

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ШЛЕЙФА ДВУХПОРОГОВОГО ППКП

И. Неплохов

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

*Принципы работы неадресных приемно-контрольных приборов и основные варианты построения уже обсуждались в отраслевой печати. В основном проводился анализ помехоустойчивости при использовании различных схемотехнических решений. Рассмотрим более подробно электрические характеристики шлейфов двухпороговых ППКП при работе с пожарными извещателями различного типа.*

**Т**ребования по согласованию неадресных ППКП с неадресными пожарными извещателями изложены в общем виде в ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний». В п. 4.2.1.1 указано, что «извещатели пожарные, взаимодействующие с прибором приемно-контрольным пожарным, должны обеспечивать информационную и электрическую совместимость с ним». В п. 4.2.1.3 содержится требование: «электрические характеристики извещателей пожарных (напряжение и токи дежурного режима и режима тревожного извещения) должны быть установлены в технической документации (ТД) на извещатели пожарные конкретных типов и должны соответствовать электрическим характеристикам шлейфа пожарной сигнализации пожарного приемно-контрольного прибора, с которым предполагается использовать извещатели пожарные».

В технической документации на приемно-контрольные приборы по п. 7.2.1.5 ГОСТ Р 53325-2009 должны быть указаны «диапазоны тока в неадресном шлейфе сигнализации, в том числе максимальный ток питания извещателей, при котором ППКП регистрирует все предусмотренные виды извещений и диапазон питающих напряжений». Как правило, в документации на ППКП приводится максимально допустимый ток потребления активных извещателей, уровень ограничения тока шлейфа в режиме «Пожар», достаточно часто – диапазон сопротивлений шлей-

фа, соответствующий различным режимам, но значения напряжений и токов шлейфа обычно не указываются, что затрудняет оценку совместимости конкретного типа извещателей и ППКП. Причем в настоящее время по экономическим причинам используются практически исключительно только так называемые двухпороговые ППКП с идентификацией сработки 1-го и 2-го извещателя, что и определило появление проблемы согласования извещателей с ППКП [1].

## МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНЫХ ШЛЕЙФОВ

Различные варианты построения пожарных приемно-контрольных приборов с точки зрения обеспечения надежности подробно рассмотрены в статье В. Баканова [2]. В статье А. Пинаева и М. Никольского [3] существующие методы контроля состояния неадресных шлейфов сведены к двум типам:

- контроль по напряжению шлейфа;
- контроль по току шлейфа.

Упрощенная структура шлейфа может быть представлена в виде источника напряжения  $U_{xx}$  порядка 12-24 В, токоизмерительного резистора  $R_{ппкп}$  (рис. 1), значение которого для различных приборов может изменяться в широких пределах, от сотни Ом до нескольких кОм, и устройства обработки информации с установленными порогами, соответствующими границам режимов шлейфа. В этом плане ППКП можно разделить на приборы с высокоомным выходом шлейфа, где токоизмерительный резистор одновремен-

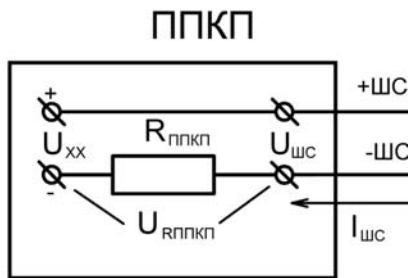


Рис. 1. ППКП контролирует ток шлейфа по напряжению на резисторе

но играет роль токоограничивающего резистора, обеспечивающего ток короткого замыкания шлейфа на уровне порядка 20 мА, и с низкоомным выходом, порядка 100 Ом, где для ограничения тока шлейфа используется дополнительная схема. Значение напряжения  $U_{XX}$  соответствует напряжению шлейфа без нагрузки, т.е. в режиме холостого хода. Для контроля обрыва шлейфа устанавливается оконечный резистор  $R_{OK}$  обычно в пределах от 3,3 до 9,1 кОм, в зависимости от типа ППКП. Состояние шлейфа ППКП может определяться по току шлейфа, посредством измерения напряжения на токоизмерительном резисторе. По каким-то причинам в документации на ППКП обычно указывается только сопротивление шлейфа в различных режимах. В общем случае сопротивление шлейфа  $R_{ШС}$  пропорционально отношению напряжения шлейфа к напряжению на токоизмерительном резисторе:  $R_{ШС} = R_{ППКП} U_{ШС} / U_{РППКП}$ . А так как обычно используется стабилизиро-

ванный источник, то сумма напряжений  $U_{ШС} + U_{РППКП}$  постоянна и равна напряжению  $U_{XX}$  и режим шлейфа определяется по любой из этих величин.

Рассмотрим несколько примеров пожарных шлейфов при различных значениях напряжения  $U_{XX}$ , токоизмерительного резистора  $R_{ППКП}$  и оконечного резистора  $R_{OK}$ . Определим примерные пороги по току, по напряжению и, исходя из условия однозначного определения режима шлейфа в соответствии с требованиями п. 7.2.1.5 ГОСТ Р 53325-2009, оценим допустимые токи потребления активных извещателей в дежурном режиме.

#### ПРИМЕР № 1

Комбинированный шлейф, т.е. включены извещатели с нормально разомкнутыми контактами и с нормально замкнутыми контактами, при этом определяется сработка 1-го и 2-го извещателя на замыкание и на размыкание (рис. 2). Этот тип шлейфа имеет максимальное число режимов 7:

- обрыв шлейфа;
- сработка двух извещателей на размыкание – «Пожар 2»;
- сработка одного извещателя на размыкание – «Пожар 1»;
- дежурный режим;
- сработка одного извещателя на замыкание – «Пожар 1»;
- сработка двух извещателей на замыкание – «Пожар 2»;
- короткое замыкание шлейфа и, соответственно, 6 порогов.

В качестве исходных характеристик зададим типовые параметры: напряже-

ние разомкнутого шлейфа  $U_{XX}$  равным 20 В, токоограничивающий резистор шлейфа  $R_{ППКП}$  возьмем 1 кОм, чтобы обеспечить ограничение тока короткого замыкания на уровне 20 мА, оконечный резистор  $R_{OK}$  7,5 кОм  $\pm$  5%, максимальное сопротивление кабеля шлейфа  $R_{КАБ}$  220 Ом и минимальное сопротивление утечки  $R_{УТ}$  между проводами шлейфа 50 кОм. Тогда номинальный ток шлейфа в дежурном режиме составит  $I_{деж} = U_{XX} / (R_{ППКП} + R_{OK}) = 20 \text{ В} / (1 + 7,5) \text{ кОм} = 2,35 \text{ мА}$ . Определим максимальный разброс параметров шлейфа, т.е. при минимальном значении оконечного резистора  $R_{OK} - 5\%$  будем учитывать сопротивление утечки шлейфа 50 кОм, а при максимальном значении  $R_{OK} + 5\%$  будем учитывать сопротивление кабеля 220 Ом. С учетом этих допущений сопротивление шлейфа может изменяться в пределах  $6,24 \text{ кОм} \div 8,1 \text{ кОм}$ , соответственно, ток дежурного режима может быть в диапазоне от 2,2 до 2,76 мА. Таким образом, разброс тока дежурного режима превышает 0,5 мА! Соответственно, напряжение шлейфа в дежурном режиме на выходе ППКП может быть в пределах 17,24 В  $\div$  17,8 В.

Извещатели с нормально разомкнутыми контактами включаем в шлейф с дополнительными резисторами  $R_{ДОП} = 1,6 \text{ кОм} \pm 5\%$ , извещатели с нормально замкнутыми контактами – с балластными резисторами  $R_{БАЛ} = 4,7 \text{ кОм} \pm 5\%$  (рис. 2). Параметры шлейфа для минимального, номинального и максимального сопротивления шлейфа для различных режимов приведены в таблице 1.

