

УДК 621.3.087, 654.91

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УЗЛОВ ЦИФРО-АНАЛОГОВОЙ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ППКП

Субботин О.В., Винник А.В.

## PECULIARITIES OF IMPLEMENTATION OF NODES OF DIGITAL ANALOGUE EQUIPMENT FOR CONTROL AND PROCESSING OF SIGNALS ON THE EXAMPLE OF FCP

Subotin O., Vinnik O.

*В статье представлены схемотехнические решения отдельных узлов цифро-аналоговой аппаратуры управления и обработки сигналов датчиков на примере прибора приёмно-контрольного пожарного (ППКП) в контексте реализации экономически выгодной и надёжной конструкции с точки зрения совместного использования возможностей простого микроконтроллера и отечественной элементной базы.*

*Предложенные идеи схемотехнических и программных решений могут быть успешно применены в различной аппаратуре опроса датчиков, различных устройствах автоматического управления, в специальных промышленных контроллерах, а также в цифровом и аналоговом электроприводе.*

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, охранная система, прибор приёмно-контрольный пожарный, извещатель, электрическая схема, программа, контроллер.

**Введение.** Для обеспечения пожарной безопасности объектов народного хозяйства здания, сооружения, производственные и вспомогательные помещения, транспорт оснащаются установками охранной и пожарной сигнализации [1], работающими в режимах охранной, пожарной, аварийно-предупредительной и тревожной сигнализации. При этом здания, сооружения и помещения (в том числе, депо, гаражи, ангары), а также технологические установки и транспортные средства (прежде всего, с обращением взрывопожароопасных, аварийных химически-опасных и отравляющих веществ и материалов) при применении автоматической охранно-пожарной сигнализации оборудуются различными датчиками, например, дымовыми, дымовыми ионизационными и тепловыми пожарными извещателями, а также пожарными ручными извещателями [2,3].

**Постановка проблемы.** Угрозу возникновения пожара может нести устройство, сооружение, природа и непосредственно сам человек. Ее не удастся

предугадать, но ее можно предупредить с помощью системы пожарной сигнализации. Однако, даже хорошо спроектированная сигнализация может давать ложные срабатывания или ложные несрабатывания [4]. Такие события могут быть последствием неправильного монтажа и настройки ее составных частей.

**Анализ основных исследований и публикаций.** Основным законодательным документом, регламентирующим требования пожарной безопасности, является Закон Украины "О пожарной безопасности", принятый 17 декабря 1993 [5]. Настоящий Закон определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности на территории Украины, регулирует отношения государственных органов, юридических и физических лиц в этой области независимо от вида их деятельности и форм собственности.

В частности, для предприятий и организаций автомобильного транспорта Украины разработаны и утверждены «Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций автомобильного транспорта Украины», утвержденные приказом Министерства транспорта Украины от 21.01.2015 №11, зарегистрированные в Министерстве юстиции Украины 12.03.2015 за №279/26724 и внесенный в Реестр НАПБ В.01.054-2015/510 [6].

Приемно-контрольные приборы или пульта охранно-пожарной сигнализации и управления, к которым подключены пожарные извещатели (формирующие сигнал «ПОЖАР» в системах пожарной сигнализации и установках автоматического пожаротушения) и датчики несанкционированного проникновения на объект, работают автономно, а также обеспечивают передачу сигналов (о пожаре или несанкционированном проникновении людей на объект) по радиотелекоммуникационной системе, например, на центральный узел связи «101», на автоматизированное рабочее место службы охраны и подобное [3,7].

**Цель статьи.** Целью работы является повышение надежности и экономической привлекательности прибора приёмно-контрольного пожарного путем совершенствования его электрической схемы управления и обработки сигналов датчиков и программного обеспечения.

**Основное содержание.** Автоматические противопожарные системы безопасности сегодня имеют высокую популярность. В любой организации обязательно установлена такая система. Основным устройством является блок ППКП – прибор приёмно-контрольный пожарный. Его задачей является сбор информации (опрос) датчиков температуры, например СПТМ-70, реагирующих на повышение температуры окружающей среды до 70<sup>0</sup>С или, СПД-2.1 – наиболее распространённых датчиков дыма с питанием 12В и релейным выходом [8].

