

Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели.

Основные схемные решения. Часть 1.2. Блок-схемы

Продолжая тему, начало которой было положено в [1], необходимо отметить, что амплитудное детектирование сигнала на выходе усилителя фото-ЭДС является необходимым, но не достаточным условием достоверного выявления задымленности пространства с заданной удельной оптической плотностью воздуха. В условиях работы со значительным уровнем электромагнитных помех амплитуда импульсов регулярной помехи на выходе усилителя может превышать пороговое значение напряжения переключения компаратора. Тогда возможен ложный переход извещателя в состояние пожарной тревоги даже при чистом воздухе.

Улучшить работу извещателя в условиях электромагнитных помех может принцип синхронного детектирования. В радиотехнике синхронное детектирование используется не один десяток лет. Синхронное детектирование основано на операции умножения гармонических высокочастотных сигналов с последующей низкочастотной фильтрацией [2]. Принцип синхронного детектирования сигналов использовался в самых первых дымовых пожарных извещателях отечественного производства, принципиальные схемы которых раскрыты в книге д. т. н. Ф. И. Шаровара [3].

Так в дымовом пожарном извещателе ДИП-1, блок-схема которого представлена на рис. 1, используется одновременно и амплитудный и синхронный детектор 6. Исследуемый сигнал поступает с выхода усилителя 5, а опорный сигнал с резистора R 26, на котором выделяются импульсы тока через ИК светодиод 3.

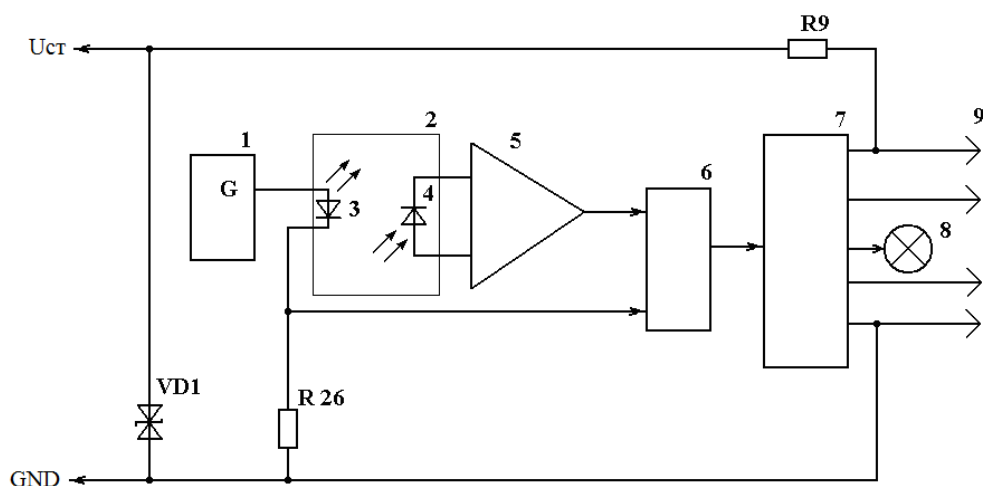


Рис. 1,

- где:
- | | |
|------------------------------|--|
| 1 – генератор импульсов; | 6 – амплитудный и синхронный детектор; |
| 2 – камера дымового сенсора; | 7 – блок выходного каскада; |
| 3 – ИК светодиод; | 8 – индикатор состояния; |
| 4 – фотодиод; | 9 – контакты блока выходного каскада. |
| 5 – усилитель; | |

Обозначение остальных элементов соответствует рис. 2.8 [3]. Электропитание всех функциональных блоков осуществляется от стабилизатора напряжения, выполненного на стабилитроне VD1 и резисторе R9. Блок-схема амплитудного и синхронного детектора 6 представлена на рис. 2.

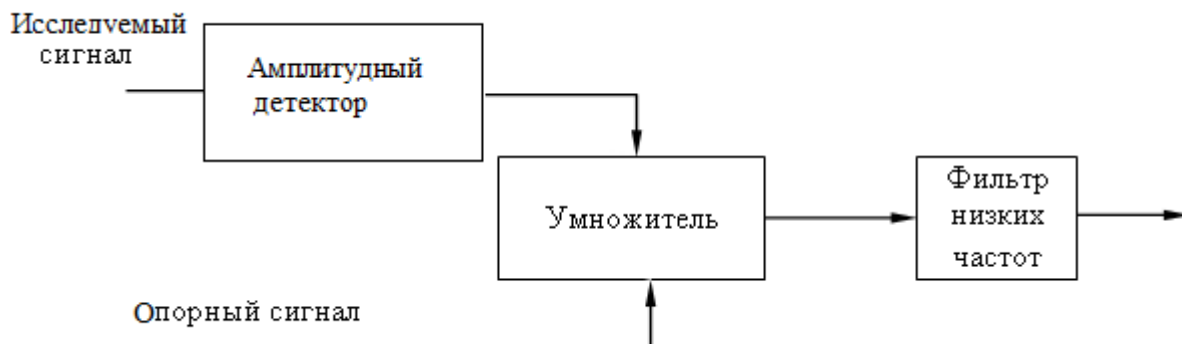


Рис.2

Работа этого узла подробно описана на основе принципиальной схемы в [3] и [4].