Рис. 2. Комбинированный шлейф с двойной сработкой на замыкание и на размыкание

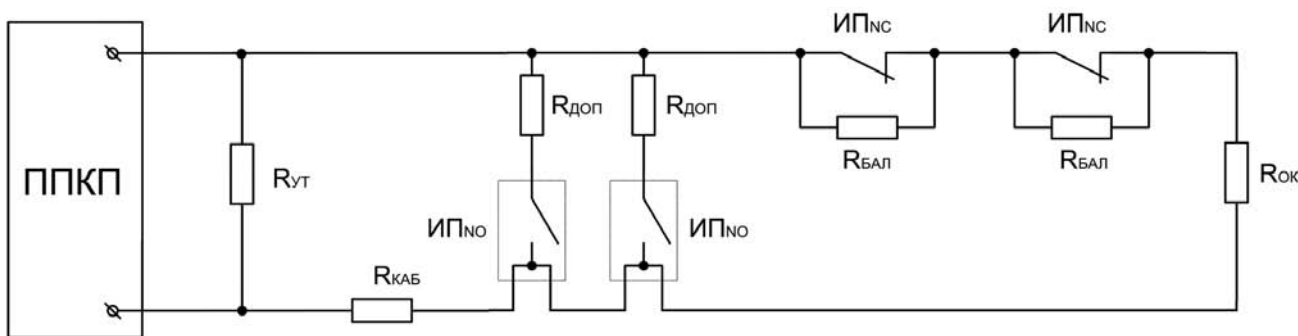


Табл. 1

|                           |        | Обрыв шлейфа | Сработка двух извещателей на размыкание | Сработка одного извещателя на размыкание | Дежурный режим | Сработка одного извещателя на замыкание | Сработка двух извещателей на замыкание | Короткое замыкание шлейфа |
|---------------------------|--------|--------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 12,15                                   | 9,41                                     | 6,24           | 1,22                                    | 0,68                                   | 0                         |
|                           | номин. | $\infty$     | 16,9                                    | 12,2                                     | 7,5            | 1,32                                    | 0,72                                   | 0                         |
|                           | макс.  | $\infty$     | 17,96                                   | 13,03                                    | 8,1            | 1,60                                    | 0,98                                   | 0,22                      |
| Ток шлейфа, мА            | макс.  | 0,40         | 1,52                                    | 1,92                                     | 2,76           | 9,00                                    | 11,9                                   | 20                        |
|                           | номин. | 0            | 1,12                                    | 1,52                                     | 2,35           | 8,63                                    | 11,6                                   | 20                        |
|                           | мин.   | 0            | 1,05                                    | 1,43                                     | 2,20           | 7,68                                    | 10,1                                   | 16,39                     |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.   | 19,61        | 18,48                                   | 18,08                                    | 17,24          | 11,00                                   | 8,08                                   | 0                         |
|                           | номин. | 20           | 18,88                                   | 18,48                                    | 17,65          | 11,37                                   | 8,39                                   | 0                         |
|                           | макс.  | 20           | 18,95                                   | 18,57                                    | 17,80          | 12,32                                   | 9,89                                   | 3,61                      |

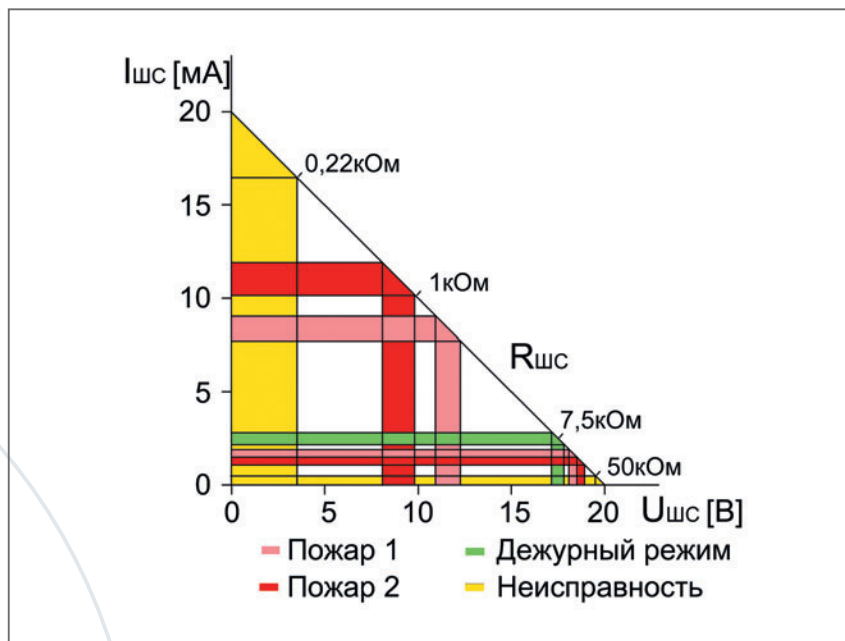


Рис. 3. Режимы комбинированного шлейфа

Обычно в документации на ППКП приводятся границы сопротивления шлейфа, соответствующие различным режимам, однако рассмотрение соответствующих им токов и напряжений дает дополнительную информацию, позволяющую оценить помехоустойчивость и определить максимально допустимый ток потребления извещателей в дежурном режиме. Данные *таблицы 1* показывают, что области срабатки одного и двух извещателей на размыкание пересекаются, при сопротив-

лении утечки между проводами шлейфа 50 кОм и при сработке двух извещателей ток шлейфа будет соответствовать номинальному току при сработке одного извещателя. То есть прибор не сможет идентифицировать сработку второго извещателя! Кроме того, необходимо отметить, что даже номинальные токи и напряжения шлейфа, без учета кабеля, различаются незначительно при сработке извещателей на размыкание. При сработке первого извещателя ток шлейфа

Рис. 4. Шлейф с нормально замкнутыми извещателями

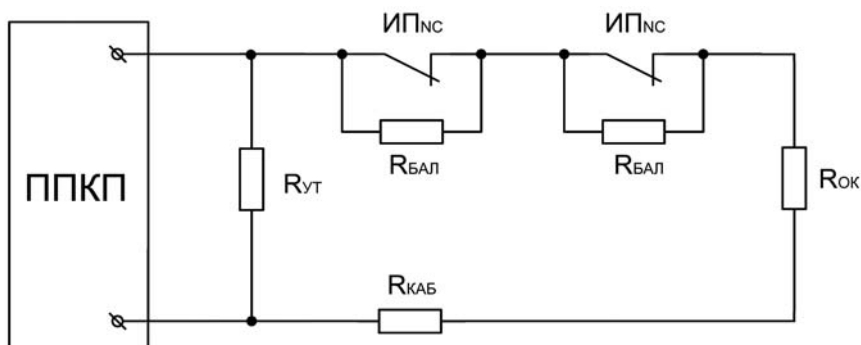
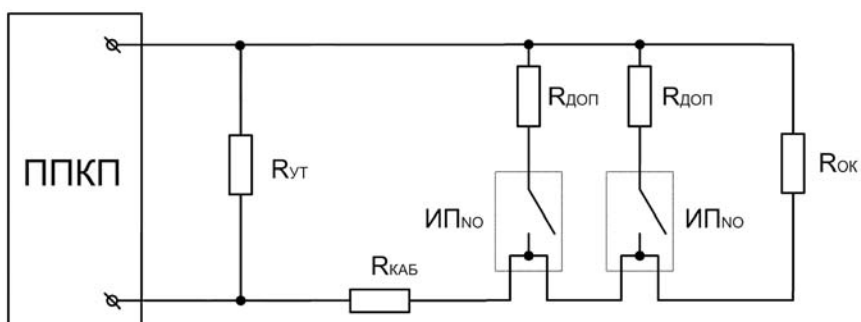


Рис. 5. Шлейф с нормально разомкнутыми извещателями



снижается на 0,83 мА, а при сработке второго извещателя всего лишь на 0,4 мА.

Теперь определим допустимый ток потребления извещателей в дежурном режиме. Александр Зайцев предложил ввести термин, который ясно определяет возникающую проблему: «ток обрыва шлейфа». Действительно, в соответствии с требованиями 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». В общем случае обрыв шлейфа идентифицируется по снижению тока шлейфа при отключении оконечного резистора. При этом необходимо учитывать ток потребления пожарных извещателей и сопротивление утечки между проводами шлейфа. Какой ток потребления извещателей желательно обеспечить? Если одним шлейфом защищается до 10 помещений, по 3 извещателя в помещении, при токе дежурного режима извещателя порядка 0,1 мА необходимо обеспечить ток 3 мА. Однако в соответствии с данными *таблицы 1*, если обрыв шлейфа произойдет в конце шлейфа и величина тока составит 2-3 мА, ППКП останется в дежурном режиме и не обнаружит неисправность. Если при обрыве шлейфа отключится примерно половина извещателей, а оставшаяся часть извещателей будет потреблять примерно 1,5 мА, прибор выдаст сигнал «Пожар 1», так как эта величина тока шлейфа соответствует сработке одного извещателя на размыкание (*рис. 3*). Соответственно, если обрыв шлейфа определит ток извещателей порядка 1,2 мА, то прибор выдаст сигнал «Пожар 2»! Какой же «ток обрыва» в рассматриваемом случае? Естественно, он должен быть меньше тока шлейфа, соответствующего формированию сигнала «Пожар 2» при активизации двух извещателей с нормально замкнутыми контактами. Исходя из данных, приведенных в *таблице 1*, можем определить «ток обрыва шлейфа», при котором будет формироваться сигнал «Неисправность», меньше 1 мА, а с учетом тока утечки шлейфа, который может достигать 0,4 мА, максимально допустимый ток потребления извещателей должен быть снижен примерно до 0,5 мА.

Но при наличии в шлейфе извещателей на размыкание в нашем случае подключение извещателей с током потребления 0,5 мА тоже недопустимо. Номинальный ток шлейфа в режиме «Пожар 2», соответствующий сработке двух извещателей с нормально замкнутыми контактами, равный 1,12 мА, увеличится до 1,62 мА, что соответствует режиму «Пожар 1». То есть прибор в принципе не допускает одновременного включения в шлейф нормально замкнутых извещателей и токопотребляющих извещателей.