На основании опроса датчиков и тестирования информационных линий связи с этими датчиками ППКП принимает решение об активации извещателя (оповещателя) светозвукового выносного ОСЗВ - сирены, устанавливаемой снаружи здания.

Нормы, которым должна соответствовать система противопожарной безопасности сведены в докомменте ДСТУ-EN 54-2 [9].

Основными проблемами, присущими всем существующим конструкциям являются трудности монтажа шлейфов и датчиков, замедляющие сроки сдачи объекта в эксплуатацию, низкая долговременная надёжность (обусловленная, например, применением электролитов в ответственных информационных цепях), неизменно ведущие к снижению прибыли фирм, занимающихся проектированием и монтажом систем. Желательным при производстве ППКП является применение схмотехнических решений блоков устройства, позволяющих применить более дешёвую и простую элементную базу с целью снижения себестоимости.

Конструкция прибора, являющаяся альтернативой существующим на рынке, представлена ниже. В результате применения некоторых технических решений, конструкция имеет ряд отличительных особенностей, как, например, применение в 6-ти шлейфном приборе контроллера с 18 выводами. Это необычно для прибора высокой информационной ёмкости и информативности.

Прибор соответствует требованиям технических условий и ДСТУ EN – 54.2 [9], которые вступили в силу с 2006 года.

Все существующие на рынке приборы имеют линию питания активных датчиков, как показано на рис. 1 [10].

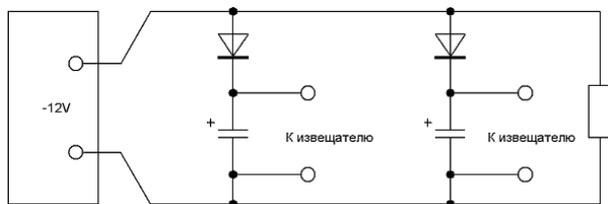


Рис. 1. Схема питания активных извещателей

Принцип работы такой схемы основан на следующем. Прибор ППКП для тестирования линии питания активных извещателей с определённой длительностью и периодом кратковременно изменяет полярность выходного питающего напряжения. Проходя по исправной линии питания через оконечное сопротивление обычно около 2 кОм, ток обратного направления создаёт на последнем падение напряжения. Обратное напряжение тестируется ППКП и принимается решение об исправности линии. Так как при коротком замыкании или обрыве линии в пути прохождения обратного тока оконечное сопротивление участвовать не будет, тестируемое напряжение будет отличаться от нормального. Следовательно, в линии присутствует аварийный режим.

Во время изменения полярности напряжения на линии питания, датчики, подключённые через диод, получают питание от параллельно подключённых ёмкостей.

Такое стандартное для многих ППКП решение имеет ряд недостатков.

1. Монтаж датчика сопровождается подключением 2-х внешних элементов, что усложняет работу монтажника, которому таких датчиков необходимо укрепить и подключить, порой на высоте до 5м в количестве более 100 на одном объекте.

2. При отсутствии напряжения питания от сети переменного тока, питание ППКП осуществляется от АКБ 12В. По мере разрядки важны каждые полвольта напряжения. А падение на кремниевых диодах составляет до 1В.

Логика позволяет использовать диоды Шотки или германиевые, но производитель, например, известная фирма “Датчик”, не регламентирует в паспорте по эксплуатации применение иных диодов, кроме кремниевых. И многие фирмы, занимающиеся монтажом систем, не возьмут на себя ответственность за нарушение требований паспорта по монтажу и подключению ППКП.

3. Многие типы датчиков не допускают изменения полярности напряжения питания. А при пробое диода такое возможно;

4. Конденсаторы со временем теряют свою ёмкость, что может повлечь за собой ложную сработку сигнализации.

5. При сработке датчика, ток, потребляемый им, увеличивается в полсотни раз. Ёмкость 50 мкФ уже неэффективна при этом и линия питания не опрашивается при тревоге на неисправность.

