

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ШЛЕЙФА ДВУХПОРОГОВОГО ППКП

ЧАСТЬ 3

И. Неплохов

к.т.н., технический директор Бизнес группы «Центр-СБ»

В предыдущих частях статьи, опубликованных в № 5, 6 журнала за 2010 год, были рассмотрены характеристики шлейфов приемно-контрольных приборов (ППКП) с контролем по напряжению с фиксированными порогами и характеристики шлейфов ППКП с контролем по току с низкоомным выходом с фиксированными и адаптивными порогами [1, 2]. В статье [3] были показаны существенные проблемы в обеспечении индикации и резервирования тепловых пожарных извещателей с нормально замкнутыми контактами, последовательно включенными в шлейф. В третьей части статьи будут рассмотрены параметры исключительно 2-х порогового шлейфа с дымовыми пожарными извещателями.

Проблема работоспособности пожарной автоматики (ПА), очевидно, возникла практически одновременно с началом использования автоматических пожарных извещателей. Несмотря на то, что в прежние времена логика работы приборов была значительно проще, работоспособность систем была недостаточно высокой. Вопросы повышения эффективности автоматических систем обнаружения пожара подробно рассматривались в докторской диссертации господина Танклевского Л. Т. [4], приведенная в этой работе статистика показывает, что случаи успешного срабатывания ПА при пожарах в 1988 году составляли 49,3%, в 1989 году 49,2%, в 1990 году 47,5%, в 1991 году 50,3%, в 1992 году 50,6%, в 1993 году 48,2%. В кандидатской диссертации господина Васильева М. А. [5], в частности, отмечалось, что «вследствие окисления контактов, разрушения проводов из-за механического воздействия или воздействия агрессивной среды реальное сопротивление шлейфа может превышать предельно допустимое в несколько раз. При этом для ряда ПКП увеличение сопротивления до 1 кОм не приводит к регистрации сигнала «Неисправность», однако на срабатывание дымовых пожарных извещателей данная система не реагирует». Можно наблюдать значительный регресс: современные ППКП могут не обнаруживать в 10-20 раз большее увеличение сопротивление шлейфа! Действительно, почему контроль неисправности шлейфа в итоге свелся к обнаружению обрыва и короткого замыкания? По ГОСТ Р 53325-2009 п. 7.2.1.1 ППКП должны обеспечивать «автоматический контроль целостности линий связи с внешними устройствами (ИП и другими техническими средствами), световую и звуковую сигнализацию о возникшей неисправности». Контроль шлейфов на обрыв и короткое замыкание – это что, контроль линий связи? Отнюдь, линии связи «целостны», ког-

да связь с устройствами обеспечивается, т.е. когда идентифицируются «Пожар 1» и «Пожар 2», а не когда отсутствуют механические повреждения кабеля. Почему нет требования резервирования шлейфа, если не обеспечивается автоматический контроль его работоспособности? Извещатели во всех помещениях зарезервировали, протянули огнестойкий кабель FRHF, а один контакт в базе «подкис», и пожары от всех последующих извещателей в шлейфе заблокировались независимо от объема резерва.

А какая надежность ППКП? По НПБ 75-98 «Приборы приемно-контрольные пожарные. Приборы управления пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний» п. 9.2.2. «Средняя наработка на отказ должна составлять, часов на шлейф, не менее 40000 – для ППКП малой емкости; 30000 – для ППКП средней и большой емкости», т.е. около 4,5 и 3,5 лет соответственно. В ГОСТ Р 53325-2009 этих требований уже нет, осталось лишь требование п. 7.2.5.3 «Среднее время восстановления, ч., не более – 6». Очевидно, это чистое время «восстановления» на ремонтном участке, а какое будет суммарное время ремонта прибора или его замены по гарантии со всеми пересылками через дилеров и дистрибьюторов на завод и обратно? К тому же, требования п. 7.2.1.1 ж) «ручной или автоматический контроль работоспособности и состояния узлов и блоков ППКП с возможностью выдачи извещения об их неисправности во внешние цепи» присутствует в ГОСТ Р 53325-2009 с Примечанием – «Допускается отсутствие у ППКП функций, указанных в перечислениях «е» – «м»». Естественно, практически во всех отечественных приборах контроль работоспособности отсутствует. Какое при этом получается среднестатистическое время, в течение которого объект пребывает без защиты?

А как при этом выполнить требования

Приложения О СП 5.13130.2009: «Определение установленного времени обнаружения неисправности и ее устранения. 0.1 Установленное время обнаружения неисправности и ее устранения не должно превышать 70% максимального разрешенного времени приостановления технологического процесса на регламентные работы. 0.2 Установленное время обнаружения неисправности и ее устранения в случае отсутствия ограничений не должно превышать 70% времени вынужденного простоя, согласованного с заказчиком, определяемого исходя из допустимых материальных потерь из-за остановки производства. 0.3 Установленное время обнаружения неисправности и ее устранения в случае, когда функции системы можно передать персоналу, не должно превышать 70% времени, определяемого исходя из согласованных с заказчиком затрат на содержание выделенного персонала на время выполнения им функций контроля»? Конечно, я сознательно ввел читателей в заблуждение, это требование относится только к одному пожарному извещателю с автоматическим контролем работоспособности, когда по п.13.3.3 в) «обеспечивается идентификация неисправного извещателя с помощью световой индикации и возможность его замены дежурным персоналом за установленное время, определяемое в соответствии с приложением О». Ну а если нет автоматического контроля ни извещателей, ни шлейфов, ни прибора, то вынужденного простоя на объекте не будет и при полностью неисправной системе. А когда все-таки обнаружат неисправный ППКП и отправят его в ремонт, остановят производство или организуют круглосуточное дежурство в каждом помещении?

