

# NONCONTACT INFRARED THERMOMETER BASED ON A SELF-OSCILLATING LAMBDA TYPE SYSTEM FOR MEASURING HUMAN BODY'S TEMPERATURE

Osadchuk A.V., Semenov A.A., Baraban S.V., Semenova E.A., Koval K.O.

*Radio Engineering Department*

*Vinnitsia National Technical University*

*95, Khmelnytske Highway, Vinnitsia, 21021, Ukraine*

*Ph.: (096) 4587400, e-mail: Semenov79@ukr.net*

*Abstract* — There has been developed a device for temperature measuring based on a self-oscillating system, whose equivalent circuit has been implemented on the lambda diode's schematic analog, that provides high sensitivity and allows solving the problem of increasing accuracy of measuring human body's temperature in the noncontact way. The measurement error is  $\pm 0.1\%$  within the operating range of  $(32-43)^\circ\text{C}$ , the measuring time being 1 s, and at a the frequency instability of  $3 \cdot 10^{-4}$ .

## БЕСКОНТАКТНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ТЕРМОМЕТР НА ОСНОВЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЛЯМБДА ТИПА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА

Осадчук А. В., Семенов А. А., Барабан С. В., Семенова Е. А., Коваль К. О.

*Кафедра радиотехники*

*Винницкого национального технического университета*

*ул. Хмельницьке шоссе, 95, Вінниця, 21021, Україна*

*тел.: (096) 4587400, e-mail: Semenov79@ukr.net*

*Аннотация* — Разработан прибор для измерения температуры автогенераторного типа, эквивалентный контур в котором реализован на схемотехническом аналоге лямбда диода, что обеспечивает высокую чувствительность и позволяет решить проблему повышения точности измерения температуры тела человека бесконтактным методом. Погрешность измерения составляет  $\pm 0,1\%$  в диапазоне измерения  $(32-43)^\circ\text{C}$ , время измерения составляет 1 с, частотная нестабильность —  $3 \cdot 10^{-4}$ .

### I. Введение

С медицинской точки зрения одним из наиболее важных факторов состояния человека является температура тела. Дело в том, что значительная часть заболеваний сопровождается характерным изменением температуры тела. Например, ход течения некоторых заболеваний можно отслеживать с помощью регулярного измерения температуры тела, а эффект лечения может, соответственно, контролироваться врачом. При своей высокой точности и низкой цене обычный ртутный термометр имеет существенные недостатки — токсичность ртути, слабая надежность стеклянного корпуса, а также относительно большое (до 10 минут) время измерения температуры. Последний недостаток становится особенно заметным при измерении температуры у младенцев. Полная гигиеничность и практически мгновенность (от 2 до 7 секунд) бесконтактного метода измерения температуры тела давно вывела бесконтактные термометры в ряд наиболее перспективных [1]. Несмотря на развитие технологий и рынка бесконтактных инфракрасных термометров, они так и остаются всего лишь перспективным и прогнозы о замене ртутных при медицинском использовании остаются на уровне дискуссий. Главные проблемы бесконтактных термометров по-прежнему остаются нерешенными — очень низкая точность измерения (ошибка показаний может достигать  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) и очень высокая цена (на два порядка выше ртутных). Характеристики существующих бесконтактных инфракрасных термометров можно улучшить путем использования автоколебательных систем на основе реактивных свойств элементов с отрицательным сопротивлением. Такие системы имеют ряд преимуществ, а именно: высокая помехо-

устойчивость, которая обеспечивает высокую точность измерения, мощный выходной сигнал, что позволяет отказаться от прецизионных усилителей, простота конструкции, что повышает экономичность приборов, построенных на их основе.

### II. Основная часть

Целью исследования является повышение точности бесконтактного инфракрасного термометра на основе автоколебательной системы лямбда типа и пироэлектрического чувствительного элемента. Объект исследования — процесс преобразования радиационной температуры в аналоговый выходной сигнал с частотным информационным параметром. Предмет исследования — бесконтактный инфракрасный термометр. Для достижения цели исследования были решены следующие задачи: 1) проанализированы современные бесконтактные инфракрасные термометры для измерения температуры человеческого тела и обоснованы преимущества термометра на основе автоколебательной системы лямбда типа по сравнению с другими; 2) разработана математическая модель автоколебательной системы лямбда типа с пироэлектрическим чувствительным элементом в часовом домене, с помощью которой получены зависимости напряжений и токов во времени, зависимости частоты генерации и чувствительности устройства от температуры; 3) разработан электронный бесконтактный инфракрасный термометр. На рис. 1 представлена схема бесконтактного инфракрасного термометра. В нее входит PIR — промышленный пироэлектрический детектор (в данном случае IRA-E410S1 от компании Murata Co).

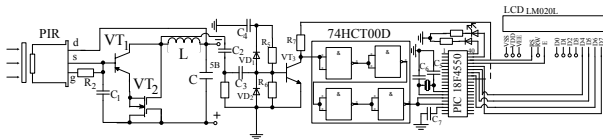


Рис. 1. Схема бесконтактного инфракрасного термометра для измерения температуры человеческого тела.