Однако, в распространённом приборе “Датчик - 2”, например, не нормируется соответствие одной линии питания одному информационному шлейфу (зоне).

Следовательно, питание датчиков не может автоматически отключаться при принятии сигнала от какого либо датчика. А это налагает ограничение на количество датчиков, подключаемых к ППКП цифрой 4. Это недостаточно даже для небольших объёмов.

ектов. Значит, требуется отдельный источник питания датчиков.

Перечисленные проблемы имеют решение. На рис. 2 приведена альтернативная схема питания активных извещателей. На рис.3. показана схема ИПД - извещателя.

Прийти к такой схеме (рис. 2) позволила идея тестирования в области малых напряжений с применением резистивно-диодного делителя напряжения. На схеме рис. 3 – это цепи X1, Rk, X2, R1, VD1.

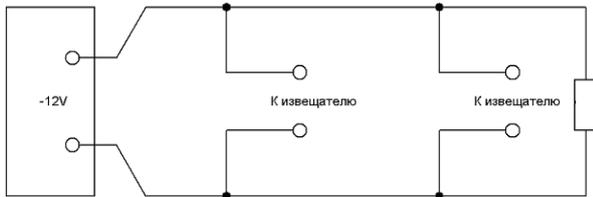


Рис. 2. Альтернативная схема питания активных извещателей

При коротком замыкании шлейфа питания перегорает вставка плавкая FU1 (современная элементная база позволяет использовать недорогие восстанавливающие предохранители). Напряжение на R1 снизится до 0, что оценит контроллер. При обрыве произойдет то же самое. Нормы ДСТУ EN 54.2 позволяют и обрыв линии, и короткое замыкание идентифицировать как неисправность линии без уточнения конкретной причины.

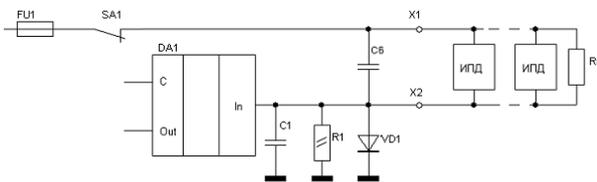


Рис. 3. Линия питания активных датчиков. Схема функциональная электрическая

В дежурном режиме, в зависимости от количества датчиков на шлейфе напряжение составляет от 0,25В до 0,67В. Диод, включенный параллельно R1 служит для того, чтобы при коротком замыкании шлейфа ток составил значение, определяемое практически только резистором R1 из делителя R1Rk. Кроме того, учитывается и нормируется максимальное сопротивление проводов линии питания.

Одна линия питания логически сопоставлена с одним информационным шлейфом, что позволяет отключить питание автоматически при сработке хотя бы одного датчика. Тем самым количество датчиков на один шлейф питания составляет не более 32, регламентируемых нормами ДСТУ EN 54.2 п. 5.3.1. Это значительно удобнее, чем 4 датчика максимум, регламентируемые прочими производителями ППКП [10].

Линии устройств оповещения о тревоге. Тестирование линии требует применения конечного элемента нагрузки. Но ток при сработке сирены столь

значителен, что пойти по пути, представленному выше, не представляется возможным.

Основное инновационное решение - в качестве конечного элемента использовать исполнительный элемент порогового типа срабатывания – электромагнитное реле. В дежурном режиме на его обмотку подается напряжение до 5В, что недостаточно для сработки, но достаточно для тестирования линии – ведь обмотка реле обладает сопротивлением. А сопротивление обмотки реле одновременно является конечным резистором, позволяющим оценить целостность линии по факту прохождения через эту обмотку тока и соответственно, вполне определённого, падения напряжения в дежурном режиме.

Информационные шлейфы. Опрос информационных шлейфов осуществляется на принципе баланса плеч резистивного делителя напряжения. Сопротивления подобраны так, что обеспечивается надёжная работа при колебании сопротивления проводов шлейфа от 0 до 100 Ом, которое тоже входит в состав шлейфа [10].