А как трактуется требование ГОСТ Р 53325-2009 обеспечить «преимущественную регистрацию и передачу во внешние цепи ИЗВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ по отношению к другим сигналам, формируемым ППКП»? Как считается выполненным это требование, если в приборе заложена логика формирования сигнала «Неисправность» после сигнала «Пожар 1», который многие производители ППКП переименовали во «Внимание» и совсем забыли, что нужно по этому сигналу делать. Тем самым подразумевается, что если один извещатель сработал – это еще не ПОЖАР, вот сработает второй, тогда будет пожар, а если после «Внимания» прибор выдал «Неисправность», что тогда делать? И разве это не «преимущественное» формирование сигнала «Неисправность», это не блокировка сигнала «Пожар 1»? Противоположная логика программируется в приборах из ближнего зарубежья: подтверждением пожара после сброса шлейфа является его ЛЮБОЕ СОСТОЯНИЕ, ОТЛИЧНОЕ ОТ НОРМЫ (срабатывание, КЗ, обрыв)!

ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИП

Некоторые читатели интересовались, что это за зверь «нелинейная вольтамперная характеристика»? А некоторые отчаян-

ные головы требовали, чтобы для решения всех проблем согласования извещатель «тупо» коротил сам себя, но как же он без питания-то индикаторы включит и режим «Пожар» зафиксирует? 4-х проводное включение как бы и подразумевалось в первых двух частях, если не учитывать ток дежурного режима извещателей. Не думаю, что для многих читателей знакомство с нелинейными ВАХами извещателей доставит удовольствие, но выбирать не приходится, других, к сожалению, нет!

В отличие от резисторов, вольтамперная характеристика (ВАХ) диода, светодиода, стабилитрона, транзистора, микросхемы и т.д. является нелинейной – многим известна эта азбучная истина радиотехники. Соответственно любое электронное устройство, в том числе и пожарные извещатели, дымовые и тепловые, состоящие из этих элементов, также имеют нелинейную характеристику. Нормативных требований здесь нет, и разнообразие электрических схем извещателей определяет все многообразие их электрических характеристик. В качестве примера на *рисунке 1* приведены ВАХ нескольких дымовых пожарных извещателей в режиме «Пожар», выбранных случайным образом, буквально, что было под рукой. Однако не может не удивлять разброс характеристик, при одном и том же токе падение напряжения на извещателе варьируется в широких пределах, например, ток 10 мА может соответствовать напряжению на извещателе от 5 В до 10 В. Причем, есть извещатели, которые выходят из режима «Пожар» уже при токах ниже 10 мА. Попадают экзemplяры с дрейфом тока или скачкообразным изменением тока в значительных пределах в режиме «Пожар» (на графиках не отображено). Соответственно в широких пределах изменяется и внутреннее сопротивление извещателя в зависимости от тока и от типа. Очевидно, характеристики десятка извещателей не отражают всего разнообразия ДИПов, но и представленная абстрактная картина позволяет усомниться в возможности обеспечения совместимости любого неадресного ППКП с любыми неадресными извещателями в двухпороговом режиме посредством подбора соответствующих дополнительных резисторов! Некоторые специалисты даже утверждают, что нередко производятся попытки «скрестить ужа с ежом», а что может и появится когда-нибудь нано-ППКОПУ-ДИП в одном флаконе, извиняюсь, в одной микро, нет, конечно же, в одной наносборке! Но, на мой взгляд, шутки здесь не уместны... Причем характеристики этих ДИПов сняты по отдельным образцам в нормальных условиях, а какая стабильность характеристик в процессе эксплуатации в диапазоне рабочих температур, какой разброс образцов?

Вид вольтамперной характеристики зависит от схемотехники извещателя. Можно выделить два основных типа, вероятно, большую часть составляют дымовые извещатели со стабилизацией напряжения в различной степени, значительно меньше выпускается извещателей со стабилизацией тока на фиксированном уровне или с возможностью регулировки. Для определенности рассмотрим фрагменты электрических схем пожарных извещателей ИП212-44, ИП212-44СВ и ИП212-73 ПРОФИ-0, предоставленные компаниями ИВС-Сигналспецавтоматика и Систем Сенсор.

В извещателе ИП212-44 в режиме «Пожар» открывается транзисторный ключ, включаются стабилитроны на 4,7 В и 2,7 В, а также индикаторный светодиод (*рис. 2*). Дополнительные элементы предназначены для выравнивания яркости встроенного и выносного индикатора и стабилизации их тока при изменении напряжения шлейфа. На *рисунке 3* приведены ВАХ извещателей ИП212-44 и ИП212-54Т. У извещателя ИП212-44 обеспечивается стабилизация напряжения на уровне 7 – 9 В в диапазоне токов 3 – 20 мА*. Извещатель ИП212-54Т обеспечивает стабилизацию напряжения на несколько меньшем уровне: 5,33 В – 7,92 В при тех же токах.

