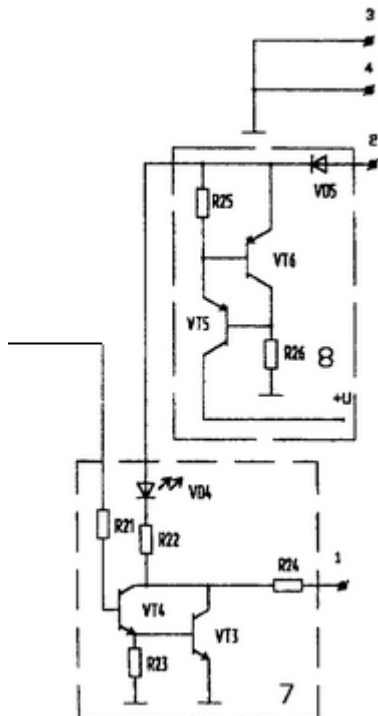


Рис.11

Узел выпрямителя выполнен на диоде VD5. Питание других узлов извещателя осуществляется через стабилизатор тока, который содержит два транзистора VT5, VT6 и два резистора R25, R 26. Выходной ключ реализован на двух биполярных транзисторах VT3, VT4, коллектора которых через светодиод VD4 и резистор R22 соединены с катодом выпрямительного диода VD5. ВУИ подключается к клеммам 1 и 2. Таким образом, при подключении внешнего светодиода ток в его цепи будет той частью тока коллекторов транзисторов VT3, VT4, на которую уменьшится ток через внутренний индикатор извещателя – светодиод VD4, если приложенное к извещателю напряжение будет постоянным. Внутреннее сопротивление извещателя в режиме пожарной тревоги без ВУИ будет около 0,88 кОм при токе 20мА. Но эта величина не будет стабильной в режиме пожарной тревоги, и при снижении тока сопротивление будет незначительно повышаться. Однако основной вклад в угол наклона ВАХ изделия будет вносить резистор R22.

ВАХ извещателя ИП212-41М представлена на рис. 12. Ток удержания извещателя в сработанном состоянии как с ВУИ, так и без него будет около 2 мА.

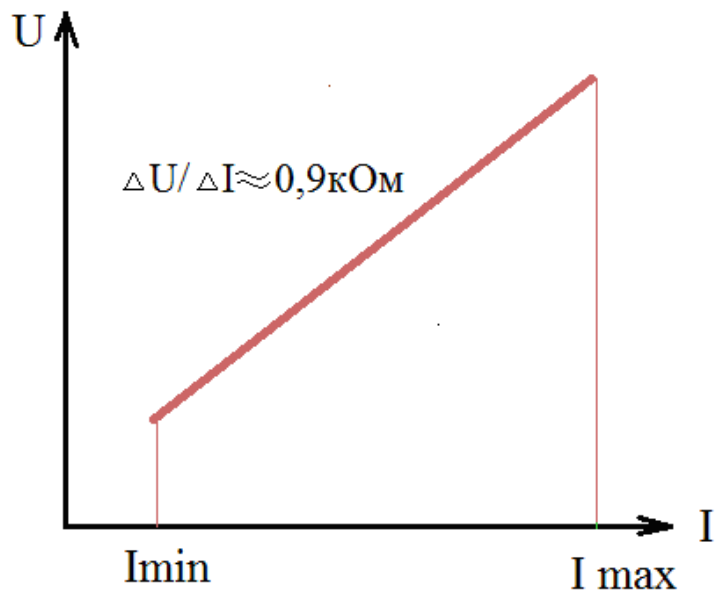


Рис. 12

Несколько иной будет ВАХ и схема выходного каскада со стабилизацией тока в режиме пожарной тревоги.

Принципиальная электрическая схема выходного каскада пожарного дымового извещателя ИП 212-44СВ [7] представлена на рис. 13, а ВАХ этого изделия – на рис. 14.

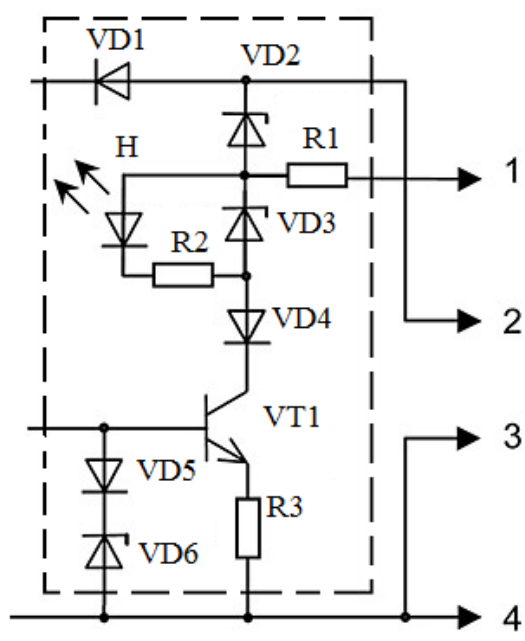


Рис. 13

Применение в цепи эмиттера транзистора $VT1$ резистора $R3$, а в цепи базы этого же транзистора ограничителя напряжения на стабилитроне $VD6$ и диоде $VD5$ позволяет стабилизировать ток потребления извещателя в режиме пожарной тревоги на заданной величине, например, $I_{ct} = 7,5 \text{ мА}$, а рабочее напряжение может меняться от 9 до 36 В.

