

Проблема компенсации дрейфа чувствительности по ДСТУ EN 54-7

Владимир БАКАНОВ,
главный конструктор ЧП «АРТОН»

Проблема компенсации запыленности дымовых извещателей не нова [1–6]. Ее корни скрываются более глубоко, чем это могут обычно увидеть программисты, пишущие только софт для микроконтроллерных устройств и не знающие физических принципов работы дымовых пожарных извещателей. Тема является актуальной и на украинском рынке компонентов систем пожарной сигнализации, так как в государственном стандарте Украины, как и в европейском стандарте, отсутствуют методики измерения параметров дымовых пожарных извещателей, в которых по декларации производителя реализована функция компенсации дрейфа чувствительности. Нет в стандартах 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 опто-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

В ДСТУ EN 54-7 [7] нет определения понятия «чувствительность дымового опто-электронного извещателя», нет такого определения и в ДСТУ EN 54-1 [8]. В то же время в самом стандарте широко используется это понятие, например в п. п. 4.8 и 5.18. Если же отождествить чувствительность извещателя со значением порога его срабатывания (см. п. 3.1.1), то дело доходит просто до анекдотической ситуации, ведь пункт 5.1.5, на который ссылается указанное определение, называется в национальном стандарте «измерение времени срабатывания». В европейском стандарте этот пункт звучит несколько иначе: 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 о компенсации 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

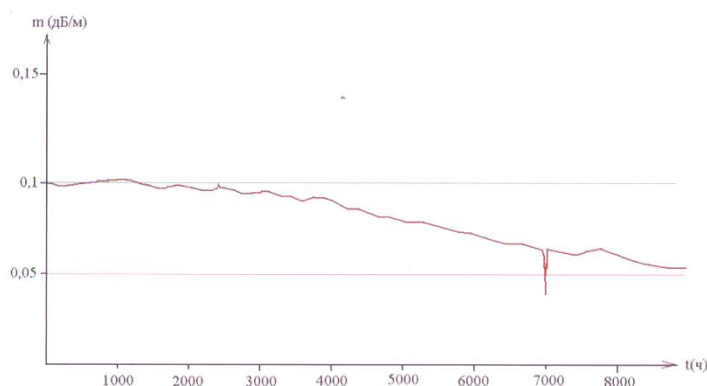
как понятия «дрейф» и «компенсация дрейфа» связаны с численными значениями, то правильнее будет остановиться на отождествлении чувствительности извещателя со значением порога его срабатывания.

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. Пример возможных изменений чувствительности во времени представлен на рис. 1.

Рис. 1



Повышение чувствительности извещателя до значения 0,05 дБ/м и менее этой величины нежелательно, 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.

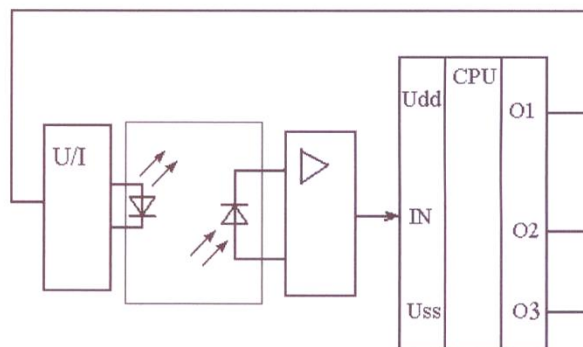
Мельчайшие частицы пыли в воздухе мы обычно не видим, но это не означает, что их нет. Именно в камере дымового сенсора происходит обнаружение мельчайших частиц продуктов горения, а также пыли [12]. Как с помощью эффекта Тиндаля в камере дымового сенсора удается «увидеть» невидимое, наглядно представлено на рис. 2.

Рис. 2



В приведенной выше статье подробно описаны особенности построения камеры дымового сенсора, поэтому остановимся на принципах обработки сигналов микроконтроллерным дымовым извещателем, блок-схема которого приведена на рис. 3.

Рис. 3



С первого выхода O1 микроконтроллера CPU импульсный сигнал поступает на преобразователь напряжение-ток U/I, который управляет работой ИК-светодиода. Рассеянное излучение оценивается фотодиодом, и после усиления фотоусилителем импульсный сигнал определенной амплитуды поступает на аналоговый вход 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».

Общеизвестно, что при малых концентрациях дыма можно пользоваться при описании закономерностей теорией идеального газа. В этом случае зависимость амплитуды напряжения на выходе фотоприемника от удельной оптической плотности воздуха описывается линейным законом:

$$U_a = A m + B,$$

где:

U_a — амплитуда сигнала на выходе фотоприемника;

A — коэффициент пропорциональности;

m — удельная оптическая плотность воздуха;

B — постоянная составляющая.