Табл. 2

|                           |        | Обрыв шлейфа | Сработка извещателя на размыкание | Дежурный режим | Сработка двух извещателей на замыкание | Короткое замыкание шлейфа |
|---------------------------|--------|--------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 12,48                             | 6,24           | 0,68                                   | 0                         |
|                           | номин. | $\infty$     | 17,5                              | 7,5            | 0,72                                   | 0                         |
|                           | макс.  | $\infty$     | 18,59                             | 8,1            | 0,98                                   | 0,22                      |
| Ток шлейфа, мА            | макс.  | 0,40         | 1,48                              | 2,76           | 11,9                                   | 20                        |
|                           | номин. | 0            | 1,08                              | 2,35           | 11,6                                   | 20                        |
|                           | мин.   | 0            | 1,05                              | 2,20           | 10,1                                   | 16,39                     |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.   | 19,61        | 18,52                             | 17,24          | 8,08                                   | 0                         |
|                           | номин. | 20           | 18,92                             | 17,65          | 8,39                                   | 0                         |
|                           | макс.  | 20           | 18,98                             | 17,80          | 9,89                                   | 3,61                      |

Табл. 3

|                           |        | Обрыв шлейфа | Сработка двух извещателей на размыкание | Сработка одного извещателя на размыкание | Дежурный режим | Сработка одного извещателя на замыкание | Сработка двух извещателей на замыкание | Короткое замыкание шлейфа |
|---------------------------|--------|--------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 6,81                                    | 5,19                                     | 3,45           | 1,47                                    | 0,93                                   | 0                         |
|                           | номин. | $\infty$     | 8,3                                     | 6,1                                      | 3,9            | 1,60                                    | 1,00                                   | 0                         |
|                           | макс.  | $\infty$     | 8,93                                    | 6,62                                     | 4,31           | 1,90                                    | 1,27                                   | 0,22                      |
| Ток шлейфа, мА            | макс.  | 0,51         | 3,25                                    | 4,07                                     | 5,59           | 9,73                                    | 12,18                                  | 21,67                     |
|                           | номин. | 0            | 2,74                                    | 3,56                                     | 5,10           | 9,30                                    | 11,80                                  | 21,67                     |
|                           | мин.   | 0            | 2,57                                    | 3,32                                     | 4,71           | 6,91                                    | 8,80                                   | 18,31                     |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.   | 25,31        | 22,11                                   | 21,12                                    | 19,29          | 14,32                                   | 11,39                                  | 0                         |
|                           | номин. | 26           | 22,72                                   | 21,73                                    | 19,88          | 14,82                                   | 11,84                                  | 0                         |
|                           | макс.  | 26           | 22,92                                   | 22,01                                    | 20,34          | 13,09                                   | 11,20                                  | 4,03                      |

## ПРИМЕР № 2

Для устранения явных недостатков шлейфа, приведенного в примере 1, на практике в ППКП используют два или три типа шлейфа: шлейф только с нормально замкнутыми извещателями (рис. 4) и шлейф только с нормально разомкнутыми извещателями (рис. 5) с определением сработки двух извещателей, иногда еще допускается комбинированный шлейф с различными типами извещателей, но с определением сработки только одного извещателя и с минимальным током извещателей в дежурном режиме. В этом случае для шлейфа с активными извещателями, при тех же исходных параметрах ППКП, «ток обрыва» не должен попадать в область, отведенную для тока дежурного режима, и с учетом тока утечки максимальный ток потребления активных извещателей мог бы быть увеличен примерно до 1,5 мА. Однако граница между режимами «Пожар 1» и «Пожар 2» составляет всего лишь 1 мА, и чтобы при сработке одного извещателя формировался сигнал «Пожар 1», а не «Пожар 2», ток извещателей должен быть, соответственно, менее 1 мА.

В комбинированном шлейфе обычно выбирается примерно двойная величина балластного сопротивления, например,  $R_{\text{бал}} = 10 \text{ кОм}$ , и в два раза меньшее дополнительное сопротивление, соответственно, увеличивается дельта между током дежурного режима и режима «Пожар» при сработке нормально замкнутого извещателя (табл. 2), однако «ток обрыва» остается тем же, что и в примере 1, следовательно, ток активных извещателей также должен быть менее 0,5 мА.

Иногда встречается рекомендация компенсировать ток потребления активных извещателей путем увеличения окон-

ечного резистора. Очевидно, в комбинированном шлейфе при токе шлейфа в режиме «Пожар» от извещателя на размыкание порядка 1 мА ни о каких компенсациях речи быть не может. В шлейфе с дымовыми извещателями компенсация повышения тока большого числа извещателей за счет снижения тока оконечного резистора позволяет «уложиться» в пороги дежурного режима и режимов «Пожар 1», «Пожар 2», но если при этом возникает превышение «тока обрыва», прибор не обнаружит обрыв шлейфа.

## ПРИМЕР № 3

Изменим параметры шлейфа, для повышения тока дежурного режима увеличим максимальное напряжение шлейфа  $U_{\text{хх}}$  до 26 В, оконечный резистор зададим  $3,9 \text{ кОм} \pm 5\%$ , а токоограничивающий резистор шлейфа  $R_{\text{ППКП}}$  возьмем  $1,2 \text{ кОм}$ . При этом номинальный ток шлейфа в дежурном режиме увеличится до 5,1 мА. Ток короткого замыкания шлейфа будет менее 22 мА, что обеспечивает возможность подключения извещателей без токоограничивающих резисторов. Для формирования сигналов «Пожар 1, 2» извещатели с нормально разомкнутыми контактами включаем в шлейф с дополнительными резисторами  $2,7 \text{ кОм} \pm 5\%$ , извещатели с нормально замкнутыми контактами с балластными резисторами  $2,2 \text{ кОм} \pm 5\%$ . Максимальное сопротивление кабеля шлейфа и минимальное сопротивление утечки оставим те же, что и в первых двух примерах  $R_{\text{КАБ}} = 220 \text{ Ом}$ ,  $R_{\text{УТ}} = 50 \text{ кОм}$ . Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Снижение примерно в 2 раза номинала оконечного резистора определило значительно меньшее влияние на величину сопротивления шлейфа параллельно-

го подключения сопротивления утечки кабеля, но, соответственно, увеличилось влияние последовательно включенного сопротивления кабеля. Определим «ток обрыва шлейфа» для этого случая. Минимальный ток дежурного режима равен 4,71 мА, вроде бы позволяет предположить больший ток потребления извещателей, по сравнению с рассмотренными ранее примерами, однако здесь появляется другое ограничение. Максимальный ток дежурного режима без учета токопотребления активных извещателей может достигать 5,59 мА, а минимальный ток шлейфа при сработке первого извещателя 6,91 мА. Следовательно, чтобы не возникали ложные сигналы «Пожар 1» в дежурном режиме, максимальный ток извещателей должен быть менее 1 мА. С другой стороны, здесь необходимо отметить, что максимальный ток шлейфа в режиме «Пожар 1» равен 9,73 мА, а минимальный ток шлейфа в режиме «Пожар 2» равен 8,8 мА (табл. 3), т.е. в данном примере возможно формирование ложного сигнала «Пожар 2» при сработке одного извещателя, либо при сработке второго извещателя прибор может оставаться в режиме «Пожар 1». Области режимов «Пожар 1» и «Пожар 2» пересекаются, что не позволяет корректно выбрать пороги даже при отсутствии токопотребляющих извещателей. Для шлейфа с нормально замкнутыми извещателями области режимов «Пожар 1» и «Пожар 2» хотя и не пересекаются, но их границы практически совпадают.

Кроме того, при оценке стабильности работы прибора следует также учитывать нестабильность параметров приборов, температурные уходы порогов, дрейф в процессе старения и т.д. Очевидно, что сложность построения двухпороговых приборов

определила разработку ППКП с адаптивными порогами, что позволяет в какой-то мере учесть исходные параметры каждого шлейфа. Однако возможности автокомпенсации ограничены и не все можно скомпенсировать, например, разброс номиналов резисторов  $R_{доп}$  и  $R_{бал}$  у каждого извещателя, сопротивление кабеля и сопротивление утечки кабеля имеют распределенный характер и их влияние зависит от расположения извещателя в шлейфе. В наилучшем случае можно обеспечить номинальные параметры шлейфа, которые приведены в таблицах 1-3.

В заключение еще раз необходимо отметить, что в документации на ППКП обычно приводятся только диапазоны сопротивления шлейфа для различных режимов, несмотря на то, что в п. 7.2.1.5 ГОСТ Р 53325-2009 указано, что «ППКП должны иметь следующие показатели назначения, численные значения которых приводятся в технической документации (ТД) на ППКП конкретного типа: – диапазоны тока в неадресном шлейфе сигнализации, в том числе максимальный ток питания извещателей, при котором ППКП регистрирует все предусмотренные виды извещений». Отсутствие в документации информации о режимах ППКП в зависимости от тока шлейфа не по-

зволяет корректно определить допустимый ток извещателей в дежурном режиме и оценить совместимость прибора с пожарными извещателями различного типа, особенно с дымовыми пожарными извещателями с нелинейной вольт-амперной характеристикой, но это тема отдельной статьи.

