

Оптика требует компенсации

Некоторые аспекты технической реализации функции компенсации запыленности

Иван Маслов,
главный инженер «ИВС-Сигналспецавтоматика»

Совершенствование отдельных видов технических средств безопасности, в общем представляя собой непрерывный процесс, часто происходит скачкообразно. В настоящее время можно наблюдать очередной бум среди разработчиков и производителей дымовых оптических безадресных пороговых извещателей, связанный с внедрением новой функции – компенсации чувствительности извещателя при запылении оптической системы, обычно называемой просто «компенса-

цией запыленности». Наличие этой функции, судя по рекламным материалам, представляется чуть ли не панацеей решения всех проблем технического обслуживания извещателей в процессе эксплуатации. Поэтому именно сейчас стоит подробнее разобраться с некоторыми аспектами технической реализации функции компенсации запыленности, чтобы яснее представлять себе как ее преимущества, так и возможные негативные проявления.

Сама по себе функция компенсации запыленности не является новинкой, так как уже достаточно давно используется в адресных и адресно-аналоговых системах пожарной сигнализации. Ее приход в безадресные пороговые извещатели стал возможен благодаря появлению недорогих микропроцессоров и специальных БИС, которые в своем составе имеют аналогово-цифровой преобразователь (ADD) и энергонезависимую электрически перепрограммируемую память (EEPROM). Реализация алгоритма компенсации запыленности при переносе в безадресные пороговые извещатели также не претерпела существенных изменений и строится на характерных особенностях принципа действия точечных оптико-электронных извещателей, работающих на рассеянном свете.

Принцип действия

В оптических системах таких извещателей излучатель (ИК-диод) и приемник (фотодиод) установлены таким образом, чтобы при отсутствии дыма в чувствительной зоне на приемник попадала минимально-возможная часть мощности инфракрасного импульса излучателя, тогда как при наличии дыма его частицы могли бы максимально эффективно рассеивать излучаемую мощность с целью значительного увеличения ее доли, падающей на приемник. Отношение сигнала на приемнике при наличии в чувствительной зоне дыма с определенной концентрацией (как правило, нормируют для задымленности 0,1 дБ/м) к сигналу при естественной прозрачности воздуха, часто используемое отношение «сигнал/шум», является основной обнаружительной характеристикой оптической системы. Наличие шумового сигнала обусловлено невозможностью обеспечить полное погашение импульса инфракрасного излучения конструктивными элементами оптической системы. И именно на наличии шумового сигнала, отслеживая его изменение в процессе эксплуатации, строятся алгоритмы компенсации запыленности и контроль работоспособности извещателя.

Запыление и загрязнение

Прежде чем перейти к рассмотрению конкретных алгоритмов компенсации запыленности, следует разобраться с самим возмущающим фактором, т.е. с тем,

что же представляет собой на практике процесс запыления и загрязнения оптических систем?

Из наиболее характерных видов этого процесса в качестве основных можно выделить следующие:

1. Осаждение на стенках оптической системы и частично на линзах оптоэлементов пыли в виде твердых частичек различных веществ и материалов.
2. Осаждение на стенках оптической системы и линзах оптоэлементов аэрозольных веществ в виде налета в основном светлых тонов (побелка, краска и т.д.).
3. Осаждение на стенках оптической системы и линзах оптоэлементов аэрозольных веществ в виде масляных пленок, копоти и сажи.

Первый вид в той или иной мере присущ всем защищаемым помещениям и приводит к увеличению сигнала приемника за счет увеличения рассеивающей способности ставших «мохнатыми» стенок оптической системы. При этом коэффициент передачи оптической системы (по инфракрасному излучению) практически не изменяется, так как отдельные осевшие на линзах пылинки не вносят сколько-нибудь существенного затухания излучаемой и принимаемой мощностей.

Второй вид, встречающийся значительно реже, является результатом непринятия защитных мер при проведении ремонтных работ или применения извещателей в помещениях со специфическим производством. Преобладающим фактором для этого вида также является увеличение сигнала приемника за счет увеличения отражающей способности «отбеленных» стенок оптической системы. Но потери коэффициента передачи оптической системы из-за образования сплошного налета на линзах оптоэлементов могут быть значительно больше, чем в первом случае.

