

УДК 621.382

**В. С. Осадчук, д. т. н., проф.; А. В. Осадчук, д. т. н., проф.;
Н. А. Яремишена**

МИКРОЭЛЕКТРОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА ГАЗА НА ОСНОВЕ ДВУХ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С АКТИВНЫМ ИНДУКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Предложена схема микроэлектронного преобразователя расхода газа на основе двух биполярных транзисторов с активным индуктивным элементом, реализующий автогенераторное устройство, в котором реализуется преобразование расхода газа в выходной частотный сигнал. Получены аналитические выражения функции преобразования и уравнения чувствительности.

Ключевые слова: частотный преобразователь, частота генерации, чувствительность.

Введение

Для современного уровня развития информационно-измерительной техники свойственно значительное разнообразие методов определения расхода газа, в которых выходным сигналом является напряжение или ток, что приводит к низкой помехоустойчивости и точности измерения.

Микроэлектронные преобразователи с частотным выходным сигналом сочетают как простоту, так и универсальность, свойственные аналоговым устройствам, а также точность и помехоустойчивость, характерные для преобразователей с кодовым выходом. Они обладают высокой чувствительностью к измеряемым параметрам, малой массой и габаритами, информационной, конструктивной и технологической совместимостью с микроэлектронными средствами обработки информации, обеспечивает их преимущество над существующими расходомерами [1].

Таким образом, задачей статьи является получение: теоретических зависимостей активной и реактивной составляющих полного выходного сопротивления от расходов; теоретической и экспериментальной зависимости частоты генерации и чувствительности от расхода газа.

Расчеты параметров микроэлектронного преобразователя расхода газа

Использование частотного сигнала в качестве информативного параметра первичного преобразователя характеризуется высокой помехоустойчивостью, простотой и значительной точностью преобразования в цифровой код, а также удобством коммутаций в многоканальных измерительных системах. Микроэлектронный преобразователь расхода газа выполнен на основе автогенераторного устройства с активной индуктивностью колебательного контура, основанный на транзисторной структуре с отрицательным сопротивлением.

Электрическая схема микроэлектронного преобразователя расхода газа представлена на рис. 1.

Конструктивно устройство состоит [2] из двух биполярных транзисторов VT1 и VT2, которые образуют емкость колебательного контура, и биполярного транзистора VT3 с RC-цепью, образующей индуктивное сопротивление колебательного контура. Чувствительными элементами выступают транзисторы VT1, VT2, VT3, что позволяет повысить чувствительность преобразователя.

Активная и реактивная составляющие полного выходного сопротивления, необходимые для определения функции преобразования, определяют на основе эквивалентной схемы (рис. 2), созданной на основе электрической схемы (рис. 1).

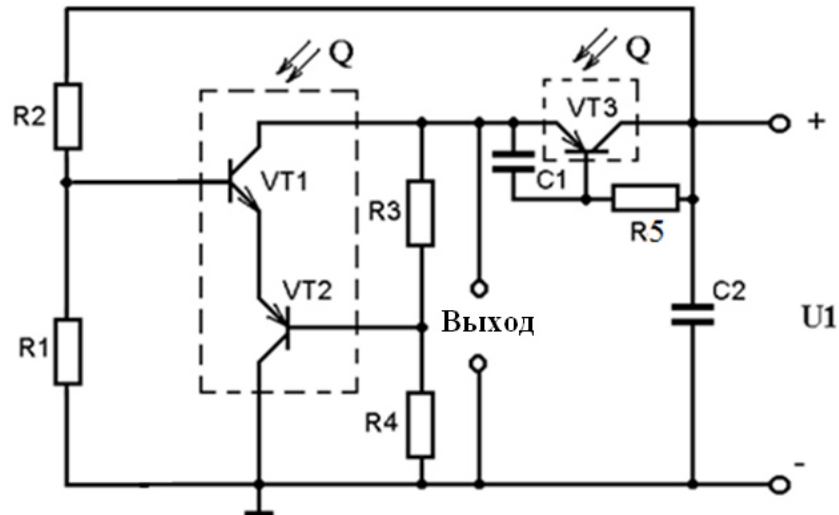


Рис. 1. Электрическая схема микроэлектронного преобразователя расхода газа с активным индуктивным элементом