На практике для проверки обеспечения «тока обрыва шлейфа» можно рекомендовать достаточно простой способ: отключить последний пожарный извещатель, в базе которого установлен оконечный резистор, и контролировать формирование сигнала «Неисправность» на ППКП. Если сигнал «Неисправность» отсутствует или формируется сигнал «Пожар», значит, ток дежурного режима извещателей превышает «ток обрыва шлейфа». В этом случае необходимо по одному отключать извещатели до появления сигнала «Неисправность». После этого отключить еще несколько извещателей для обеспечения технологического запаса, а базы снятых извещателей подключить к дополнительному шлейфу или к дополнительным шлейфам, если количество снятых извещателей больше чем число оставшихся извещателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Неплохов И.  
Классификация неадресных шлейфов, или Почему за рубежом нет двухпороговых приборов//  
«Алгоритм безопасности»,  
№ 3, 2008.
2. Баканов В.  
Ключ к системам пожарной сигнализации высокой надежности//  
SECURITY.UA, № 2, 2010.
3. Пинаев А., Никольский М.  
Оценка качества и надежности неадресных приборов пожарной сигнализации //  
«Алгоритм безопасности»,  
№ 6, 2007.

## ЛУЧШИЙ КАБЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ



**ПАРИТЕТ**  
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДОМ

ПРОИЗВОДСТВО КАБЕЛЯ

## Кабели с повышенными требованиями по пожарной безопасности:

**КСРЭВ нг(A)-FRLS** - самый огнестойкий кабель!  
Работает в огне до 180 мин.  
ФЗ №123 статья 82 п.2 требование выполнено!

**КСВВ нг(A)-LS** - не распространяет горение в пучках.

**КСВВ** - не распространяет горение  
при одиночной прокладке

Наши клиенты – вся страна  
Мы профессионалы на рынке безопасности!

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

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ШЛЕЙФА ДВУХПОРОГОВОГО ППКП

## ЧАСТЬ 2

И. Неплохов

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

В первой части статьи, в предыдущем номере журнала, были разобраны характеристики шлейфов простейших приемно-контрольных приборов (ППКП) с высоким выходным сопротивлением, порядка 1 кОм (Примеры 1-3) и с фиксированными порогами. Во второй части статьи приведены аналогичные расчеты для шлейфов ППКП с контролем по току с низкоомным выходом. Кроме того, рассматриваются более сложные в техническом плане ППКП с адаптивными порогами.

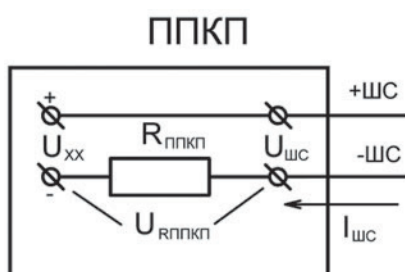
Варианты построения пожарных приемно-контрольных приборов рассматриваются в статьях [1-4]. Подробное описание различных функциональных схем ППКП приведено в статье В. Баканова [2]. ППКП с контролем шлейфа по току содержит последовательно включенный токоизмерительный резистор  $R_{\text{ППКП}}$  сравнительно небольшой величины, порядка 50-250 Ом. В отличие от ППКП с контролем шлейфа по напряжению, в которых ограничение тока шлейфа на уровне около 20 мА обеспечивается за счет выходного сопротивления порядка 1 кОм, в ППКП с контролем по току используется дополнительная схема ограничения тока шлейфа в режиме короткого замыкания (рис. 1). Продолжим анализ примеров пожарных шлейфов при различных значениях напряжения  $U_{\text{ХХ}}$ , токоизмерительного резистора  $R_{\text{ППКП}}$  и окончательного резистора шлейфа  $R_{\text{ОК}}$ . Определим диапазоны сопротивления шлейфа, токов и напряжений для различных режимов шлейфа при номиналах сопротивления кабеля  $R_{\text{КАБ}}$ , равного нулю и 220 Ом, сопротивления утечки  $R_{\text{УТ}}$ , равного бесконечности и

50 кОм. Параметры самого ППКП будем считать абсолютно стабильными, однако очевидно это допущение на практике не выполняется и, соответственно, необходимо иметь определенный технологический запас для обеспечения достоверной идентификации режима шлейфа, для исключения ложных тревог и пропуска сигналов «Пожар».

### ПРИМЕР № 4

Рассмотрим параметры шлейфа ППКП с токоизмерительным резистором  $R_{\text{ППКП}}$ , равным 100 Ом, напряжением разомкнутого шлейфа  $U_{\text{ХХ}}$ , равным 15 В, и окончательным резистором шлейфа 3,3 кОм  $\pm 5\%$  (рис. 2). Номинальный ток шлейфа в дежурном режиме при  $R_{\text{ОК}} = 3,3$  кОм,  $R_{\text{КАБ}} = 0$  и  $R_{\text{УТ}} = \infty$  составит  $I_{\text{ДЕЖ}} = U_{\text{ХХ}} / (R_{\text{ППКП}} + R_{\text{ОК}}) = 15 \text{ В} / (0,1 + 3,3) \text{ кОм} = 4,41 \text{ мА}$ . Так как токоизмерительное сопротивление незначительно по сравнению с величиной окончательного резистора, то номинальное напряжение шлейфа мало отличается от напряжения холостого хода и примерно равно  $U_{\text{ШС}} = 14,56 \text{ В}$ . Определим максимальный разброс параметров шлейфа в дежурном режиме. Максимальное значение тока дежурного режима определяется при минимальном значении окончательного резистора  $R_{\text{ОК}} - 5\%$ , минимальном сопротивлении утечки шлейфа  $R_{\text{УТ}} = 50$  кОм и сопротивлении кабеля, равном нулю. В этом случае сопротивление шлейфа снизится до 2,95 кОм, ток шлейфа увеличится до 4,92 мА, а напряжение шлейфа практически не изменится и равно 14,6 В. Минимальное значение тока дежурного режима определяется при максимальном значении окончательного резистора  $R_{\text{ОК}} + 5\%$ , при максимальном сопротивлении кабеля  $R_{\text{КАБ}} = 220$  Ом и

Рис. 1. Упрощенная структура выхода токового шлейфа ППКП



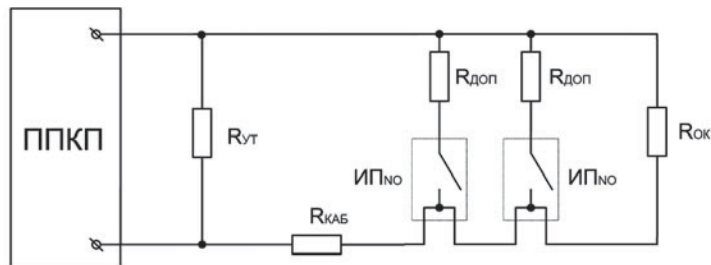


Рис. 2. Шлейф с нормально разомкнутыми извещателями

сопротивлении утечки шлейфа, равно бесконечности. Сопротивление шлейфа увеличивается до 3,68 кОм, соответственно, ток снижается до 3,68 мА (табл. 1). С учетом этих допущений сопротивление шлейфа в дежурном режиме может изменяться в пределах от 2,95 до 3,68 кОм, ток дежурного режима – в диапазоне от 4,92 до 3,96 мА, а напряжение шлейфа практически не изменяется, его разброс меньше 0,1 В.

Рассмотрим двухпороговый шлейф с извещателями с нормально разомкнутыми контактами и с дополнительными резисторами  $R_{доп} = 2 \text{ кОм} \pm 5\%$  для определения сработки 1-го и 2-го извещателя (рис. 2). Разброс параметров шлейфа при использовании 5% резисторов приведен в таблице 1 и на графике (рис. 3). Можно отметить, что номинальные токи режимов распределены достаточно равномерно, примерно через 6 мА, значительный ток дежурного режима подразумевает возможность подключения активных извещателей с током дежурного режима около 2,5-3 мА. Действительно, так как минимальный ток шлейфа в дежурном режиме равен примерно 4 мА, то режим обрыва шлейфа можно определить при токе менее 3,5 мА. Максимальный ток дежурного режима будет равен  $4,92 + 3 = 7,92 \text{ мА}$ , т.е. меньше минимального тока режима «Пожар 1» на  $9,22 - 7,92 = 1,3 \text{ мА}$ , что позволяет установить порог «Пожар 1» на уровне примерно 8,5 мА. То есть обеспечиваются достаточно хорошие характеристики шлейфа, но только в однопороговом режиме, без идентификации сработки второго извещателя. В двухпороговом режиме необходимо обеспечить минимальную разность между границами токов режимов «Пожар 1»,

«Пожар 2» также более 3 мА. В рассматриваемом примере по результатам расчетов (табл. 1) без активных извещателей ток шлейфа в режиме «Пожар 1» может достигать порядка 12 мА, при добавлении тока дежурного режима активных извещателей 3 мА получим ток шлейфа 15 мА, который уверенно попадает в область токов режима «Пожар 2», нижняя граница которой равна 13,32 мА. Области токов режимов «Пожар 1» и «Пожар 2» расходятся всего лишь на  $13,32 - 11,95 = 1,37 \text{ мА}$ . Следовательно, в двухпороговом режиме при фиксированных порогах ток потребления извещателей в дежурном режиме необходимо снизить примерно до 1 мА для обеспечения идентификации сработки одного и двух извещателей в шлейфе.

