

УДК 535.853.3

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛИЗАТОРОВ ЗАДЫМЛЕННОСТИ

К. т. н. В. Я. Дремлюга, к. т. н. А. А. Дашковский, С. И. Еременко, С. В. Скицунов

Всеукраинский НИИ аналитического приборостроения
Украина, г. Киев
analyt@ukranalyt.com.ua

Рассмотрены основные методы компенсации температурной погрешности оптических инфракрасных сигнализаторов задымленности СД4 и СД7 в широком температурном диапазоне. Сигнализаторы применяются в системах пожарной защиты самолетов Ан-148, Ан-158. Приведены практические схемные решения.

Ключевые слова: сигнализатор, пожарная защита, ИК-излучение, светодиод

С целью обеспечения безопасности полета современные пассажирские самолеты снабжены системами пожаротушения, в состав которых входят оптические сигнализаторы задымленности. Они должны обеспечить наряду с высокой чувствительностью и точностью работоспособность в очень широком температурном диапазоне от -40 до $+110^{\circ}\text{C}$. Температурная составляющая погрешности измерения уровня задымленности в столь широком диапазоне может существенно исказить реальные значения задымленности, что может привести к ложному срабатыванию сигнализатора во время полета. В лучших зарубежных датчиках дыма и температуры типа М-602 Autronics (фирма Magitt) данная проблема решается путем периодического функционального контроля датчиков в промежутках между полетами при продувке датчика чистым воздухом. Выполнять такую проверку во время полета весьма проблематично.

Перед нами стояла задача создать такой оптический датчик, в котором компенсация температурной погрешности осуществлялась автоматически путем схемотехнических решений.

В институте разработаны и серийно выпускаются сигнализаторы задымленности СД4 и СД7, которые используются в системах пожаротушения пассажирских самолетов серии Ан-148.

Работа СД основана на оптическом поглощении и рассеянии ИК-излучения в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне [1]. При этом осуществляется импульсное противофазное управление опорным и рабочим излучателями с последующим усилением переменной составляющей выходного напряжения фотодиода и ее синхронного детектирования.

Сформированное таким образом постоянное напряжение описывается выражением:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}AC[n_1 + n_2 / (1+n_2C)], \quad (1)$$

где $U_{\text{вх}}$ — амплитудное значение входного напряжения; A — коэффициент преобразования синхронного детектора; C — концентрация частичек дыма; n_1 — коэффициент отражения частичками дыма; n_2 — коэффициент поглощения частичками дыма.

Основными факторами нестабильности выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ являются:

- запыленность внутренней поверхности оптической части СД;
- температурные и временные изменения характеристик светодиодов и фотодиода;
- температурные и временные изменения характеристик усилителей и преобразователей.

Так как СД работает в очень широком температурном диапазоне, то компенсация температурной погрешности имеет первостепенное значение. Наибольшим фактором влияния является температурная зависимость p - n -переходов светодиодов.

Как известно, яркость свечения светодиода пропорциональна в широком диапазоне его прямому току [2]. Однако с увеличением температуры прямой ток I возрастает при приложенном постоянном напряжении U_0 по экспоненциальному закону:

$$I = I_{06}(T) (e^{U_0/U_T} - 1), \quad (2)$$

где $I_{06}(T)$ — обратный ток при заданной температуре; $U_T = KT/e_0$ — термический потенциал.

Отсюда следует, что для уменьшения влияния температурной зависимости необходимо стабилизировать ток светодиода I или включать в цепь его питания большое сопротивление.

На рис. 1 представлена схема компенсации температурной погрешности сигнализатора. На схеме $VD1$, $VD2$ — рабочий и опорный светодиоды, соответственно; $R1'$ ($R1$) и $R2'$ ($R2$) — резисторы для установки смещения транзисторов $VT1$ ($VT2$); $R3'$ ($R3$) — ограничительные резисторы; $R4$ и $R5$ — для установки рабочей точки светодиода $VD2$. Так как рабочий ($VD1$) и опорный ($VD2$) светодиоды включены противофазно, то с помощью резистора $R5$ можно подобрать такой режим, при котором их температурный дрейф выходного сигнала будет взаимно компенсироваться. Ток светодиода $VD2$ определяется выражением:

$$I_{VD} = (U_n - U_{VD}) / (R3 + R_{VT}), \quad (3)$$

где U_{VD} — напряжение светодиода $VD2$, определяемое как: $U_{VD} = U_n R_{VD} / (R_{VD} + R4 + R5)$; R_{VD} и R_{VT} — сопротивление светодиода $VD2$ и транзистора $VT2$ соответственно.

Другим методом температурной компенсации погрешности является использование преобразователя напряжение — ток, при котором светодиод через операционный усилитель $DA1$ и транзистор $VT1$ включается в токовую цепь (рис. 2).

В этом случае ток светодиода $VD1$ определяется выражением

$$I_{VD} = U_{BX} / R_1 (1 - 1 / \beta), \quad (4)$$

где β — коэффициент усиления по току транзистора $VT1$.

При достаточно большом усилении $DA1$ и транзистора $VT1$ ток I_{VD} практически не зависит от изменения температурных характеристик светодиода $VD1$.

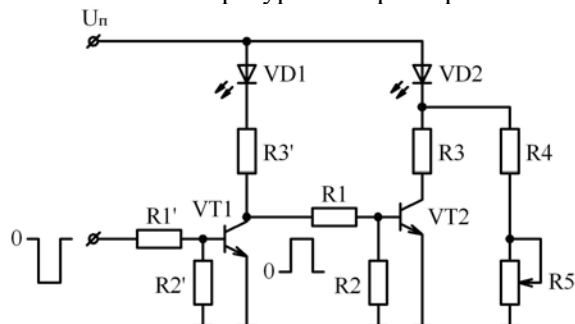


Рис. 1. Схема компенсации температурной погрешности

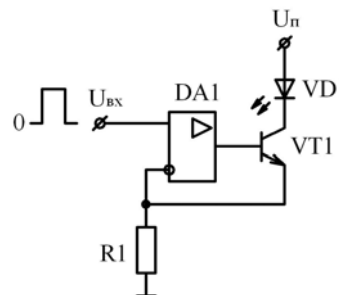


Рис. 2. Схема стабилизации тока светодиода

На основе изложенных методов компенсации температурной погрешности разработаны и серийно внедрены в производство сигнализаторы дыма СД4 и СД7, которые используются в системах пожаротушения самолетов Ан-148 и Ан-158.

Основные технические характеристики СД:

- порог срабатывания по задымленности — от 4 до 30%;
- порог срабатывания по температуре 100°C;
- время срабатывания — не более 10 с;
- рабочий диапазон температур — минус 40 ... +110°C.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Патент 38271А Украины. Система пожарной сигнализации / В. В. Гапич, В. П. Будко, А. А. Дашковский и др.— 2001.— Бюл. № 4.
2. У. Тимце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника — Москва: Мир, 1983 г.

V. Ya. Dremlyuga, A. A. Dashkovskiy, S. I. Eremenko, S. V. Skitsunov
Methods of temperature error compensation for optical smoke detectors.

The basic methods of temperature error compensation for the optical infrared smoke detectors СД-4 and СД-7 within wide temperature range were considered. Smoke detectors are used in fire protection systems for Ан-148, Ан-158 airplanes. The practical electric circuits realization is presented.

Keywords: *smoke detector, fire protection, IR-radiation, light-emitting diode.*