

Устойчивость систем пожарной сигнализации к электромагнитным помехам

С.Б. Макаров

Заведующий кафедрой радиоэлектронных средств защиты информации СПбГПУ, профессор, д.т.н., лауреат премий правительства Санкт-Петербурга и Правительства РФ в области науки и техники

В статье рассматриваются классификация и характеристики источников электромагнитных помех. Приведены механизмы влияния помех на компоненты систем пожарной сигнализации. Сделан вывод о том, что беспроводные системы пожарной безопасности более устойчивы к электромагнитному «мусору»

Федеральный закон № 123 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" и соответствующие нормативные документы, которые вступают в силу 1 мая 2009 г., значительно изменят подходы к обеспечению пожарной безопасности в России.

Одно из фундаментальных изменений - обязательное применение на целом ряде объектов систем автоматического вызова сил реагирования МЧС. Такие системы без участия персонала на объекте, а значит и без задержек, будут сообщать в пожарную службу о возникновении пожара. Это позволит профессионалам как можно раньше приступить к эвакуации людей и тушению пожара.

Очевидно, что требования к надежности (в том числе помехоустойчивости) объектовых систем пожарной сигнализации должны быть повышены: цена ошибки из-за ложной тревоги станет слишком высокой.

В 80% случаев ложные тревоги регистрируются не из-за отказа оборудования, а из-за недостаточной его устойчивости к электромагнитным помехам (от ламп дневного света, перепадов напряжения в электросети и т.д.). Это подтверждают результаты исследований сотрудников возглавляемой мной кафедры "Радиоэлектронные средства защиты информации" Политехнического университета, анализ российской и зарубежной статистики [1, 2].

Определение помехоустойчивости системы пожарной сигнализации можно сформулировать как способность системы функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на систему непреднамеренных электромагнитных помех.

К проблеме помехозащищенности систем пожарной безопасности следует относиться с максимальным вниманием, поскольку неправильный выбор схемы подключения, разводки кабелей, системы заземления и экранирования могут свести на нет достоинства дорогой и, казалось бы, крайне надежной системы. В то же

время правильное понимание описанных проблем позволит в ряде случаев достичь хороших результатов с применением относительно недорогого оборудования.

Источники помех

Перенаселенность городов, внедрение новых телекоммуникационных технологий, вынужденное размещение мощных электроустановок вблизи деловых и жилых центров приводит к электромагнитной "зашумленности" окружающей нас среды.

Не стоит забывать и про природные источники помех. На Земле одновременно образуются до 2000 гроз, вызывая 100 разрядов молний каждую секунду. В среднем в Европе число грозовых дней в году составляет от 15 до 35, а число ударов молний, приходящихся на один квадратный километр площади, за год равно от 1 (в северных районах) до 5 (в южных).

Таким образом, в качестве электромагнитной помехи (ЭМП) может фигурировать практически любое электромагнитное явление в широчайшем диапазоне частот, амплитуд и длительности (см. таблицу).

Параметры электромагнитных помех (ЭМП)

Параметр ЭМП	Значения
Частота	0 – 10 000 МГц
Максимальное значение напряжения	10 мкВ – 1 000 000 В
Максимальное значение тока	0,001 мкА – 100 000 А
Напряженность электрического поля	0 – 100 000 В/м
Длительность импульса	0,01 мкс – 10 с
Энергия импульса	0,001 мкДж – 1000 МДж

Обращаем ваше внимание на то, что в реальных условиях на месте расположения компонентов систем пожарной сигнализации предсказать заранее, какой будет помеховая обстановка на объекте, практически невозможно.

Классификация помех

Существует множество признаков, по которым можно классифицировать электромагнитные помехи:

- естественные (гроза) и искусственные (лампа дневного света);
- узкополосные и широкополосные;
- низкочастотные и высокочастотные.

