ARTON
The best smoke alarms

Компоненти систем протипожежного захисту

Розділ 6.4

Димові пожежні сповіщувачі. Частина 4

Огляд відомих технічних рішень

Функціональні вузли димових пожежних сповіщувачів

Спробуємо спочатку розібратися в принципах побудови димових оптичних сповіщувачів на основі простих пристроїв. Тут не можна обійти основні вузли, блоки і елементи, які містить будь-який пожежний сповіщувач. З високим ступенем вірогідності можна припустити, що електронний блок обробки димового пожежного оптичного сповіщувача повинен містити:

- випрямляч;
- стабілізатор струму і / або напруги;
- підсилювач;
- компаратор;
- вихідний каскад с індикатором стану і / або вузлом управління зовнішнім пристроєм індикації;
- блок логіки з генератором імпульсів;
- перетворювач напруга-струм для ІЧ-випромінювача;

Випрямляч

Підключення димових пожежних сповіщувачів до шлейфу пожежної сигналізації здійснюється аналогічно як і активних теплових сповіщувачів: через випрямляч. Діод не тільки виконує захисну функцію при роботі в постійно струмовому шлейфі, але грає роль випрямляча в знакозмінному шлейфі. Істотно підвищити стійкість сповіщувача в шлейфі пожежної сигналізації можуть також спеціальні захисні елементи, які встановлюються до і / або після випрямляча: варистори, супресори, розрядники і ін. елементи.

Стабілізатор струму і / або напруги

Забезпечити стабільні параметри виробу при змінній напрузі у шлейфі може обмежувач струму, стабілізатор напруги або поєднаний стабілізатор напруги з обмежувачем струму.

Підсилювач

Сигнал, що отримується на виході фотоприймача, вимагає посилення для подальшої обробки. Підсилювачів імпульсних сигналів існує безліч, але схем, що мають мале споживання струму з високою швидкодією і високою завадостійкістю, які зарекомендували себе в процесі експлуатації сповіщувачів, що серійно виробляються, вже значно менше.

Компаратор

Амплітудну селекцію імпульсів на виході підсилювача, перед логічної обробкою здійснює компаратор. Варіантів побудови компараторів в димових сповіщавачах використовується значно більше, ніж в теплових сповіщувачах.

Вихідний каскад

Технічні рішення, які використовуються в вихідних каскадах димових сповіщувачів, вирішують питання узгодження сигналів з вхідними ланцюгами ППКП, при цьому забезпечуючи індикацію стану сповіщувача як внутрішнім, так і зовнішнім індикаторами. Реалізуються ці рішення на транзисторних ключах.

Блок логіки

Блок логіки є "мізками" димового сповіщувача. Крім генератора імпульсів в блоці логіки зазвичай застосовується часовий селектор (синхронний детектор). Від найпростіших транзисторних генераторів і схем збігу до складних алгоритмів, реалізованих в мікроконтролерах, - такий діапазон можливих рішень. Практично кожен димовий пожежний сповіщувач, представлений на ринку має свою схему блоку логіки..

Перетворювач напруга-струм

Так як в димовому пожежному сповіщувачі джерелом ІЧ випромінювання зазвичай є світлодіод, то для формування імпульсів струму через нього використовується вузол, який має гучну назву - перетворювач напруга-струм, хоча в найпростішому випадку цю функцію виконує звичайний транзисторний ключ.

Конкретна форма виконання того, чи іншого блоку і їх взаємозв'язку визначають різноманіття схемних рішень димових пожежних сповіщувачів, як вітчизняного, так і імпортного виробництва.

Розглянемо деякі блок-схеми виробів, побудованих з представлених вище елементарних "кубиків".

Прикладом побудови типового оптичного димового пожежного сповіщувача може служити блок-схема, представлена на рис. 1.