В таблице 1 также приведены пара-

метры шлейфа для режима «Пожар 3», который соответствует активизации трех пожарных извещателей. Возможность активизации одновременно 3-х и более извещателей в шлейфе необходимо учитывать во всех ППКП с перезапросом. При быстром развитии очага в сравнительно небольшом помещении и при значительной временной задержке проверки состояния шлейфа после сброса первого сработавшего извещателя вполне возможна активизация всех пожарных извещателей, установленных в помещении. Естественно, в такой ситуации недопустимо формирование сигнала «Неисправность» вместо сигнала «Пожар 2». Соответственно, в ППКП должна быть установлена значительная величина порога режима короткого замыкания шлейфа, например, порядка 30 мА (табл. 1). Если считать, что вероятность возникновения короткого замыкания шлейфа через несколько десятков секунд после активизации первого пожарного извещателя равна нулю, то можно задать логику работы прибора таким образом, чтобы после перезапроса состояния шлейфа даже при токах, соответствующих короткому замыканию, формировался сигнал «Пожар 2».

#### ПРИМЕР № 5

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, можно отметить, что в дежурном режиме сопротивление утечки и со-

Рис. 3. Разброс параметров шлейфа с нормально разомкнутыми NO извещателями

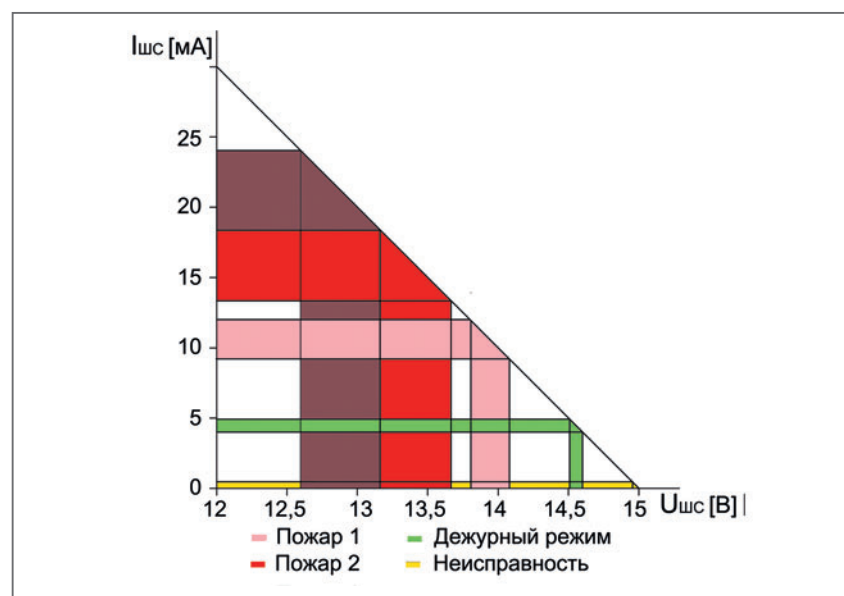


Табл. 1

|                           |        | Обрыв шлейфа | Дежурный режим | Режим «Пожар 1» | Режим «Пожар 2» | Режим «Пожар 3» | Короткое замыкание шлейфа |
|---------------------------|--------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 2,95           | 1,16            | 0,72            | 0,52            | 0                         |
|                           | номин. | $\infty$     | 3,3            | 1,25            | 0,77            | 0,55            | 0                         |
|                           | макс.  | $\infty$     | 3,68           | 1,53            | 1,03            | 0,80            | 0,22                      |
| Ток шлейфа, мА            | макс.  | 0,3          | 4,92           | 11,95           | 18,32           | 24,14           | 150*                      |
|                           | номин. | 0            | 4,41           | 11,15           | 17,29           | 22,91           | 150*                      |
|                           | мин.   | 0            | 3,96           | 9,22            | 13,32           | 16,62           | 46,87*                    |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.   | 14,97        | 14,51          | 13,81           | 13,17           | 12,59           | 0                         |
|                           | номин. | 15           | 14,56          | 13,88           | 13,27           | 12,71           | 0                         |
|                           | макс.  | 15           | 14,60          | 14,08           | 13,67           | 13,34           | 10,31                     |

\*) Без учета дополнительной схемы ограничения тока шлейфа

Табл. 2

|                              |          | Обрыв<br>шлейфа | Дежурный<br>режим | Режим<br>«Пожар 1» | Режим<br>«Пожар 2» |
|------------------------------|----------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Сопротивление<br>шлейфа, кОм | мин.     | 50              | 2,95              | 1,16               | 0,72               |
|                              | номин.   | $\infty$        | 3,3               | 1,25               | 0,77               |
|                              | макс.100 | $\infty$        | 3,56              | 1,41               | 0,91               |
| Ток шлейфа, мА               | макс.    | 0,3             | 4,92              | 11,95              | 18,32              |
|                              | номин.   | 0               | 4,41              | 11,15              | 17,29              |
|                              | мин.     | 0               | 4,09              | 9,95               | 14,91              |
| Напряжение<br>шлейфа, В      | мин.     | 14,97           | 14,51             | 13,81              | 13,16              |
|                              | номин.   | 15              | 14,56             | 13,88              | 13,27              |
|                              | макс.    | 15              | 14,59             | 14,01              | 13,51              |

Табл. 3

|                              |        | Обрыв шлейфа | Дежурный<br>режим | Режим<br>«Пожар 1» | Режим<br>«Пожар 2» |
|------------------------------|--------|--------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Сопротивление<br>шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 3,07              | 1,20               | 0,75               |
|                              | номин. | $\infty$     | 3,3               | 1,25               | 0,77               |
|                              | макс.  | $\infty$     | 3,43              | 1,36               | 0,88               |
| Ток шлейфа, мА               | макс.  | 0,30         | 4,74              | 11,51              | 17,68              |
|                              | номин. | 0            | 4,41              | 11,15              | 17,29              |
|                              | мин.   | 0            | 4,25              | 10,29              | 15,38              |
| Напряжение<br>шлейфа, В      | мин.   | 14,97        | 14,53             | 13,85              | 13,23              |
|                              | номин. | 15           | 14,56             | 13,88              | 13,27              |
|                              | макс.  | 15           | 14,58             | 13,97              | 13,46              |

противление кабеля оказывают примерно одинаковое влияние на параметры шлейфа: ток шлейфа повышается либо снижается примерно на 0,5 мА. Но в режиме «Пожар 1», и тем более в режиме «Пожар 2», при уменьшении сопротивления шлейфа сопротивление утечки, равное 50 кОм, подключенное параллельно, сказывается все меньше, а последовательно включенное сопротивление кабеля величиной 220 Ом все больше снижает ток шлейфа по сравнению с номиналь-

ными значениями. Например, в режиме «Пожар 1» ток шлейфа может повыситься на 0,8 мА за счет утечки и снизиться на 1,93 мА за счет сопротивления кабеля и разброса номиналов резисторов. В режиме «Пожар 2» повышение тока возможно на 1,03 мА, а снижение почти на 4 мА! По ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний» п. 7.2.1.4 «Максимальное сопротивление провод-

Рис. 4. Шлейф с двойной сработкой с нормально замкнутыми извещателями на размыкание  
 $R_{БАЛ} = 1,2 \text{ кОм}$ ,  $R_{ОК} = 2,4 \text{ кОм}$

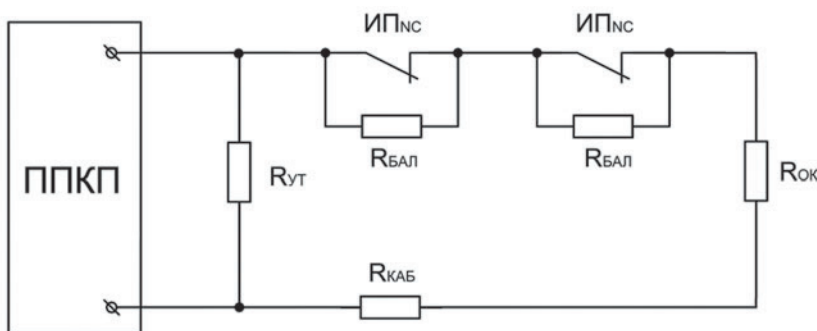
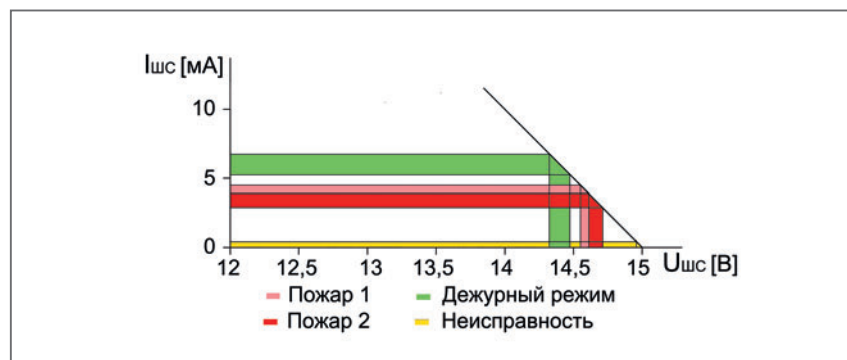


Рис. 5. Разброс параметров шлейфа с нормально-замкнутыми НС извещателями



ной линии связи (шлейфа сигнализации) без учета сопротивления выносного элемента, при котором ППКП должен сохранять работоспособность, выбирается из следующего ряда: 0,10; 0,15; 0,22; 0,33; 0,47; 1,00 кОм. Для адресных ППКП – 50 Ом. Минимальное сопротивление утечки между проводами шлейфа и между каждым проводом и «Землей», при котором ППКП должны сохранять работоспособность, должно быть не более 50 кОм».