Как влияют коэффициенты A и B на точность преобразования сигнала, видно на рис. 4

Если в чистом воздухе фоновый сигнал составляет 0,4 В или около 20% от полезного сигнала, тогда порог срабатывания составляет 2,3 В, что будет соответствовать удельной оптической плотности воздуха 0,1 дБ/м. В этом случае такая характеристика будет описываться уравнением:

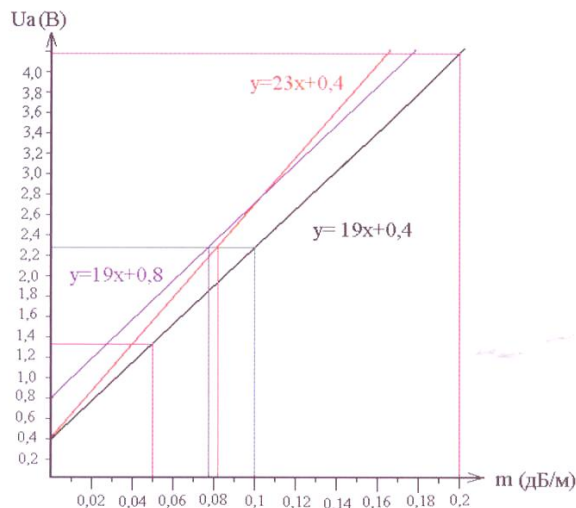
$$y = 19x + 0,4$$

Если фон увеличится в два раза и его величина составит 0,8 В, то при том же угле наклона передаточная характеристика будет описываться уравнением:

$$y = 19x + 0,8$$

В том случае, когда тангенс угла наклона характеристики изменится на 20% при том же фоновом сигнале, то будем иметь следующее уравнение:

Рис. 4



$$y = 23x + 0,4$$

Если считать, что при таких изменениях передаточной характеристики порог срабатывания меняться не будет, т. е. останется на уровне 2,3 В, то ошибка в определении удельной оптической плотности воздуха составит около 0,02 дБ/м, что соответствует погрешности применяемого по стандарту в круговой дымовой камере измерителя удельной оптической плотности воздуха.

Для того чтобы стало возможным обнаружить наличие дрейфа чувствительности дымового извещателя и проводить его компенсацию, необходимо изменить в лучшую сторону нормативную точность измерительного оборудования [13].

Казалось все тут просто, но проблема заключается в том, что в общем случае коэффициенты А и В сами являются функциями многих переменных.

В общем случае линейное уравнение примет следующий вид:

$$U_a(K, I_c, O_c, O_f, T, U_z, t, \dots) = A(K, I_c, O_c, O_f, T, U_z, t, \dots) m + B(K, I_c, O_c, O_f, T, U_z, t, \dots),$$

где:

K — коэффициент усиления фотоусилителя;

I_c — ток через ИК-светодиод

O_c — оптические параметры ИК-светодиода;

O_f — оптические параметры фотодиода;

T — температура окружающего воздуха;

U_z — напряжение питания в шлейфе;

t — время и др.

В разряд «другие» отнесены такие параметры, как конструкция камеры дымового сенсора и изменения в этой конструкции, например, вследствие оседания пыли на горизонтальной плоскости одной из внутренних стенок этой камеры.

Если фотодиод «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 [14]:

при эксплуатации этих извещателей в офисном помещении в течение 1,5 года уровень фона у них вообще не изменился.

Используя приведенные выше ограничения применяемой теории идеального газа, а также некоторые дополнительные краевые условия, можно представить коэффициенты А и В этого линейного уравнения как суперпозиции линейных уравнений от каждой отдельной переменной. Не вдаваясь в подробности функционального анализа, можно утверждать, что на определенном отрезке значений влияние одной переменной можно компенсировать соответствующим изменением другой переменной. Например, изменением тока через ИК-светодиод можно компенсировать влияние температуры на весь измерительный тракт извещателя [15] во всем диапазоне рабочих температур изделия.

В простейшем пороговом извещателе решение о достижении заданного уровня удельной оптической плотности воздуха реализуется путем сравнения пороговым элементом сигнала с выхода фотоусилителя с некоторым фиксированным порогом. Когда уровень сигнала достигает установленного порога, извещатель формирует сигнал пожарной тревоги. Удельная оптическая плотность дыма, при которой это происходит, определяет численное значение чувствительности пожарного извещателя. В таком пожарном извещателе порог пожарной тревоги является фиксированной величиной и не зависит от скорости изменения во времени уровня сигнала, поступающего на пороговый элемент. Для обеспечения метрологической точности и помехоустойчивости необходимо, чтобы фоновый сигнал нового извещателя в чистом воздухе был во много раз меньше порогового уровня. Конечно, существуют дымовые извещатели, у которых фоновый сигнал превышает 50% уровня сигнала при пожарной тревоге, и нет видимых причин к их запрету, если они могут нормально функционировать в условиях электромагнитных помех по третьему классу жесткости.