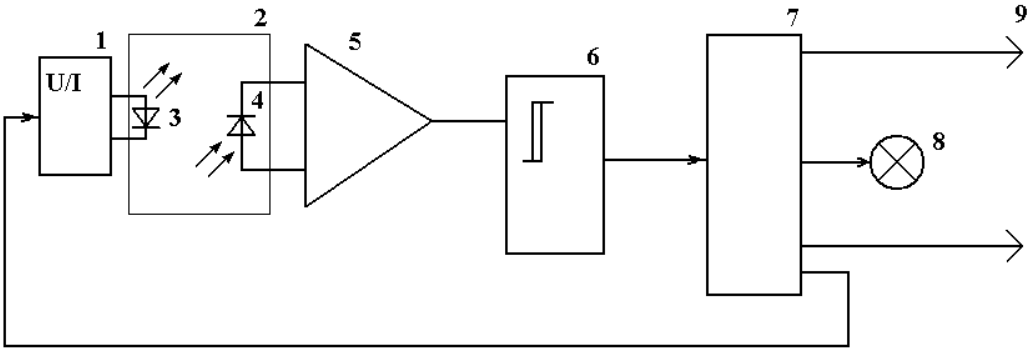


Рис. 1

де: 1 - перетворювач напруга-струм;
2 - камера димового сенсора;
3 – ІЧ-випромінювач;
4 - фотоприймач;
5 - підсилювач;
6 - компаратор;
7 - блок обробки;
8 - індикатор стану;
9 - контакти блоку обробки.

Робота такого пристрою цілком зрозуміла, можна сказати, навіть очевидна. Блок обробки поєднує в собі кілька типових вузлів сповіщувача, а саме: випрямляч, стабілізатор струму і / або напруги, блок логіки і вихідний каскад. Крім того, на цій схемі не показані зв'язки з електричного живлення, що вельми важливо для забезпечення мінімального споживання електроенергії виробом.

Блок обробки 7 виробляє імпульси напруги, що надходять на перетворювач напруга-струм 1. ІЧ-випромінювач 3 формує в камері димового сенсора 2 засвічення частини простору. Фотоприймач 4, розташований під певним кутом до осі ІЧ-випромінювання реєструє наявність розсіяного випромінювання. У чистому повітрі інтенсивність розсіяного світла буде незначною, тому імпульси на виході підсилювача 5 будуть по амплітуді свідомо менше граничної напруги перемикання компаратора 6.

При появі диму в камері димового сенсора інтенсивність розсіяного світла буде пропорційна концентрації диму (питомої оптичної щільності повітря). По мірі зростання задимленості простору на виході компаратора 6 почнуть з'являтися імпульси, які будуть аналізуватися блоком обробки 7. Для того, щоб забезпечити високу достовірність виявлення факту задимленості простору, аналіз імпульсів на виході компаратора 6 зазвичай робиться на основі їх синхронності з імпульсами управління ІЧ-

випромінюванням, а також багатократного збігу цих імпульсів. Коли блок обробки 7 приймає рішення про пожежну тривогу, різко збільшується споживання струму і включається індикатор стану 9 сповіщувача.

Так як блок обробки 7 містить елементи пам'яті, то стає незрозумілим, яким чином сповіщувач буде завжди знаходитися у вихідному (черговому) режимі роботи при включенні напруги живлення, і чому при роботі перетворювача напруга-струм з вихідним струмом у сотні міліампер струм споживання сповіщувача в черговому режимі роботи буде постійним і не перевищувати 0,1 мА?

Допомогти розібратися з цими питаннями може більш детальна блок-схема димового пожежного оптичного точкового сповіщувача, наведена на рис. 2. Крім вже відомих компонентів тут можна побачити і додаткові вузли і елементи: конденсатор, інтегратор, стабілізатор (обмежувач) струму, випрямляч, а також нові зв'язки між цими компонентами.

