

УДК 621.382

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

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВИТРАТ ГАЗУ НА ОСНОВІ ДВОХ БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ З АКТИВНИМ ІНДУКТИВНИМ ЕЛЕМЕНТОМ

Запропоновано схему мікроелектронного перетворювача витрат газу на основі двох біполярних транзисторів з активним індуктивним елементом, що реалізує автогенераторний пристрій, у якому реалізується перетворення витрат газу у вихідний частотний сигнал. Отримано аналітичні вирази функції перетворення й рівняння чутливості.

Ключові слова: частотний перетворювач, частота генерації, чутливість.

Вступ

Для сучасного рівня розвитку інформаційно-вимірювальної техніки властива значна різноманітність методів визначення витрат газу, у яких вихідним сигналом є напруга або струм, що призводить до низької завадостійкості й точності вимірювання.

Мікроелектронні перетворювачі із частотним вихідним сигналом поєднують як простоту, так і універсальність, які властиві аналоговим пристроям, а також точність і завадостійкість, що характерні для перетворювачів із кодовим виходом. Вони мають високу чутливість до вимірюваних параметрів, малу масу і габарити, інформаційну, конструктивну й технологічну сумісність із мікроелектронними засобами обробки інформації, що забезпечує їхню перевагу над сучасними витратомірами [1].

Отже, завдання статті є отримання: теоретичних залежностей активного та реактивного складників повного вихідного опору від витрат; теоретичної та експериментальної залежностей частоти генерації та чутливості від витрат газу.

Розрахунки параметрів мікроелектронного перетворювача витрат газу

Використання частотного сигналу в якості інформативного параметра первинного перетворювача характеризується високою завадостійкістю, простотою та значною точністю перетворення в цифровий код, а також зручністю комутацій у багатоканальних вимірювальних системах. Мікроелектронний перетворювач витрат газу виконано на основі автогенераторного пристрою з активною індуктивністю коливального контуру, що ґрунтується на транзисторній структурі з від'ємним опором.

Електрична схема мікроелектронного перетворювача витрат газу подана на рис. 1.

Конструктивно пристрій складається [2] з двох біполярних транзисторів VT1 і VT2, які утворюють ємність коливального контуру, та біполярного транзистора VT3 з RC-колом, що утворює індуктивний опір коливального контуру. Чутливими елементами виступають транзистори VT1, VT2, VT3, що дозволяє підвищити чутливість перетворювача.

Активний і реактивний складники повного вихідного опору, які необхідні для визначення функції перетворення, визначають на основі еквівалентної схеми (рис. 2), що утворена на основі електричної схеми (рис. 1).

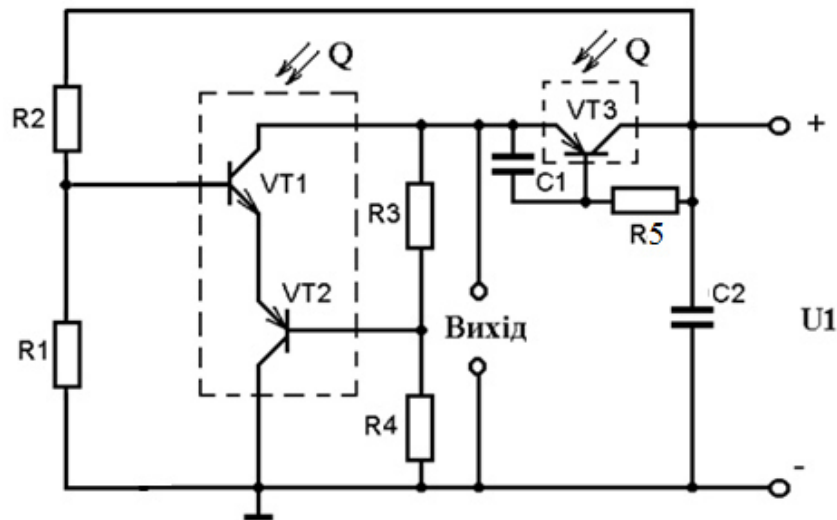


Рис. 1. Електрична схема мікроелектронного перетворювача витрат газу з активним індуктивним елементом

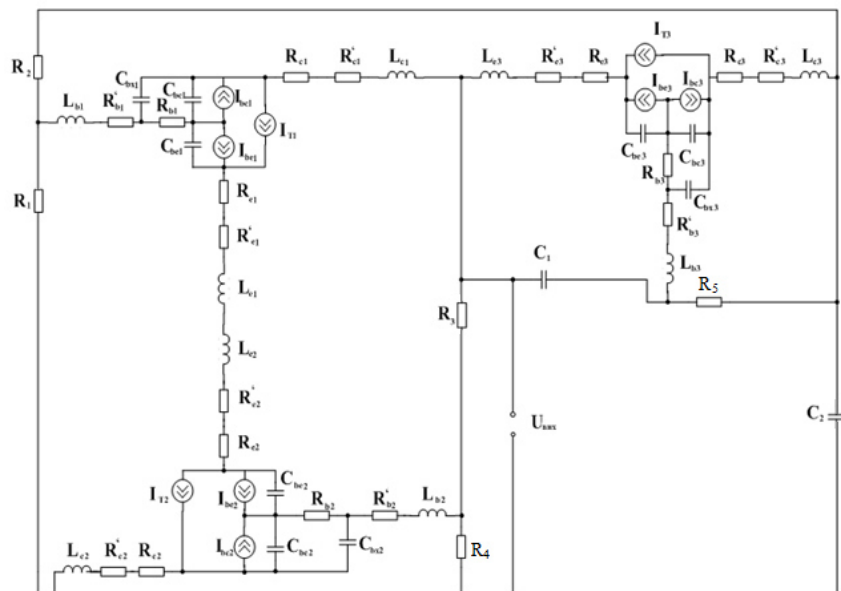


Рис. 2. Еквівалентна схема перетворювача на основі двох біполярних транзисторів з активним індуктивним елементом

Параметри елементів еквівалентної схеми і їхні значення взяті з літератури [3].