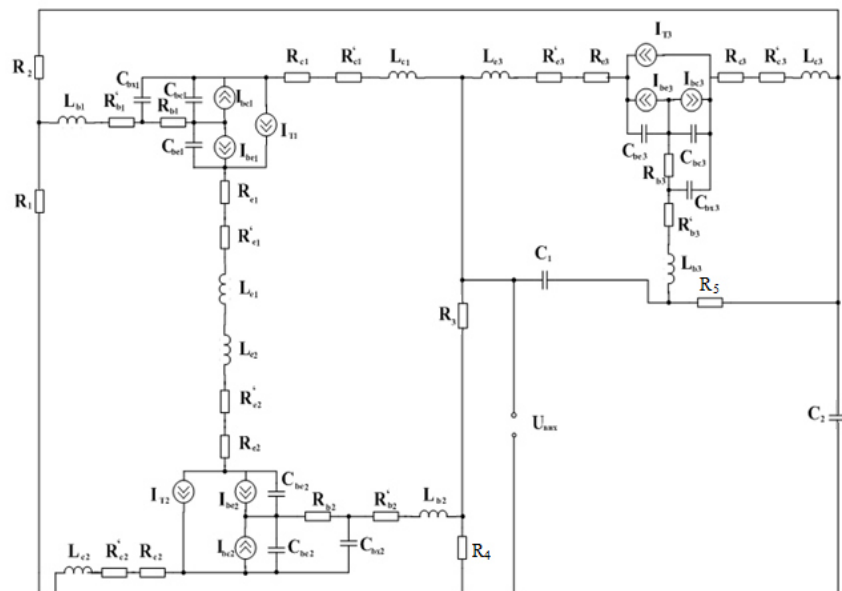


Рис. 2. Эквивалентная схема преобразователя на основе двух биполярных транзисторов с активным индуктивным элементом

Параметры элементов эквивалентной схемы и их значения взяты из литературы [3].

На рис. 3 представлена теоретическая зависимость активной составляющей от затрат при различных значениях напряжения управления. Рост напряжения управления от 2,1 до 2,3 В приводит к увеличению активного сопротивления: так, при значении $U_1 = 2,2$ В он имеет почти линейную зависимость.

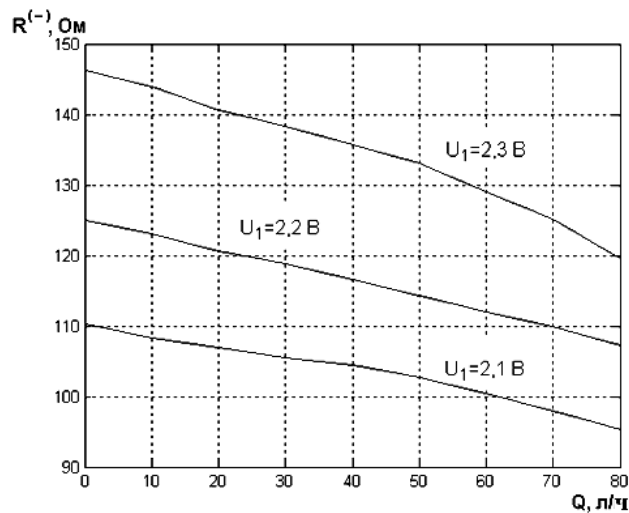


Рис. 3. Теоретическая зависимость активной составляющей полного выходного сопротивления от расходов

На рис. 4 приведена теоретическая зависимость реактивной составляющей полного сопротивления от расходов. Из графика видно, что с ростом U_1 от 2,1 В до 2,3 В реактивная составляющая увеличивается, а при росте затрат она уменьшается, однако при $U_1 = 2,2$ В она имеет линейный характер.

