

ПРОБЛЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ДРЕЙФА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИЗВЕЩАТЕЛЯ В ЕВРОПЕЙСКОМ СТАНДАРТЕ EN 54-7

Problems of detector's sensitivity drift compensation in the European standard EN 54-7

Камера дымового сенсора. В статье приведен пример построения камеры дымового сенсора дымового оптического пожарного извещателя. Изложены основные принципы построения дымовых пожарных извещателей. Приведена зависимость сигнала фотоприемника от удельной оптической плотности воздуха. Поставлены вопросы: Что такое "чувствительность дымового оптико-электронного извещателя"? Что такое "дрейф чувствительности" и как он связан с "запыленностью"? Что такое "компенсация дрейфа" и "предельная компенсация дрейфа"?

Чувствительность и дрейф чувствительности. Отсутствие определений в EN 54-1 и в EN 54-7. Корреляция между чувствительностью в дымовом канале и чувствительностью в комнате тестовых пожаров. Регулярное, случайное и периодическое изменение чувствительности во времени. Влияние запыленности камеры дымового сенсора на чувствительность. Методы компенсации дрейфа чувствительности.

Компенсация дрейфа и границы компенсации. Улучшение качества дымоизвещателя пожарной невозможно без дрейфа компенсации его чувствительности. При отсутствии правил EN 54-1 и EN 54-7 необходимые определения, технические требования и методы контроля создает проблемы для этого метода улучшения качества пожарных извещателей. Компенсация дрейфа чувствительности программным путем. Блок-схема микроконтроллерного извещателя. Стабилизация чувствительности и формирование сигналов неисправности. Компенсация дрейфа в условиях задымления от медленно развивающегося очага пожара. Требования к методам контроля процесса компенсации дрейфа. Сигнализация необходимости проведения технического обслуживания.

Индикация неисправности извещателя. Количество и цвет индикаторов на извещателе с компенсацией дрейфа. Многорежимный извещатель. Приоритет сигнала "Пожар" в шлейфе пожарной сигнализации перед сигналом "Неисправность".

Ключевые слова (эффект Тиндаля, удельная оптическая плотность, компенсация дрейфа, тестовые пожары, стандарт EN 54-7)

Smoke sensor chamber. An example of how to construct a smoke chamber sensor of smoke optical detector is presented in the article. The basics of smoke detector's construction are set forth. Dependency of photodetector's signal upon specific optical air density is given here. The following questions have been put: What is "sensitivity of smoke photoelectric detector"? What is "sensitivity drift" and how is it related to "dust level"? What is "drift compensation" and "maximum drift compensation"?

Sensitivity and sensitivity drift. The absence of definitions in EN 54-1 and EN 54-7. Correlation between sensitivity in smoke channel and sensitivity in fire test room. Regular, occasional and periodical time variation of sensitivity. Influence of smoke sensor chamber dust level on sensitivity. Methods of sensitivity drift compensation.

Drift compensation and compensation limits. Sensitivity drift compensation by software. Block-diagram of microcontroller detector. Sensitivity stabilization and generation of fault signals. Drift compensation in smoky environment from slow smouldering fire. Requirements to methods of drift compensation monitoring. Signaling of maintenance required.

Indication of detector's fault. Number and colour of indicators on the detector with drift compensation. Multi-state detector. Priority of "Fire" signal in fire alarm line over "Fault" signal.

Key words (Tyndall effect, specific optical density, drift compensation, test fires, standard EN 54-7)

Камера дымового сенсора

Точечный дымовой оптический пожарный извещатель в своей конструкции использует эффект Тиндаля: рассеивание света в мутных средах [1]. Для нормальной работы изделия необходимо опто-электронный сенсор изделия защищать от внешней засветки создаваемой естественными и искусственными источниками света. Известных конструкций дымового сенсора для пожарного извещателя великое множество. Пример одной из таких конструкций представлен на рис. 1.