Третий вид загрязнения встречается достаточно часто, правда, выявляется в основном только в случае проведения плановой чистки извещателей, так как образование толстой маслянистой пленки на линзах оптоэлементов сильно уменьшает коэффициент передачи оптической системы, уменьшая тем самым шумовой сигнал приемника. При этом, естественно, извещатель становится менее склонным к ложным срабатываниям из-за уменьшения чувствительности.

В дальнейшем для краткости изложения процессы, приводящие к увеличению шумового сигнала приемника в результате повышения рассеивающей или

отражающей способности стенок оптической системы, будем называть термином «запыление», а процессы, приводящие к уменьшению коэффициента передачи оптической системы по инфракрасному излучению в результате загрязнения линз оптоэлементов (ИК-диода и фотодиода), будем называть термином «загрязнение».

Алгоритмы компенсации

Принцип работы извещателя с функцией компенсации запыленности отличается от традиционного тем, что порог срабатывания задается не в виде фиксированного уровня, а в виде приращения к уровню шумового сигнала. При этом шумовой сигнал в процессе эксплуатации должен все время измеряться, интегрироваться по времени и храниться в энергонезависимой памяти, для того чтобы при выключении питания сохранилась информация об уже достигнутом уровне компенсации.

Если приращение (как порог срабатывания) задается в виде фиксированного значения и остается неизменным при любых изменениях уровня шумового сигнала, то при запылении оптической системы чувствительность будет оставаться стабильной, так как коэффициент передачи по инфракрасному излучению практически не меняется и требуемое для достижения порога срабатывания фиксированное значение дополнительной рассеиваемой мощности будет создаваться при одной и той же концентрации дыма. А вот загрязнение оптической системы в этом случае будет приводить к потере чувствительности из-за уменьшения коэффициента передачи и необходимости повышенной концентрации дыма для достижения требуемого фиксированного значения дополнительной рассеиваемой мощности. Чтобы обеспечить компенсацию чувствительности при загрязнении оптической системы, приращение (как порог срабатывания) должно являться функцией шумового сигнала, т.е. приращение должно изменяться пропорционально изменению шумового сигнала, а в этом случае уже процесс запыления будет приводить к потере чувствительности (увеличиваются шумовой сигнал и приращение, необходимо увеличение концентрации дыма для достижения порога срабатывания).

Решение проблемы обеспечения компенсации чувствительности как при запылении, так и при загрязнении оптической системы заключается в применении комбинированного алгоритма задания величины приращения. Для значений шумового сигнала меньше начального уровня (зафиксированного при приемке извещателя) приращение должно быть его функцией, а при значениях выше начального уровня – фиксированной величиной.

Зависимость уровня порога срабатывания от усредненного (интегрированного по времени) значения шумового сигнала для различных алгоритмов компенсации показана на графиках.

При очевидных преимуществах комбинированного алгоритма на практике, судя по весьма скудным сведениям в технической литературе и эксплуатационной документации, чаще применяется алгоритм с фиксированным приращением, эффективно работающий при запылении оптической системы, а для контроля загряз-

нения ограничиваются только фиксацией достижения предельно-допустимой потери чувствительности. Конечно же, это значительно лучше, чем отсутствие какой-либо компенсации запыленности вообще, но декларировать ее как полную компенсацию несколько некорректно. Кроме того, говорить о возможности обеспечения полной компенсации чувствительности по контролю уровня шумового сигнала в корне неверно, так как даже при использовании комбинированного алгоритма в определенных условиях наложения друг на друга процессов запыления и загрязнения чувствительность будет уменьшаться при неизменном шумовом сигнале. А на практике эти процессы всегда присутствуют вместе, просто в большинстве случаев какой-либо из них идет значительно быстрее (по влиянию на шумовой сигнал). Поэтому для корректности информирования потребителя о преимуществах извещателей с компенсацией запыленности было бы правильнее говорить не о полной компенсации, а о большей стабильности параметра чувствительности в процессе эксплуатации по отношению к традиционным пороговым извещателям.