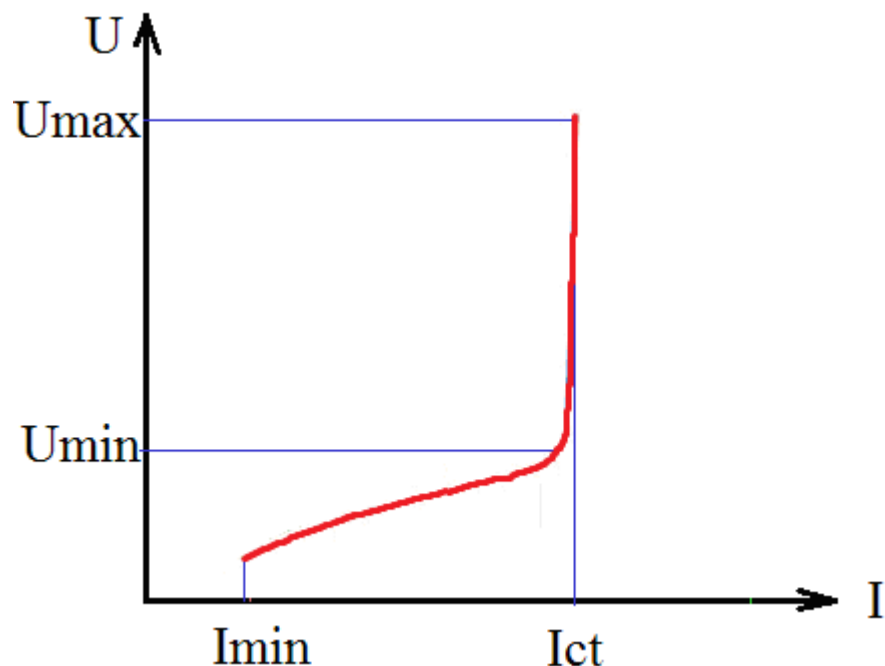


Рис. 14

Как показал в своей публикации [9] И. Г. Неплохов, в настоящее время на российском рынке пожарных извещателей представлены изделия с самыми разными ВАХ тревожного режима работы. Наиболее правильным и простым по совместимости технических средств было бы повсеместное производство извещателей со стабильным значением нормативно заданного значения тока потребления в режиме пожарной тревоги, а ППКП с контролем тока в цепи шлейфа. Однако такое решение кардинально может повлиять на большинство производителей, как извещателей, так и ППКП с требованиями изменить конструкции изделий производимых в настоящее время. Вот почему нормотворцы на такой шаг пойти не могут, не смотря на технически обоснованное предложение авторитетного специалиста.

Кроме того, в последней редакции ГОСТ Р 53325 имеются новые обязательные требования к конструкции пожарных извещателей, в частности к индикации дежурного режима работы, о которой уже говорилось выше. Решить проблему индикации дежурного режима работы по аналогии со схемой, приведенной на рис. 7 в 2-х проводном шлейфе нельзя, так как при большом количестве извещателей ток индикации дежурного режима может вызвать ложное срабатывание ППКП.

Как построить схемные решения выходного каскада пожарного извещателя для обеспечения индикации дежурного режима работы, а также подключения ВУИ будет посвящена следующая часть, которая и станет завершающей в цикле статей по схемотехнике дымовых пожарных извещателей.

Баканов Владимир - главный конструктор ЧП "АРТОН"

Литература:

1. Баканов В. "Схемотехника точечных тепловых пожарных извещателей. Часть 2.1. Элементарные схемотехнические "кубики", <http://daily.sec.ru/2013/07/08/Shemotehnika-tochechnih-terplovih-posharnih-izveshateley-SHast-21-Elementarnie-shemotehnicheskie-kubiki.html>
2. Баканов В. "Схемотехника точечных тепловых пожарных извещателей. Часть 2.2. Элементарные схемотехнические "кубики", <http://daily.sec.ru/2013/07/15/Shemotehnika-tochechnih-terplovih-posharnih-izveshateley-SHast-22-Elementarnie-shemotehnicheskie-kubiki.html>
3. Рюмик, С. М., 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 2, <http://padabum.com/d.php?id=23949>
4. Баканов В. Схемы подключения дымовых пожарных извещателей Часть 3 <http://daily.sec.ru/2014/02/04/Shemi-podklucheniya-dimovih-posharnih-izveshateley-SHast-3.html>
5. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний
6. Шакиров В. А. Патент Российской Федерации на изобретение № 2032225 "Пожарный извещатель" <http://www.findpatent.ru/patent/203/2032225.html>
7. Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный типа ИП 212-44 Руководство по эксплуатации ШМ2.402.001 РЭ
8. Патент Российской Федерации на изобретение № 2221278 "Устройство регистрации дыма" http://www.findpatent.ru/img_show/713272.html
9. Неплохов И. Г. "Анализ параметров шлейфа двухпорогового ППКП. Часть 3", <http://www.algorithm.org/arch/arch.php?id=50&a=952>