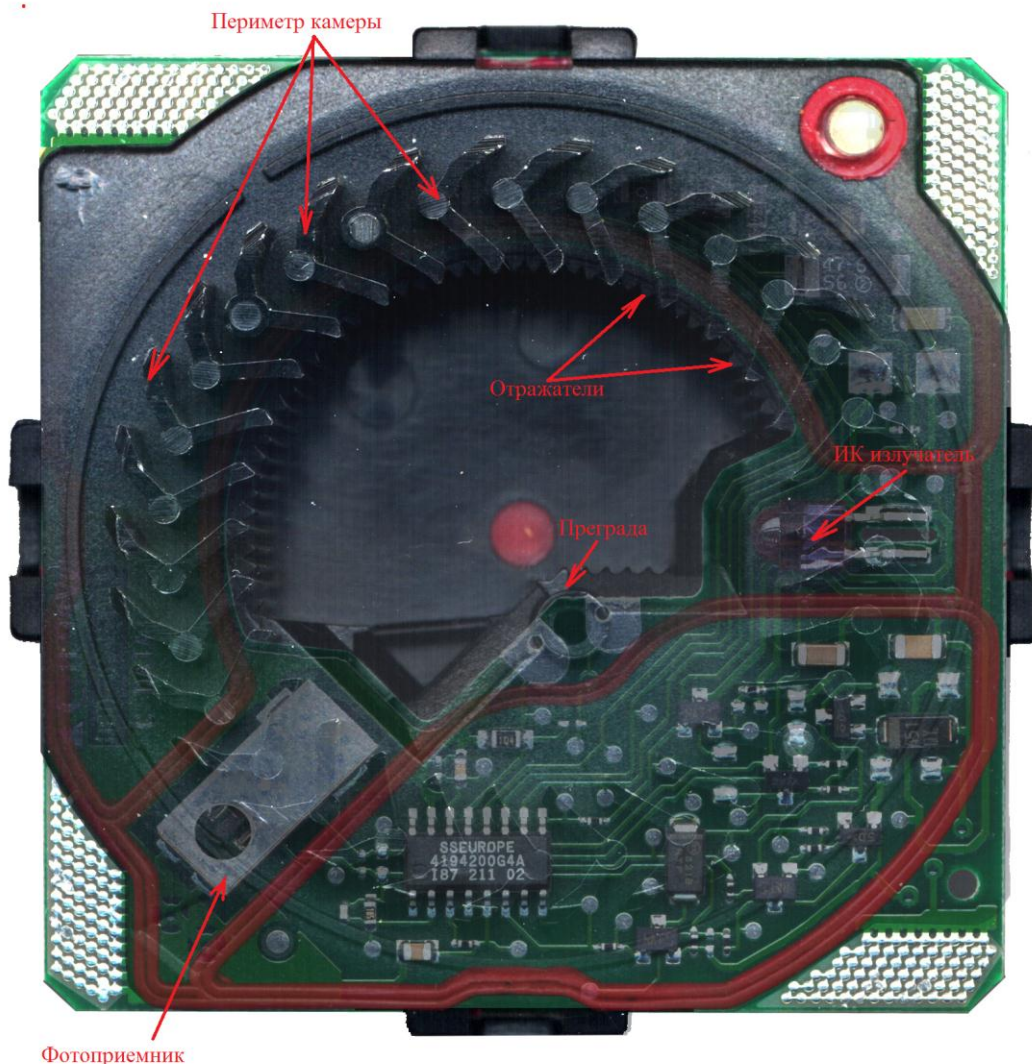


Рис. 1

Камера дымового сенсора обычно выполнена из пластмассы черного цвета, по периметру которого построен "забор" непрозрачный для света, но имеющий малое сопротивление для воздушного потока, позволяя проникать дыму внутрь камеры. ИК излучатель и фотоприемник расположены под углом к друг другу. Так как интенсивность рассеянного света наибольшая в направлении светового потока, то угол этот тупой: $120 - 135^\circ$. Для исключения прямой подсветки фотоприемника ИК излучением в камере дымового сенсора имеется преграда из того же черного