В извещателе ИП212-44СВ ключевой транзистор с дополнительными стабилитроном и диодом в базе в качестве опоры и резистором в эмиттере (*рис. 4*) обеспечивает стабилизацию тока на уровне 7,5 мА. Соответственно вольтамперная характеристика

Рис. 1. Разнообразие вольтамперных характеристик ДИПов

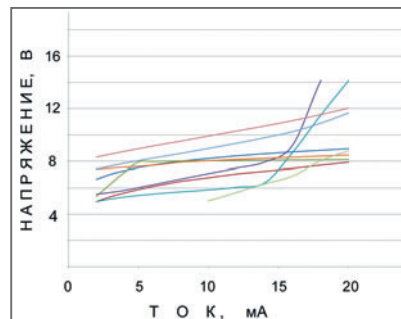


Рис. 2. Фрагмент СхЭ извещателя ИП212-44

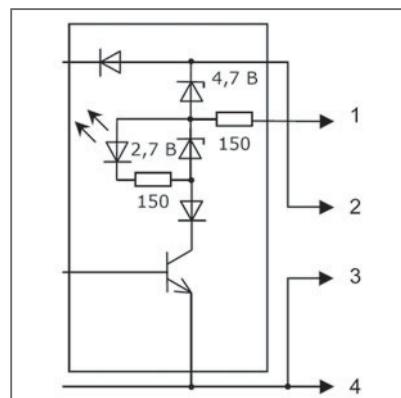
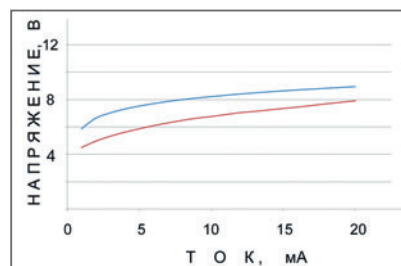


Рис. 3. ВАХ извещателей ИП212-44 и ИП212-54Т



ка вместо горизонтального пологого участка имеет вертикальный участок (рис. 5). Ток извещателя ИП212-44СВ стабилизируется в широком диапазоне напряжений. Вольт-амперные характеристики извещателей ИП212-44СВ и ИП212-54Т-7,5 практически совпадают, а извещатель ИП212-54Т-5,5, соответственно, обеспечивает ста-

Рис. 4. Фрагмент СхЭ извещателя ИП212-44СВ

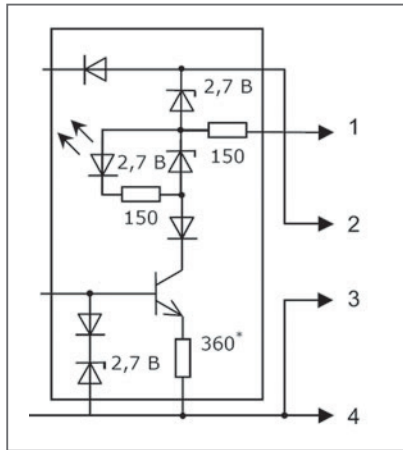


Рис. 5. ВАХ извещателей ИП212-44СВ, ИП212-54Т-7,5 и ИП212-54Т-5,5

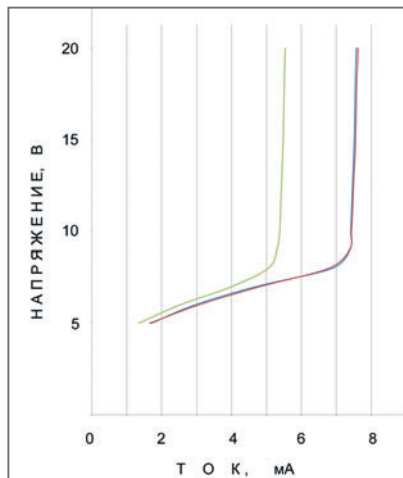


Рис. 6. Фрагмент СхЭ извещателя ИП212-73 ПРОФИ-0

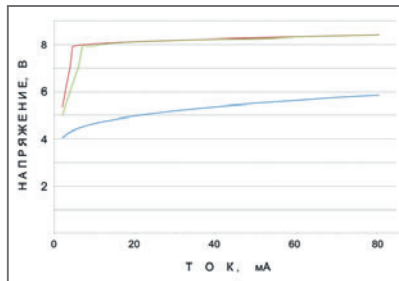
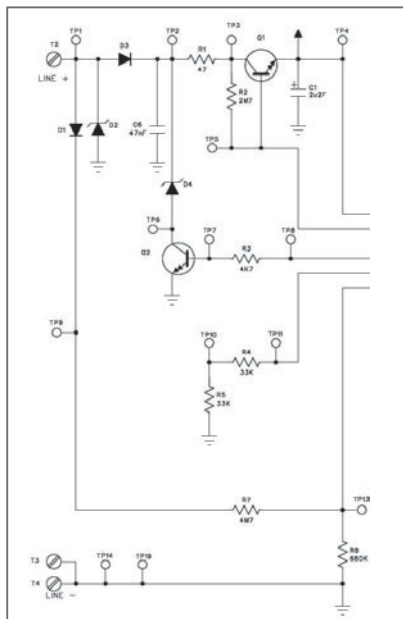


Рис. 7. ВАХ извещателей ПРОФИ-0, ПРОФИ-0 с ВОС и 2151Е

билизацию тока на уровне 5,5 мА (рис. 5).