Однако при такой схеме обработки сигнала извещатель не имел памяти сработки. Если по каким-то причинам уровень сигнала на выходе усилителя мог уменьшиться, то на выходе низкочастотного фильтра начинало падать напряжение, пока не произойдет переключение блока выходного каскада в исходное состояние. При подключении к одному шлейфу пожарной сигнализации нескольких ДИП-1 нельзя было определить, какой конкретно извещатель подал на прибор приемно-контрольный сигнал пожарной тревоги.

Этот недостаток был устранен в извещателе ДИП-2, блок-схема которого представлена на рис. 3.

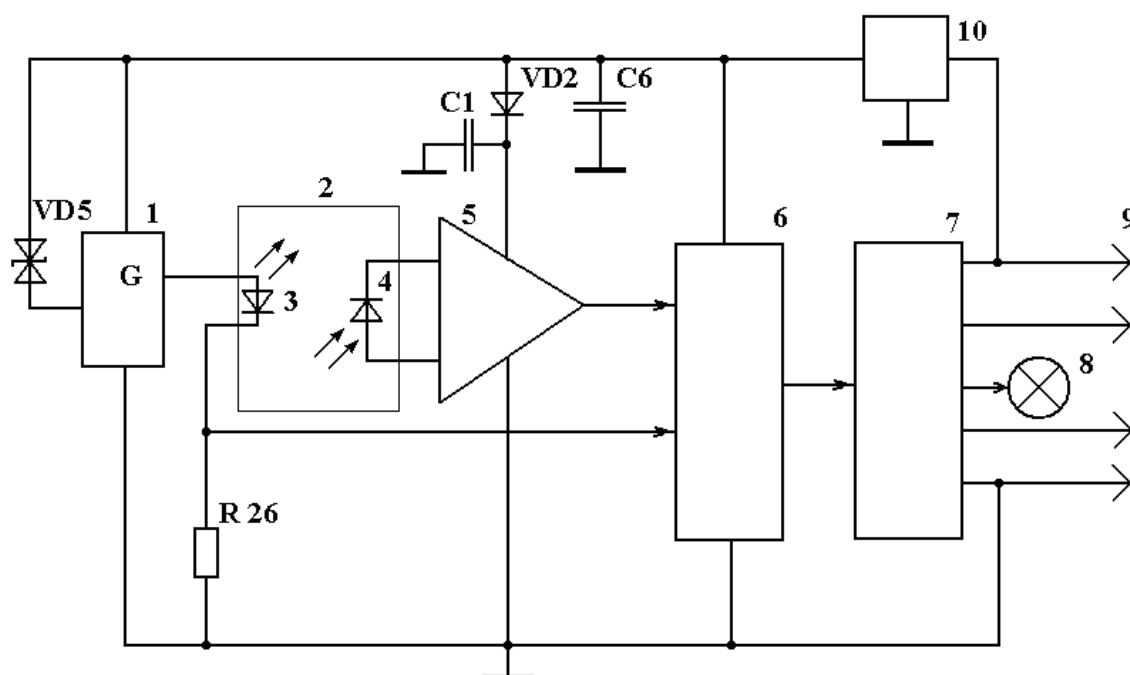


Рис. 3,

где: 1 – генератор импульсов; 6 – амплитудный и синхронный детектор;
 2 – камера дымового сенсора; 7 – блок выходного каскада;
 3 – ИК светодиод; 8 – индикатор состояния;
 4 – фотодиод; 9 – контакты блока выходного каскада;
 5 – усилитель; 10 – ограничитель тока.

Обозначение остальных элементов соответствует рис. 2.13 [3]. Электропитание извещателя уже осуществлялось через ограничитель (стабилизатор) тока на двух транзисторах [5]. Стабилитрон VD5 обеспечивал стабилизацию амплитуды импульсов на выходе генератора. Электропитание усилителя осуществлялось через отдельный выпрямитель на диоде VD2 и конденсаторе C1.

В этом изделии амплитудный и синхронный детектор был выполнен особым образом: к выходу умножителя был подключен не низкочастотный фильтр, а бистабильный элемент (триггер). Блок-схема этого узла представлена на рис. 4.