пластика. Внутри камеры дымового сенсора имеются также отражатели, рассеивающие ИК излучение так, что при чистом воздухе на фотоприемник попадала только незначительная часть этого рассеянного излучения. Факт наличия на выходе фотоприемника импульсов малой амплитуды, синхронных с импульсами ИК излучения, так называемого - фоновых сигнала, в интеллектуальных извещателях может служить подтверждением работоспособности камеры дымового сенсора (совместно с ИК излучателем и фотоприемником). Таким образом, при малых концентрациях продуктов горения в воздухе можно считать, что амплитуда импульсов на выходе фотоприемника связана с удельной оптической плотностью воздуха линейным законом:

$$U_a = Am + B, \quad (1)$$

где: U_a – амплитуда импульсов на выходе фотоприемника;

m – удельная оптическая плотность воздуха;

A – коэффициент пропорциональности;

B – постоянная составляющая.

Некоторые производители дымовых пожарных извещателей утверждают, что постоянная составляющая B в этом уравнении зависит не только от конструкции самой камеры дымового сенсора, но ее величина меняется во времени из-за запыленности внутренних стенок камеры дымового сенсора в процессе эксплуатации изделия.

Проблема компенсации запыленности дымовых извещателей не нова, поднималась она не раз российскими авторами [2, 3]. Немало копьев было поломано и на форуме сайта www.0-1.ru [4 – 6] при обсуждении этой проблемы. Ее корни скрываются более глубоко, чем это могут обычно увидеть программисты, пишущие только софт для микроконтроллерных устройств и не знающих физических принципов работы дымовых пожарных извещателей. Тема является актуальной и по тому, что в европейском стандарте EN 54-7 [7] отсутствуют методики измерения параметров дымовых пожарных извещателей, в которых по декларации производителя реализована функция компенсации дрейфа чувствительности. Нет в этом стандарте и описанной процедуры работы, так называемых, трехрежимных извещателей после достижения предельного значения компенсации дрейфа.

Проведенный по этому направлению анализ показал, что сама проблема компенсации дрейфа чувствительности дымового пожарного извещателя состоит из нескольких не менее важных и нерешенных нормативно вопросов, которые реально определяют современные требования к техническому уровню этого компонента систем пожарной сигнализации. Вот возможный перечень вопросов:

- что такое "чувствительность дымового оптико-электронного извещателя"?
- что такое "дрейф чувствительности" и как он связан с "запыленностью"?
- что такое "компенсация дрейфа" и "предельная компенсация дрейфа"?

Конечно, это не все вопросы по данной проблеме, которые можно было бы раскрыть в одной публикации.

Чувствительность дымового извещателя

В EN 54-7 нет определения понятию "чувствительность дымового оптико-электронного извещателя", нет такого определения и в EN 54-1 [8]. В тоже время в самом стандарте широко используется это понятие, например в пп. 4.8 и 5.18. Наверное можно отождествить чувствительность извещателя со значением порога его срабатывания (см. п. 3.1.1), ведь пункт стандарта 5.1.5, на который ссылается указанное определение, называется в европейском стандарте: "measurement of response threshold value" – "измерение значения порога срабатывания".

Однако в п. 5.18 чувствительность дымового пожарного извещателя уже рассматривается как некоторое обобщенное понятие, относящееся не только к хлопковому дыму и не в строго определенных п. 5.1.5 условиях ее измерения.

Интуитивно очевидно, что между чувствительностью извещателя к хлопковому дыму в дымовом канале и чувствительностью к тестовым пожарам существует определенная корреляция. Но какова она? Ведь какой смысл говорить про компенсацию запыленности для дымового извещателя с чувствительностью 0,19 дБ/м в дымовом канале, если такое изделие вообще не проходит испытания по тестовому пожару, например, TF 5? Опубликованных исследований в этом направлении практически нет, а известные публикации лишь частично раскрывают проблему [9 - 11]. Так как понятия "дрейф" и "компенсация дрейфа" связаны с численными значениями, то правильной будет остановиться на отождествлении чувствительности извещателя со значением порога его срабатывания.