Обычно для детектирования сработки датчика применяются кремниевые диоды, короткозамкнутые в нормальном состоянии контактами датчиков. Но это неудобно. Дело в том, что диоды необходимо включать в определенной полярности и монтажнику легко ошибиться. При данной ошибке возникает необходимость проверять все датчики, а они могут находиться, например, на высоте потолка здания цеха. Это приводит к увеличению стоимости монтажа системы примерно на 30%.

Применение сопротивлений значительно ускоряет процесс монтажа, повышает надёжность и, как следствие, даёт экономический эффект.

При этом сопротивления выбраны так, что и обеспечивают работу при изменении распределённого по длине линии сопротивления до 100 Ом и не слишком малый ток шлейфа в дежурном режиме, что способствует помехозащите.

Опрос шлейфов и индикация. Поиск идеи опроса шлейфов осуществлялся в свете решения основной проблемы: не выделять для каждого шлейфа отдельную линию ввода-вывода контроллера, как это сделано в аналогичных конструкциях [10].

Идея заключается в опросе и индикации в динамическом режиме. Это позволяет за счёт усложнения логики работы контроллера упростить аппаратную реализацию.

Каждая из подпрограмм PRG\_OLL\_1... PRG\_OLL\_10 производит компарирование напряжения при помощи подпрограммы PRG\_COMPARING, работающей с модулем настраиваемого опорного напряжения контроллера PIC16F628A. Результаты обрабатываются логическими функциями, и помещаются в регистры R\_FIER\_1... R\_FIER\_10; R\_OFF\_1... R\_OFF\_10; R\_BAD\_LINE\_1... R\_BAD\_LINE\_10 соответственно. В конце каждой подпрограммы PRG\_OLL\_1... PRG\_OLL\_10 происходит запись результатов в вышеозначенные регистры, подача импульса переключе-

чения счётчика для опроса последующего шлейфа, сброс сторожевого таймера WDT. Все шлейфы, линии питания и выходы опрашиваются независимо и одинаково, то есть в ситуации, если счётчик по какой либо причине не отработает переключение, это не отразится на работе ППКП.

Подпрограммы PRG\_AB, PRG\_ERR\_POWER, PRG\_COUNT\_ZUMMER служат соответственно для опроса аккумулятора на разряд, проверки информации об общей неисправности модуля питания ППКП, выполнения циклического счёта флагов инициации включения встроенного зуммера для корректного управления последним.

Возможность применения простого контроллера PIC16F628A, обеспечена алгоритмом обработки и индикации. Ёмкости памяти программ контроллера и тактовой частоты оказалось достаточно для реализации алгоритма.

Техническое обеспечение идеи тестирования линий питания и выходных линий оповещения в области низких напряжений от 0,15В до 0,8В обеспечено применением микросхемы КМОП двунаправленных ключей, позволяющих без искажения передавать со входа на выход напряжения в этом диапазоне.

Применение германиевых транзисторов не представилось возможным по причине отсутствия элементной базы на напряжения коллектор-эмиттер хотя бы более 16В.

Применение кремниевых транзисторных ключей, обусловлено дешевизной транзисторов КТ315. Как показала практика, даже при микротоках падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер этих транзисторов далеко от нуля, что соответствует технической документации [11].

Цифровая фильтрация помех. Наводки электромагнитного происхождения в диапазоне частот от 100 кГц до 10ГГц напряженностью поля 10В/м в соответствии с ДСТУ EN 54-2 не должны влиять на работу прибора. Защита от наводок может быть выполнена в соответствии при помощи алгоритма цифровой фильтрации. В основу положен принцип: если за 1000 циклов проверки произошла хотя-бы одна ошибка, необходимо инициировать повторный цикл проверок из 1000 циклов. При пересчёте и на практике выяснилось, что тактовое время контроллера вполне достаточно для обеспечения требований ДСТУ EN 54-2 о максимальном времени принятия решения о тревоге – 2с.

Итак, идеи усовершенствования применительно к ППКП касаются метода съёма информации с информационных шлейфов (применение сопротивлений вместо диодов), - с линий оповещения (применение двух отдельных линий с тестированием посредством вынесения в качестве оконечного элемента исполнительного реле), - с линий питания активных датчиков (отсутствие изменения полярности питания, как следствие, отсутствие конденсаторов); динамический метод опроса шлейфов и вывода информации о работе ППКП на панель индикации,

вследствие чего усложнилась программа контроллера, позволяет снизить требуемое количество линий ввода/вывода, удешевить конструкцию. Кроме этого, в устройстве выполнена цифровая фильтрация помех от наводок на шлейфы.