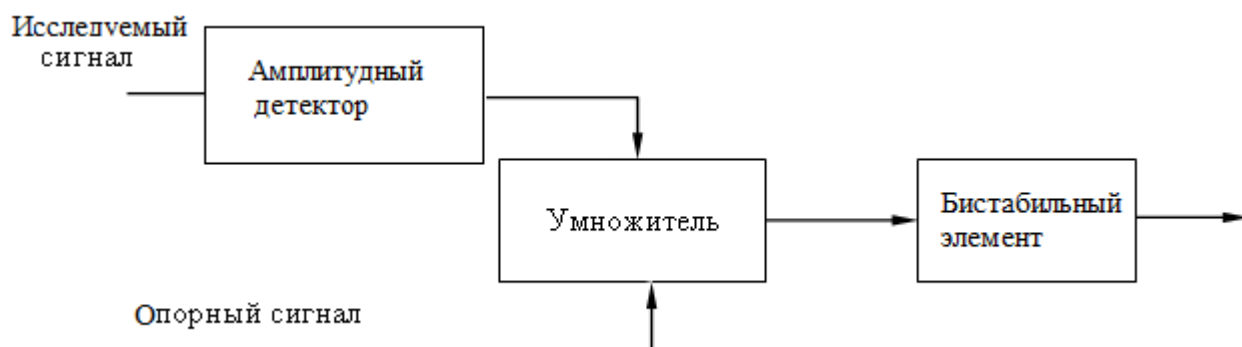


Рис. 4

Именно благодаря использованию бистабильного элемента ДИП-2 сохранял состояние пожарной тревоги даже после прекращения воздействия задымленности пространства, в котором находится извещатель.

В конце 80 годов прошлого века на нескольких предприятиях в разных регионах страны начал производиться пожарный извещатель ИП212-5. Изделие содержало две логические микросхемы K561 ИЕ11 и K561ЛЕ5 и операционный усилитель КР1407 УД2. Схема устройства была приведена в паспорте на это изделие, а также в книге под редакцией к. т. н. В. И. Фомина [6]. Блок-схема этого извещателя представлена на рис. 5.

Работает это устройство следующим образом. При включении питающего напряжения схема сброса устанавливает реверсивный двоичный счетчик в нулевое состояние. По положительным перепадам сигнала на С-входе этого счетчика происходит его переключение в следующее состояние в зависимости от уровня сигнала на его входе ± 1 . При низком уровне сигнала на входе ± 1 счетчик работает в вычитающем режиме. Когда он досчитает до нуля, то сигналом переноса $C0$ заблокируется счетный вход С.

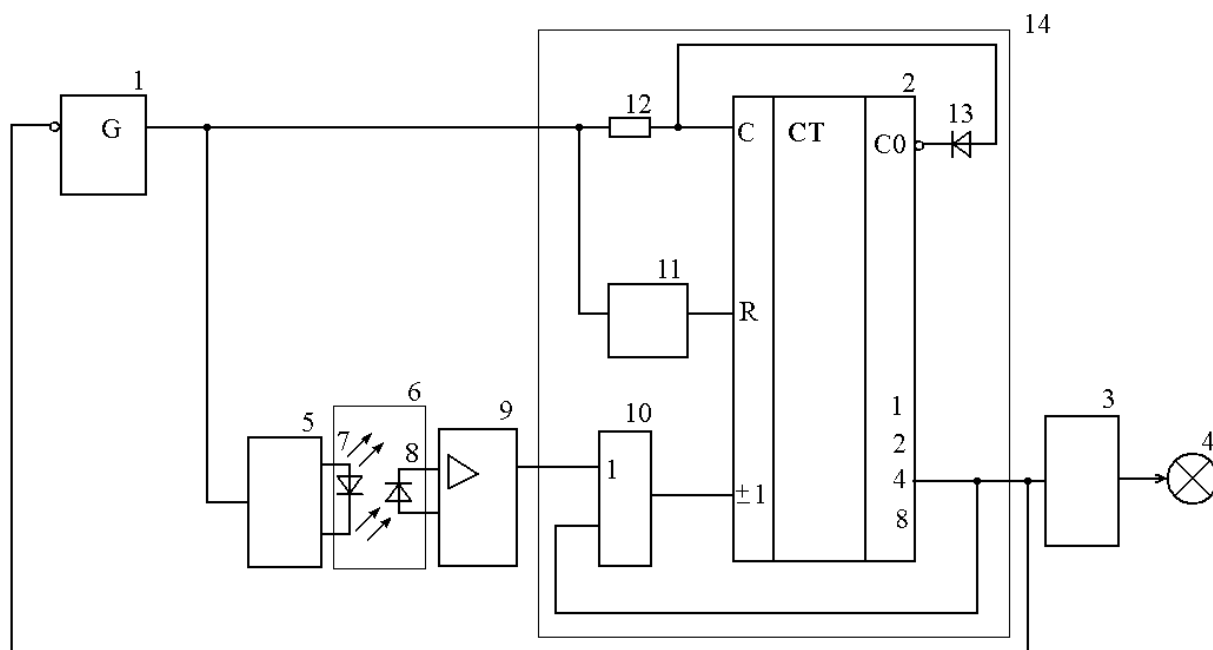


Рис.5

где:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 – генератор импульсов; | 8 - фотодиод; |
| 2 – реверсивный двоичный счетчик; | 9 – усилитель; |
| 3 – блок выходного каскада; | 10 – логический элемент ИЛИ; |
| 4 – индикатор состояния; | 11 – узел сброса; |
| 5 - преобразователь напряжение-ток; | 12 - резистор; |
| 6 - камера дымового сенсора; | 13 – диод; |
| 7 - ИК светодиод; | 14 – амплитудный и синхронный детектор. |

Как только появится уровень логической 1 на входе ± 1 , то сразу же на выходе переноса C0 установится высокий потенциальный уровень сигнала. Реверсивный двоичный счетчик будет считать в прямом направлении. В момент появления логической 1 на выходе 4 становится активным блок выходного каскада и загорается индикатор состояния.