На рисунке 6 приведен фрагмент схемы электрической извещателя ИП 212-73 ПРОФИ-0. В этом извещателе в режиме «Пожар» открываются ключ на транзисторе Дарлингтона и последовательно включенные стабилитрон на 6,8 В и диод для защиты от переплюсовки, параллельно входу стоит варистор для защиты электроники от импульсных помех. Встроенный и выносной индикатор (на рис. 6 не показаны) в этом извещателе управляются от ASIC микросхемы, которая оптимизирует их режимы по току. В результате характеристика имеет ярко выраженный практически горизонтальный участок: в диапазоне токов от 4,5 мА до 80 мА изменение напряжения на извещателе не превышает 0,5 В**. При токе 20 мА напряжение на извещателе ПРОФИ-0 составляет 8,12 В, а при токе 4,5 мА снижается всего лишь до 7,92 В. Можно отметить практически полное совпадение вольт-амперных характеристик извещателя без выносного индикатора и при его подключении, происходит только некоторое сокращение горизонтального участка характеристики примерно на 2 мА (рис. 7), что вполне объяснимо.

Для сравнения на рисунке 7 также приведена ВАХ извещателя 2151Е – представителя предыдущего поколения дымовых извещателей System Sensor. Можно отметить, что стабилизация напряжения обеспечивалась на более низком уровне: при токе 20 мА напряжение на извещателе 2151Е составляло 4,97 В, а при токе 4,5 мА снижалось до 4,34 В. Т.е. в отличие от характеристики ПРОФИ-0 при изменении тока от 20 мА до 4,5 мА напряжение изменялось на значительно большую величину в том же диапазоне токов.

СОГЛАСОВАНИЕ ППКП С ДИП

В работах [8, 9] показано, что различные варианты построения пожарных приемно-контрольных приборов в основном базируются на двух методах контроля состояния неадресных шлейфов: контроль по напряжению шлейфа и контроль по току в шлейфе. Пожарные извещатели также можно свести в основном к двум типам: со стабилизацией напряжения и со стабилизацией тока в режиме «Пожар». Вполне возможно, что выпускаются извещатели и с резистивным выходом, техническая характеристика типа «сигнал срабатывания извещателя формируется скачко-

образным уменьшением внутреннего сопротивления до величины не более 500 Ом» не позволяет определить вид вольт-амперной характеристики, а нередко вообще не соответствует действительности. Например, из приведенных на рисунке 1 характеристик следует, что при токе 20 мА напряжение на извещателях находится в диапазоне от 8 до 12 В (без учета извещателей с ограничением по току) и внутреннее сопротивление имеет разброс от 400 Ом до 600 Ом, а при токе 10 мА – от 500 Ом до 1 кОм.

Рассмотрим 3 варианта подключения оборудования различного типа: прибор с контролем по току – извещатели со стабилизацией по току, прибор с контролем по току – извещатели со стабилизацией по напряжению и прибор с контролем по напряжению – извещатели со стабилизацией по напряжению.

Прибор с контролем по току + извещатели со стабилизацией по току

Это, пожалуй, единственное грамотно выполненное в инженерном плане согласование ППКП и извещателей с точки зрения их согласования. Многие приборы с контролем тока шлейфа имеют функции программирования порогов по току и их адаптации по току шлейфа в дежурном режиме. При использовании извещателей со стабилизацией тока в режиме «Пожар» не требуется установка дополнительных резисторов, которые обычно вносят дополнительный разброс параметров, обеспечивается отсутствие влияния сопротивления кабеля, а низкое выходное сопротивление шлейфа повышает помехоустойчивость. Однако необходимо обеспечить режим работы ППКП, при котором напряжение шлейфа соответствует диапазону стабилизации тока извещателей в режиме «Пожар».

В наихудшем случае, когда все извещатели включены в конце достаточно длинного шлейфа (рис. 8), снижение напряжения будет определяться суммарной величиной тока шлейфа в режиме «Пожар 2», выходным сопротивлением ППКП и сопротивлением кабеля:

$$\Delta U \sim (I_{ут} + I_{деж} + 2I_{пж} + I_{ок})(R_{ппкп} + R_{каб.}) \quad (1)$$

Например, при токе утечки 0,3 мА, при токах извещателей в дежурном режиме 2,8 мА, двух извещателей в пожаре по 5,5 мА и при токе оконечного элемента 4 мА (при адаптированных порогах может быть снижен в несколько раз) суммарный ток шлейфа равен 18,1 мА. При выходном сопротивлении ППКП, равном 100 Ом, и сопротивлению кабеля, равном 100 Ом, падение напряжения составляет примерно $\Delta U \sim 3,6$ В. Соответственно при напряжении шлейфа на холостом ходу $U_{хх} = 15$ В, напряжение на извещателях упадет до 11,4 В, т.е. имеется существенный запас при использовании извещателей с ВАХ, изображенном на рисун-

* Примечание: вольт-амперные характеристики извещателей ИП212-44, ИП212-54, ТИП212-44СВ, ИП212-54Т-7,5 и ИП212-54Т-5,5 предоставлены компанией ИВС-Сигналспецавтоматика.

** Примечание: характеристики образцов извещателей компании Систем Сенсор были сняты автором с использованием непроверенных измерительных приборов и не могут использоваться в качестве справочных данных.