**Выводы.** Прибор был разработан мелкой партией для сертификационных испытаний, экономически выгоден вследствие низкой себестоимости, что обеспечено применением такой элементной базы, которая бы надёжно и достаточно производительной работала, но не удорожала конструкцию неоправданно, например, ввиду следования современным радиотехническим традициям – применению новой дорогой элементной базы. Однако, контроллер, применённый в устройстве, запрограммирован из принципа явного усложнения программы ради упрощения и удешевления аппаратной реализации.

Вышеозначенные идеи схемотехнических и программных решений могут быть успешно применены в различной аппаратуре опроса датчиков, различных устройствах автоматического управления, в специальных промышленных контроллерах, цифровом и аналоговом электроприводе.

#### Л и т е р а т у р а

1. Жидецкий В.И. Основы охраны труда / В.Ц. Жидецкий – Л.: Афиша, 2005. - 349 с.
2. Жилин О.И. Пожарная безопасность / О.И. Жилин // Автоматические установки пожарной сигнализации. - № 6 (118). 2007, с.29-37.
3. Козубовский В.Р. Сравнительный анализ датчиков газовых извещателей для раннего обнаружения пожара / В.Р. Козубовский, И.З. Мисевич, М.М. Иванчук // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA. - ВіTP Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 107–122 (DOI:10.12845/bitp.40.4.2015.8)
4. Гон Хасон. Современные меры по минимизации ложных срабатываний оборудования автоматической пожарной сигнализации в Корею // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). - Т.6. № 2. 2015, с. 60–63.
5. Закон Украины "О пожарной безопасности" от 17.12.93 №3747-ХП.
6. НАПБ В.01.054-2015/510 " Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України".
7. Borysewicz J. Wymagania, metody badań i kryteria oceny właściwości sygnalizatorów optycznych (VAD) / Jarosław Borysewicz, Paweł Stępień, Łukasz Chołuj // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA. - ВіTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 159–164 (DOI:10.12845/bitp.44.4.2016.13).
8. Лущик А.П. Повышение эффективности работы современных точечных оптических дымовых извещателей / А.П. Лущик, Д.Л. Есипович, И.В. Кавальчук // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA. - ВіTP Vol. 36 Issue 4, 2014, pp. 125-130 (DOI:10.12845/bitp.36.4.2014.13).
9. ДСТУ EN 54-2:2003 (EN 54-2:1997, IDT) Системи пожежної сигналізації. Частина 2. Прилади приймально-контрольні пожежні.
10. Степанов К.Н. Пожарная техника. Справочник / К.Н. Степанов, Я.С. Повзик, И.В. Рыбкин. - М.: ЗАО "Спецтехника", 2003. - 400 с.
11. Терещук Р.М., Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приёмно-усилительные

устройства. Справочник радиолюбителя / Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. – Киев: Наук. думка, 4-е изд., стер., 1989. – 800 с.