Если в процессе серийного производства удалось обеспечить стабильность и повторяемость чувствительности в пределах $(0,1 \pm 0,02)$ дБ/м в дымовом канале, то имеется определенная уверенность в том, что такие извещатели пройдут испытания по всем тестовым пожарам. И только после этого можно переходить к решению проблемы компенсации дрейфа чувствительности дымового извещателя.

Дрейф

На повторяемость чувствительности на протяжении длительных промежутков времени влияет множество факторов. И влияние этих факторов различно как по величине, так и по знаку. Воздействие этих факторов может быть регулярным, периодическим или случайным. Примеры возможных изменений чувствительности во времени представлены на рис. 2.

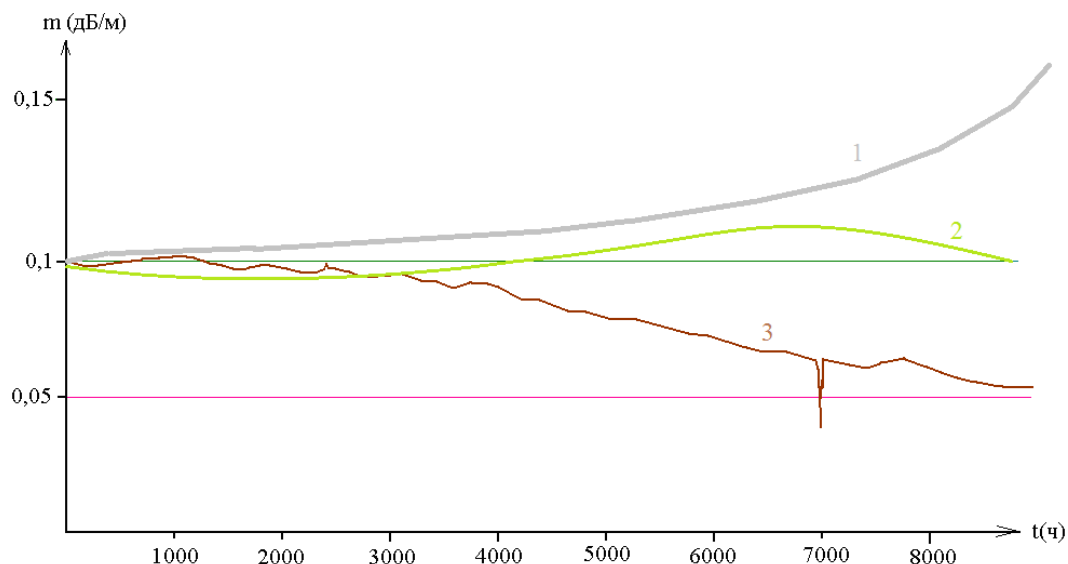


Рис. 2

Снижение чувствительности извещателя (кривая 1) может быть обусловлено "старением" ИК излучателя, когда в процессе эксплуатации изделия снижается мощность излучения из-за постепенного увеличения прямого падения напряжения на таком инфракрасном светодиоде низкого качества.

Влияние температуры окружающего воздуха также может влиять на мощность ИК излучения. В этом случае (см. кривую 2) влияние будет периодическим, приводящим как к увеличению, так и к снижению чувствительности извещателя.

Кривая 3 показывает, как на фоне случайных процессов происходит регулярное повышение чувствительности извещателя, например, из-за накопления пыли на внутренних стенках камеры дымового сенсора, когда существенно повышается интенсивность рассеивания ИК излучения.

Повышение чувствительности извещателя до значения 0,05 дБ/м и менее этой величины не желательно, так как повышается вероятность ложного срабатывания из-за случайной или регулярной электромагнитной помехи, или просто из-за увеличения концентрации пыли в воздухе. При нормальной концентрации пыли удельная оптическая плотность воздуха может достигать значения не более 0,02 дБ/м, что на уровне погрешности измерительного прибора. Именно с этих и меньших показаний измерительного прибора начинаются испытания в дымовом канале и в комнате тестовых пожаров.