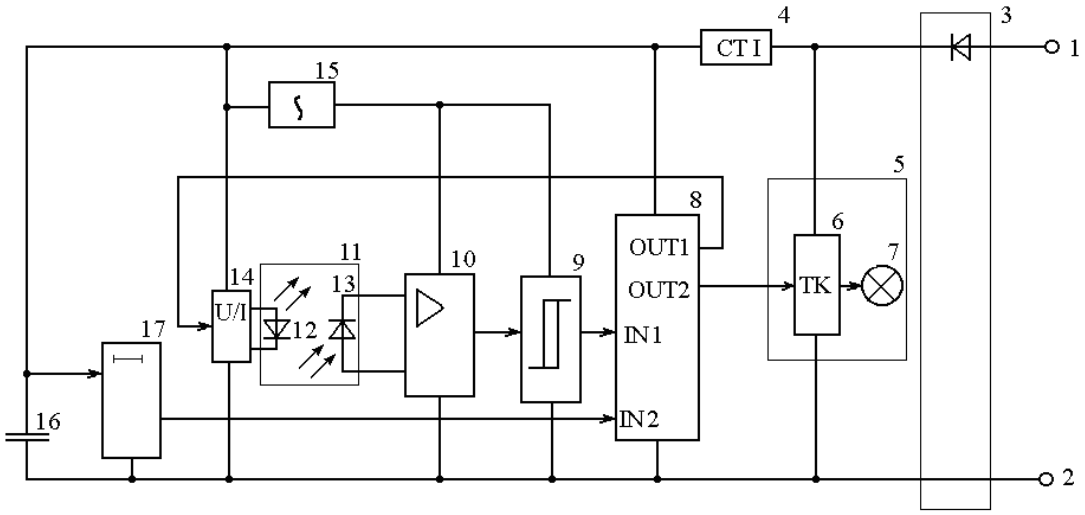


Рис. 2

де:

1, 2 - клеми сповіщувача;

3 - випрямляч;

4 - стабілізатор струму;

5 - вихідний каскад;

6 - транзисторний ключ;

7 - індикатор стану;

8 - блок логіки;

16 - конденсатор;

9 - компаратор;

10 - підсилювач;

11 - камера димового сенсора;

12 – ІЧ-випромінювач;

13 - фотоприймач;

14 - перетворювач напруга-струм;

15 - інтегратор;

17 - вузол початкової установки.

Працює пристрій наступним чином. При підключенні напруги живлення відповідно до визначеної полярності на клемах сповіщувача починається заряджатися конденсатор 16

через випрямляч 3 і стабілізатор (обмежувач) струму 4. З самого першого моменту включення напруги живлення вузол початкової установки буде забезпечувати підтримку в початковому стані елементів пам'яті та забороняти роботу тактового генератора виробу. Коли падіння напруги на конденсаторі свідомо перевищить мінімальну робочу напругу блоку логіки зміниться стан на вузлі початкової установки і почненться робота блоку логіки. Подальша робота виробу аналогічна роботі схеми, представленої на рис. 1. У момент ІЧ-випромінювання різко падатиме напруга на конденсаторі 16. А після завершення імпульсу цей конденсатор почне повільно заряджатися. Так як цей процес буде періодичним, то на конденсаторі буде спостерігатися постійна напруга більшою величиною мінімального робочого напруги з пилкоподібної пульсацією. Для того, щоб ця вельми значна за величиною пульсація не впливала на роботу підсилювача 10 і компаратора 9, то їх живлення необхідно здійснювати через інтегратор 15.

Період проходження імпульсів ІЧ-випромінювання буває від однієї до кількох секунд, а тривалість самого імпульсу рідко перевищує 100 мкс. При такій періодичності забезпечується стабільність величини струму, що споживається сповіщувачем в черговому режимі роботи. Крім того, сповіщувач зберігає режим пожежної тривоги при перериваннях в електроживлення тривалістю до 0,1 с, з періодом проходження 0,67 с. Якщо ж переривання живлення буде більше ніж 3 с, то при поновленні електроживлення виріб обов'язково почне свою роботу з чергового режиму роботи.

До недоліків даної схеми можна віднести наступні моменти:

1. При фіксованому і малому струмі через стабілізатор струму 4 можлива ситуація, коли НЕ відформований електролітичний конденсатор 16 буде мати значний струм витоку і напруга на ньому не підніметься вище величини мінімального робочого напруги виробу. Генератор блоку логіки не запуститься, виріб буде перебувати в такому "черговому режимі" і при значній задимленості простору не перейде в стан пожежної тривоги. Вивести з цього стан виріб можна тільки відключенням живлення і повторним включенням. Однак, якщо у такого сповіщувача відсутня візуальна індикація чергового режиму роботи, то виявити такий дефект буде нелегко. Хіба тільки спробою примусового переведення виробу в стан пожежної тривоги і повторного скидання короткочасним відключенням живлення. Але хто може гарантувати, що напруга на конденсаторі подолає бар'єр мінімального робочого напруги і генератор блоку логіки запуститься?