В этом состоянии пожарной тревоги реверсивный двоичный счетчик может находиться достаточно долго, пока отключением питающего напряжения и последующим включением будет осуществлена установка этого счетчика в исходное состояние. В этом изделии перемножение импульсного сигнала опорной частоты входного сигнала будет осуществляться на входах ± 1 и C реверсивного двоичного счетчика. Амплитудное детектирование осуществлялось элементом ИЛИ 10, который был выполнен на транзисторе VT1(см. принципиальную электрическую схему в [6]). Низкочастотную фильтрацию выполнял реверсивный двоичный счетчик. Выход второго разряда реверсивного двоичного счетчика являлся и выходом синхронного детектора. Именно с этого выхода осуществлялось управление

блоком выходного каскада, запрет работы генератора импульсов и запрет дальнейшего счета импульсов самим счетчиком. Таким образом, в извещателе ИП 212-5 образца середины 80 годов синхронный детектор был реализован на реверсивном двоичном счетчике.

В середине 90-х годов была проведена модернизация схемы дымового пожарного извещателя ИП 212-5. Логический автомат ИП212-5М был выполнен на двух логических микросхемах: К561ТЛ2 и К561ИЕ10. Принципиальную электрическую схему этого извещателя можно найти в статье автора [7]. Блок-схема ИП212-5М представлена на рис. 6.

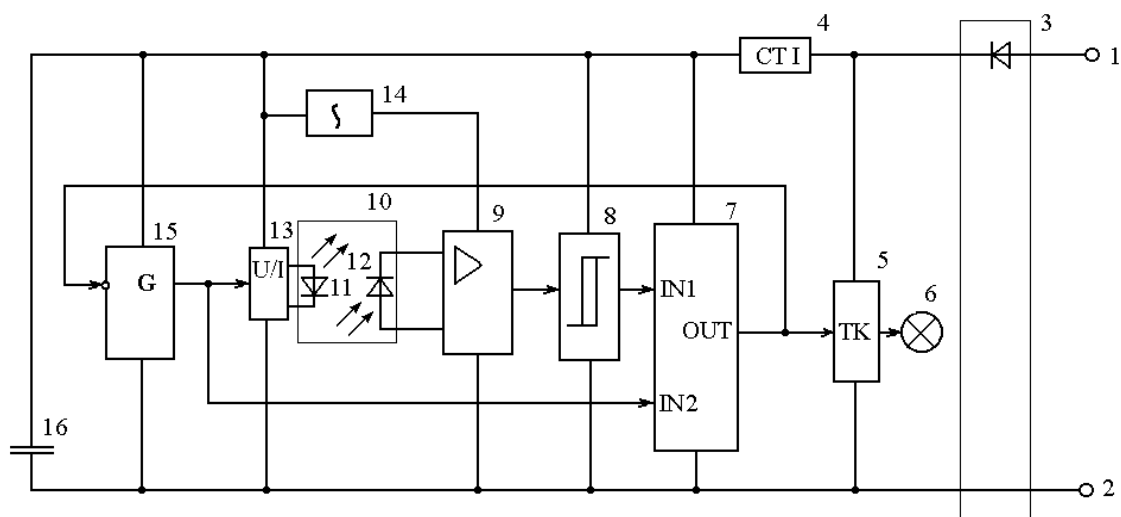


Рис. 6

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| где: 1, 2 – клеммы извещателя; | 9 – усилитель; |
| 3 – выпрямитель; | 10 – камера дымового сенсора; |
| 4 – стабилизатор тока; | 11 – ИК излучатель; |
| 5 – выходной каскад; | 12 – фотоприемник; |
| 6 – индикатор; | 13 – преобразователь напряжение-ток; |
| 7 – синхронный детектор; | 14 – интегратор; |
| 8 – амплитудный детектор; | 15 – генератор; |
| | 16 – конденсатор; |

Фотоприемник, излучатель и блок выходного каскада были выполнены на основе типовых решений. Оригинальным в изделии было построение синхронного детектора. Схема синхронного детектора, который использовался в этом извещателе, приведена на рис. 7. Обозначение элементов на этом рисунке соответствует схеме электрической принципиальной извещателя ИП212-5М. Синхронный детектор содержит:

- интегратор на элементах VD2, R12 и C4;
- узел сброса;
- двоичный счетчик DD2.1;
- два элемента 2И-НЕ DD1.1 и DD1.3.

