

Контроллер лазерного дымового пожарного извещателя с частотной фильтрацией сигнала

Ю.Ф. Адамов, Н.М. Горшкова, А.Г. Сибатуллин, О.А. Сомов

Учреждение Российской академии наук
Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН, ArtSib@ippm.ru

Аннотация — В статье рассматриваются основные типы линейных дымовых пожарных извещателей, принципы их функционирования. Представлены преимущества однокомпонентного лазерного пожарного извещателя. Дан пример практической реализации контроллера лазерного дымового пожарного извещателя с частотной фильтрацией сигнала.

Ключевые слова — контроллер, дымовой пожарный извещатель, оптоэлектронный датчик, частотная фильтрация сигнала.

I. ВВЕДЕНИЕ

Основными компонентами систем пожарной сигнализации для помещений являются пожарные извещатели с различными типами обнаружения возгораний. Использование большого количества различных электронных компонент на плате устройства не технологично и экономически невыгодно. Объём рынка пожарных извещателей в России составляет около нескольких миллионов штук в год. В некоторых извещателях применяются зарубежные микросхемы, заменяющие большинство электронных компонент. Оптоэлектронные дымовые извещатели являются одним из наиболее распространённых их типов [1].

II. ТИПЫ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

A. Линейные пожарные извещатели

Зачастую, наиболее эффективным является использование точечных дымовых пожарных извещателей. Однако, иногда их применение либо затруднено, либо просто невозможно.

В таких случаях, наиболее интересным представляется применение линейных тепловых пожарных извещателей. Это обусловлено тем, что линейное детектирование даёт существенные преимущества для использования в помещениях с затруднённым доступом, с повышенными запылённостью или другими видами загрязнений. Кроме того, линейные пожарные извещатели могут применяться на промышленных, транспортных объектах или объектах коммунального хо-

зяйства, там, где используются протяжённые кабельные сети, например, конвейерах или транспортировочных лентах и т. д. [5].

Первыми линейными пожарными извещателями являлись извещатели распределённые по всей длине объекта. Они формировали предупредительный или аварийный сигнал при нагреве воздушной среды до температуры, соответствующей плавлению изоляции металлических жил термокабеля.

B. Двухкомпонентные лазерные линейные пожарные извещатели

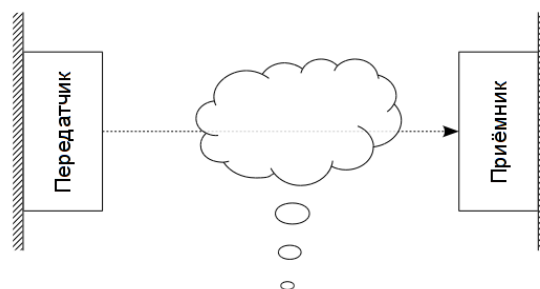


Рис. 1. Двухкомпонентный лазерный дымовой пожарный извещатель

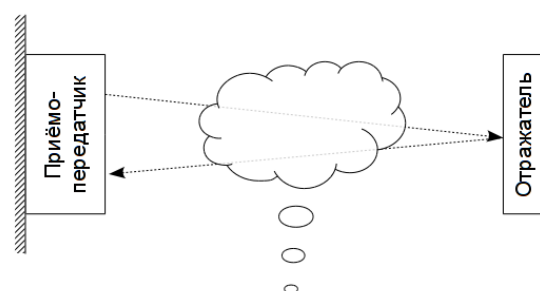


Рис. 2. Однокомпонентный лазерный дымовой пожарный извещатель

Кроме распределённых линейных пожарных извещателей, в последние годы всё более востребованными становятся оптоэлектронные (лазерные) линейные дымовые извещатели.

В настоящее время существует несколько типов линейных дымовых пожарных извещателей.

Линейные дымовые извещатели можно разделить на два крупных класса: двухкомпонентные (рис. 1), состоящие из отдельных блоков — приёмника и передатчика, и современные однокомпонентные (рис. 2) — один блок приёмопередатчика с пассивным отражателем. Построение линейного извещателя определяет требования к техническим характеристикам компонент, их конструкции и размещению.

На данный момент наиболее распространены двухкомпонентные линейные пожарные извещатели (рис. 1). Они состоят из передатчика и приёмника, которые размещаются на противоположных сторонах контролируемого помещения. Принцип работы такой системы следующий: приёмник принимает сигнал с передатчика, сравнивает его уровень с величиной, соответствующей чистой среде и, основываясь на этих данных, принимает решение о наличии дыма. Появление дыма в пространстве между приёмником и передатчиком приводит к существенному ослаблению сигнала. В случае отсутствия или значительного ослабления принимаемого приёмником сигнала по сравнению с исходным на передатчике, алгоритмический блок принимает решение о формировании сигнала *Пожар*.