2. Якщо блок логіки крім генератора імпульсів не буде мати схему, що виконує роль синхронного детектора імпульсів, то такий сповіщувач буде мати низьку завадостійкість. Тому в умовах, навіть незначного рівня зовнішнього електромагнітного впливу, такий сповіщувач буде давати хибні спрацювання.

3. При малому струмі споживання підсилювача і при низькій напрузі не можна сподіватися на високу швидкодію такого підсилювача. А збільшення тривалості імпульсу ІЧ-випромінювання призводить до істотного збільшення струму споживання сповіщувача в цілому.

4. Високий імпеданс навантаження фотоприймача також не сприяє високій завадостійкості пристрою.

5. Важливо забезпечити стабілізацію чутливості вироби в цілому в умовах впливу зовнішніх факторів, а не стабілізацію деяких приватних параметрів, наприклад струму через ІЧ-випромінювач.

Розглянемо принципову електричну схему (див. рис. 3) точкового димового оптичного сповіщувача ИП-212-41М, який виробляло саратовське підприємство «Рубіж» майже років 20 тому назад. Ця схема взята з патенту РФ № 2221278 (від 10.01.2004 Бюл. № 1), яким саратовські фахівці захищали свій виріб. У формулі та в описі вони змогли зробити багато принципових помилок, але принципова електрична схема не відповідала виробу тільки у одному місці - у позначенні транзистору VT7 треба поміняти між собою колектор та емітер.

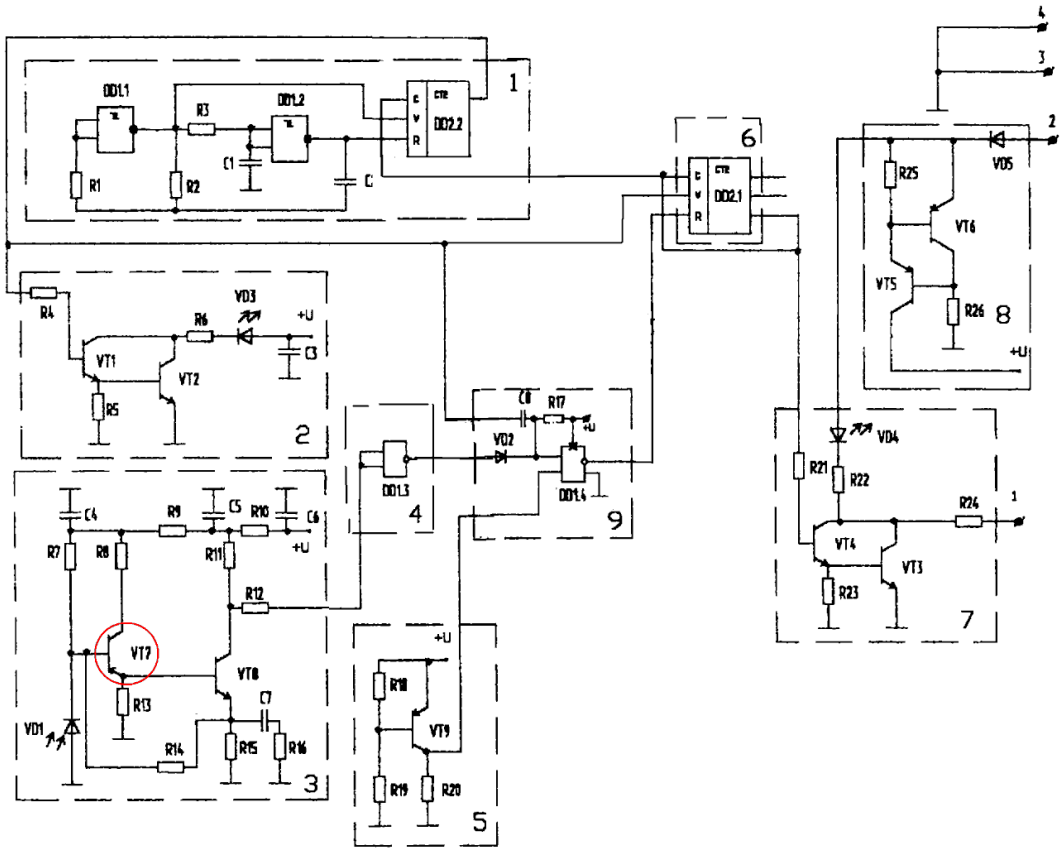


Рис. 3

Якщо порівняти рис. 2 та 3, то можливо побачити відповідність між цими схемами. Відмінності також є, але вони не несуть принципового значення, так наявність у сповіщувача ИП212-41М ще двох клем: для підключення зовнішнього індикатора та додаткового мінусового провідника не створює суттєвих відмінностей від блок-схеми наведеної на рис. 2.