Мельчайшие частицы пыли в воздухе мы обычно не видим, но это не означает, что их нет. Именно в камере дымового сенсора происходит обнаружение мельчайших частиц продуктов горения, а также пыли. Как с помощью эффекта Тиндаля в камере дымового сенсора удастся "увидеть" невидимое наглядно представлено на рис. 3 [12].



Рис. 3

В процессе эксплуатации извещателя вследствие оседания пыли на горизонтальной плоскости одной из внутренних стенок этой камеры повышается вероятность ложной сработки такого извещателя, если техническое обслуживание будет проводиться нерегулярно. Накопившаяся внутри дымового сенсора пыль при случайном резком воздушном потоке может создать "пылевую бурю" внутри камеры так, что удельная оптическая плотность воздуха там превысит порог срабатывания извещателя. Но может быть и такой случай, когда крупная ворсинка "прилипнет" непосредственно на преграду между фотоприемником и ИК излучателем, создав вторичный источник излучения, видимый фотоприемником, при этом амплитуда импульса на его выходе превысит пороговое значение. Плавное повышение чувствительности извещателя определяется регулярным повышением интенсивности рассеянного ИК излучения за счет накопления пыли при изменении цвета одной из стенок камеры с черного цвета на серый. Но такое плавное повышение чувствительности – это только один из возможных путей развития процесса внутри камеры дымового сенсора в ходе эксплуатации извещателя.

Если фотоприемник "видит" изменение цвета одной из внутренних стенок камеры дымового сенсора, так может быть она сконструирована плохо? И теперь недостатки конструкции должны устраняться математическими методами по программе микроконтроллера? Реально ведь существуют извещатели, например, 850РН или 830РН, у которых низкий уровень фонового сигнала позволил выполнить внутреннюю часть дымовой камеры из серого пластика цвета пыли. Соответственно, оседание пыли на стенках камеры серого цвета не искажает результаты измерений оптической плотности среды. Как утверждает автор публикации [13]: при эксплуатации этих извещателей в офисном помещении в течение 1,5 лет уровень фона у них вообще не изменился.

Исключить влияние температуры окружающего воздуха, сделав коэффициент этой зависимости близким к единице можно несложными схемотехническими приемами. Например, изменением тока через ИК-светодиод можно компенсировать влияние температуры на весь измерительный тракт извещателя [14] во всем диапазоне рабочих температур изделия.

А выбором производителя качественных ИК светодиодов, у которых мощность излучения практически не меняется со временем, можно избавиться от снижения чувствительности извещателей в процессе их эксплуатации.

Компенсация

Конечно, можно решить проблему компенсации дрейфа чувствительности и программным путем, применяя в извещателе современные микроконтроллер с энергонезависимой памятью. Поэтому подробнее остановимся на принципах обработки сигналов микроконтроллерным дымовым оптическим извещателем, блок-схема которого приведена на рис. 4.

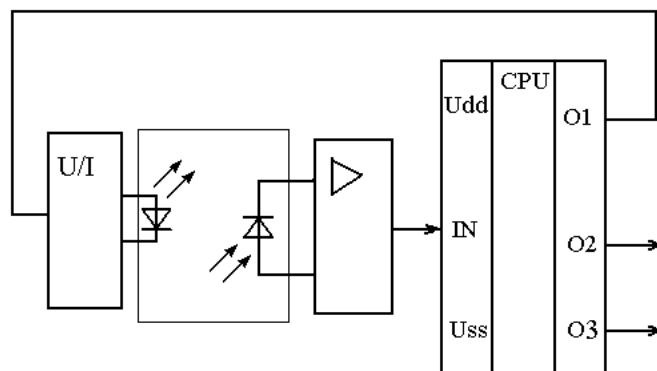


Рис. 4

С первого выхода O1 микроконтроллера CPU импульсный сигнал поступает на преобразователь напряжение-ток U/I, который управляет работой ИК излучателя. Рассеянное в камере дымового сенсора излучение оценивается фотоприемником, состоящим из фотодиода и усилителя. После фотоприемника импульсный сигнал определенной амплитуды поступает на аналоговый вход IN микроконтроллера CPU. После преобразования сигнала встроенным аналогово-цифровым преобразователем начинается его обработка и анализ. Результаты работы микроконтроллера CPU выводятся на его выходы O2 и O3 в виде логических сигналов "пожарная тревога" и "неисправность".