Но наиболее интересной для рассмотрения влияния электромагнитных помех на системы пожарной сигнализации является следующая систематизация:

- индуктивные: ЭМП, влияющие на систему сигнализации через электромагнитное поле (рис.1);

- кондуктивные: ЭМП, влияющие на систему сигнализации через гальванические связи (рис. 2).



Рис. 1. Индуктивная помеха создается под действием внешнего электромагнитного поля

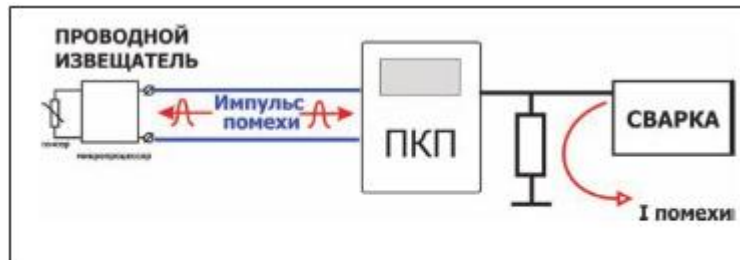


Рис. 2. Кондуктивная помеха создается при протекании тока помехи через общее для ПКП и, например, сварочный аппарат сопротивление заземления

Особенно опасны те составляющие спектра помехи, которые лежат в одной полосе частот с истинными сигналами. Обычно такие составляющие беспрепятственно пропускаются входными фильтрами и далее обрабатываются так же, как если бы они были полезными сигналами.

Сравнительно низкочастотные составляющие спектра помехи, лежащие вне рабочей полосы частот, обычно воздействуют на ближайшие к входам схемные элементы. В грамотно спроектированной аппаратуре ими оказываются фильтры и специальные устройства ограничения перенапряжений (разрядники, варисторы и т.п.).

В этом случае основной угрозой является возможность физического повреждения этих элементов.

Высокочастотные составляющие спектра помехи вне рабочей полосы частот отличаются способностью "обходить" защитные элементы и проникать глубоко внутрь аппаратуры, благодаря наличию паразитных индуктивных и емкостных связей. Особенно опасно воздействие данных помех на элементы внутренних цифровых схем аппаратуры. Поскольку обмен данными по внутренним системным шинам часто производится без использования протоколов с обнаружением и коррекцией ошибок, искажение только одного бита информации уже способно полностью блокировать работу системы.

Влияние помех на систему пожарной сигнализации

Рассмотрим механизмы влияния электромагнитных помех на извещатели и приемно-контрольные приборы систем пожарной безопасности. Деление помех на индуктивные и кондуктивные является условным, так как в реальности протекает единый электромагнитный процесс, затрагивающий проводящую и непроводящую среду. Тем не менее нам полезно помнить о подобной классификации для определения возможных мероприятий по повышению электромагнитной устойчивости

Приемно-контрольные приборы. Очевидно, что приборы, которые буквально опутаны проводами (цепи питания, сигнальные линии, исполнительные выходы и т.д.), являются "легкой добычей" для широчайшего спектра помех.



Рис. 3. Воздействие электромагнитных помех на приемно-контрольный прибор (ПКП)

В следующем разделе будет подробно показано, что чувствительность прибора к помехам определяется длиной проводников, которые к нему подключены. Исходя из сказанного, самого пристального внимания заслуживает пара контрольный прибор - шлейф сигнализации, так как именно шлейфы сигнализации являются одними из самых длинных проводников в системах безопасности.

Каковы причины регистрации ложных тревог?

Разберемся, что мы имеем: длинный шлейф (или шлейфы) сигнализации и высокое входное сопротивление приемно-контрольного прибора (рис. 3). Результат - идеальная "ловушка" (а для тех, кто интересовался радиотехникой в детстве, - детекторный радиоприемник) не только естественных, но и промышленных помех, а именно:

- перекрестных наводок между шлейфами сигнализации;
- паразитных наводок по цепям питания и заземления;
- наводок от внешних электромагнитных полей.