- Вузли 1, 6 та 9 сповіщувача створюють блок логіки (позиція 8 на рис. 2).

- Вузол 2 сповущувача містить перетворювач напруга/струм та ІЧ-випромінювач.

- Фотодіод VD1 та підсилювач на двох транзисторах VT7, VT8, що належать вузлу 3 є одночасно й компонентами 13 та 10 блок-схеми, що приведена на рис. 2.

- Вузол 4, що містить логічний елемент 2І-НЕ з тригерами Шмідта по входам (К561ТЛ1) виконує функцію компаратора 9 на рис. 2.

- Вузол початкової установки 5 на транзисторі VT9 є компонентом 17 на рис. 2.

- Вихідний каскад 7, що на транзисторах VT3, VT4 з індикатором на світлодіоді VD4 складовими вузлу 5.

- обмежувач струму на транзисторах VT5, VT6 разом з діодом VD5 (вузол 8) виконують такі самі функції, що блоки 4 та 3 на блок-схемі.

Блок логіки має у своєму складі генератор імпульсів на двох елементах 2І-НЕ з тригерами Шмідта по входам DD1.1 та DD1.2 , тригер на елементі DD2.2, бінарний лічильник на елементі DD2.1 та схему порівняння імпульсів на елементі DD1.4, діоді VD2 та диференційному колі на R17, C8.

За кілька років до появи ИП212-41М (в середині 90-х років) розробку свого димового пожежного сповіщувача ИП212-5М провів Іван Олександрович Маслов у Обнінську на приладобудівному заводі "Сигнал". Його логічний автомат також був виконаний на двох логічних мікросхемах: К561ТЛ2 і К561ИЕ10. Це було дійсно оригінальне рішення, але як об’єкт інтелектуальної власності таке рішення не заявлялось. Принципова електрична схема сповіщувача ИП212-5М наводиться на рис. 4. Виріб вироблялося серійно принаймні з 1998 року, тому стає зрозуміло, яке реальне технічне рішення було прототипом для сповіщувача ИП212-41М. Максимальне спрощення виробу за рахунок зниження якості торкнулося майже всіх вузлів виробу. Але завдяки низькій ціні сповіщувач ИП212-41М широко застосовувався не тільки в Росії, а в усіх країнах СНД, у тому числі й в Україні. Таке монопольне становище ГК «РУБІЖ» м. Саратов не могло тривати довго: з’являлись інші виробники подібної продукції, тільки якість продукції не була у всіх однаковою. Якщо російські виробники тільки повторювали рішення, задіяні у ИП212-41М, або у ИП212-5М, то в Україні з 2004 року вже діяли європейські стандарти серії EN54, тому у нас задача стояла більш складна – необхідно

було забезпечити не тільки належну якість продукції при дуже обмеженому бюджеті для цього виробу, але й нові функції.