Реакция на медленно-развивающиеся пожары

Введение функции компенсации запыленности автоматически приводит к появлению еще одного очень важного параметра, непосредственно влияющего на способность извещателя обеспечить раннее обнаружение очага пожара. Речь идет о постоянной времени алгоритма компенсации запыленности, иначе говоря о том, как быстро усредненное значение шумового сигнала, задающего уровень порога срабатывания, будет отслеживать изменение сигнала приемника. Малые значения постоянной времени не позволят обнаружить медленно-развивающиеся пожары, так как извещатель будет успевать отрабатывать их как компенсацию запыленности. Казалось бы, надо выбрать как можно большее значение этой постоянной времени, и проблем нет, если бы не одно обстоятельство. Дело в том, что для эффективной работы алгоритма компенсации запыленности начальный уровень шумового сигнала должен быть значительным, так как при малых уровнях (к которым стремятся в традиционных извещателях) точность расчета порога срабатывания будет недостаточной. Поэтому в извещателях с функцией компенсации запыленности порой умышленно ухудшают обнаружительные характеристики оптических систем (до 1,5–2,5 единиц отношения «сигнал/шум»). Естественно, такое ухудшение приводит к повышенной зависимости чувствительности и устойчивости работы извещателя от внешних воздействующих факторов, в первую очередь от перепадов температуры. При применении извещателей в неотапливаемых помещениях температурные перепады могут достигать нескольких десятков градусов за 1–2 часа (например, в металлических ангарах в межсезонье при смене времени суток). Поэтому очень заманчивой идеей является повышение устойчивости работы извещателей путем уменьшения постоянной времени компенсации.

К сожалению, в отечественных нормативных документах на точечные оптико-электронные извещатели (в отличие от европейских стандартов) требований по обнаружению медленно-развивающихся пожаров нет, что, при известной склонности отечественных

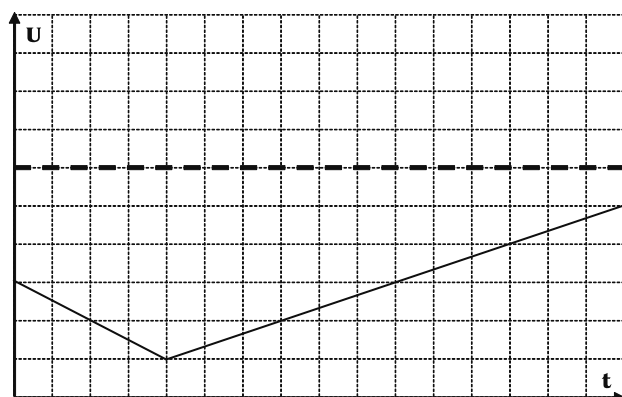
разработчиков и производителей к самодеятельности, может привести к поставкам на объекты заведомо некачественных извещателей, но формально соответствующих всех требованиям НПБ.

Тактика работы

Естественно, что компенсация запыленности не может быть бесконечным процессом. Ограниченные динамические диапазоны входного усилителя и аналого-цифрового преобразователя обязывают установить предельные значения для изменения усредненно-го значения величины шумового сигнала, являющегося базовой величиной для задания порога срабатывания в виде приращения к этому сигналу. В пределах установленных значений извещатель должен гарантированно обеспечивать обнаружение дыма с заданной чувствительностью. В отличие от традиционных пороговых извещателей здесь возникает необходимость задания тактики поведения извещателей при достижении предельных значений компенсации. В нормативных документах такие требования пока отсутствуют, и у разработчиков вновь появляется возможность проявить чудеса смекалки, способные как улучшить, так и ухудшить тактико-технические характеристики всей системы пожарной сигнализации. Так какая же тактика поведения должна быть?