Извещатели. В большинстве применений шлейфы сигнализации, к которым подключены пожарные извещатели, обеспечивают не только передачу сигналов, но и их питание. Наведенная помеха может влиять как на входную, так и на выходную цепь извещателей (рис. 4).

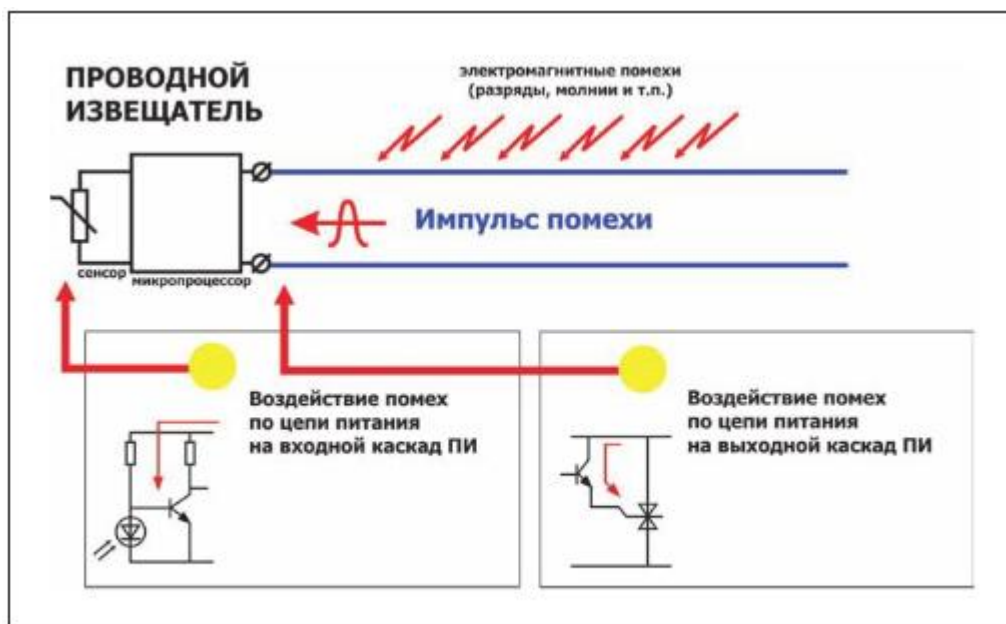


Рис. 4. Воздействие электромагнитных помех на извещатель

Известно, что наиболее уязвимой для помех частью любого пожарного извещателя является входной (фотодиодный) каскад: небольшой сигнал от вспышки светодиода, вы-сокоомный вход и значительный коэффициент усиления. Рано или поздно ложный сигнал от наведенной электромагнитной помехи воспринимается извещателем как истинный. Причем ни применение экранирования металлом, ни использование микропроцессорных алгоритмов или специализированных микросхем не дают 100%-ного результата.

Методы повышения электромагнитной устойчивости, которые приводятся в специализированной литературе, можно разделить на три группы:

- подавление источника помех;
- разделение во времени режимов появления помехи и функционирования чувствительного элемента;
- подавление или ослабление помех в тракте распространения.

Любая электромагнитная помеха действует на проводные системы пожарной безопасности в 1000 раз сильнее, чем на беспроводные

Специалистам в области систем безопасности ясно, что более или менее выполнимым является лишь последний пункт.

Однако даже применение:

- разделения информационных и силовых цепей;
- организации экранирования;
- протоколов с коррекцией ошибок

не исключает вероятности появления ложной тревоги из-за ошибки пожарного извещателя, который однажды поймает импульс помехи со шлейфа сигнализации.

Помехоустойчивость проводных и беспроводных систем

Как уже было сказано выше, электромагнитные помехи можно разделить на две группы: кондуктивные и индуктивные.

Очевидно, что кондуктивные помехи, распространяющиеся по проводникам, в большей степени влияют на проводные системы пожарной сигнализации.

