

# КЛЮЧ К СИСТЕМАМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТИ

В. Баканов  
главный конструктор ЧП «Артон»

Обеспечение высокого качества и надежности систем пожарной сигнализации – это основная задача, стоящая перед инсталляторами и проектировщиками систем, а также разработчиками и производителями компонентов таких систем. В области пожарной автоматики и пожаротушения этой задаче уделяется еще большее внимание, поскольку она связана не только с конкурентоспособностью изделий по их техническим параметрам, а прежде всего с безопасностью людей. Отказы компонентов системы, ложные срабатывания извещателей и приборов могут привести не только к материальным потерям, но и к обстоятельствам, опасным для здоровья и жизни граждан.

Сама проблема обеспечения качества и надежности имеет комплексный характер и должна решаться на всех стадиях жизненного цикла изделий. Ключевым моментом на этом пути является обеспечение эффективности взаимодействия пожарных извещателей с прибором приемно-контрольным пожарным (ППКП), так как надежность систем пожарной сигнализации во многом определяется физическими принципами получения достоверной информации о состоянии извещателей в шлейфе пожарной сигнализации. Интерфейс общения извещателей с ППКП устанавливает, как известно, прибор. Поэтому от выбора прибора, с его особенностями подключения извещателей, зависит качество работы всей системы пожарной сигнализации: возможность распознавания истинных сигналов, создаваемых в шлейфе пожарной сигнализации, фильтрация искаженных значений контролируемых параметров, надлежащая обработка этих сигналов и преобразования их в сигналы, воспроизводимые на панелях ППКП, а также в сигналы, которые передаются во внешние цепи, т.е. на оповещатели и на устройства передачи извещений о пожарной тревоге или о неисправности.

Если провести анализ существующих ППКП по признаку методов контроля состояний шлейфа пожарной сигнализации,

то здесь наиболее распространены три метода:

- метод постоянного тока;
- метод знакопеременного тока;
- метод модуляции тока и напряжения.

Первые два метода применяются в ППКП для определения состояния двухрежимных извещателей, а третий – для многорежимных адресных и адресно-аналоговых извещателей. Предметом статьи является анализ первых двух методов.

Многие охранно-пожарные приборы [1, 2, 3] применяют постоянно-токовый метод анализа извещателей по схеме, приведенной на *рисунке 1*.

На шлейф сигнализации напряжение  $U_z$  подается через резистор R1, ограничивающий ток короткого замыкания в этом шлейфе. Состояние шлейфа контролируется по падению напряжения с помощью делителя напряжения на резисторах R2 и R3. Этот делитель напряжения согласовывает высокое напряжение питания шлейфа  $U_z$  с допустимым диапазоном значений величин напряжения на аналоговом входе микроконтроллера DD1. На таких приборах невозможно провести автоматическую верификацию отдельного шлейфа пожарной сигнализации, т.е. отключение шлейфа от напряжения питания на некоторое время (3–6 с), за которое извещатели должны вернуться в дежурный режим работы, если один из них по каким-то причинам перешел в состояние пожарной тревоги. Сопротивление резистора R1, равное 1 кОм, а именно это (или близкое к нему) значение используется во многих ППКП, существенно ограничивает напряжение в шлейфе пожарной сигнализации, а, соответственно, и количество извещателей, которые могут нормально функционировать в таком шлейфе, особенно для обеспечения стратегии «Пожар при сработке двух извещателей в одном шлейфе». Еще одним, более существенным, недостатком таких приборов является контроль состояния шлейфа по напряжению, что обеспечивается при большом суммарном сопротивлении (30–50 кОм) делителя напряжения на резисторах R2 и R3. Так как

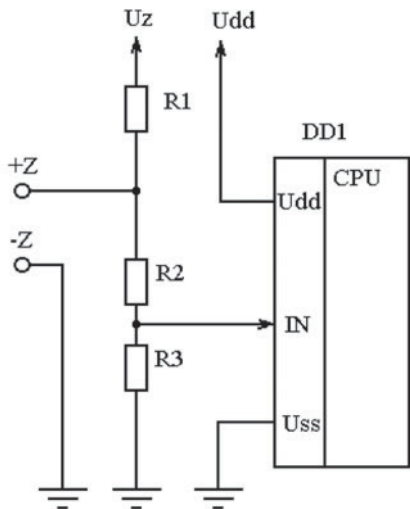


Рис. 1

напряжения помех, возникших в шлейфе, может быть во много раз больше 24 В, то на аналоговый вход микроконтроллера вместе с полезным сигналом будет подано напряжение помех, превосходящее уровень полезного сигнала.