#### References

- Zhidets'kiy V.I. Osnovy okhrany truda / V.TS. Zhidets'kiy – L.: Afisha, 2005. - 349 s.
- Zhilin O.I. Pozharnaya bezopasnost' / O.I. Zhilin // Avtomaticheskkiye ustanovki pozharnoy signalizatsii. - № 6 (118). 2007, с.29-37.
- Kozubovskiy V.R. Sravnitel'nyy analiz datchikov gazovykh izveshchateley dlya rannego obnaruzheniya pozhara / V.R. Kozubovskiy, I.Z. Misevich, M.M. Ivan-chuk // *TECHNIKA I TECHNOLOGIA*. - BiTP Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 107–122 (DOI:10.12845/bitp.40.4.2015.8)
- Gon Khason. Sovremennyye mery po minimizatsii lozhnykh srbatyvaniy oborudovaniya avtomaticheskoy pozharnoy signalizatsii v Koreye // *MIR (Mo-dermizatsiya. Innovatsii. Razvitiye)*. - T.6. № 2. 2015, s. 60–63.
- Zakon Ukrainy "O pozharnoy bezopasnosti" ot 17.12.93 №3747-KHP.
- NAPB V.01.054-2015/510 " Pravila pozhehznoї bezpeki dlya pidpriemstv i organizatsiy avtomobil'nogo transportu Ukraini".
- Borysewicz J. Wymagania, metody badań i kryteria oceny własciwości sygnalizatorow optycznych (VAD) / Jarosław Borysewicz, Paweł Stepień, Łukasz Chołuj // *TECHNIKA I TECHNOLOGIA*. - BiTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 159–164 (DOI:10.12845/bitp.44.4.2016.13).
- Lushchik A.P. Povysheniye effektivnosti raboty sovremennykh tochechnykh opticheskikh dymovykh izveshcha-teley / A.P. Lushchik, D.L. Yesipovich, I.V. Kaval'chuk // *TECHNIKA I TECHNOLOGIA*. - BiTP Vol. 36 Issue 4, 2014, pp. 125-130 (DOI:10.12845/bitp.36.4.2014.13).
- DSTU EN 54-2:2003 (EN 54-2:1997,IDT) Sistemi pozhehznoї signalizatsii. Chastina 2. Priladi priymal'no-kontrol'ni pozhehzni.
- Stepanov K.N. Pozharnaya tekhnika. Spravochnik / K.N. Stepanov, YA.S. Povzik, I.V. Rybkin. - M.: ZAO "Spetsstekhnika", 2003. - 400 s.
- Tereshchuk R.M., Tereshchuk K.M., Sedov S.A. Poluprovodnikovyye priyomno-usilitel'nyye ustroystva. Spravochnik radiolyubitelya / R.M. Tereshchuk, K.M. Tereshchuk, S.A. Sedov. – Kiyev: Nauk. dumka, 4-ye izd., ster., 1989. – 800 s.

**Суботін О.В., Винник О.В. Особливості реалізації вузлів цифро-аналогової апаратури управління та обробки сигналів на прикладі ППКП.**

*У статті представлені схемотехнічні рішення окремих вузлів цифро-аналогової апаратури управління і обробки сигналів датчиків на прикладі приладу приймально-контрольного пожежного (ППКП) в контексті реалізації економічно вигідної і надійної конструкції з точки зору спільного використання можливостей простого мікроконтролера і вітчизняної елементної бази.*

*Запропоновані ідеї схемотехнічних і програмних рішень можуть бути успішно застосовані в різній апаратурі опитування датчиків, різних пристроях автоматичного управління, в спеціальних промислових контролерах, а також в цифровому і аналоговому електроприводі.*

**Ключові слова:** пожежна безпека, охоронна система, прилад приймально-контрольний пожежний, сповіщувач, електрична схема, програма, контролер.

**Subotin O., Vinnik O. Peculiarities of implementation of nodes of digital analogue equipment for control and processing of signals on the example of FCP.**

*The circuit-engineering solutions of separate units of digital-analog equipment for control and signal processing of sensors are presented on the example of the fire control panel in the context of implementing an economically viable and reliable design in terms of sharing the capabilities of a simple microcontroller and domestic element base.*

*The proposed ideas of circuit and software solutions can be successfully applied in various sensors interrogation equipment, various automatic control devices, in special industrial controllers, as well as in digital and analog electric drives.*

**Keywords:** fire safety, security system, fire alarm control device, detector, electric circuit, program, controller.

**Суботін Олег Володимирович** – к.т.н., доц. кафедри «Автоматизація виробничих процесів» Донбаської державної машинобудівної академії, м. Краматорськ, e-mail: [o.v.subotin@ukr.net](mailto:o.v.subotin@ukr.net)

**Винник Олексій Вікторович** – інж., голова Асоціації таксистів, перевізників та автолюбителів, м. Краматорськ, e-mail: [atpa@i.ua](mailto:atpa@i.ua)

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецька-Білецька Н.Б.**

Стаття подана 22.03.2018