Задача, которую должна решать программа компенсации дрейфа, реализованная в микроконтроллере, – это постоянство чувствительности извещателя при разных факторах, воздействующих на медленное изменение амплитуды импульса, поступающего на его аналоговый вход. В процессе эксплуатации уровень фонового сигнала на выходе фотоприемника в чистом воздухе может изменяться как в большую, так и в меньшую сторону. Такие изменения обусловлены, например, оседанием пыли на стенках камеры дымового сенсора или старением электронных компонентов, в первую очередь ИК-светодиода. Причем одни изменения влияют на оба коэффициента A и B линейного уравнения (1), другие только на коэффициент B – постоянную составляющую этого уравнения. Какой алгоритм компенсации изменения фонового сигнала выбрать – задачка не из простых, но более существенным является то, что компенсация не может осуществляться вечно. При выходе исследуемого входного сигнала за определенные границы

микроконтроллер обязан сформировать выходной сигнал "неисправность" при достижении предельной компенсации дрейфа или сигнал "пожарная тревога", если рост входного сигнала будет опережать темпы его компенсации.

Именно поэтому европейский стандарт EN 54-7 в своем п. 4.8 и в приложении L рекомендует введение функции компенсации дрейфа в целях поддержания более постоянной чувствительности извещателя во времени. Разработчики этого нормативного документа считают, что компенсация достигается посредством изменения порога срабатывания извещателя, чтобы скомпенсировать дрейф амплитуды импульсного сигнала на выходе фотоприемника, направленный, в первую очередь, в сторону ее увеличения.

Однако введенная в программу обработки микроконтроллера только такая компенсация дрейфа может снижать чувствительность извещателя. При медленном развитии пожара увеличение удельной оптической плотности воздуха тоже будет медленным, а работающий механизм компенсации может привести к появлению сигнала "неисправность" вместо "пожарной тревоги". Цель требования п. 4.8 а) - компенсация не должна уменьшать чувствительность до неприемлемого уровня при задымлении от медленно развивающегося очага пожара.

Для обеспечения этой цели в стандарте предполагается, что развитие пожара, который представляет серьезную опасность для жизни или имущества, будет осуществляться так, что удельная оптическая плотность воздуха будет изменяться со скоростью не меньше, чем $A/4$ в час, где A - номинальная величина порога срабатывания извещателя, например 0,1 дБ/м. Для меньших скоростей изменения удельной оптической плотности не требуется проводить проверку ухудшения чувствительности извещателя. Так как действует ограничение по п. 4.8 б), в котором указано требование, чтобы для всех скоростей изменения, значение порога чувствительности увеличивалось не более чем в 1,6 раза по сравнению с начальным уровнем формирования сигнала тревоги при отсутствии компенсации.

Таким образом, в указанном пункте сформулированы технические требования к извещателям, имеющим функцию компенсации дрейфа чувствительности, но стандарте отсутствует методика их проверки. Возможно, что лет 15 – 20 назад нижеприведенное предложение и отражало уровень развития техники измерения оптико-электрических параметров:

"В связи с тем, что практически невозможно провести испытания в условиях очень медленного роста концентрации дыма, оценки реакции извещателя в подобных условиях можно сделать на основании анализа схемы (программного обеспечения) и (или) проведением физических тестов и имитаций".