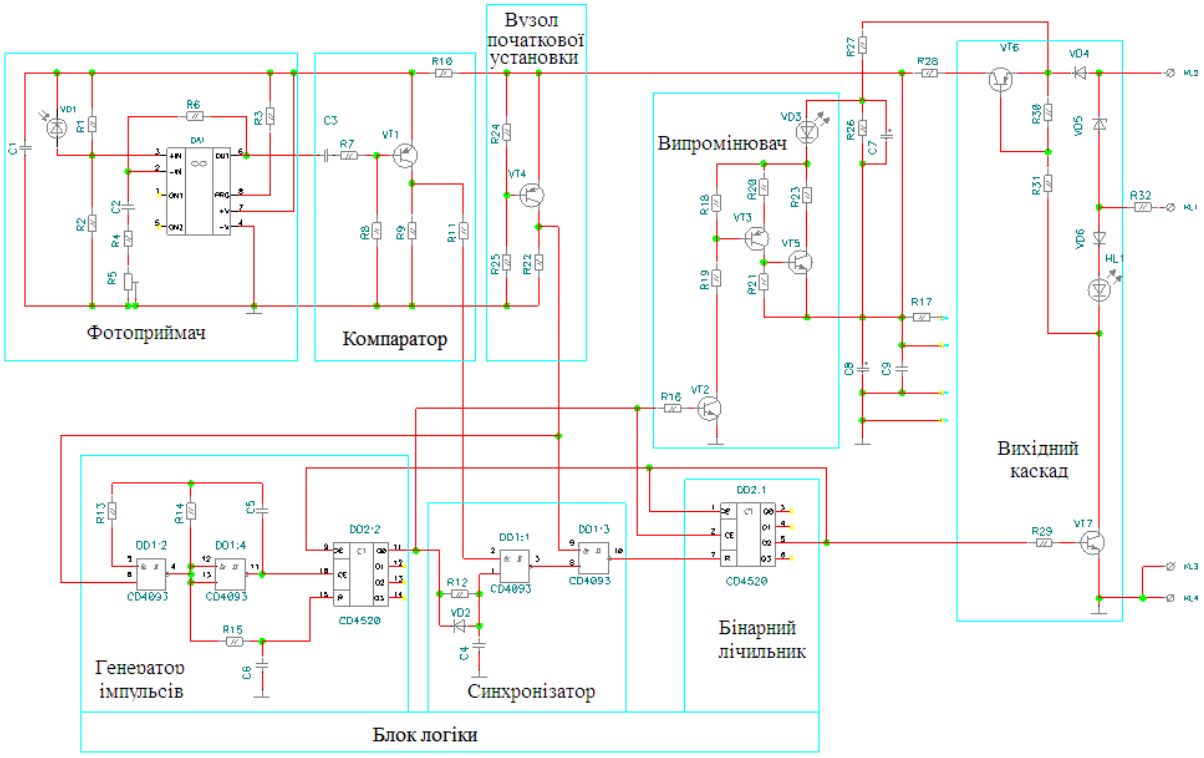


Рис. 4

ГК «РУБІЖ» проводила агресивну політику, щодо відстоювання своїх позицій на ринку компонентів систем пожежної сигналізації. Працівникам нашого підприємства прийшлося витримати два судових процеси з інтелектуальної власності по двох виробах ИПД-3.1 та «Кадет», які поставлялись в РФ починаючи з 2004 та з 2007 років. Перший процес був проти двох російських компаній, через які поставляли ИПД-3.1 в Росію. Цей судовий процес був програний. Але другий процес був вже після набуття певного досвіду, тому вдалось доказати у саратовському суді, що в сповіщувачі «Кадет» не використовується патент РФ №2221278, а використовуються патенти на винаходи та корисні моделі від українського виробника ПП «АРТОН».

Для пошуку правильного шляху удосконалення найпростішого димового точкового оптичного сповіщувача проводився аналіз обох відомих рішень по кожному окремому «кубику», виявлялись недоліки та знаходилось краще рішення, а також змінювались зв’язки між блоками задля забезпечення нових функцій.

Головним недоліком ИП212-5М була відсутність стабілізатора напруги та струму. Живлення блоків здійснювалось від двох послідовно з’єднаних електролітичних конденсаторів. Але в моменти відкриття ІЧ-випромінювача відбирався частково струм й від шлейфу пожежної сигналізації. Тоді в РФ ще не було нормативного обмеження кількості сповіщувачів у одному шлейфі пожежної сигналізації, тому могла створитись

умова короткочасного збільшення струму в шлейфі і як наслідок – хибне спрацювання ППКП в той час, коли всі сповіщувачі залишались у черговому режимі роботи.

У ИП212-41М застосовувався обмежувач струму на рівні 50 мкА, що споживав сповіщувач від шлейфу пожежної сигналізації. Але відомі випадки, коли цього струму було не достатньо для нормального запуску схеми сповіщувача. На логічних мікросхемах при включені виробу залишалась напруга на рівні 2,7 В, а на виходах встановлювались рівні сигналів у 1,35 В. Тому блок логіки зовсім не працював. Це могло статись, наприклад, після довгого відключення напруги живлення, коли електролітичний конденсатор при черговому включенні брав на себе трохи більше струму (відомий процес формування напруги на електролітичному конденсаторі). У обох блоках логіки застосовувались однакові мікросхеми, але побудова генератора імпульсів та синхронізатора мали деякі відмінності.