Без существенного ограничения практического применения неадресных ППКП можно снизить максимальное сопротивление шлейфа до 100 Ом. Даже при использовании кабеля с минимально допустимым диаметром жил 0,5 мм длина шлейфа может достигать порядка 500 м. За счет снижения допустимого сопротивления кабеля значительно уменьшается разброс параметров шлейфа (табл. 2). При этом разброс токов в режимах «Пожар 1», «Пожар 2» уменьшается примерно в 2 раза и разность между максимальным током шлейфа в режиме «Пожар 1» и минимальным током в режиме «Пожар 2» увеличивается до примерно 3 мА. Соответственно, если определим ток дежурного режима активных извещателей 2 мА, то остается технологический запас около 1 мА для достоверной идентификации сработки одного и двух извещателей в шлейфе. Минимальный ток дежурного режима за счет окончного резистора шлейфа остается значительным, более 4 мА. Это позволяет установить порог неисправности шлейфа на обрыв на уровне 3 мА. Соответственно, при токе извещателей 2 мА и токе утечки шлейфа 0,3 мА суммарный ток шлейфа в режиме «обрыв» составляет 2,3 мА, и неисправность шлейфа будет однозначно определяться.

Дальнейшее снижение разброса параметров шлейфа может быть получено при использовании прецизионных 1% резисторов. В этом случае разность между максимальным током шлейфа в режиме «Пожар 1» и минимальным током в режиме «Пожар 2» увеличивается до 3,87 мА, а токи шлейфа дежурного режима и режима «Пожар 1» расходятся уже на 5,55 мА (табл. 3).

Если прецизионный 1% резистор использовать только в качестве окончного элемента шлейфа, а остальные резисторы взять, как обычно, 5% точности, то также получим выигрыш, но не такой значительный. Разность между максимальным током шлейфа в режиме «Пожар 1» и минимальным током в режиме «Пожар 2» в этом случае составит 3,24 мА, а токи шлейфа дежурного режима и режима «Пожар 1» расходятся на 5,34 мА.

#### ПРИМЕР № 6

В первой части статьи было показано, что включение в один шлейф извещателей на замыкание и на размыкание приводит к значительному ухудшению параметров шлейфа. Кроме того, всегда

предполагается, что в комбинированном шлейфе срабатывают либо дымовые извещатели, и сопротивление шлейфа уменьшается, либо тепловые извещатели, и сопротивление шлейфа увеличивается,

т.е. ППКП в принципе не рассчитан на идентификацию одновременно сработавших разнотипных извещателей. А возникновение такого события становится вполне реальным после перезапроса

состояния шлейфа, после активизации первого извещателя. С точки зрения повышения пожарной безопасности, помещение, защищаемое тепловыми извещателями с нормально замкнутыми контактами, желательно выделять в отдельную зону и защищать отдельным шлейфом с исключением функции перезапроса, для обеспечения максимально быстрого обнаружения очага.

На рисунке 4 приведена структура шлейфа с пожарными извещателями на размыкание. Исходные характеристики примем, как и ранее:  $U_{xx} = 15 \text{ В}$ ,  $R_{ппкп} = 100 \text{ Ом}$ , а номинал оконечного резистора  $R_{ок}$  снизим до  $2,4 \text{ кОм} \pm 5\%$  для повышения тока шлейфа в дежурном режиме. Максимальное сопротивление кабеля шлейфа и минимальное сопротивление утечки примем равными  $220 \text{ Ом}$  и  $50 \text{ кОм}$  соответственно. Параметры шлейфа для минимального, номинального и максимального сопротивления шлейфа для различных режимов приведены в таблице 4.

Диапазоны токов шлейфа, соответствующие различным режимам, не пересекаются, но можно отметить, что границы режимов «Пожар 1» и «Пожар 2» практически совпадают (рис. 5). Минимальный ток шлейфа в режиме «Пожар 1» равен  $3,66 \text{ мА}$ , а максимальный

Табл. 4

|                           |        | Обрыв шлейфа | Режим «Пожар 2» | Режим «Пожар 1» | Дежурный режим | Короткое замыкание шлейфа |
|---------------------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 4,18            | 3,20            | 2,18           | 0                         |
|                           | номин. | $\infty$     | 4,8             | 3,6             | 2,4            | 0                         |
|                           | макс.  | $\infty$     | 5,26            | 4               | 2,74           | 0,22                      |
| Ток шлейфа, мА            | макс.  | 0,30         | 3,51            | 4,54            | 6,58           | 150*                      |
|                           | номин. | 0            | 3,06            | 4,05            | 6              | 150*                      |
|                           | мин.   | 0            | 2,80            | 3,66            | 5,28           | 46,87*                    |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.   | 14,97        | 14,65           | 14,55           | 14,34          | 0                         |
|                           | номин. | 15           | 14,69           | 14,59           | 14,4           | 0                         |
|                           | макс.  | 15           | 14,72           | 14,63           | 14,47          | 10,31                     |

Табл. 5

|                           |        | Обрыв шлейфа | Режим «Пожар 2» | Режим «Пожар 1» | Дежурный режим | Короткое замыкание шлейфа |
|---------------------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.   | 50           | 4,26            | 3,28            | 2,27           | 0                         |
|                           | номин. | $\infty$     | 4,8             | 3,6             | 2,4            | 0                         |
|                           | макс.  | $\infty$     | 5,26            | 3,90            | 2,64           | 0,22                      |
| Ток шлейфа, мА            | макс.  | 0,30         | 3,44            | 4,43            | 6,33           | 150*                      |
|                           | номин. | 0            | 3,06            | 4,05            | 6              | 150*                      |
|                           | мин.   | 0            | 2,85            | 3,75            | 5,47           | 46,87*                    |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.   | 14,97        | 14,66           | 14,56           | 14,37          | 0                         |
|                           | номин. | 15           | 14,69           | 14,59           | 14,4           | 0                         |
|                           | макс.  | 15           | 14,72           | 14,63           | 14,45          | 10,31                     |

\*) Без учета дополнительной схемы ограничения тока шлейфа

**ЛУЧШИЙ КАБЕЛЬ  
ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ**



**ПАРИТЕТ**  
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДОМ

ПРОИЗВОДСТВО КАБЕЛЯ

## Кабели с повышенными требованиями безопасности

**КСРЭВ нг(А)-FRLS**  
**КСРП нг(А)-FRHF**

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

огнестойкие кабели  
не горят в огне!\*

не распространяют горения  
при групповой прокладке

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

\* - 180 мин работы в открытом пламени

Табл. 6

|                           |       | Дежурный режим | $\Delta 1$ | Режим «Пожар 1» | $\Delta 2$ | Режим «Пожар 2» |
|---------------------------|-------|----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| Сопротивление шлейфа, кОм | мин.  | 3,52           |            | 1,23            |            | 0,75            |
|                           | макс. |                |            | 1,50            |            | 1,02            |
| Ток шлейфа, мА            | макс. | 4,14           | 7,10       | 11,24           | 6,45       | 17,69           |
|                           | мин.  |                | 5,22       | 9,36            | 4,06       | 13,43           |
| Напряжение шлейфа, В      | мин.  | 14,57          |            | 13,83           |            | 13,23           |
|                           | макс. |                |            | 14,03           |            | 13,70           |

ток шлейфа в режиме «Пожар 2» может достигать 3,51 мА, т.е. эти режимы расходятся всего на 0,15 мА и при незначительных уходах порогов возможна ошибка идентификации сработки одного или двух извещателей.

Для обеспечения технологического запаса в качестве оконечного элемента шлейфа используем прецизионный 1% резистор с тем же номиналом 2,4 кОм. Результаты вычислений для этого случая приведены в таблице 5.

Минимальный ток шлейфа режима «Пожар 1» увеличился до 3,75 мА, а максимальный ток режима «Пожар 2» снизился до 3,44 мА, таким образом их разность увеличилась до 0,31 мА. При этом

области токов дежурного режима и режима «Пожар 1» расходятся примерно на 1 мА.