Но сегодня такое обоснование невозможности проведения испытаний дымовых пожарных извещателей, имеющим функцию компенсации дрейфа чувствительности, выглядит архаичным. В процессе таких испытаний ведь не требуется малая и стабильная скорость ламинарного воздушного потока, а достаточно поддерживать на протяжении рабочего дня удельную оптическую плотность

воздуха в небольшом объеме и обеспечить ее рост с заданной скоростью. Естественно, что в этом объеме испытательной камеры необходимо обеспечить однородность задымления в диапазоне измерения до 0,3 дБ/м, при этом необходимо существенно повысить точность измерения [15]. Из этого видно, что нет особых трудностей по созданию установки контроля извещателей в условиях задымления от медленно развивающегося очага пожара, только производители будут внедрять подобное оборудование только после появления нормативных требований в стандарте на данный вид продукции.

Предельная компенсация дрейфа

Например, не ясно: достаточно ли проверять чувствительность в условиях медленно развивающегося очага пожара или требуется проверка формирования сигналов "неисправность" при достижении предельной компенсации дрейфа и при отсутствии фонового сигнала?

Однако в настоящий момент в EN 54-7 нет указаний на то, что необходимо делать извещателю, если он в процессе проведения компенсации достиг значения, величина которого ограничена стандартом. Нет рекомендаций и в другом европейском стандарте ISO/DIS 7240-7.2 [16]. В проблеме компенсации дрейфа чувствительности оба этих европейских стандарта эквивалентны.

Вполне очевиден технический результат, если процесс роста поступающего с оптико-электронного сенсора сигнала не прекратится, а компенсация будет завершена – такой ПИ в ближайшем будущем передаст на ППКП ложный сигнал пожарной тревоги. А сам извещатель требует проведения технического обслуживания. Не исследованным остается вопрос: должен ли извещатель после проведения технического обслуживания, когда он обнаружит возврат сигнала в начальное, или близкое к начальному, состояние, автоматически, с течение определенного времени вернуться в состояние дежурного режима работы? Или же такой извещатель после проведения технического обслуживания должен быть перепрограммирован? Разные производители в этом случае поступают по-разному, но очевидной становится необходимость индикации на самом извещателе предаварийного состояния. А также желательной становится возможность передачи с такого извещателя на ППКП извещения о необходимости проведения для него технического обслуживания, т.е. передачи сообщения о неисправности извещателя.

Из представленной в приложении L методики видно, что процедура компенсации дрейфа – это длительный по времени процесс, разрушить который может любое прерывание электропитания извещателя, микроконтроллер которого не содержит энергонезависимой памяти или процедура обращения к этой памяти не защищена от случайных сбоев в электропитании изделия. Но это условие не может запретить некоторым производителям дымовых извещателей пиарить свою продукцию, как имеющую "контроль запыленности", хотя в их изделиях используются микроконтроллеры даже без EEPROM...

Только реальные испытания извещателей в условиях изменения удельной оптической плотности воздуха по заданной программе позволят выявить извещатели, которые реально обеспечивают стабильную чувствительность на протяжении длительных промежутков времени.

И оценивать работу этих изделий испытатели должны не на основании анализа схемы и программного обеспечения, а по состоянию сигналов на выходе извещателя, или по крайней мере по индикации этого изделия в процессе изменения удельной оптической плотности воздуха, окружающего извещатель.

Индикация на извещателе

Если извещатель проводит диагностику своей работы, в состоянии выявить и индицировать неисправное состояние, то это уже неплохо. Конечно, важным условием идентификации состояния извещателя является количество индикаторов и цвет их свечения. По международному стандарту [17] предупреждающий сигнал о неисправности должен быть желтого цвета свечения. А это означает, что на таком извещателе должна быть индикация разного цвета свечения: красного цвета и желтого. Желательно, чтобы и индикаторов было два. Так как возможна ситуация, что после достижения значения предельной компенсации, если не будет проведено техническое обслуживание, то извещатель имеет полное право перейти в состояние пожарной тревоги, но сигнализация о том, что этот извещатель длительное время находился в состоянии "Неисправность" должно остаться на самом извещателе. При свечении на извещателе двух индикаторов - красного и желтого, будет сразу понятна причина, по которой это изделие перешло в состояние пожарной тревоги.