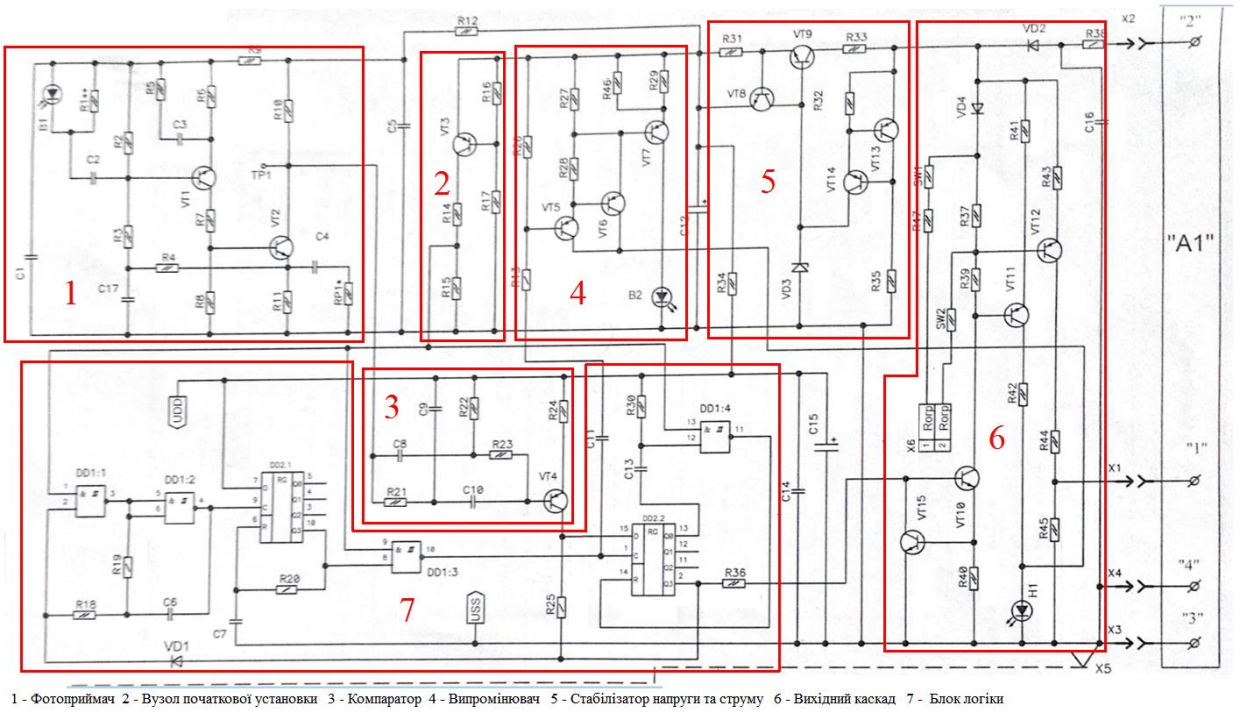
Підсилювач фотоприймача у ИП212-5М був виконаний на операційному підсилювачі з малим струмом споживання. Хоч, його параметри були значно кращими від двох транзисторного підсилювача у ИП212-41М, але його вартість суттєво впливала на кінцеву ціну виробу. Підсилювач ИП212-41М не мав обмежень по частоті сигналу, що підсилювався, до того у нього була значна температурна залежність – при 55º С він входив у насичення, а сам сповіщувач у стан пожежної тривоги. Коефіцієнт підсилення такого підсилювача мав значний розкид значень з залежності від параметрів транзисторів, що в ньому використовувались, особливо при низькій напрузі живлення такого підсилювача, та значній пульсації напруги на конденсаторі С3.

У обох компараторів пороги спрацювання залежали від напруги живлення, а вона була не стабільною у обох виробах.

Випромінювач ИП212-5М мав кращий перетворювач напруга/струм завдяки 3 транзисторній схемі та застосуванню термостабілизуючих резисторів R18 та 20.