Наиболее разумным представляется сохранить традиционный подход к обеспечению живучести многоэлементной системы (каковой и является система пожарной сигнализации), суть которого заключается в стремлении к минимизации вероятности нарушения работоспособности всей системы при выходе из строя ее отдельных элементов. Поэтому извещатель, в котором зафиксировано достижение какого-либо предельного значения компенсации, в принципе, информацию об этом может выдавать любым способом, но не должен формировать в шлейфе сигналы (например, «Неисправность»), блокирующие передачу тревожных извещений более высокого статуса (например, «Внимание» или «Пожар») от других извещателей. Кстати, попытки передавать сигнал «Неисправность» в виде нарушения целостности шлейфа при выходе из строя отдельных извещателей уже отмечены, и никакой преграды такой тактике работы в нормативных документах нет, хотя это является очень существенным ухудшением тактико-технических характеристик систем пожарной сигнализации.

Алгоритм без компенсации



— усредненное значение шумового сигнала

Очень важным в правильной организации тактики работы извещателя при достижении предельных значений компенсации запыленности является выбор между прекращением контроля за наличием дыма (извещатель считает себя неисправным и неспособным формировать достоверные извещения) и продолжением контроля с сохранением возможности формирования сигнала «Пожар», даже если это станет результатом дальнейшего накопления пыли, а не появления дыма.

Требований в НПБ на точечные оптико-электронные извещатели на этот счет тоже пока нет, но зато для очень похожей ситуации в НПБ на линейные извещатели предписано контроль не прекращать, несмотря на возможность фиксации ложного сигнала «Пожар», так как задача не пропустить возникновения медленно-развивающегося очага пожара оказывается намного важнее.

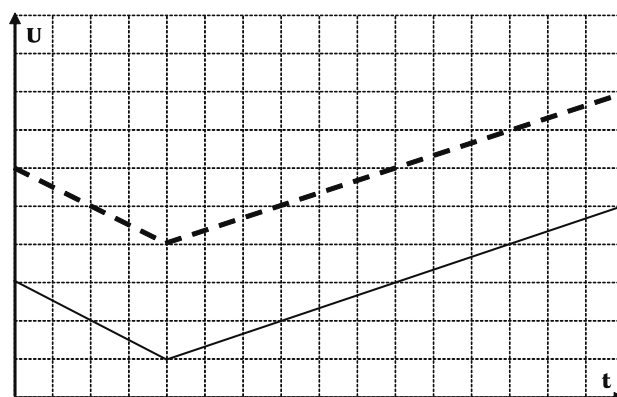
Некоторые опасения...

В заключении рассмотрения технических аспектов реализации функции запыленности необходимо хотя бы вскользь упомянуть о некоторых опасениях.

Первое опасение связано с тем, что эту функцию будут пытаться реализовать в извещателях, для которых пока еще не решена проблема обеспечения стабильности настройки основного параметра – чувствительности (разработка таких методик требует проведения серьезных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и наличия значительного опыта производства). Бессмысленно пытаться стабилизировать чувствительность извещателей в процессе эксплуатации, если не удастся обеспечить ее стабильность при производстве.

Второе опасение связано с тем, что в большинстве традиционных извещателей используются дешевые инфракрасные диоды, теряющие в течение срока службы до 50–80% от первоначальной мощности излучения. При введении контроля за уровнем чувствительности извещатели не смогут полностью отработать заявленный срок службы (вряд ли кто сознательно заявит срок меньше 10 лет). При главенствующей роли цены в конкурентной борьбе решение этой проблемы может пойти не по естественному пути замены инфракрасных диодов на более дорогие (диод с потерями не более 10% за 10 лет стоит, как минимум, в 2 раза дороже обычного), а по пути дальнейшего снижения

Алгоритм с фиксированным приращением



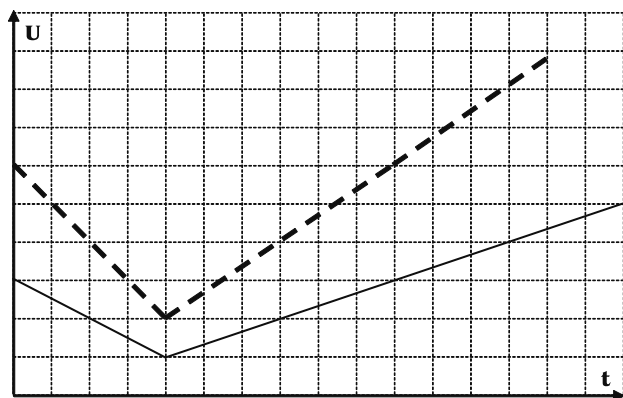
- - - усредненное значение шумового сигнала