На первом элементе DD1.1 выполняется функция умножения опорного и исследуемого сигналов, а на двоичном счетчике DD2.1 – функция низкочастотной фильтрации – подсчета количества импульсов. С помощью интегратора осуществлялась задержка переднего фронта тактового импульса генератора, так как из-за низкого быстродействия усилителя импульс на его выходе при задымленности пространства задерживался на несколько десятков микросекунд. При условии логического умножения импульсов опорного частотного сигнала с импульсами, поступающими с выхода усилителя, будут оцениваться только истинные сигналы, вызванные рассеиванием ИК излучения в камере дымового сенсора. Шумовые сигналы, появляющиеся на выходе усилителя фотоприемника в любое другое время периода генератора импульсов, будут всегда сбрасывать двоичный счетчик и он никогда не досчитает до четырех, чтобы стал активным его выход Q2 (OUT).

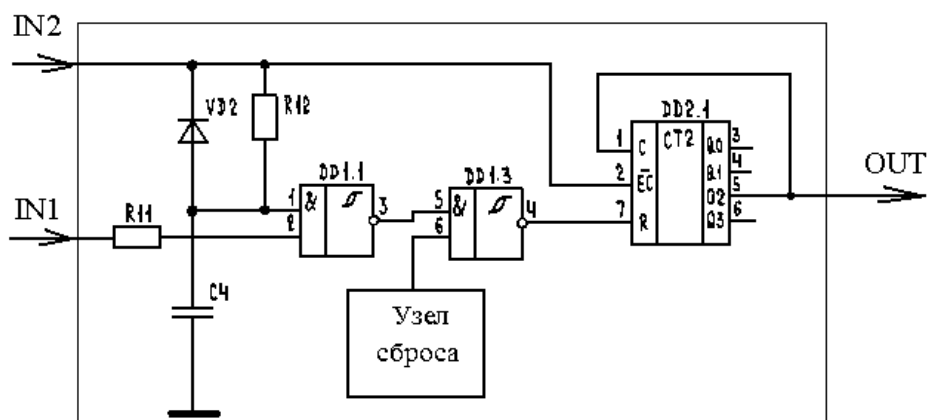


Рис. 7

Появившийся в конце прошлого века на российском рынке компонентов систем пожарной сигнализации дымовой пожарной извещатель ИП 212-41М практически повторял блок-схему извещателя ИП212-5М. Главным отличием было небольшое изменение в схеме синхронного детектора, в котором задержка переднего фронта импульса была заменена дифференцированием заднего фронта импульса генератора. Были изменены только связи между элементами синхронного детектора без добавления и без изъятия каких либо элементов. Схема синхронного детектора, который применялся в извещателе ИП 212-41М, представлена на рис.8. Принципиальная электрическая схема этого извещателя приведена в патенте на изобретение Российской Федерации № 2221278 [8]. Обозначения элементов на схеме синхронного детектора соответствует принципиальной схеме извещателя ИП 212-41М.

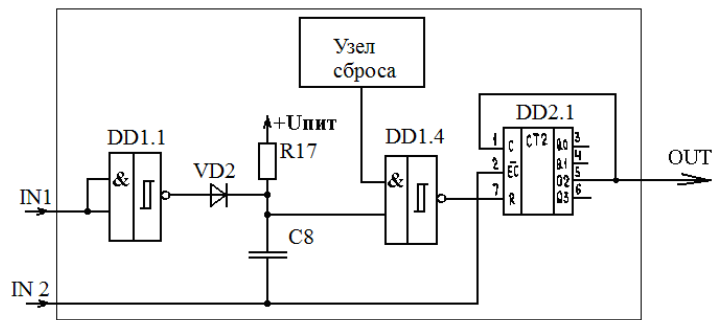


Рис. 8

Так как представленный извещатель содержал малое количество элементов и был одним из самых дешевых пожарных дымовых точечных извещателей, то много запатентованных технических решений использовали ИП 212-41М в качестве прототипа. Так в патентах Украины № 75528 [9] и Российской Федерации № 2273886 [10] на изобретения приведена блок-схема пожарного извещателя, которая представлена на рис. 9.