Вихідний каскад також мав кращі параметри завдяки застосуванню транзистора VT6 та стабілітрона VD5. Але підключення зовнішнього індикатора відносно плюсової шини шлейфу пожежної сигналізації відкривало можливості для хибних спрацювань, бо не було додаткових елементів захисту у обох виробах.

Які технічні рішення, захищені патентами на об’єкти інтелектуальної власності, були застосовані при модернізації нашого виробу ми розглянемо на наступному семінарі. А зараз подивимось на кінцевий продукт, який має суттєві відмінності від сповіщувачів ИП212-5М та ИП212-41М. Принципова електрична схема димового точкового оптичного сповіщувача СПД-3М1 представлена на рис. 5.



1 - Фотоприймач 2 - Вузол початкової установки 3 - Компаратор 4 - Випромінювач 5 - Стабілізатор напруги та струму 6 - Вихідний каскад 7 - Блок логіки

Рис. 5

Підсилювач фотоприймача має стабільні параметри та підвищений коефіцієнт підсилення, завдяки застосуванню транзисторів групи С, підвищеній напрузі живлення, та введенню кола С3R5. Конденсатори С2 та С17 значно зменшують діапазон частот сигналів, що підсилюються. Резистор R1 значно зменшує імпеданс вхідного кола фотодіода, що підвищує завадостійкість сповіщувача.

Вузол початкової установки забезпечує стабільний запуск блока логіки. А наявність індикації чергового режиму роботи візуально підтверджує робото здатність виробу.

Компаратор на своєму вході має смуговий фільтр та фіксований поріг спрацювання 0,62 В, температурна залежність якого компенсується температурної залежностью перетворювача напруга/струм випромінювача.

Стабілізатор напруги має обмежувач струму живлення при включенні живлення та обмежувач струму через стабілітрон VD3, що дозволяє значно розширити діапазон напруг живлення виробу при стабільному струмі споживання.

Вихідний каскад також має суттєві відмінності – струм споживання у режимі пожежної тривоги стабільний у широкому діапазоні напруг живлення, значення цього струму залежить від опру резистора, що встановлюється на гвинтовому терміналі, що встановлений на головці сповіщувача, а не на його базі, що дозволяє не використовувати «повітрянні» з’єднання провідників шлейфу. Для більшості випадків можна зовсім не встановлювати резистор, або встановлювати провідниковий замикач. При підключенні

зовнішнього індикатора не змінюється встановлений струм у стані пожежної тривоги. Підключення зовнішнього індикатора здійснюється відносно мінусової та заземленої шини шлейфу пожежної сигналізації, що також підвищує завадостійкість виробу.

У блоці логіки Не застосовується бінарний лічильник, його замінив регістр зсуву, що дозволило впевнено стверджувати, що основні ознаки, розкриті у формулі патенту РФ №2221278 у сповіщувачі СПД-3М1 не використовуються. Схема підключення регістру зсуву у генераторі імпульсів дозволяє суттєво збільшити тактову частоту й тому використовувати більш температурностабільний конденсатор С6. Живлення блоку логіки здійснюється через резистор R34, що у свою чергу забезпечує зниження струму споживання виробу.

Новий дизайн корпусу сповіщувача СПД-3М1, а також нова камера димового сенсору роблять цей виріб навіть без інтелектуальної обробки сигналів, що поступають в фотоприймача, відповідним до вимог державного стандарту України ДСТУ EN54-7:2019.. І навіть в умовах повільного зростання запилення камери димового сенсору не давати хибних спрацювань, навіть без механізму компенсації дрейфу чутливості виробу до пожеж.

Література:

1. Ф. И. Шаровар "Устройства и системы пожарной сигнализации" Изд. 2-е, М. Стойиздат, 1985г.

2. http://arton.com.ua/files/publfiles2/1.1_blok-shemy_dip.pdf

3. http://arton.com.ua/files/publfiles2/1.2_blok-shemy_dip.pdf

4. http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye_optiko.pdf

5. http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye_optiko1_5.pdf

6. http://arton.com.ua/files/publfiles2/dymovye_optiko2.pdf

7. О.І. Воробйов «Системи пожежної сигналізації» Навч. посібник. – Львів: ЛДУБЖ 2018.- 231с.