Для анализа влияния индуктивных помех на проводные и беспроводные системы пожарной сигнализации вернемся к теории. Причиной воздействия являются электромагнитные волны, излучаемые токовым контуром и распространяющиеся в окружающем пространстве со скоростью света $c = 300\,000$ км/с. Между длиной волны λ и частотой f существует известная связь:

$$\lambda = c/f.$$

Напряженность электрического поля помехи $E_{\text{помехи}}$ на расстоянии x (при $x > \lambda/2\pi$, когда соблюдаются условия дальнего поля) от источника помехи мощностью P может быть определена из следующего соотношения:

$$E_{\text{помехи}} = \frac{1}{x} 0,3\sqrt{P}.$$

При воздействии электромагнитной волны на проводники пожарной сигнализации (шлейфы, цепи питания и т.д.) вследствие антенного эффекта возникают высокочастотные наводки, непосредственно или косвенно являющиеся помехами. Приблизительно индуктируемое в проводнике напряжение помехи $U_{\text{помехи}}$ рассчитывается [2]:

$$U_{\text{помехи}} = E_{\text{помехи}}L,$$

где: L - эффективная длина антенны-проводника.

Анализ источников помех, механизмов влияния помех на устройства пожарной сигнализации и возможных методов борьбы с ними показывает, что выходом из замкнутого круга является использование каналов связи, имеющих

большую (по сравнению с традиционными проводными) устойчивость к электромагнитным помехам.



Рис. 6. Помехи для беспроводного извещателя. L – длина антенны

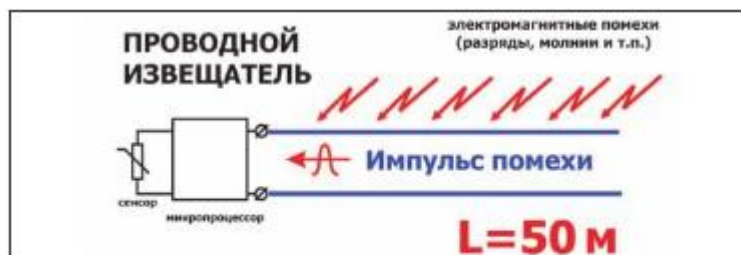


Рис. 5. Помехи для проводного извещателя. L – длина шлейфа сигнализации

Оценки, приведенные выше, показывают, что "иммунитет" системы пожарной сигнализации тем выше, чем короче проводники, подключенные к извещателям и приемно-контрольным приборам. На рис. 5, 6 приведено образное сравнение устойчивости проводного и беспроводного извещателя. Для проводных систем длина проводника L - это длина шлейфа сигнализации, для беспроводных - длина антенны.

$$U_{\text{помехи}} = E_{\text{помехи}} L,$$

Используя формулу , можно оценить устойчивость проводных и беспроводных систем:

$$U_{\text{провод}} / U_{\text{радио}} = (50 \times E_{\text{помехи}}) / (0,05 \times E_{\text{помехи}}) = 1000,$$

Другими словами, любая электромагнитная помеха действует на проводные системы пожарной безопасности в 1000 раз сильнее, чем на беспроводные.

Парадоксальный вывод? Тем не менее предлагаю обратить внимание на такую характеристику приборов, как "степень жесткости по устойчивости к электромагнитным колебаниям". Там, где проводные системы едва обеспечивают II степень, современные беспроводные с легкостью обеспечивают IV степень. Антенны намного короче, соответственно и устойчивость к помехам у них значительно выше.

Выводы

Подводя итоги, можно сказать, что помехоустойчивость систем пожарной безопасности:

- тем выше, чем короче общая длина проводных линий,
- беспроводные системы безопасности более устойчивы к электромагнитным помехам, чем проводные.

Библиографические ссылки

1. Letts J. B. False Fire Alarms. A partnership approach for resolving problems // The proceedings of XIII International conference on Automatic fire detection, Duisburg, Germany, 2004. - 373 p.
2. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике: Пер. с нем./ И.П. Кужекин; Под ред. Б.К. Максимова.- М. Энергоатомиздат, 1995.-304 с.