В процессе эксплуатации уровень фонового сигнала на выходе фотоусилителя 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 линейного уравнения А и В, другие только на В — постоянную составляющую этого уравнения. Этот дрейф сигнала на выходе фотоусилителя может со временем привести к повышению чувствительности и в конечном итоге к ложным тревогам.

Действительно, если в микропроцессорном извещателе в чистом воздухе уровень фонового сигнала составляет 80% от планового порога и этот уровень растет со временем, то для нормальной работы изделия просто необходимо предпринимать шаги, обеспечивающие компенсацию влияния этого параметра на чувствительность извещателя.



КОМПЕНСАЦИЯ

Европейский стандарт EN 54-7 [16] 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 фотоусилителя, направленный в первую очередь в сторону ее увеличения.

Однако введенная в программу обработки микроконтроллера компенсация дрейфа может снижать чувствительность извещателя при медленном изменении сигнала на выходе фотоусилителя, которое вызывается не ростом фонового сигнала, а постепенным увеличением уровня задымленности пространства. 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 b), 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.

Наверное, не имеет смысла повторять требования стандарта по процедуре проверки влияния компенсации на чувствительность извещателя при медленном развитии пожара. Эта процедура подробно и в полном соответствии со стандартом EN 54-7 описана в статье [2]. Необходимо только отметить одну существенную деталь: нельзя путать при математической обработке сигнала, поступающего с дымового сенсора, измеряемую физическую величину: удельную оптическую плотность воздуха и величину напряжения на выходе фотоусилителя (инкременты аналогово-цифрового преобразователя), ведь связаны они линейным законом (см. рис. 4). Именно такие неточности допускались в публикациях [1] и [17]. При больших уровнях фонового сигнала в чистом воздухе, т. е. при существенном значении коэффициента B в линейного уравнения, такая компенсация приведет к результатам, не соответствующим стандарту EN 54-7. Из представленной в стандарте 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.

В нормативных документах на сегодняшний день нет указаний на то, что нужно делать извещателю, когда будет достигнут уровень предельной компенсации дрейфа или, как говорят на сленге, запыленности извещателя. Такой извещатель уже нельзя назвать двухрежимным, так как у него появляется новое — третье состояние:

«неисправность извещателя». Достаточно ли индикации на самом извещателе для идентификации этого состояния? Какого цвета должна быть эта индикация? Обязан ли трехрежимный извещатель передать информацию о своей неисправности на ППКП? Эти вопросы отдаются на откуп разработчикам изделий, так как отсутствует конкретика технических требований и методик их проверки, которые могут и должны быть изложены только в самом стандарте.

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, получаемой в процессе серийного производства 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.

Нельзя путать при математической обработке микроконтроллером сигнала, поступающего с дымового сенсора, измеряемую физическую величину — удельную оптическую плотность воздуха и величину напряжения на выходе фотоусилителя. Существует необходимость введения в национальный стандарт по дымовым пожарным извещателям новых положений, которые были бы увязаны с требованиями к трехрежимным извещателям. ■

ЛИТЕРАТУРА:

1. И. Г. Неплохов «Чувствительность дымового извещателя и ее контроль», ж. «Алгоритм безопасности», № 5, 2007
2. И. Г. Неплохов «Пожарные извещатели: требования стандартов серии EN 54», ж. «Системы безопасности», № 2, 2011
3. Круглый стол: «Новая редакция ГОСТ Р 53325 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний», ж. «Алгоритм безопасности», № 4, 2013
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. ДСТУ EN 54-7:2004 Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Співвідношення пожежної димові точковій розсіяного світла, пропущеного світла або іонізаційні
8. ДСТУ EN 54-1:2003 Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ
9. В. Ю. Федоров, Т. А. Буцынская «Математическая модель обнаружения пожара дымовыми точечными извещателями», интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» Вып. № 1, февраль 2012
10. В. Баканов «Взгляд на пожарные дымовые извещатели через призму тестовых пожаров Часть 1», ж. «Системы безопасности» № 1, 2010
11. В. Баканов «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. В. Баканов «Высокое качество дымового извещателя недостижимо без повышения точности измерений» ж. «Алгоритм безопасности», № 4, 2012
14. «Уникальные технологии Тусо», ж. «Алгоритм безопасности», № 3, 2013
15. В. А. Абушкевич, В. В. Баканов, И. З. Мисевич. Патент на изобретение Российской Федерации № 2306613 «Дымовой пожарный извещатель», бюл. 26, 2007
16. 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
17. «Интеллектуальные извещатели и проблемы обеспечения пожарной безопасности». <http://www.chelmash.com.ua/documentation/dopinfo/>