Значения напряжений и токов для такого прибора приведено в таблице с учетом возможного сопротивления проводников шлейфа до 220 Ом.

Из таблицы 1 видно, что в режиме «Пожар 2» напряжение на шлейфе может быть недостаточным для удержания извещателей в сработавшем состоянии. Кроме того, незначительны сами приросты тока для получения режимов «Пожар 1» и «Пожар 2». Исправить недостатки такой организации шлейфа пожарной сигнализации некоторые производители ППКП, например, британского производства [4], пытаются уменьшением величины сопротивления R1 практически на порядок от значений сопротивления этого резистора в отечественных приборах. В результате ППКП значительно больше использует энергии в состоянии пожарной тревоги и необходимо на порядок сократить падение напряжения на проводниках шлейфа. Для таких приборов необходимо также применять извещатели, способные коммутировать ток до 100 мА. Но одного из главных недостатков такой схемы исправить не удается – невозможно существенно увеличить помехоустойчивость, не меняя сам принцип организации шлейфа пожарной сигнализации. Не способствует помехоустойчивости также и достаточно высокий импеданс делителя

Табл. 1

Режим	Ток в шлейфе, мА	Напряжение на шлейфе, В	Напряжение на входе микроконтроллера, В
Обрыв шлейфа	0 – 2	18 – 20	3,6 – 4
Дежурный режим	2,5 – 5,5	14,5 – 17,5	2,9 – 3,5
Режим Пожар 1	8,5 – 12	8 – 11,5	1,6 – 2,3
Режим Пожар 2	12 – 15,5	4,5 – 8	0,9 – 1,6
Короткое замыкание	16 – 20	0 – 3,5	0 – 0,7

напряжения на резисторах R2 и R3. Именно на недостаток таких ППКП указывает И.Г. Неплохов в своей статье [2].

Более совершенная схема приведена на рисунке 2. В этом техническом решении вместо резистора между цепями Uz и +Z используется управляемый стабилизатор тока E1, отключение которого осуществляется микроконтроллером DD1 через транзисторный ключ E2. На аналоговый вход микроконтроллера DD1 напряжение подается с резистора R1 (рис. 2), который включен между общей шиной и выводом «-Z» шлейфа пожарной сигнализации. Такое согласование сигналов, возникающих в шлейфе пожарной сигнализации, с микроконтроллером DD1 может показаться оптимальным по количеству примененных элементов, но нельзя его назвать оптимальным по помехоустойчивости.

За счет применения управляемого стабилизатора тока E1 в такой схеме появляется возможность ограничения тока короткого замыкания в шлейфе на уровне 20-30 мА, а также проведения автоматической или полуавтоматической верификации. Но для обеспечения согласования сигналов между током в шлейфе и напряжением, которое подается на аналоговый вход микроконтроллера DD1, сопротивление резистора R1 должно быть 200-300 Ом. Поэтому синфазно составляющая напряжения помех будет достигать на этом резисторе значительных величин.

Таким образом, недостатком такого ППКП является низкая помехоустойчивость, которая обусловлена тем, что он содержит резистор R1 для контроля тока в шлейфах соответствующих зон, падение напряжения на котором уменьшает стабильность напряжения между выводами «+ Z» и «-Z» для подключения зон, от которых питаются извещатели. Кроме того, на этом резисторе воспроизводится ЭДС синфазных электрических помех относительно общей шины ППКП, которую обычно заземляют.

Применение в ППКП шлейфов со знакопеременным формированием напряжения не улучшает помехоустойчивость систем пожарной сигнализации [5]. Анализ технических решений, примененных в таких ППКП, можно провести на основе блок-схемы, которая представлена на рисунке 3.