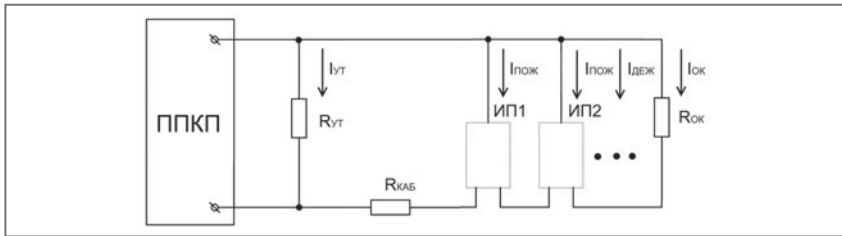


Рис. 8. Пожарные извещатели в конце шлейфа

ке б. При активации трех извещателей ток шлейфа может увеличиться до 23,5 мА, падение напряжения увеличится до $\Delta U \sim 4,7$ В, а напряжение на извещателях снизится до 10,3 В, что также допустимо. Причем, если часть извещателей будет установлена в начале шлейфа, где напряжение практически равно 15 В, то их токи в режиме «Пожар» не увеличатся ввиду их стабилизации. Таким образом, данное построение системы может обеспечить достаточно стабильную работу без дополнительных резисторов, что значительно упрощает монтаж и повышает надежность системы в большинстве случаев. Причем, это тот редкий случай, когда практически все характеристики, необходимые для расчета параметров шлейфа, приведены в технической документации на прибор и извещатель.

Прибор с контролем по току + извещатели со стабилизацией по напряжению

Это сочетание разнотипного оборудования также достаточно часто используется на практике, очевидно, ввиду того, что большинство выпускаемых в настоящее время дымовых извещателей имеет функцию стабилизации напряжения, а не тока. Но в этом случае извещатели уже подключаются к шлейфу через дополнительные резисторы $R_{доп}$. В документации на некоторые приборы приводятся формулы их приблизительно расчета для обеспечения тока извещателя на уровне $I_{ип}$ в режиме «Пожар», исходя из величины напряжения шлейфа без нагрузки $U_{хх}$, напряжения на извещателе $U_{ип}$ и выходного сопротивления прибора $R_{ппкп}$:

$$R_{доп} = ((U_{хх} - U_{ип})/I_{ип}) - R_{ппкп} \quad (2)$$

Действительно, падение напряжения на последовательно включенных резисторах $R_{ппкп}$ и $R_{доп}$, через которые запитывается извещатель, равно разности $U_{хх} - U_{ип}$, следовательно, ток извещателя равен:

$$I_{ип} = (U_{хх} - U_{ип}) / (R_{ппкп} + R_{доп}) \quad (3)$$

откуда легко получить выражение (2). Очевидно, эта формула справедлива только при подключении непосредственно к ППКП только одного пожарного извещателя. В этом расчете не учитываются токи остальных извещателей, ток оконечного элемента шлейфа, сопротивление кабеля, а главное, используется падение напряжения на извещателе, которое для данного тока извещателя $I_{ип}$ можно определить только по вольт-амперной характеристике, отсутствующей в технических характеристиках. Кроме того, суммарный ток двух извещателей в «Пожаре 2» все-

гда меньше удвоенной величины тока одного извещателя в «Пожаре 1». Это происходит из-за увеличения падения напряжения на выходном сопротивлении ППКП и на сопротивлении кабеля, что вызывает снижение тока извещателя и повышение его сопротивления. Вследствие чего при программировании порогов «Пожар 1» и «Пожар 2» иногда закладываются различные приращения токов для режимов «Пожар 1», «Пожар 2». Этот эффект усиливается при увеличении общего сопротивления, через которое обеспечивается питание извещателей, и наиболее ярко он проявляется в шлейфах приборов с контролем по напряжению.

Прибор с контролем по напряжению + извещатели со стабилизацией по напряжению

Несмотря на схожесть названий – это наихудшее сочетание для формирования двухпорогового шлейфа и к тому же наиболее распространенное как самое дешевое. Рассмотрим сначала однопороговый режим при включении извещателей в шлейф без дополнительных резисторов (рис. 9).

Если извещатели имеют «идеальную» характеристику, т.е. обеспечивают стабилизацию напряжения в достаточно широком диапазоне токов, то без учета оконечного резистора при активации первого и второго извещателя напряжение шлейфа не изменится и останется равным напряжению стабилизации, а ток шлейфа равный

$$I_{ип} = (U_{хх} - U_{ип}) / R_{ппкп} \quad (4)$$

будет проходить сначала через один стабилитрон, затем поделится ровно пополам на два стабилитрона. При наличии дополнительных резисторов этот эффект несколько снижается, но в общем случае активация второго ДИПа дает меньше приращивание тока по сравнению с параллельным включением резисторов, ниже это будет показано на конкретном примере. Данное положение доказывает не оптимальность использования извещателей со стабилизацией по напряжению в двухпороговом режиме.