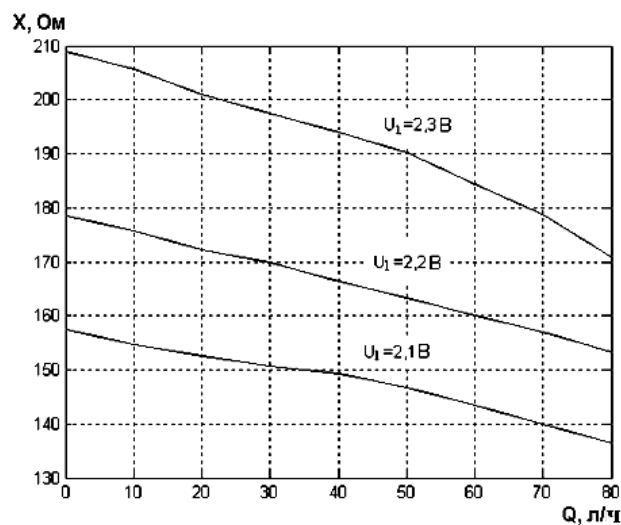


Рис. 4. Теоретическая зависимость реактивной составляющей полного выходного сопротивления от расходов

На рис. 5 представлена зависимость эквивалентной емкости от затрат при различных напряжениях управления. Из представленных графиков видно, что с увеличением напряжения управления эквивалентная емкость уменьшается.

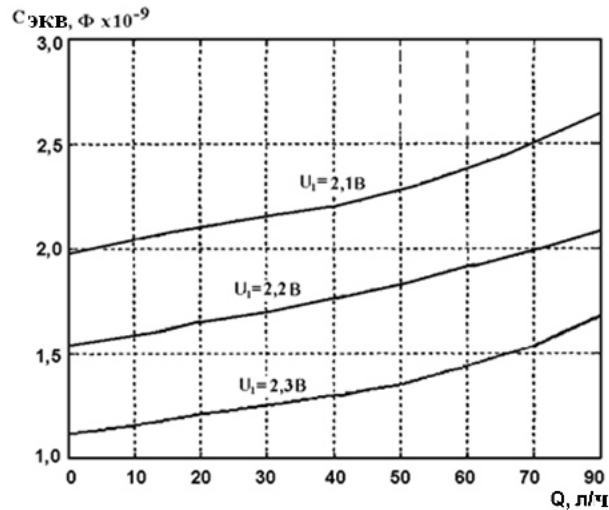


Рис. 5. Теоретическая зависимость эквивалентной емкости от расходов

На рис. 6 представлены теоретическая и экспериментальная зависимости частоты генерации от расхода газа. Как видно из графика, линейную зависимость для преобразования можно получить, если напряжение управления составляет $U_1 = 2,2 \text{ В}$.

Зависимость частоты генерации от расхода газа, то есть функцию преобразования, определяют выражением:

$$F_0 = \frac{1}{2\pi R^{(-)}(Q)C_{\text{экв}}(Q)} \sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{\text{экв}}(Q)}{L}} - 1, \quad (1)$$

где $R^{(-)}$ - активная составляющая полного выходного сопротивления; $C_{\text{экв}}$ эквивалентная емкость колебательного контура генератора, которую определяют на основе реактивной составляющей X выходного сигнала; L - значение активной индуктивности.

