

Радіовимірювальний перетворювач тиску на основі двоколекторного тензотранзистора

Осадчук В. С.¹, Осадчук О. В.², Осадчук Я. О.³

¹Проф. д.т.н., професор, кафедри електроніки, Вінницький національний технічний університет, osadchuk69@mail.ru

²Проф. д.т.н., завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, osadchuk69@mail.ru

³Магістр кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, yaroslav.osa@mail.ru

Анотація — Запропонована конструкція радіовимірювального перетворювача тиску з частотним вихідним сигналом, яка складається з біполярного двоколекторного тензотранзистора і двозатворного польового транзистора, що утворюють автогенераторний пристрій. На основі розв'язку рівняння коливальної системи автогенераторного пристрою перетворювача отримано функцію перетворення, що описує залежність резонансної частоти від тиску, та рівняння чутливості. Чутливість сенсора тиску лежить в діапазоні від 1,12 кГц/кПа до 0,65 кГц/кПа.

Ключові слова: радіовимірювальний сенсор тиску, від'ємний опір, частотний вихідний сигнал

Radiomeasuring pressure transducer based two collector tenzotransistor

Osadchuk V.S.¹, Osadchuk A.V.², Osadchyk J.A.³

¹Dr.T.S., Prof., professor of electronics Department, Vinnytsia National Technical University, osadchuk69@mail.ru

²Dr.T.S., Prof., Head of Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, osadchuk69@mail.ru

³Master of Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, yaroslav.osa@mail.ru

The design of radiomeasuring microelectronic pressure transducer with a frequency output, which consists of two collector bipolar tenzotransistor and two gate field-effect transistor, which constitute autogenerating device. On the basis of solutions of oscillatory system autogenerating sensor device obtained conversion function, which describes the dependence of the resonance frequency of the pressure, and the equation of sensitivity. The sensitivity of the pressure sensor in the range of 1.12 kHz/kPa to 0.65 kHz/kPa.

Keywords: radiomeasuring pressure transducer, negative resistance, frequency output signal.

I. ВСТУП

Дослідження в області створення вимірювальних перетворювачів тиску спрямовані на покращення їх основних параметрів: підвищення чутливості, лінійності, стабільності, економічності, зменшення часу спрацювання, габаритів, ефективності інтеграції з мікропроцесорними засобами обробки вимірювальної інформації. Такі характеристики можна отримати на основі транзисторних структур з від'ємним опором, в яких відбувається перетворення тиску у частотний сигнал. Проте такий напрям створення вимірювальних перетворювачів тиску не досить досліджений, це стосується як самих схем, так і дослідження характеристик первинних перетворювачів тиску з розщепленими електродами, якими є двоколекторні транзистори. Розгляду цього питання присвячена дана стаття.

II. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглянемо роботу радіовимірювального сенсору тиску з частотним виходом, схема якого подана на рис. 2 [1]. Вона являє собою гібридну інтегральну схему, яка складається із двоколекторного тензочутливого транзистора і польового двозатворного транзистора, що утворюють автогенераторний пристрій, частота генерації якого зале-

жить від тиску, прикладеного до двоколекторного біполярного тензотранзистора.

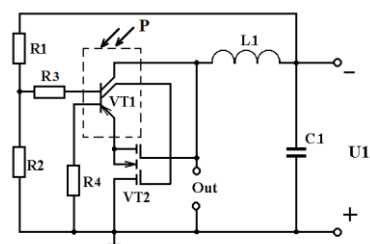


Рисунок 1 – Електрична схема радіовимірювального перетворювача тиску

На електродах першого колектора тензочутливого біполярного транзистора VT1 і стоку польового двозатворного транзистора VT2 існує повний опір, активна складова якого має від'ємне значення, а реактивна ємнісний характер. Підключення індуктивності L_1 до першого колектора VT1 і загальної шини через ємність C_1 створює коливальний контур, втрати енергії в якому компенсуються від'ємним опором. Резистори R_1 , R_2 , R_3 і R_4 забезпечують режим живлення постійним струмом досліджуваної схеми. При дії тиску на транзистор VT1 відбувається зміна еквівалентної ємності коливального контуру, що викликає зміну частоти генерації.

Для визначення функції перетворення сенсора тиску, тобто залежності частоти генерації від тиску, складемо еквівалентну схему пристрою, яка подана на рис. 2.

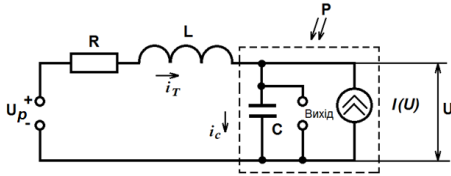


Рисунок 2 – Еквівалентна схема радіовимірювального сенсора тиску

На схемі (рис. 2) сумарна індуктивність L містить в собі зовнішню індуктивність L_1 коливального контуру та індуктивності виводів схеми, ємність C містить в собі зовнішню ємність C_1 , а також внутрішні ємності транзисторів VT1 і VT2 на електродах колектор – стік. Опір R містить в собі всі опори втрат схеми. Джерело струму $I(U)$ моделює спадаючу ділянку вольт-амперної характеристики на виході пристрою.