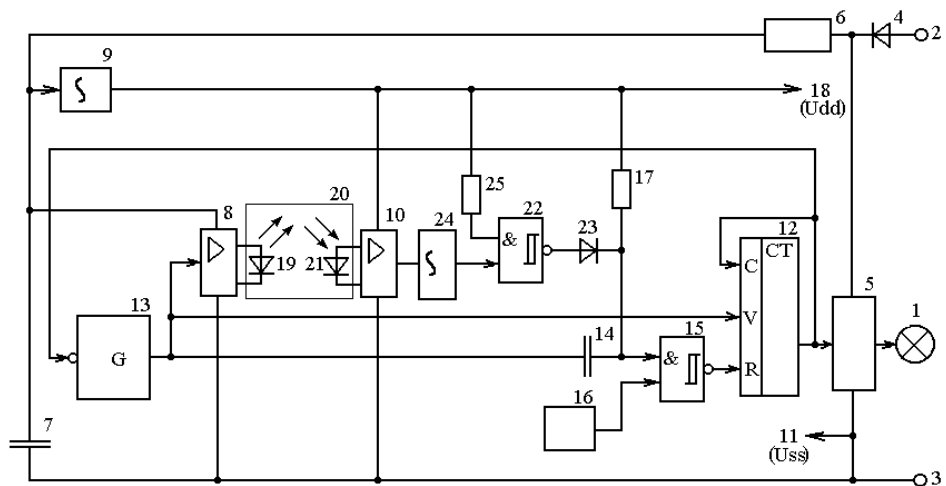


Рис. 9

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| где: 1 – индикатор; | 14 – второй конденсатор; |
| 2, 3 - клеммы извещателя; | 15 – первый триггер Шмитта; |
| 4 – выпрямитель; | 16 – узел сброса; |
| 5 - выходной каскад; | 17 – первый резистор; |
| 6 - стабилизатор тока; | 18 – шина электропитания; |
| 7 – первый конденсатор; | 19 - ИК излучатель; |
| 8 – транзисторный ключ; | 20 - камера дымового сенсора; |
| 9 – первый интегратор; | 21 - фотоприемник; |
| 10 – усилитель; | 22 – второй триггер Шмитта; |
| 11 – общая шина; | 23 – диод; |
| 12 – двоичный счетчик; | 24 – второй интегратор; |
| 13 – генератор; | 25 – второй резистор. |

Главным отличием этой блок-схемы от прототипа является наличие второго интегратора 24 между выходом усилителя 10 и компаратором на триггере Шмитта 22, причем второй вход этого триггера Шмитта 22 подключен на шину питания 18 через второй резистор 25. Использование вновь введенных элементов: второго интегратора 24 и резистора 25, а также новых связей между элементами дымового пожарного извещателя позволило повысить стабильность чувствительности извещателя, что было подтверждено соответствующими расчетами и испытаниями.

Представленная на рис.10 блок-схема пожарного извещателя была защищена патентами Украины № 75532 [11] и России № 2273887 [12] хотя отличие от прототипа – извещателя ИП212-41М было только в одном втором резисторе 23.