Fig. 1. The circuit diagram of non-contact infrared thermometer for measuring human body's temperature

Схема автоколебательной системы лямбда типа состоит из биполярного ( $VT_1$ ) и полевого ( $VT_2$ ) транзисторов, питание которых осуществляется через источник постоянного напряжения  $U_{ж}$  (рис. 1). В данной Би-МОН транзисторной структуре на электродах коллектор-сток транзисторов  $VT_1$  и  $VT_2$  существует отрицательное сопротивление. Включение внешней индуктивности  $L$  к электродам коллектор-сток позволяет создать генератор электрических колебаний, частота генерации которого из-за подсоединения PIR датчика зависит от радиационной температуры. Для моделирования схемы автоколебательной системы был выбран метод переменных состояний. Эквивалентная схема автогенератора с пьезоэлектрическим датчиком представлена на рис. 2.

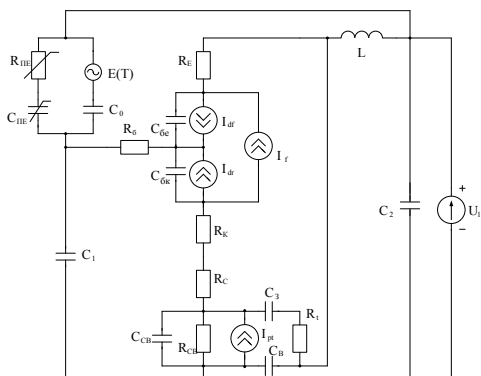


Рис. 2. Эквивалентная схема автоколебательной системы лямбда типа с пьезоэлектрическим чувствительным элементом.

Fig. 2. Equivalent circuit diagram of the self-oscillating lambda type system with a pyroelectric sensitive element

На основании эквивалентной схемы (рис. 2) была получена функция преобразования, которая показывает зависимость частоты выходного сигнала автоколебательной системы лямбда типа от температуры. Функция преобразования в общем случае имеет вид

$$F_0 = \frac{\sqrt{2C_{je} \cdot (1 - U_{be}(T)/U_{je})^{-M_{je}} + C_{jk} \cdot (1 - U_{bc}(T)/U_{jk})^{-M_{jk}}}}{2\pi} \cdot C_{je} \cdot (1 - U_{be}(T)/U_{je})^{-M_{je}} \cdot C_{jk} \cdot (1 - U_{bc}(T)/U_{jk})^{-M_{jk}} \cdot L$$

где  $L$  — индуктивность автоколебательной системы,  $M_{jk}$  — коэффициент, который учитывает плавность коллекторного перехода,  $C_{jk}$  — емкость коллекторного перехода,  $M_{je}$  — коэффициент, который учитывает плавность эмиттерного перехода,  $C_{je}$  — емкость эмиттерного перехода,  $U_{be}$  — напряжение база-эмиттер,  $U_{bc}$  — напряжение база-коллектор. Графическая зависимость частоты генерации разработанного устройства от температуры показана на рис. 3.

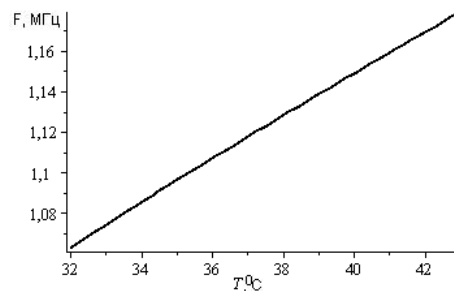


Рис. 3. Функция преобразования бесконтактного инфракрасного термометра.

Fig. 3. Conversion function of the non-contact infrared thermometer

На рис. 4 показана форма смоделированных в программном пакете Maple выходных колебаний автогенератора.

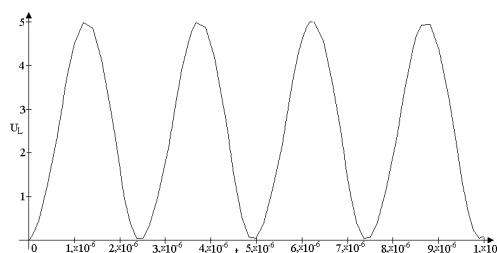


Рис. 4. Смоделированные выходные колебания на основе системы уравнений переменных состояния.

Fig. 4. Simulated output waveform from the state variables equations set

### III. Заключение

1. На основе эквивалентной схемы бесконтактного инфракрасного термометра была составлена система уравнений переменных состояния, решение которой позволило получить в программной среде Maple функцию преобразования термометра и графическое представление выходного сигнала, что может быть использовано для инженерного расчета бесконтактного инфракрасного термометра.

2. Показана возможность использования промышленных пьезоэлектрических детекторов для измерения температуры человеческого тела. Кроме того, на примере использования автоколебательной системы лямбда типа показана возможность повышение точности и чувствительности бесконтактных инфракрасных термометров, созданных на основе промышленных пьезоэлектрических детекторов.

3. Разработан бесконтактный инфракрасный термометр с точностью  $0,1^\circ\text{C}$  и чувствительностью  $10\text{ кГц}/^\circ\text{C}$  в диапазоне измерений температуры от  $32$  до  $43^\circ\text{C}$ .

Работа выполнена в рамках государственной научно-исследовательской работы «Разработка радиоизмерительных преобразователей температуры на основе реактивных свойств полупроводниковых структур» (№ гос. регистрации 0113U001249).

### IV. References

- [1] Saunders P. Calibration and use of low temperature direct-reading radiation thermometers. *Measurement Science and Technology*, 2009, vol. 20, pp. 025104.