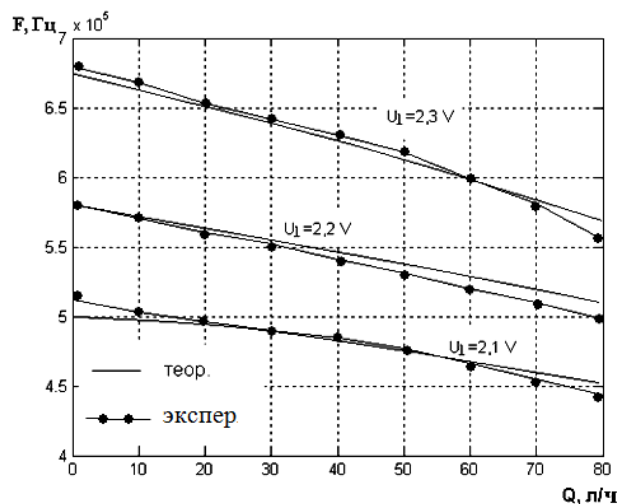


Рис. 6. Теоретическая и экспериментальная зависимости частоты генерации от расхода газа

Чувствительность преобразователя определяют на основе выражения (1) и описывают уравнением:

$$S_Q^{F_0} = \frac{\partial F_0}{\partial Q} = -\frac{1}{2\pi R^{(-)}(Q)C_{екв}(Q)} \left[\sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{екв}(Q)}{L}} - 1 \right] \frac{\partial R^{(-)}(Q)}{\partial Q} + \frac{1}{C} \left[\sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{екв}(Q)}{L}} - 1 \right] \frac{\partial C_{екв}(Q)}{\partial Q} - \left(2L \sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{екв}(Q)}{L}} - 1 \right)^{-2} \left(2R^{(-)}(Q)C_{екв}(Q) \frac{\partial R^{(-)}(Q)}{\partial Q} + R^{(-)2}(Q) \frac{\partial C_{екв}(Q)}{\partial Q} \right) \quad (2)$$

График зависимости чувствительности представлен на рис. 7.

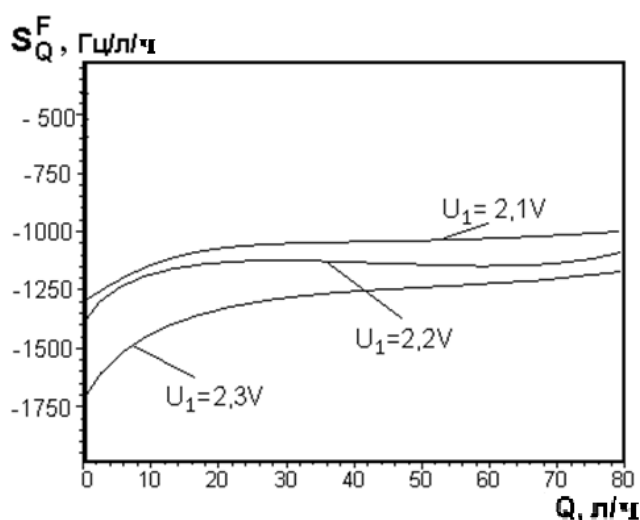


Рис. 7. Зависимость чувствительности от расхода газа

Согласно графику, наибольшая чувствительность устройства лежит от 0,1 до 25 л / ч и составляет 1000 – 1750 Гц / (л/ч).

Выводы

Предложена схема микроэлектронного преобразователя расхода газа на основе двух биполярных транзисторов с активным индуктивным элементом, которая реализует автогенераторное устройство, где реализуется преобразование расхода газа в выходной частотный сигнал. Получены аналитические выражения функции преобразования и уравнения чувствительности. Чувствительность устройства изменяется от 1000 Гц / (л / ч) до 1750 Гц / (л / ч).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества / П. П. Кремлевский. – Л. : Машиностроение, 1975. – 776 с.
2. Осадчук О. В. Мікроелектронні частотні перетворювачі на основі структур з від'ємним опором / О. В. Осадчук. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2001. – 303 с.
3. Разевич В. Д. Применение программ Р-САД и Pspice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. Выпуск 2: Модели компонентов аналоговых устройств / В. Д. Разевич. М.: Радио и связь. 1992. – 64 с.

Осадчук Владимир Степанович – д. т. н., профессор кафедры электроники.

Осадчук Александр Владимирович – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой радиотехники.

Яремишена Наталия Андреевна – аспирант.

Винницкий национальный технический университет.