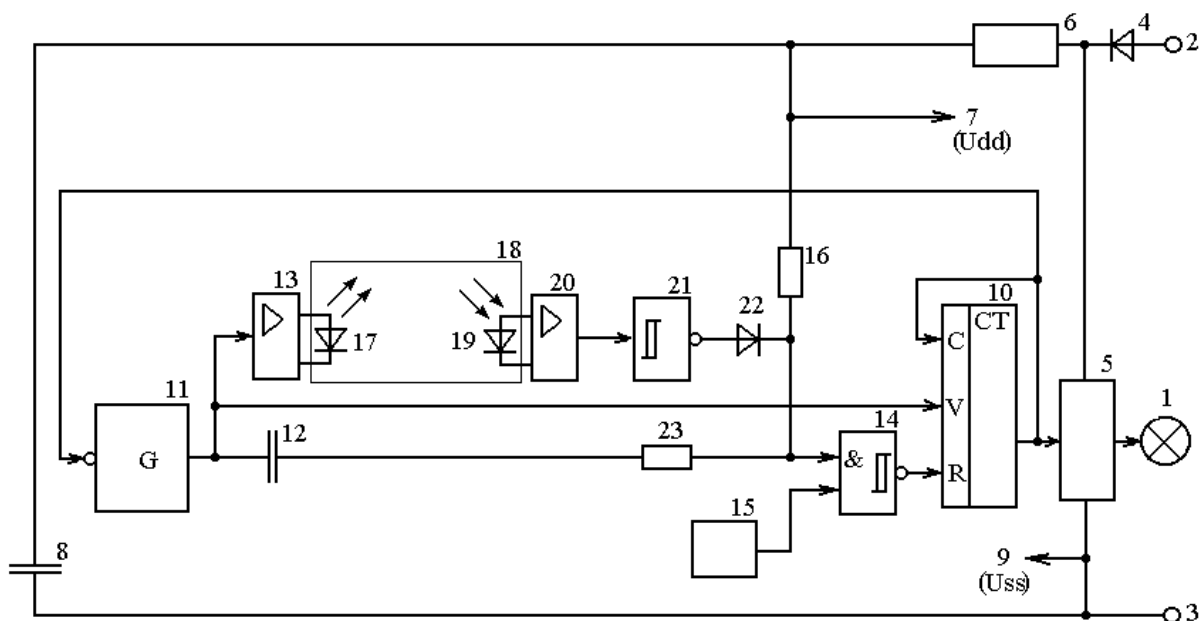


Рис. 10

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| где: 1 – индикатор; | 13 – транзисторный ключ |
| 2, 3 - клеммы извещателя; | 14 – первый триггер Шмитта; |
| 4 – выпрямитель; | 15 – узел сброса; |
| 5 - выходной каскад; | 16 – первый резистор; |
| 6 - стабилизатор тока; | 17 – ИК излучатель; |
| 7 – шина электропитания;; | 18 – камера дымового сенсора; |
| 8 – первый конденсатор; | 19 - фотоприемник; |
| 9 – общая шина; | 20 - усилитель; |
| 10 – двоичный счетчик; | 21 - второй триггер Шмитта; |
| 11 – генератор; | 22 – диод; |
| 12 – второй конденсатор; | 23 – второй резистор; |

Использование вновь введенного второго резистора 23, с его связями и соотношением сопротивления этого второго резистора 23 к сопротивлению первого резистора 16 и к внутреннему сопротивлению выхода логического элемента и внутреннему сопротивлению открытого диода позволило повысить стабильность чувствительности извещателя от изделия к изделию.

Следующее техническое решение, представленное на рис. 11, было также патентами Украины № 9400 [13] и России № 48658 [14] на полезные модели. Особенностью этой схемы является то, что генератор имеет три не связанных между собой выхода. Каждый из этих выходов управляет своими элементами, обеспечивая необходимую длительность импульса, а также сдвиг фаз сигналов друг относительно друга.

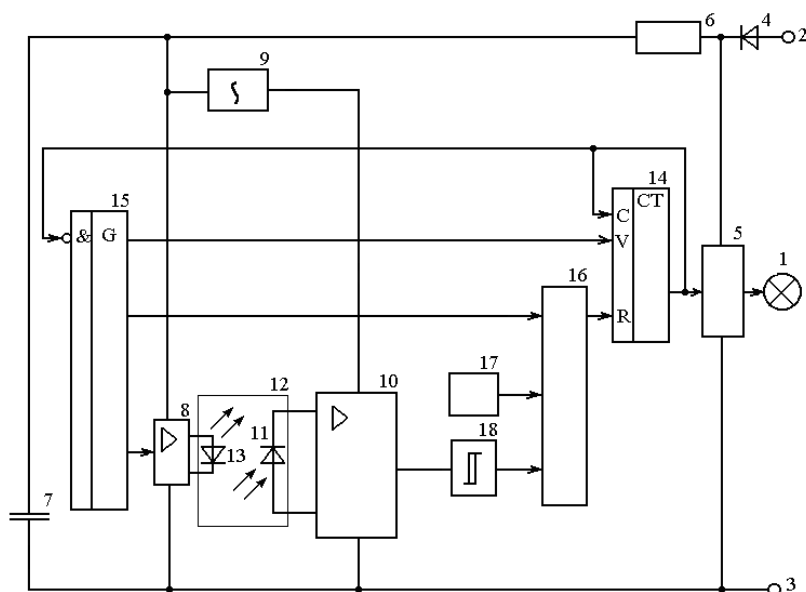


Рис. 11

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| где: 1 – индикатор; | 11 – фотоприемник; |
| 2, 3 - клеммы извещателя; | 12 – камера дымового сенсора; |
| 4 – выпрямитель; | 13 – ИК излучатель; |
| 5 - выходной каскад; | 14 – двоичный счетчик; |
| 6 - стабилизатор тока; | 15 – генератор; |
| 7 – конденсатор; | 16 – схема сравнения; |
| 8 – транзисторный ключ; | 17 – узел сброса; |
| 9 – интегратор; | 18 – компаратор. |
| 10 – усилитель; | |

Нераскрытая на рис. 11 схема сравнения 16 совместно с узлом сброса и двоичным счетчиком выполняет функцию синхронного детектора аналогично схемам, представленным на рис. 7 и 8.

Для повышения достоверности информации получаемой от дымового сенсора, как этого требует классическая литература, в частности [15], необходимо уменьшать импеданс входной цепи усилителя и сужать усиливаемую полосу частот. Именно этим задачам были посвящены патенты на полезные модели Украины № 9923 [16] и Российской Федерации № 54450 [17]. Блок-схема, соответствующая этим критериям, представлена на рис. 12. Обозначение элементов, кроме 19 и 20, соответствует обозначениям элементам, представленным к предыдущему рисунку.