импульсной мощности излучения (при этом долговечность ИК-диода возрастает), которое не только скажется на ухудшении помехоустойчивости, но и увеличит зависимость чувствительности от окраски частиц дыма. Для темно-окрашенных дымов уменьшение мощности инфракрасного импульса меняет соотношение между поглощенной и рассеиваемой составляющими не в пользу последней. В отсутствие обязательных требований по проведению огневых испытаний дымовых извещателей при их сертификации такие недостатки выявить будет практически невозможно.

Техническое обслуживание

Теперь поговорим о самом важном декларируемом преимуществе извещателей с компенсацией запыленности, а именно о том, что для них обязательно регулярное проведение периодического технического обслуживания в виде очистки от пыли и грязи. Считается, что данную операцию необходимо проводить только при получении сигнала о достижении предельного значения компенсации. Это ошибка, так как в извещателе, помимо оптической системы, есть еще один элемент конструкции, при запылении которого существенно снижается (вплоть до полной потери) обнаружительная способность. Этим элементом является сетка, защищающая чувствительную зону оптической системы от проникновения насекомых. Для эффективной защиты ячейка такой сетки должна иметь очень маленькие размеры, поэтому при наличии одновременно идущих процессов загрязнения (сетка становится «липкой») и запыления (пыль «залипает» на сетке) пропускающая способность сетки также постепенно снижается. Учитывая, что при постоянной величине интенсивности запыления сетки интенсивность запыления оптической системы постепенно снижается (из-за уменьшения пропускающей способности сетки), очень вероятна ситуация, когда проникновение пыли, а равно и дыма, в оптическую систему будет невозможно. Если при этом компенсация запыленности не успеет достигнуть предельного значения, извещатель, не выдавая информации о необходимости технического обслуживания, не сможет также обеспечить своевременного обнаружения очага пожара. Поэтому провозглашение тезиса об отмене периодического технического обслуживания извещателей с функцией компенсации запыленности является и явной некомпетентностью или умышленным обманом.

Алгоритм с изменяемым приращением



На соотношение интенсивностей запыления сетки и оптической системы влияют не только условия эксплуатации, но и конструкция извещателей. Оптические системы с элементами пылеуловителей, естественно, будут запыляться медленнее, чем обычная конструкция. Сетки запыляются медленнее, если они обладают антистатическими свойствами (металлические, заземленные), тогда как сетки, способные накапливать статический заряд (из синтетических материалов), дополнительно притянут к себе изначально летящие мимо извещателя частицы пыли.

В заключение хотелось бы тезисно выделить главные моменты.

Введение функции компенсации запыленности в пороговые безадресные извещатели, несомненно, является существенным шагом по повышению их технического уровня. При этом с целью недопущения дискредитации прогрессивного нововведения непродуманными и популистскими подходами в его практической реализации необходимо:

1. Отказаться от декларирования применяемых алгоритмов как полной компенсации чувствительности при запылении и загрязнении оптической системы, а рассматривать их как существенный шаг по повышению стабильности основного параметра — чувствительности — в процессе эксплуатации.
2. Ни коим образом не рассматривать наличие функции компенсации запыленности как повод для отказа от периодического технического обслуживания в виде очистки извещателя (оптической системы и сетки) от пыли и грязи.
3. Для недопущения снижения тактико-технических характеристик пороговых безадресных систем пожарной сигнализации в нормативные документы на оптико-электронные дымовые пожарные извещатели целесообразно внести требования:
 - а) по обеспечению обнаружения медленно-развивающихся пожаров;
 - б) по тактике работы извещателя при достижении предельных значений компенсации;
 - в) по запрещению формирования пороговым безадресным извещателем сигнала «Неисправность» в виде нарушения целостности шлейфа, приводящего к блокировке приема сигналов «Пожар» от других извещателей данного шлейфа.

Комбинированный алгоритм компенсации