Для двухкомпонентного извещателя крайне необходимо обеспечить стабильный уровень сигнала передатчика во всем диапазоне рабочих температур и напряжений питания. Это требование вызвано тем, что при существенном ослаблении сигнала, передатчик может сформировать ложный сигнала *Пожар*. Приёмник сигнала должен обеспечивать хранение значения уровня опорного сигнала в энергонезависимой памяти, а также проводить корректировку порога сра-

батывания при запылении оптики в процессе эксплуатации.

Кроме того, для увеличения энергетического потенциала, в приёмнике и передатчике используются оптические системы, обеспечивающие достаточно узкие диаграммы направленности. Такое построение определяет сложность настройки и эксплуатации двухкомпонентных линейных дымовых извещателей. Для обеспечения работоспособности необходимо проведение достаточно трудоёмкой юстировки, при которой устанавливается положение приёмника и передатчика, соответствующее приёму максимума сигнала. Изменение положения приёмника или передатчика в процессе эксплуатации приводит к отклонению диаграммы направленности, снижению уровня сигнала и формированию ложного сигнала *Пожар*, который не сбрасывается без переустановки извещателя. Форму диаграммы направленности необходимо выбирать таким образом, чтобы незначительное смещение опорных конструкций не нарушало работоспособность линейного извещателя.

Для обеспечения работы двухкомпонентных извещателей при различных дальностях обычно требуется использование нескольких уровней сигнала передатчика и регулировка усиления приёмника, что создает дополнительные трудности при настройке и юстировке. Другой существенный недостаток — необходимость подключения и передатчика и приёмника к источнику питания — это значительный расход кабеля, обычно превышающий расстояние между приёмником и передатчиком. Кроме того, при установке в одном помещении параллельно нескольких линейных извещателей, необходимо исключить попадание на приёмник сигналов от соседних передатчиков.

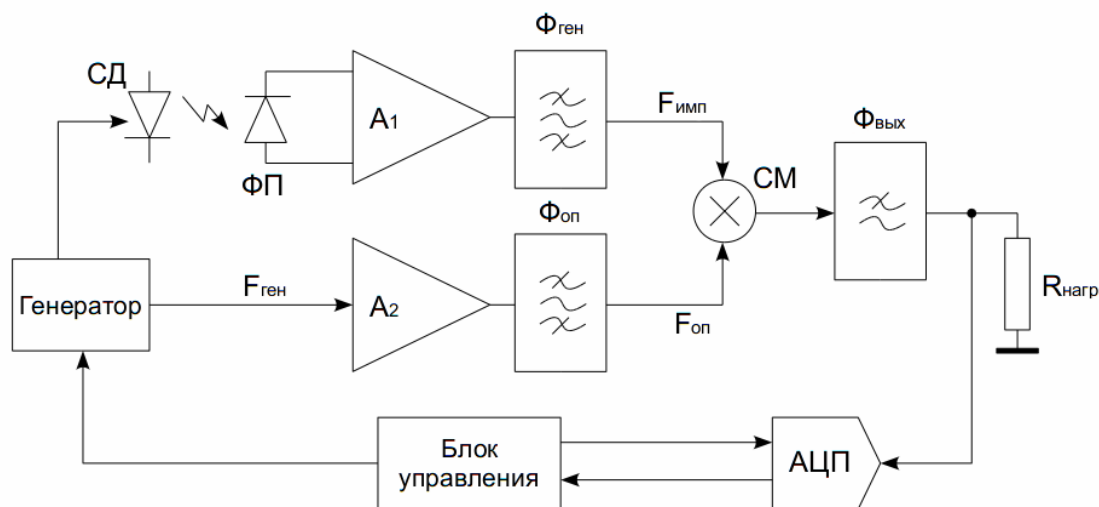


Рис. 3. Структурная схема приёмопередатчика однокомпонентного лазерного дымового пожарного извещателя

В. Преимущества однокомпонентных линейных пожарных извещателей

В подавляющем большинстве, все перечисленные недостатки двухкомпонентных дымовых линейных извещателей отсутствуют у однокомпонентных, в которых приемник и передатчик размещены в одном блоке, а на противоположной стороне располагается пассивный отражатель не требующий питания (рис. 2). Он состоит из большого числа призм, структура которых обеспечивает отражение сигнала в направлении источника. Подобная конструкция используется в автомобильных катафотах. Таким образом, отражатель не требует не только питания, но и юстировки. Соответственно, в несколько раз сокращается расход кабеля, трудоемкость монтажа и юстировки.

III. РЕАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ БЛОКОВ ЛАЗЕРНЫХ ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

А. Контроллер лазерного линейного дымового пожарного извещателя

Основной проблемой при разработке приёмопередатчика однокомпонентного лазерного пожарного датчика является детектирование и фильтрация полезного сигнала. Рассеяние луча в среде приводит к значительному ослаблению информационной части принятого сигнала. Основной задачей аналоговой части контроллера датчика является детектирование сигнала, фильтрация его полезной составляющей и её усиление.

На рис. 3 представлена упрощённая структурная схема разработанного приёмопередатчика лазерного линейного дымового пожарного извещателя. Контроллер состоит из следующих блоков: источник сигнала (*СД*), фотоприёмное устройство (*ФП*), усилители (*A₁* и *A₂*), полосовые фильтры (*Ф_{ген}* и *Ф_{оп}*), синхронный детектор (*СМ*), фильтр высоких частот (*Ф_{вых}*), аналого-цифровой преобразователь (*АЦП*), Генератор тактовых импульсов и Блок управления.

На фотоприёмные устройства воздействуют не только сигналы передатчика (импульсного лазера), но и внешнее освещение (солнце, прожектор, лампы искусственного освещения). Спектры излучения источников перекрываются и разделить их оптическими средствами нельзя. Мощность фонового освещения многократно превышает мощность сигнала (до 10^4 раз). Сигнал на выходе фотоприемника содержит две составляющих: низкочастотную от фоновых источников излучения и высокочастотную от источника информации [3].

При детектировании и усилении полезного сигнала необходимо произвести фильтрацию низкочастотной составляющей. Для этого предложена реализация

входного тракта контроллера представленная на рис. 3. Параллельно информационному сигналу, прошедшему через контролируемую среду и поступившему на фотоприёмник, по аналогичному тракту, через аттенуатор проходит опорный сигнал. Тракт усиления и фильтрации включает в себя несколько каскадов усиления и фильтрации — операционный усилитель с отрицательной обратной связью и низким входным сопротивлением *A₁*, полосовой фильтр *Ф_{ген}* для информационного сигнала, операционный усилитель с аттенуатором *A₂*, аналогичный *A₁*, и полосовой фильтр *Ф_{оп}* для опорного сигнала. Для компенсации постоянной составляющей, оба этих сигнала подаются на синхродетектор *СМ* с последующей фильтрацией нежелательных высокочастотных спектральных составляющих. Далее производится аналого-цифровое преобразование сигнала с помощью *АЦП* и выдается на выход для дальнейшей обработки. Основываясь на выходном коде *АЦП* и определённом алгоритме, Блок управления вырабатывает управляющие импульсы для генератора модулированного сигнала и самого *АЦП*.

Б. Усилитель сигналов фотоприемников, совмещенный с фильтром верхних частот, для систем оптической связи

Выходной сигнал операционного усилителя можно значительно усилить по мощности, но не по напряжению, так как низкочастотная фоновая составляющая и так уже велика, а напряжение выходного сигнала ограничено напряжением электропитания. Фонового сигнала также содержит переменные составляющие с частотами до 1 кГц.

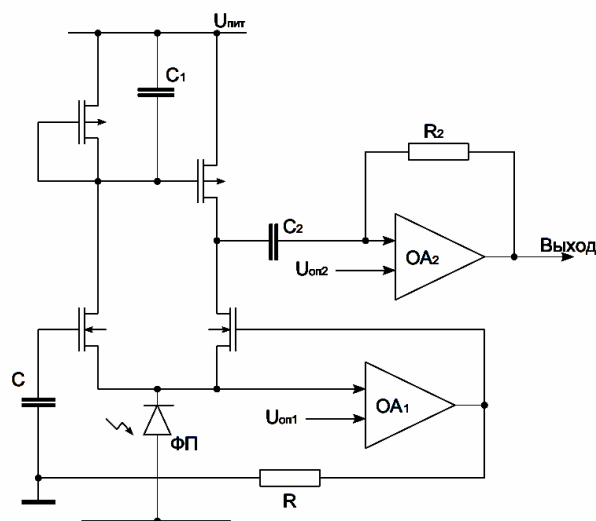


Рис. 4. Усилитель сигналов фотоприемников, совмещенный с фильтром верхних частот

Разделение частотных составляющих простым фильтром верхних частот затруднительно, так как со-

отношение мощностей фонового и полезного сигналов больше соотношения частот.

Предложенный фильтр включает два канала усиления тока фотоприемника с равными коэффициентами усиления и разными направлениями выходного тока. В одном из каналов, в цепи обратной связи включен фильтр нижних частот, ослабляющий полезную составляющую сигнала, рис. 4. Разнонаправленные токи складываются в нагрузке, причем, низкочастотная составляющая уменьшается многократно, а высокочастотная незначительно.