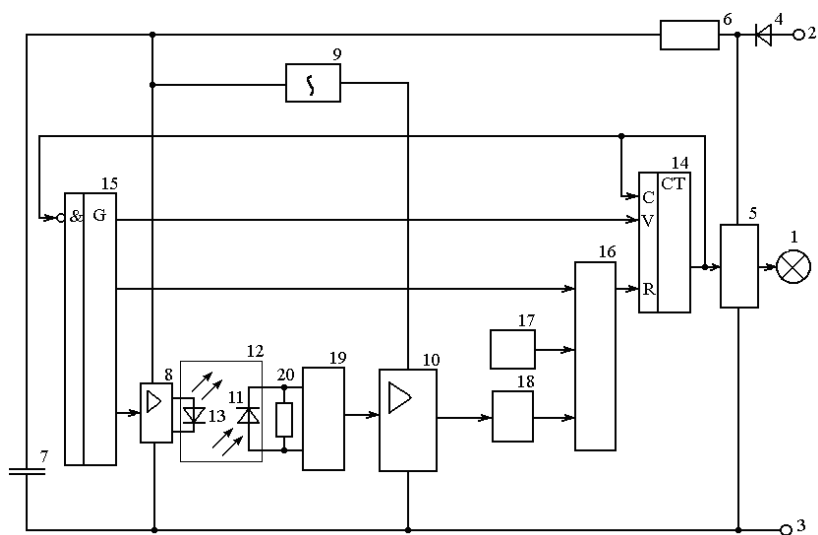


Рис. 12

где: 19 – фильтр высоких частот; 20 - резистор.

Фотовольтагическое включение фотодиода 11 [18] позволяет выделить на резисторе 20 нагрузки фото-ЭДС в моменты рассеивания ИК излучения в камере дымового сенсора, а в остальное время не принимать электромагнитные помехи от различных источников из-за малого импеданса этой цепи.

Фильтр высоких частот разрешает проводить усиление импульсов только определенной длительности, что позволяет существенно снизить влияние наводимых помех от сети переменного тока, а также подсветки от естественного источника света. Ведь попадание прямых лучей солнечного света на извещатель может вызвать воздействие на фотодиод даже через черную камеру дымового сенсора.

Появление значительного количества патентов, в которых прототипом был выбран извещатель ИП 212-41М, было вызвано судебным процессом по интеллектуальной собственности. Этот процесс был возбужден в 2004 году обладателем патента RU 2221278 против извещателя ИПД-3.1, в котором выше перечисленные украинские и российские патенты использовались.

Баканов Владимир - главный конструктор ЧП "АРТОН"

Литература:

1. Баканов В. "Дымовые оптико-электронные точечные пожарные извещатели. Основные схемные решения. Часть 1.1. Блок-схемы <http://daily.sec.ru/authorpbls.cfm?aid=561>
2. http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3657.html
3. Ф. И. Шаровар "Устройства и системы пожарной сигнализации" Изд. 2-е, М. Стойиздат, 1985г.
4. Баканов В. "Амплитудное и синхронное детектирование сигналов в дымовых пожарных извещателях", ж. "Технологии защиты", № 2, 2013 г. с. 54
5. Баканов В. "Схемотехника точечных тепловых пожарных извещателей. Часть 2.2. Элементарные схемотехнические "кубики", <http://daily.sec.ru/2013/07/15/Shemotehnika-tochechnih-teplovih-posharnih-izveshateley-SHast-22-Elementarnie-shemotehnicheskie-kubiki.html>
6. Бабуров В.П., Бабурин В.В., Фомин В.И. "Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации Часть 2. Технические средства пожарной сигнализации". Учебно-справочное пособие/Под общ. ред. В.И. Фомина, М., Изд. «Пожнаука», 2009, 48 с.
7. Баканов В. "Амплитудное и синхронное детектирование сигналов в дымовых пожарных извещателях. Часть 2. Логические автоматы", ж. "Технологии защиты", № 3, 2013г. с.58
- 8 "Устройство регистрации дыма", патент Российской Федерации на изобретение № 2221278 бюл. №1 2004 г.
9. Баканов В. В. "Димовий пожежний сповіщувач", патент України на винахід № 75528, бюл. №4, 2006 р.
10. Баканов В. В. "Дымовой пожарный извещатель" патент Российской Федерации на изобретение № 2273886, бюл. №10, 2006 г.
11. Мисевич І. З. "Димовий пожежний сповіщувач", патент України на винахід № 75532, бюл. № 4, 2006 р.
12. Мисевич І. З. "Дымовой пожарный извещатель" патент Российской Федерации изобретение № 2273887, бюл. № 10, 2006 г.
13. Баканов В. В., Мисевич І. З. "Димовий пожежний сповіщувач", патент України на корисну модель № 9400, бюл. № 9, 2005 р.
14. Баканов В. В., Мисевич І. З. "Дымовой пожарный извещатель" патент Российской Федерации на полезную модель № 48658, бюл. № 30, 2005 г.
15. Г. Отт "Методы подавления шумов и помех в электронных схемах", М. Мир. 1979 г.
16. Мисевич І. З. "Димовий пожежний сповіщувач", патент України на корисну модель № 9923, бюл. № 10, 2005 р.
17. Мисевич І. З. "Дымовой пожарный извещатель" патент Российской Федерации на полезную модель № 54450, бюл. № 18, 2006 г.
18. Аксеенко М. Д. и др. "Микроэлектронные фотоприемные устройства", М. Энергоатомиздат 1984 г., с. 37