#### ПРИМЕР № 7

Рассмотрим шлейф с адаптивными порогами. При запуске системы ППКП запоминает токи дежурного режима каждого шлейфа и соответствующим образом корректирует пороги режимов. Наиболее продвинутые ППКП дополнительно имеют функцию программирования порогов с учетом токов извещателей в режиме пожар. Однако возможности адаптации имеют свои пределы, т.е. не все разбросы параметров шлейфов можно скомпенсировать, кроме того, диапазон компенса-

ции также имеет свои пределы, которые определяются техническими решениями. Очевидно, в качестве «некомпенсируемых» параметров необходимо учитывать случайный разброс дополнительных резисторов пожарных извещателей в сумме с сопротивлением кабеля, которое изменяется в пределах длины шлейфа. Рассмотрим шлейф с нормально разомкнутыми извещателями. Основные параметры возьмем из Примера № 4, но будем рассматривать извещатели, включенные в начале шлейфа с дополнительными резисторами минимальной величины  $R_{доп} = 2 \text{ кОм} - 5\% = 1,9 \text{ кОм}$ , а в конце шлейфа с резисторами максимальной величины  $R_{доп} = 2 \text{ кОм} + 5\% = 2,1 \text{ кОм}$ , в пределах разброса  $\pm 5\%$  (рис. 6). При выходном сопротивлении прибора  $R_{ппкп} = 100 \text{ Ом}$ , напряжении разомкнутого шлейфа  $U_{xx} = 15 \text{ В}$ , сопротивлении кабеля  $R_{каб} = 220 \text{ Ом}$  и оконечном резисторе шлейфа  $R_{ок} = 3,3 \text{ кОм}$  номинальный ток дежурного режима составит 4,14 мА. Разброс сопротивления оконечного резистора компенсируется в процессе адаптации. В режиме «Пожар 1» при активизации одного извещателя в конце шлейфа ток увеличивается до 9,36 мА, при активизации извещателя в начале шлейфа увеличивается до 11,24 мА (табл. 6). В режиме «Пожар 2» при активизации двух извещателей в конце шлейфа ток равен 13,43 мА, при активизации двух извещателей в начале шлейфа – увеличивается до 17,69 мА. Таким образом, в наихудшем случае области токов режимов «Пожар 1», «Пожар 2» разнесены более чем на 2 мА, независимо от величины тока дежурного режима извещателей 0-3 мА (рис. 7). В ППКП с адаптивными порогами по существу анализируются изменения тока шлейфа, и номинал оконечного резистора может выбираться, исходя из требуемой величины снижения тока дежурного режима при обрыве шлейфа. Например, при увеличении оконечного резистора до 7,5-10 кОм обеспечивается значительное снижение тока дежурного режима. Обрыв шлейфа идентифицируется ППКП при уменьшении тока шлейфа на 1,5-2 мА за счет отключения оконечного резистора. Больше того, в приборах с адаптивными порогами может быть реализована функция компенсации дрейфа тока дежурного режима с формированием сигналов неисправности при достижении границ диапазона автокомпенсации. Что позволяет автоматически выявлять в процессе эксплуатации увеличение сопротивления шлейфа, например, вызванные коррозией, деформацией контактов или некачественным монтажом.

В заключение еще раз необходимо отметить, что в п. 7.2.1.5 ГОСТ Р 53325-2009 указано, что «ППКП должны иметь следующие показатели назначения, численные значения которых приводятся в технической документации (ТД) на ППКП

Рис. 6. Шлейф с нормально разомкнутыми извещателями

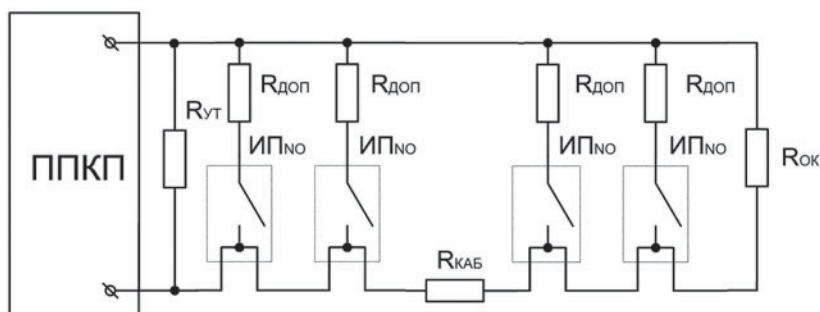
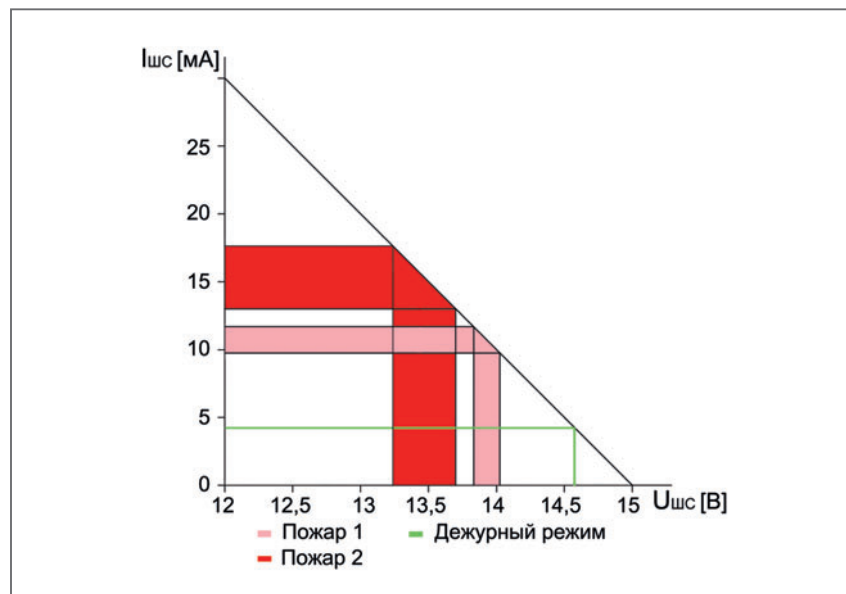


Рис. 7. Разброс параметров шлейфа с адаптивными порогами



конкретного типа:

- максимальное сопротивление шлейфа сигнализации без учета сопротивления выносного элемента, при котором ППКП сохраняет работоспособность (для ППКП с проводными линиями связи);
- минимальное сопротивление утечки между проводами шлейфа сигнализации и между каждым проводом и «Землей», при котором ППКП сохраняет работоспособность (для ППКП с проводными линиями связи);
- диапазоны тока в неадресном шлейфе сигнализации, в том числе максимальный ток питания извещателей, при котором ППКП регистрирует все предусмотренные виды извещений.

В настоящее время в нарушение требований ГОСТ Р 53325-2009 в документации на ППКП, как правило, приводятся только границы сопротивления шлейфа, соответствующие различным режимам, без указания соответствующих им токов шлейфа. Отдельно указывается максимальный ток потребления пожарных извещателей в дежурном режиме, который нередко превышает ток «обрыва» шлейфа, что не обеспечивает регистрацию всех предусмотренных видов извещений. Кроме того, отсутствие в докумен-

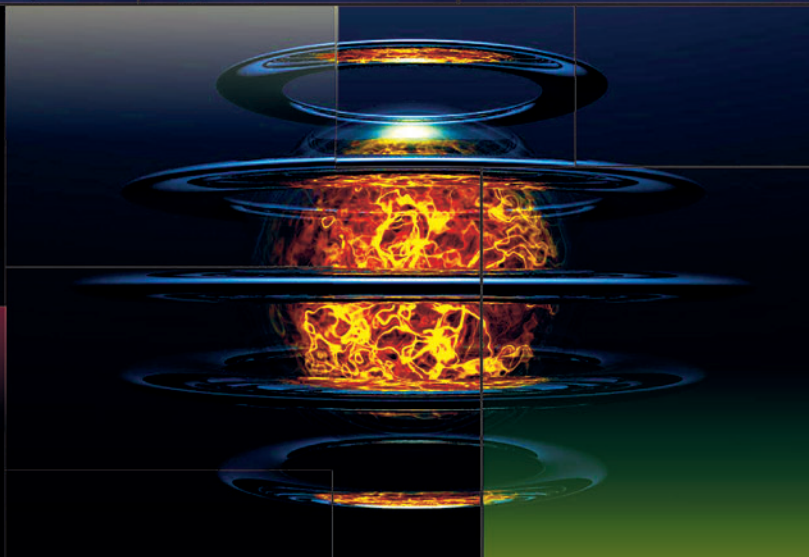
тации информации о режимах ППКП в зависимости от тока шлейфа не позволяет корректно определить допустимый ток извещателей в дежурном режиме и оценить совместимость прибора с пожарными извещателями различного типа, особенно с дымовыми пожарными извещателями с нелинейной вольт-амперной характеристикой, но это тема следующей статьи. Здесь неплохо бы иметь в документации на ППКП значения порогов тока для максимального количества каких-либо конкретных пожарных дымовых извещателей при максимальном сопротивлении кабеля с указанием соответствующих значений напряжения шлейфа, что позволит пользователям прогнозировать характер поведения шлейфов уже для других типов пожарных извещателей.

На практике для проверки регистрации всех предусмотренных видов извещений можно рекомендовать, кроме отключения последнего пожарного извещателя в шлейфе, активизировать первый и второй извещатель в начале шлейфа и первый и второй извещатель в конце шлейфа. Использование этой методики в какой-то мере позволит проверить формирование сигналов «Пожар 1», «Пожар 2» с учетом сопротивления кабеля даже в адаптивных ППКП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Неплохов И. Анализ параметров шлейфа двухпорогового ППКП // «Алгоритм безопасности», № 5, 2010.
2. Баканов В. Ключ к системам пожарной сигнализации высокой надежности // «Алгоритм безопасности», № 6, 2010.
3. Неплохов И. Классификация неадресных шлейфов, или Почему за рубежом нет двухпороговых приборов // «Алгоритм безопасности», № 3, 2008.
4. Пинаев А., Никольский М. Оценка качества и надежности неадресных приборов пожарной сигнализации // «Алгоритм безопасности», № 6, 2007.