Использование стабилитронов в ДИПах сложилось исторически, возможно, они предназначались для исключения перехода шлейфа в режим короткого замыкания при активации нескольких извещателей в однопороговом шлейфе. Однако даже второй извещатель в шлейфе может не сработать при достаточном уровне удельной оптической плотности. Извещатель ДОЛЖЕН СРАБОТАТЬ, если только напряжение в шлейфе остается ВЫШЕ МИНИМАЛЬНОГО РАБОЧЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ИЗВЕЩАТЕЛЯ. Из всех

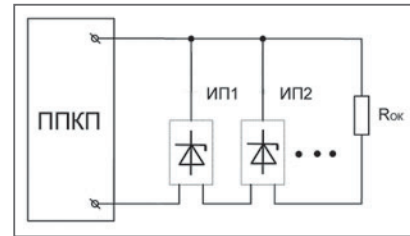


Рис. 9. Шлейф в однопороговом режиме

извещателей, характеристики которых представлены на рисунке 1, только у трех типов извещателей при $U_{хх} = 20$ В и $R_{ппкп} = 1$ кОм напряжение шлейфа после активации первого извещателя остается несколько больше минимального рабочего напряжения. Напряжение шлейфа после активации первого извещателя можно определить по его ВАХ в режиме «Пожар». У большинства пожарных извещателей минимальное рабочее напряжение равно 9 В, а напряжение стабилизации не превышает 8 В, и в соответствии с их техническими характеристиками они могут либо не активироваться вообще, либо иметь недопустимо низкую чувствительность. Реагирование на «отвертку» в дымовой камере не может рассматриваться в качестве подтверждения работоспособности извещателя при пониженном напряжении. При сертификационных испытаниях по ГОСТ Р 53325-2009 п. 4.7.3.8 определяется устойчивость дымовых извещателей к изменению напряжения питания при максимальном и минимальном напряжении питания извещателя, и отношение максимального значения чувствительности к минимальному не должно превышать 1,6. Т.е. проверяемый диапазон изменений меньше реальных значений в шлейфе после срабатывания первого ИП. При этом значения чувствительности должны находиться в пределах от 0,05 до 0,2 дБ/м. Следовательно, производитель не может гарантировать выполнение требований ГОСТ Р 53325-2009 вне указанного в технической документации диапазона напряжений питания.

Из выражения (4) для извещателей с напряжением стабилизации 8 В ток извещателя $I_{ип} = 12$ мА. При данных параметрах ППКП для ВАХ любого извещателя ток и напряжение извещателя определяются графически в точке характеристики, где сумма значений напряжения в вольтах и тока в миллиамперах равна 20. Например, для одного из извещателей при напряжении 6 В с небольшим его ток чуть меньше 14 мА. Кстати, график ВАХ этого извещателя не случайно обрывается на токе 10 мА, при дальнейшем снижении тока этот извещатель уже выходит из режима «Пожар». Возможно, это бракованный образец, но в настоящее время извещатель снят с производства, и уточнить данную информацию не представляется возможным. В любом случае этот пример показывает, насколько важен ЕЩЕ ОДИН НЕНОРМИРОВАННЫЙ ПАРАМЕТР ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ: минимальный ток в режиме «Пожар». Причем необходимо учитывать два фактора: ТОКИ «УДЕРЖАНИЯ» И ОТКЛЮЧЕНИЯ ИНДИКАЦИИ, т.к. по нормам, все-

денным уже более 10 лет назад, даже тепловые контактные извещатели должны обеспечивать индикацию в режиме «Пожар». И если нет 2-3-кратного запаса по этому параметру, то возможны различные варианты нарушения функционирования, например, активация другого извещателя со сбросом режима «Пожар» первого извещателя, включение-выключение индикации или практически полное отсутствие индикации, периодические «скачки» тока потребления и т.д. Причем эти эффекты могут проявляться даже при достаточно больших напряжениях шлейфа из-за использования дополнительных токоограничивающих резисторов в двухпороговом режиме.

РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Оценим токи дымовых извещателей в режимах «Пожар 1» и «Пожар 2» для ППКП с $U_{\text{ХХ}} = 20 \text{ В}$, $R_{\text{ППКП}} = 1 \text{ кОм}$, $R_{\text{ОК}} = 7,5 \text{ кОм}$, с током $I_{\text{ДЕЖ}} = 2 \text{ мА}$ извещателей в дежурном режиме. Зададим величину сопротивления первого извещателя в режиме «Пожар 1» с дополнительным резистором $R_{\text{ИП1}} + R_{\text{ДОП}} = 1,64 \text{ кОм}$. Проверим, насколько сопротивление двух извещателей в режиме «Пожар 2» будет отличаться от величины $1,64 \text{ кОм} / 2 = 0,82 \text{ кОм}$. По законам Кирхгофа для этого конкретного примера напряжение шлейфа равно $U_{\text{ШС}} = 18 R_{\text{ЭКВ}} / (1 + R_{\text{ЭКВ}})$, суммарный ток шлейфа равен $I_{\text{ШС}} = 2 + 18 / (1 + R_{\text{ЭКВ}})$, ток извещателей в активном режиме с оконечным резистором $I_{\text{R}} = 18 / (1 + R_{\text{ЭКВ}})$, ток извещателей в активном режиме ИП = $2,4 (7,5 - R_{\text{ЭКВ}}) / (1 + R_{\text{ЭКВ}})$, где $R_{\text{ЭКВ}}$ – суммарная величина омической нагрузки (рис. 10), т.е. исключая ток потребления извещателей в дежурном режиме, равный 2 мА. Результаты вычислений для режимов «Пожар 1» и «Пожар 2» с имитацией извещателей резисторами приведены в таблице 1.