Существенными отличиями такого технического решения от предыдущих схем

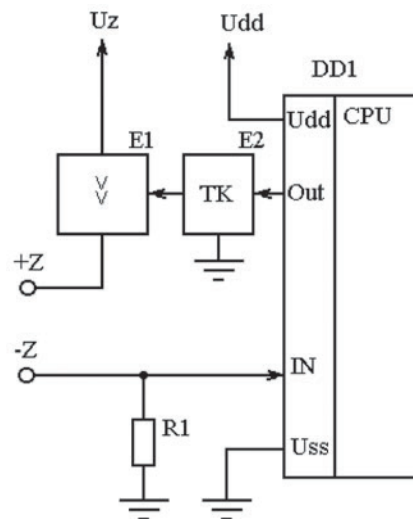
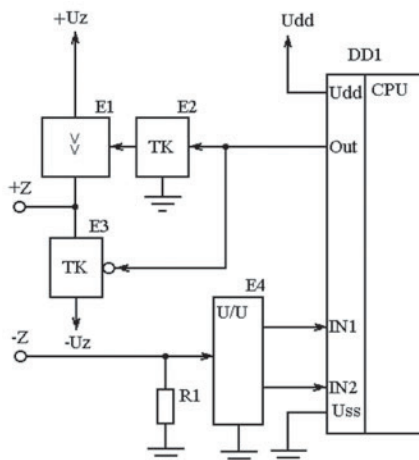


Рис. 2

является применение в шлейфе пожарной сигнализации импульсов отрицательной полярности. Создаются они от дополнительного источника питания отрицательного напряжения -Uz дополнительным транзисторным ключом E3, управление которым осуществляется от того же вывода микроконтроллера DD1, что и управление первым транзисторным ключом E2. Контроль тока в шлейфе осуществляется на резисторе R1 аналогично предыдущей схеме, приведенной на рисунке 2. Преобразователь напряжения E4 обеспечивает согласование отрицательных напряжений, которые появляются на резисторе R1 с диапазоном возможных напряжений на аналоговых входах микроконтроллера DD1.

За счет пятикратного превышения величины + Uz = 24 В над напряжением на резисторе R1 (максимальное значение = 4,75 В) обеспечивается достаточное напряжение между выводами «+ Z» и «-Z» для питания извещателей. Однако и у этой схемы согласования величина сопротивления резистора R1 остается достаточно большой, что способствует выделению на нем синфазной составляющей напряжения помех. Отсутствие сопротивления нагрузки в конце шлейфа несколько уменьшает общий ток потребления такого ППКП,

Рис. 3



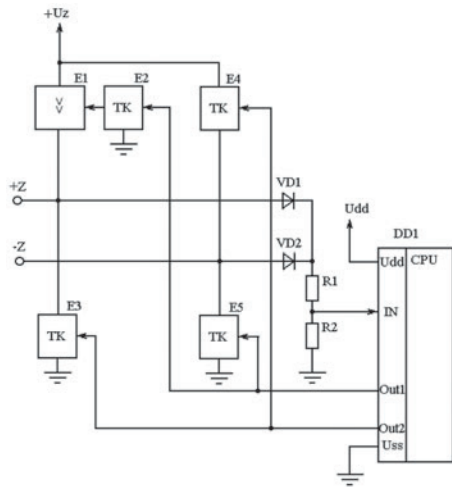


Рис. 4

но создает дополнительные условия для ложных срабатываний извещателей, особенно в конце шлейфов, за счет индуктивности проводников. В постоянно-токовых шлейфах ток через оконечный резистор снижает добротность индуктивностей этих проводников, что в свою очередь уменьшает вероятность ложных срабатываний извещателей. Кроме восприимчивости к внешним помехам, сам шлейф становится источником электромагнитных помех. Это обусловлено тем, что в знакопеременном шлейфе пожарной сигнализации на основе ППКП, блок-схема которого соответствует *рисунку 3*, изменение полярности напряжения происходит очень быстро, поэтому фронты электрических импульсов в шлейфе создают на местах подключения извещателей электромагнитные импульсы, которые осложняют работу пожарных извещателей, особенно дымовых. Необходимо отметить также то, что длительность импульсов отрицательной полярности практически во всех ППКП со знакопеременным напряжением не превышает 20 мс, поэтому можно с уверенностью утверждать, что в таких приборах не применяется метод интегрирования сигналов на протяжении времени, кратного 20 мс.