Но наличие разноцветной индикации на извещателе еще не означает, что такое изделие соответствует определению, приведенному в пункте 3.1.18 EN54-1:

"3.1.18 Многорежимный извещатель (multi-state detector)- извещатель, который на своем выходе имеет одно из более чем двух устойчивых состояний, соответствующих дежурному режиму, режиму пожарной тревоги и каких-либо других режимов".

Важно здесь и то, что многорежимный извещатель при достижении предельного значения компенсации дрейфа чувствительности должен формировать на своем выходе сигнал, воспринимаемый ППКП, как сигнал «Неисправность извещателя», который не должен препятствовать прохождению сигнала «Пожар» от любого извещателя в той же зоне обнаружения пожара.

Выводы

Вряд ли проверкой чувствительности в дымовом канале можно подменить испытания по тестовым пожарам, хотя определенная корреляция видимо существует.

Без высокой стабильности и повторяемости чувствительности на уровне значения 0,1 дБ/м не имеет особого смысла заниматься компенсацией дрейфа таких извещателей.

Для того, чтобы стало возможным обнаружить наличие дрейфа чувствительности дымового извещателя и проводить его компенсацию, необходимо изменить в лучшую сторону нормативную точность измерительного оборудования.

Существует необходимость введения в европейский стандарт по дымовым пожарным извещателям новых положений, которые были бы "увязаны" с требованиями к многорежимным извещателям.

Литература:

1. Большая Советская Энциклопедия, т. 25, с. 559.
2. Неплохов И. Г. "Чувствительность дымового извещателя и ее контроль", ж. "Алгоритм Безопасности", №5, 2007
3. Неплохов И. Г. "Пожарные извещатели: требования стандартов серии EN 54", ж. "Системы безопасности", №2, 2011
4. <http://www.0-1.ru/discuss/?id=22065#46>
5. <http://www.0-1.ru/discuss/?id=19461>
6. <http://www.0-1.ru/discuss/?id=19416#32>
7. EN 54-7:2000/A2:2006 Fire detection and fire alarm systems. Part 7: Smoke detectors. Point detectors using scattered light, transmitted light or ionization
8. EN 54-1:1996 Fire detection and alarm systems - Part 1: Introduction.
9. В. Ю. Фёдоров, Т.А. Буцынская "Математическая модель обнаружения пожара дымовыми точечными извещателями", Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" Вып. №1, февраль 2012
10. Баканов В. "Взгляд на пожарные дымовые извещатели через призму тестовых пожаров Часть 1", ж. "Системы безопасности" № 1, 2010
11. Баканов В. "Взгляд на пожарные дымовые извещатели через призму тестовых пожаров Часть 2", ж. "Системы безопасности" № 2, 2010
12. Юрий Шл "Дымовой пожарный извещатель (оптическая камера)". http://oruki.ru/publ/signalizacija/pozharnaja_signalizacija/opticheskaja_kamera_glavnyj_ehlement_dymovogo_pi/6-1-0-40
13. "Уникальные технологии Тусо" ж. "Алгоритм Безопасности" № 3, 2013
14. Абушкевич В. А., Баканов В. В., Мисевич И. З. патент на изобретение Российской Федерации № 2306613 "Дымовой пожарный извещатель", бюл. 26, 2007

15. Баканов В. "Высокое качество дымового извещателя недостижимо без повышения точности измерений" ж. "Алгоритм Безопасности", № 4, 2012
16. ISO/DIS 7240-7.2 Fire detection and alarm systems —.Part 7: Point-type smoke detectors using scattered light, transmitted light or ionization
17. ГОСТ Р МЭК 60073-2000 Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации.

Автор: **Баканов Владимир** - главный конструктор ЧП "АРТОН", г. Черновцы, Украина.

Образование высшее, физический факультет Черновицкого национального университета в 1974 г.

Автор более 100 изобретений и более 100 научно-технических статей. Имеет звания "Мастер радиоконструктор" и "Изобретатель СССР", медали ВДНХ СССР.