Еквівалентна схема сенсору тиску (рис. 2) описується рівняннями Кірхгофа

$$U_p = Ri_T + L \frac{di_T}{dt} + U, \quad i_T = C \frac{dU}{dt} + I(U). \quad (1)$$

З рівнянь (1) визначаються складові

$$\frac{di_T}{dt} = \frac{U_p - i_T - U}{L}, \quad (2)$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{i_T - I(U)}{C}. \quad (3)$$

Об'єднання рівнянь (2) і (3) дозволяє отримати диференціальне рівняння другого порядку, яке описує коливальний процес в автогенераторному сенсори тиску

$$\frac{d^2u}{dt^2} + \left(\frac{R}{L} - \frac{1}{R_g C} \right) \frac{du}{dt} + \frac{u}{LC} \left(1 + \frac{R}{R_g} \right) = 0. \quad (4)$$

Розв'язок рівняння (5) має вигляд

$$u(t) = A \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{R_g C} \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{1}{R_g C} + \frac{R}{L} \right)^2 - \frac{1}{LC} \left(1 + \frac{R}{R_g} \right)} \right] t + \\ + B \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{R_g C} \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left(\frac{1}{R_g C} + \frac{R}{L} \right)^2 - \frac{1}{LC} \left(1 + \frac{R}{R_g} \right)} \right] t, \quad (5)$$

де A і B коефіцієнти, що визначаються з початкових умов. Умови виникнення синусоїдальних коливань в системі описуються нерівностями

$$\left(\frac{1}{R_g C} + \frac{R}{L} \right) < 0, \quad \frac{1}{LC} \left(\frac{R}{R_g} + 1 \right) > 0. \quad (6)$$

Резонансна частота визначається з реактивної складової повного опору на виході, яка на резонансній частоті дорівнює нулю (рис. 2). Джерело струму $I(U)$ у робочій точці пристрою змінюється на величину u/R_g . Таким чином, функція перетворення, тобто залежність резонансної частоти сенсора від дії тиску описується виразом

$$F(P) = \frac{1}{2\pi R_g C(P)} \sqrt{\frac{R_g^2 C(P)}{L} - 1}. \quad (7)$$

Чутливість визначається на основі виразу (7) і має вигляд

$$S_{F_p}^{F_p} = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{R_g^2 C(P)}{L} - 1} \left(\frac{dC(P)}{dP} \right)}{\pi R_g^2 C(P)} + \frac{1}{2} \frac{\frac{dC(P)}{dP}}{\pi L \sqrt{\frac{R_g^2 C(P)}{L} - 1}}. \quad (8)$$

На рис.3 подано залежність резонансної частоти від тиску. Як видно з графіка, її залежність від тиску є нелінійною, це пояснюється нелінійною залежністю еквівалентної ємності коливальної системи автогенератора від тиску.

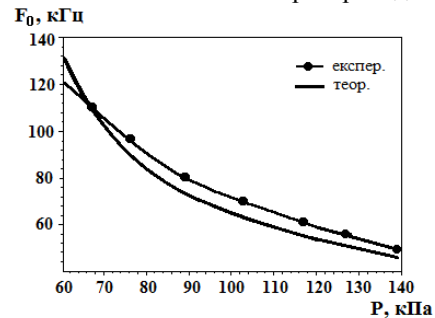


Рисунок 3 – Залежність резонансної частоти від тиску

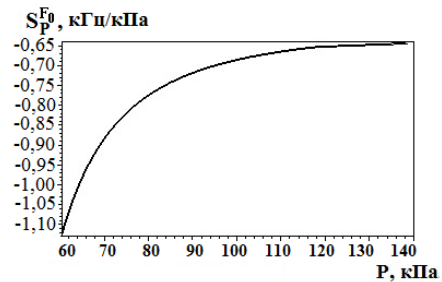


Рисунок 4 – Залежність чутливості сенсора від тиску

На рис. 4 представлено залежність чутливості сенсора від дії тиску. Аналіз графіка показує, що чутливість має максимальне значення і змінюється від 1,12 кГц/кПа до 0,65 кГц/кПа.

Висновки

Запропонована конструкція радіовимірювального мікроелектронного сенсора тиску з частотним вихідним сигналом, яка складається з біполярного двоколекторного тензотранзистора і двозатворного польового транзистора, що утворюють автогенераторний пристрій. На основі розв'язку рівняння коливальної системи автогенераторного пристрою сенсора отримано функцію перетворення, що описує залежність резонансної частоти від тиску, та рівняння чутливості. Чутливість сенсора тиску лежить в діапазоні від 1,12 кГц/кПа до 0,65 кГц/кПа.

REFERENCES

- [1] Пат. №34244А України, МКИ Н 04R 19/00. Напівпровідниковий пристрій для виміру тиску / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Осадчук Е. В. -№99063404; Заявлено 18.06.1999; Опубліковано 15.02.2001. Бюл. №1. -2с.