Исходя из полученной величины напряжения шлейфа в «Пожаре 2» с резистором 820 Ом, равной 7,65 В, выбираем извещатель с напряжением 5,5 В при токе 5-6 мА. Тогда в режиме «Пожар 1» при напряжении шлейфа $U_{\text{ШС}} = 10,33 \text{ В}$ на дополнительном резисторе $R_{\text{ДОП}}$ должно упасть $U_{\text{ШС}} - U_{\text{ИП1}} = 4,83 \text{ В}$, следовательно, при токе 6,30 мА его величина должна быть $R_{\text{ДОП}} = 767 \text{ Ом}$.

Учитывая снижение тока каждого извещателя в режиме «Пожар 2» в соответствии с ВАХ извещателя определим напряжение на извещателе $U_{\text{ИП2}} = 5,3 \text{ В}$. Тогда аналогичные расчеты для двух извещателей в режиме «Пожар 2» дают результат, существенно отличающийся от параметров шлейфа с ре-

Табл. 1

	Дежурный режим	Пожар 1	Пожар 2 с резистором 820 Ом	Пожар 2 с ДИПами
$U_{\text{ШС}}$, В	15,88	10,33	7,65	8,5
$I_{\text{ШС}}$, мА	4,12	9,67	12,35	11,5
$R_{\text{ШС}}$, кОм	3,86	1,07	0,62	0,74
$R_{\text{ДОП}}$, кОм	–	0,767	0,820	0,767
$R_{\text{ИП}}$, кОм	–	0,873	0	1,27
$I_{\text{ИП}}$, мА	0,1	6,30	9,33	4,18
$U_{\text{ИП}}$, В	15,88	5,5	7,65	5,3

зистором 820 Ом (табл. 1). Напряжение шлейфа почти на 1 В больше, а разность токов режимов «Пожар 2» и «Пожар 1» снижается с 2,68 мА до всего 1,83 мА. Внутреннее сопротивление извещателя, которое в режиме «Пожар 1» было равно $R_{\text{ИП1}} = 873 \text{ Ом}$, в режиме «Пожар 2» за счет снижения тока увеличивается до $R_{\text{ИП2}} = 1,27 \text{ кОм}$! Вот такой результат влияния нелинейной ВАХ. В итоге в режиме «Пожар 2» получаем, что сопротивление двух ДИПов равно $(R_{\text{ИП2}} + R_{\text{ДОП}}) / 2 = (1,27 + 0,767) / 2 = 1,02 \text{ кОм}$ вместо желаемых 820 Ом. Сопротивление шлейфа при переходе из режима «Пожар 1» в «Пожар 2» снижается всего на 330 Ом, а еще надо учесть сопротивление кабеля, снижение тока дежурного режима, ток утечки и разброс номиналов резисторов [1].

А какие дымовые извещатели могут работать в таком режиме? Параметры такого двухпорогового шлейфа в режиме «Пожар 2», напряжение шлейфа, равное 8,5 В, и ток извещателей по 4,18 мА ограничивают наш выбор извещателями с напряжением стабилизации не более 5-6 вольт и с минимальным током в режиме «Пожар» порядка 4 мА. Из 11 извещателей, характеристики которых представлены на рисунке 1, первому условию удовлетворяют только 3 извещателя (менее 30%), к тому же возможности индикации режима «Пожар» при 4 мА весьма сомнительны. А в остальных 70%, что более вероятно при использовании извещателей с напряжением стабилизации меньше напряжения шлейфа в режиме «Пожар 2», скатываемся в область ВАХ с высокой крутизной, где стабильность параметров невозможно обеспечить. Господин Федоров Б.В. считает, что «ни в каких ситуациях рабочая точка ПИ не должна переходить из одной зоны в другую, и тем более, не должна попадать в зону излома ВАХ». Я полностью согласен с этим утверждением, в районе излома ВАХ закрываются стабилитроны, отключаются светодиоды... А господин Зайцев А.В. вообще считает, что

рабочая точка должна быть выбрана в середине пологого участка ВАХ, чтобы иметь запас для работы извещателя при изменении условий эксплуатации. С этим положением тоже нельзя не согласиться, но для его реализации токи извещателей должны быть в районе 10 мА, что нереализуемо при использовании ППКП с контролем шлейфа по напряжению с выходным сопротивлением порядка 1 кОм в двухпороговом режиме!

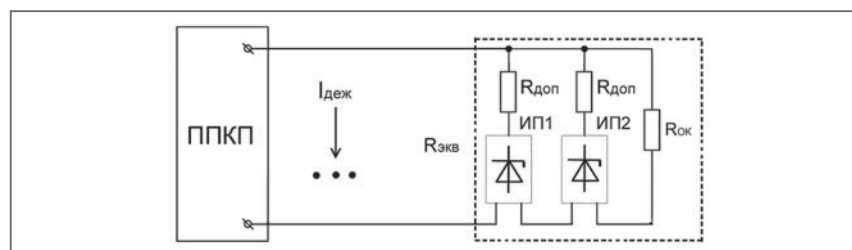
ПОЧЕМУ ЗА РУБЕЖОМ НЕТ ДВУХПОРОГОВЫХ ПРИБОРОВ