ООО «ИНЕРОС» – официальный поставщик модулей газового пожаротушения и газового огнетушащего состава (ГОС) «ИНЕРГЕН» производства FIRE EATER A/S (Дания) по всей территории Российской Федерации



## ГАЗОВЫЙ ОГНЕТУШАЩИЙ СОСТАВ «ИНЕРГЕН»

Предназначен для ликвидации пожаров классов А, В и С, возгораний дерева, тканей, бумаги, резины, пластмасс, горючих жидкостей, масел, смазочных веществ, смол, лаков, горючих газов и электрооборудования. Безопасен для здоровья людей, одобрен экологическими организациями. Не оказывает вредного воздействия на оборудование, ценности, магнитные носители информации и документы, поскольку это токопроводящий, неконденсируемый, сухой газ, без цвета и запаха.

WWW.INEROS.RU  
E-MAIL: INFO@INEROS.RU

**Inergen**  
FIRE EXTINGUISHING AGENT

Г. КАЛИНИНГРАД,  
ТИХОРЕЦКИЙ ТУПИК, 1/3  
ТЕЛ. (4012) 631-626  
ФАКС (4012) 472-256

Все оборудование имеет сертификаты Пожарной безопасности и одобрено Российским морским регистром судоходства к применению

# 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.*

**П**роблема 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 достаточно 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 экземпляры 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 появиться когда-нибудь нано-ППКОПУ-ДИП в одном флаконе, извиняюсь, в одной микросборке, 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 из-

вещателей 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-О, 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 характеристи-

**Рис. 1.** Разнообразие вольтамперных характеристик ДИПов

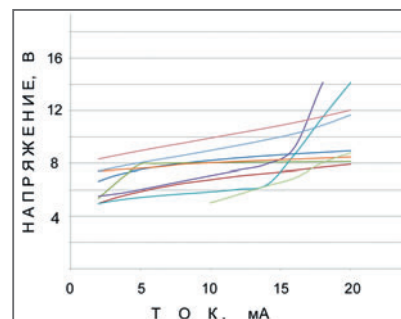


**Рис. 2.** Фрагмент СхЭ извещателя ИП212-44

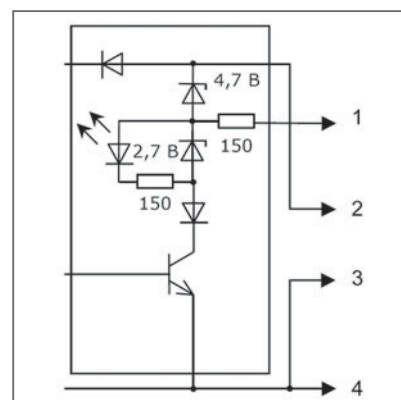
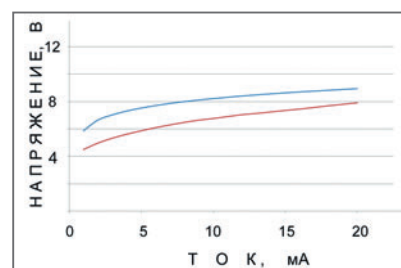


**Рис. 3.** ВАХ извещателей ИП212-44 и ИП212-54Т



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

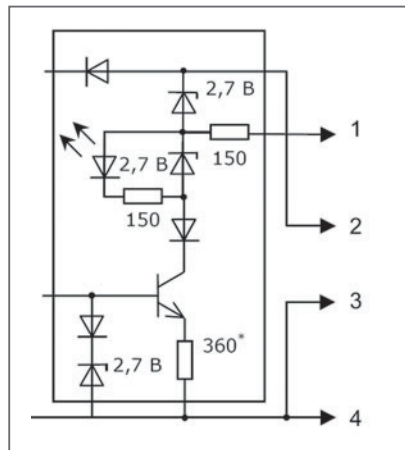


Рис. 5. ВАХ извещателей ИП212-44СВ, ИП212-54Т-7,5 и ИП212-54Т-5,5

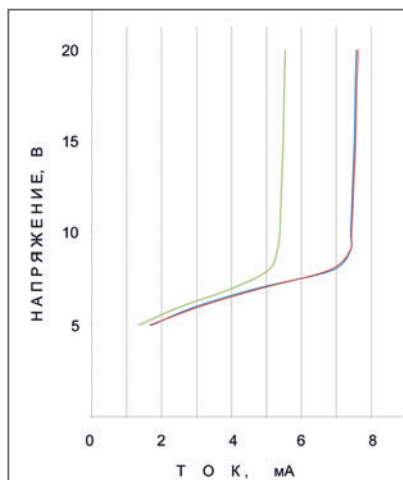


Рис. 6. Фрагмент СхЭ извещателя ИП212-73 ПРОФИ-0

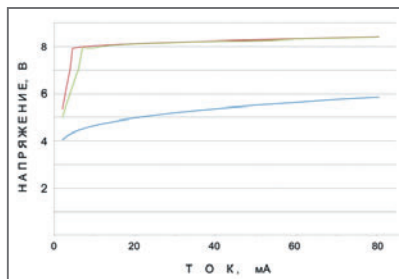
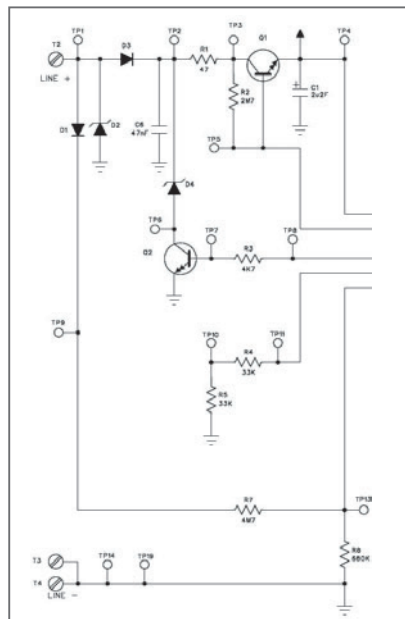


Рис. 7. ВАХ извещателей ПРОФИ-0, ПРОФИ-0 с БОС и 2151Е

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 сопротивлении 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.

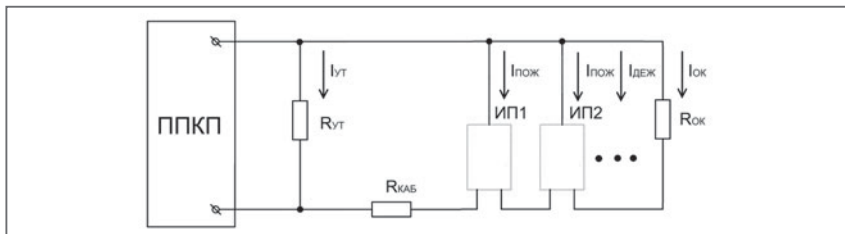


Рис. 8. Пожарные извещатели в конце шлейфа

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 НАПЯЖЕНИЯ ИЗВЕЩАТЕЛЯ. Из всех

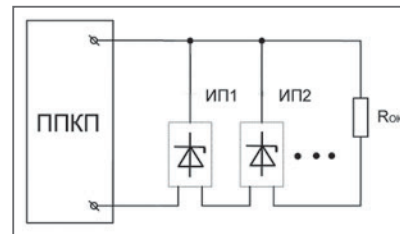


Рис. 9. Шлейф в однопороговом режиме

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 активизироваться 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, вве-

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  $R_{\text{ИП}} + R_{\text{ДОП}} = 1,64 \text{ кОм}$ . 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  $I_{\text{Р}} = 18 / (1 + R_{\text{ЭКВ}})$ , ток извещателей в активном режиме  $I_{\text{ИП}} = 2,4 (7,5 - R_{\text{ЭКВ}}) / (1 + R_{\text{ЭКВ}})$ , 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!

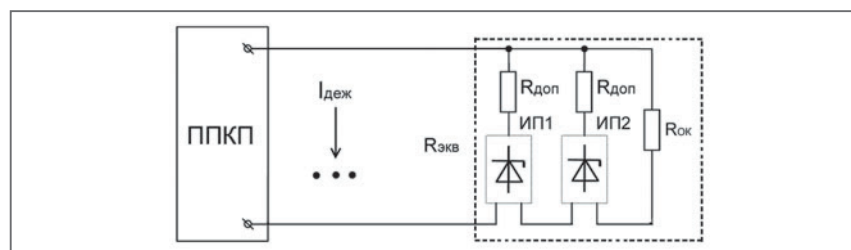
### ПОЧЕМУ ЗА РУБЕЖОМ НЕТ ДВУХПОРОГОВЫХ ПРИБОРОВ

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 посередине 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!\***

**РК 75-3-313 нг(С)-HF  
РК 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.