Другие технические решения, применяемые в ППКП со знакопеременным напряжением (*рис. 4*), обеспечивают коммутацию шлейфа мостовым переключателем, который питается от одного источника питания +Uz и управляется двумя выходами Out1 и Out2 микроконтроллера DD1. Благодаря тому, что в мостовом переключателе транзисторные ключи E2 и E5, а также E3 и E4 переключаются попарно с соответствующей задержкой одной пары относительно другой, отсутствуют сквозные токи через стабилизатор тока E1 и транзисторный ключ E3, а также через транзисторные ключи E4 и E5. В то же время плавные фронты переключения полярности напряжения делают невозможными ложные срабатывания извещателей, обусловленные импульсным питанием такого шлейфа.

Но у этой схемы остаются принци-

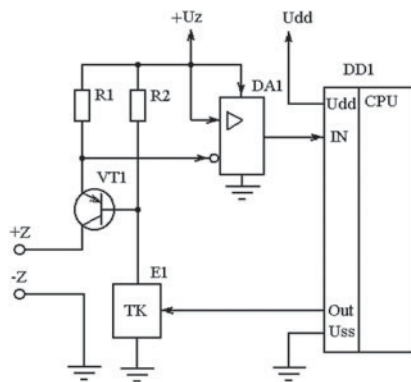


Рис. 5

альные недостатки, такие как высокий импеданс и индуктивность шлейфа, а также контроль состояния по падению напряжения на шлейфе с помощью высокоомного делителя напряжения на резисторах R1 и R2.

В приборах со знакопеременным напряжением шлейфов пожарной сигнализации существуют, кроме того, другие проблемы, которые осложняют обработку информации о состоянии шлейфа с активными пожарными извещателями. Разработчикам таких приборов следует принимать во внимание то, что активные пожарные извещатели нельзя отождествлять с пассивными контактными извещателями. Особенности активных извещателей контрастно проявляются, когда к шлейфу со знакопеременным напряжением подключено несколько десятков таких извещателей. Недопустимо оценивать состояние таких шлейфов через несколько микросекунд после перепада знака напряжения, питающего шлейф.

Существует также целый класс приборов, к которым возможно подключить только четырехпроводные пожарные извещатели. Например, когда напряжение в шлейфе такого прибора в дежурном режиме работы не превышает 5–8 В, что недостаточно для нормальной работы многих пожарных извещателей. Для согласования двухпроводных извещателей с такими приборами применяются модули согласования шлейфов серии МУШ [6]. Практическая проверка этих преобразований многими инсталляторами подтвердила действенность предоставленных технических решений.

Для обеспечения построения действительно защищенного шлейфа пожарной сигнализации, который способен уменьшить уровень помех, по крайней мере, на 70 дБ [7], необходимо применять принципиально иные схемы построения ППКП. Именно такие схемы были применены в приборах, построенных на основе инновационных решений, предложенных коллективом инженеров-изобретателей [8, 9].

На *рисунке 5* представлена блок-схема первого прибора, реализованного ука-

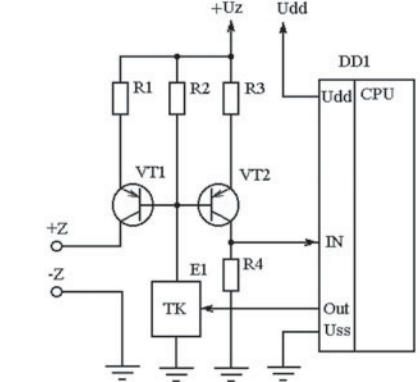


Рис. 6

занными соавторами. Особенностями этого решения является то, что вывод «-Z» заземлен, а транзистор VT1 выполняет роль коммутатора и ограничителя тока. Управление этим транзистором осуществляется от микроконтроллера DD1 через транзисторный ключ E1. Контроль тока в шлейфе осуществляется по падению напряжения на резисторе R1. Сопротивление этого резистора небольшое – порядка 100 Ом, а необходимый коэффициент усиления обеспечивается с помощью дифференциального усилителя DA1.