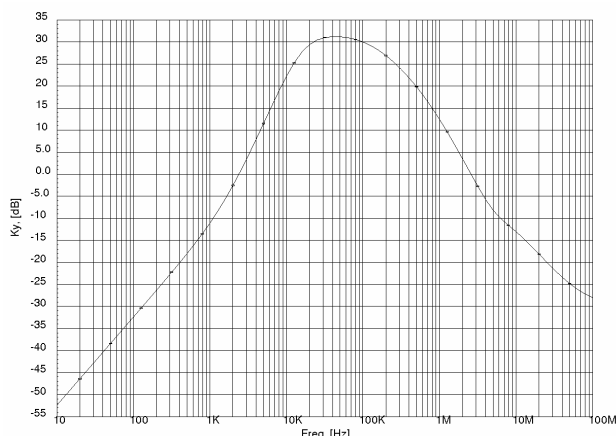


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика операционного усилителя, совмещенный с фильтром верхних частот

Технический результат достигается за счет того, что ёмкость конденсатора в RC -фильтре, для уменьшения высокочастотного сигнала, требуются меньшей величины, чем в фильтре, для выделения высокочастотного сигнала на фоне мощных низкочастотных помех. Размеры конденсаторов в RC -фильтрах определяют площадь всего аналогового блока. Дальнейшая фильтрация и усиление информационного сигнала уже не представляют серьезных проблем. Амплитудно-частотная характеристика усилителя приведена на рис. 5. Схема построена на основе унифицированных блоков операционных усилителей. Для изменения частотных характеристик фильтра достаточно поменять ёмкости интегрированных конденсаторов. Усиление в необходимом диапазоне частот (80 КГц) составляет около 32 дБ, ослабление низкочастотных составляющих — менее -10 дБ. Для света ламп искусственного освещения ослабление составляет -30 дБ (на частоте 100 Гц).

При реализации по типовому технологическому процессу КМОП 180 нм площадь блока усилителя составляет около 330×470 мкм² [4].

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зачастую, себестоимость интегральных схем контроллеров пожарных извещателей определяется затратами на подготовку производства. Снижение доли этих затрат в себестоимости микросхем возможно только за счёт увеличения объёмов выпуска. Расширение функций микросхем позволяет сократить номенклатуру продукции, увеличить объём выпуска каждого типа и сократить затраты на подготовку производства [2].

Большая часть площади кристалла контроллера занята чувствительными элементами, аналоговыми блоками, блоками ввода-вывода информации. Цифровая часть занимает 10-25 % площади. Параметры чувствительности определяются аналоговой частью, а функции обработки — цифровой. Для дальнейшего расширения функциональных возможностей линейных дымовых пожарных детекторов необходимо усложнение алгоритмов, реализуемых цифровой частью микросхемы [6].

В работе представлены основные типы линейных дымовых пожарных извещателей, принципы их функционирования. Представлены преимущества однокомпонентного лазерного пожарного извещателя. Дан пример практической реализации контроллера лазерного дымового пожарного извещателя с частотной фильтрацией сигнала. Его структурная схема приведена на рис. 3. Проектирование выполнено для типового технологического маршрута КМОП 180 нм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сборник трудов 7-й международной специализированной выставки «Пожарная безопасность XXI века» и 6-й международной специализированной выставки «Охранная и пожарная автоматика» (Комплексные системы безопасности). — М.: Эксподизайн-Холдинг, ПожКнига, 2008.
- [2] Адамов Д.Ю., Матвеев О.С. Новые технологии для контроллеров интеллектуальных датчиков // Датчики и системы. — 2009. — № 9. — С. 50-51.
- [3] Матвеев О.С. Особенности проектирования интеллектуальных датчиков // Труды 51-й научной конференции МФТИ. Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук. — 2008. — С. 172-174.
- [4] Матвеев О.С., Сибатуллин А.Г. Высокоинтегрированная интегральная микросхема контроллера оптоэлектронного дымового пожарного извещателя для систем пожарной безопасности // Труды 52-й научной конференции МФТИ. Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук. — 2009. — С. 176-178.
- [5] Р. Джексон. Новейшие датчики. — М.: Техносфера, 2007 — 384 с.
- [6] Адамов Ю.Ф., Куликов К.Е., Куцов А.С., Сибатуллин А.Г. Дымовой оптико-электронный пожарный извещатель. Патент Российской Федерации на изобретение № 2356097 по заявке № 2008112088 от 20 мая 2009.