И все-таки, почему за рубежом нет двухпороговых приборов [6] даже с адаптивными порогами по току, а тянут они на пожаротушение два шлейфа, хотя и отмечают, что теряют информацию о сработке второго извещателя в том же шлейфе [7]. Все объясняется необходимостью повышения работоспособности, например, по британскому стандарту BS 7273-1:2006: система пожарной сигнализации и оповещения должна быть спроектирована таким образом, чтобы в случае единичного повреждения шлейфа (обрыва или короткого замыкания) она обнаруживала пожар на защищаемой площади и, по крайней мере, оставляла возможность включения пожаротушения вручную. То есть, если система спроектирована так, что максимальная контролируемая одним детектором площадь составляет $X \text{ м}^2$, то при однократном отказе шлейфа каждый работоспособный пожарный датчик должен обеспечивать контроль площади максимум $2X \text{ м}^2$; а датчики должны быть распределены по защищаемой площади равномерно. Это требование может быть выполнено за счет использования двух радиальных шлейфов или одного кольцевого шлейфа с устройствами защиты от короткого замыкания. Очевидно, что весь двухпороговый шлейф со всеми извещателями при коротком замыкании и при обрыве становится полностью нерабочим, несмотря на резервирование извещателей. И весь избыток извещателей не позволяет при пожаре сформировать сигнал «Пожар 1» и защитить тем самым объект, как в Европе...

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа пожарных извещателей в двухпороговых шлейфах анализировалась в фундаментальных научных работах [4, 5]. В рамках журнальной статьи даже из 3-х частей, естественно, невозможно провести всесто-

Рис. 10. Пример двухпорогового шлейфа



ронный анализ многопороговых шлейфов, и изначально такая цель не ставилась. Однако очевидно, что далеко не все пожарные извещатели, имея широкий разброс вольтамперных характеристик, значений токов удержания режима «Пожар», минимальных токов индикации и т.д. могут работать с любыми приемно-контрольными приборами, которые, в свою очередь, разделяются по крайней мере на два класса с широким разбросом параметров внутри каждого класса. Это в свою очередь должно накладывать ограничения не только на количество извещателей в одном шлейфе, но и на возможность работы в двухпороговом режиме, о чем мало кто догадывается.

Нормируемый перечень характеристик в технической документации на приборы и на извещатели совершенно не достаточен для оценки их совместимости. Сертификационные испытания ППКП по ГОСТ Р 53325-2009 проводятся не с пожарными извещателями, а с сопротивлениями, величина которых указана в технической документации, что не позволяет проверить функционирование прибора в полном объеме.

Достоверная идентификация режимов «Пожар 1», «Пожар 2» при сработке одного и двух-трех извещателей соответственно не всегда возможна даже без учета сопротивления кабеля и при сравнительно небольших токах извещателей в дежурном режиме. А выбор рабочих точек посредине диапазонов

каждого режима работы шлейфов в целях снижения вероятности ложных срабатываний вообще невозможен без проведения необходимых НИОКР.

В части достоверности и надежности своевременного получения сигналов нельзя не учитывать также, что в отличие от двух радиальных шлейфов, при обрыве или коротком замыкании двухпорогового шлейфа блокируются сигналы о пожаре от всех извещателей в этой зоне контроля (помещениях) до устранения неисправности, что в принципе надо считать недопустимым.

Но пока остается только надеется на то, что когда-то вопрос совместимости ППКП и ИП не будет так остро влиять на работоспособность систем пожарной сигнализации и не придется каждый раз проверять эту совместимость для каждого конкретного случая после монтажа системы на объекте или использовать устаревшее, но проверенное годами оборудование. Но это пока в далекой перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неплохов И. Анализ параметров шлейфа двухпорогового ППКП // Журнал «Алгоритм безопасности», № 5, 2010.
2. Неплохов И. Анализ параметров шлейфа двухпорогового ППКП. Ч. 2 // Журнал «Алгоритм безопасности», № 6, 2010.
3. Неплохов И. Проблемы подключения тепловых извещателей с индикаторами // Каталог «Пожарная безопасность – 2011», «Гротек».
4. Танклевский Л. Разработка теоретических основ, методов и технических средств повышения эффективности автоматических систем обнаружения пожара. Автореферат докторской диссертации. Москва, 1995.
5. Васильев М. Разработка методов функционального контроля аппаратуры пожарной сигнализации и их техническая реализация. Автореферат кандидатской диссертации. Санкт-Петербург, 1999.
6. Неплохов И. Классификация неадресных шлейфов, или Почему за рубежом нет двухпороговых приборов // Журнал «Алгоритм безопасности», № 3, 2008.
7. Неплохов И. Газовое пожаротушение: требования британских стандартов // Журнал «Системы безопасности» № 5, 2007.
8. Пинаев А., Никольский М. Оценка качества и надежности неадресных приборов пожарной сигнализации // Журнал «Алгоритм безопасности», № 6, 2007.
9. Баканов В. Ключ к системам пожарной сигнализации высокой надежности // Журнал «Алгоритм безопасности», № 6, 2010.

ЛУЧШИЙ КАБЕЛЬ
ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ



ПАРИТЕТ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДОМ

ПРОИЗВОДСТВО КАБЕЛЯ

Кабели с повышенными требованиями безопасности

КСРЭВ нг(А)-FRLS
КСРП нг(А)-FRHF

огнестойкие кабели
не горят в огне!*

PK 75-3-313 нг(С)-HF
PK 75-3,7-318 нг(С)-HF
НПП нг(С)-HF
КСВВ нг(А)-LS
ParLan cat 5e нг-HF
кабель для RS-485

не распространяют горения
при групповой прокладке

* - 180 мин работы в открытом пламени

www.paritet-podolsk.ru
paritet@podolsk.ru
т/ф. (495) 926-22-69 (многокан.)
(4967) 65-05-25, 67-48-58.