Применив эту схему, можно контролировать ток в шлейфе пожарной сигнализации при незначительном падении напряжения на измерительном резисторе R1. Синфазной составляющей напряжения помех практически нет, потому что вывод «-Z» заземлен. При стабилизированном напряжении +Uz напряжение на выходе дифференциального усилителя будет пропорционально току, протекающему в цепи шлейфа. Существенное ограничение напряжения на шлейфе заметно при токах более 20 мА. А ток в шлейфе, который прибором оценивается как обрыв, не превышает 3 мА. Поэтому ток через оконечный резистор должен превышать эту величину и составлять, к примеру, 3,5 мА. Для обеспечения стратегии «Пожар по двум активным извещателям» дополнительный резистор к активному извещателю с внутренним сопротивлением 0,5 кОм должен обеспечивать прирост тока от сработки первого извещателя не менее 4 мА, а при сработке двух извещателей ток в цепи ШПС не должен превышать 24 мА. Выбрав это значение равным 6 мА, получаем расчетную величину резистора Rогр, которая зависит от выбранного напряжения холостого хода в шлейфе 15 или 24 В, допустимого сопротивления проводников шлейфа и практически не зависит от сопротивления оконечного резистора, если ток в его цепи находится в допустимых пределах: от 3 до 20 мА. Ведь величину тока в дежурном режиме работы можно сохранить в энергонезависимой памяти микроконтроллера. При выбранном токе через око-

нечный резистор 3,5 мА напряжение на нем мало поменяется после сработки одного из извещателей, даже если он будет самым последним в шлейфе.

К недостаткам такого решения можно отнести сложную схему согласования сигналов на дифференциальном усилителе DA1, но в многошлейфном приборе можно применять только один усилитель, последовательно контролируя напряжение на резисторе R1 каждого шлейфа мультиплексором. Исправить этот недостаток может техническое решение по второму патенту, которое представлено на *рисунке 6*.

Согласование сигналов между напряжением на входе микроконтроллера DD1 и током в шлейфе выполнено на основе транзисторного токового зеркала с необходимым коэффициентом преобразования. Транзисторный ключ E1 согласовывает уровни сигнала для управления состоянием транзисторов VT1 и VT2 от микроконтроллера DD1. Так как падение напряжения на резисторе R2 является базовым для двух транзисторов, то сопротивление резистора R1 будет задавать ток короткого замыкания в шлейфе, а коллекторный ток второго транзистора VT2 может быть на порядок меньше коллекторного тока первого транзистора VT1.

Особенностью такого технического ре-

шения также является то, что режимы работы практически не зависят от выбора напряжения на шлейфе, будь то 15 или 24 В.

Каждый ППКП имеет свои преимущества и недостатки. Представленные два патента, естественно, не решают всех проблем, связанных с надежной работой систем пожарной сигнализации. Но для устранения недостатков просто необходимы неординарные технические решения, иными словами – изобретения, которые должны стать основой инновационной модели решения проблем. В настоящее время чрезвычайно актуально четкое взаимодействие организаций-разработчиков ППКП и организаций-разработчиков пожарных извещателей. Правильный подход к вопросам понимания особенностей каждого компонента системы, при надлежащем согласовании ППКП и извещателей, позволяет получать системы пожарной сигнализации высокой надежности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Носовицкий М. Системы тревожной сигнализации // «Бизнес и безопасность», № 2, 2006, с. 36.
2. Неплохов И. Классификация неадресуемых шлейфов, или Почему за рубежом НЕТ двухпороговых приборов // «Алгоритм безопасности»,

№ 3, 2008, с. 7.

3. Пинаев А., Никольский М. Оценка качества и надежности неадресных приборов пожарной сигнализации // «Алгоритм безопасности», № 6, 2007, с. 22.
4. TOTAL FIRE DETECTION AND EMERGENCY SOLUTIONS [www.zeta-alarms.co.uk](http://www.zeta-alarms.co.uk)
5. Баканов В. Пожарная сигнализация: оптимистический взгляд на проблемы // «Пожарная безопасность», № 11, 2009, с. 24.
6. Баканов В. Пути решения проблем в шлейфах пожарной сигнализации // «F + S: технологии безопасности и противопожарной защиты», № 4, 2009, с. 54.
7. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. – М: Мир, 1979. – С. 56.
8. Баканов В.В., Мисевич И.З., Семенюк О.Д. Патент Украины на полезную модель № 46864 «Прибор приемно-контрольный пожарный». Бюл. № 1, 11.01.2010.
9. Баканов В.В., Мисевич И.З., Семенюк О.Д. Патент Украины на полезную модель № 46819 «Прибор приемно-контрольный пожарный». Бюл. № 1, 11.01.2010.