На рис. 3 подана теоретична залежність активного складника від витрат за різних значень напруги керування. Зростання напруги керування від 2,1 до 2,3 В призводить до збільшення активного опору: так, за значення $U_1=2,2$ В він має майже лінійну залежність.

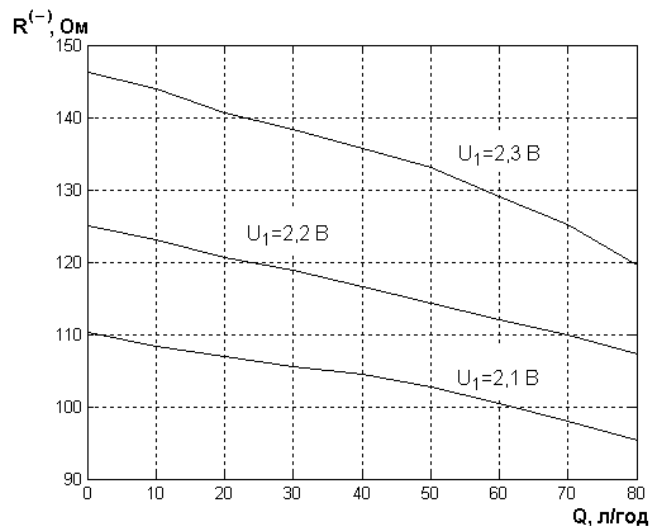


Рис. 3. Теоретична залежність активного складника повного вихідного опору від витрат

На рис. 4 наведена теоретична залежність реактивного складника повного опору від витрат. Із графіка видно, що зі зростанням U_1 від 2,1 В до 2,3 В реактивний складник збільшується, а зі зростанням витрат вона зменшується, проте за $U_1=2,2$ В вона має лінійний характер.

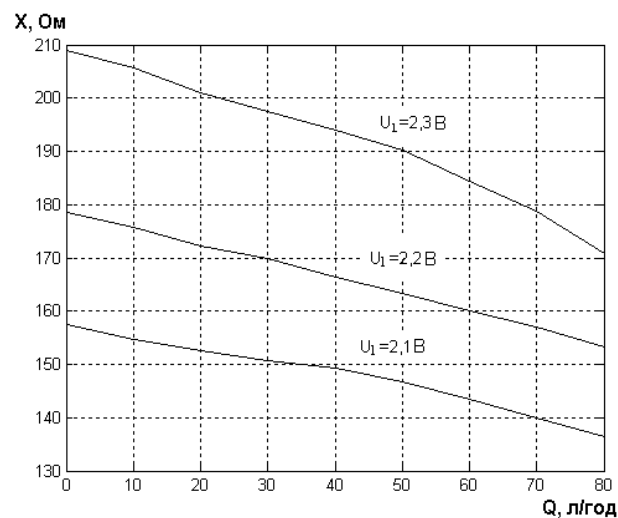


Рис. 4. Теоретична залежність реактивного складника повного вихідного опору від витрат

На рис. 5 представлена залежність еквівалентної ємності від витрат за різної напруги керування. Із представлених графіків видно, що зі збільшенням напруги керування еквівалентна ємність зменшується.

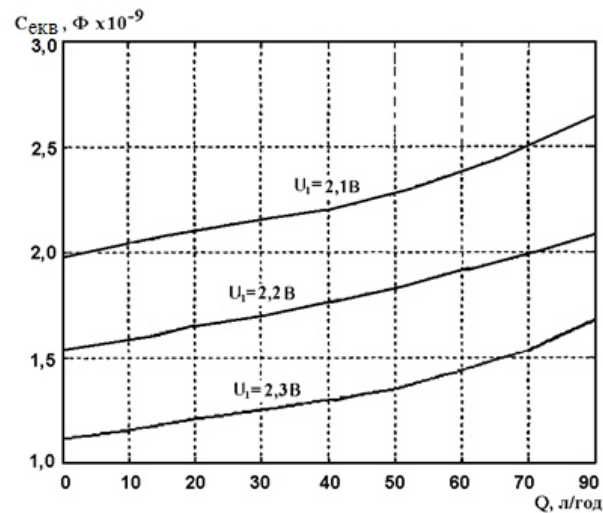


Рис. 5. Теоретична залежність еквівалентної ємності від витрат

На рис. 6 подані теоретична та експериментальна залежності частоти генерації від витрат газу. Як видно з графіка, лінійну залежність для функції перетворення можна одержати, якщо напруга керування складає $U_1=2,2$ В.

Залежність частоти генерації від витрат газу, тобто функцію перетворення, визначають виразом:

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

де $R^{(-)}$ - активний складник повного вихідного опору; $C_{екв}$ - еквівалентна ємність коливального контуру генератора, яку визначають на основі реактивного складника X вихідного сигналу; L - величина активної індуктивності.

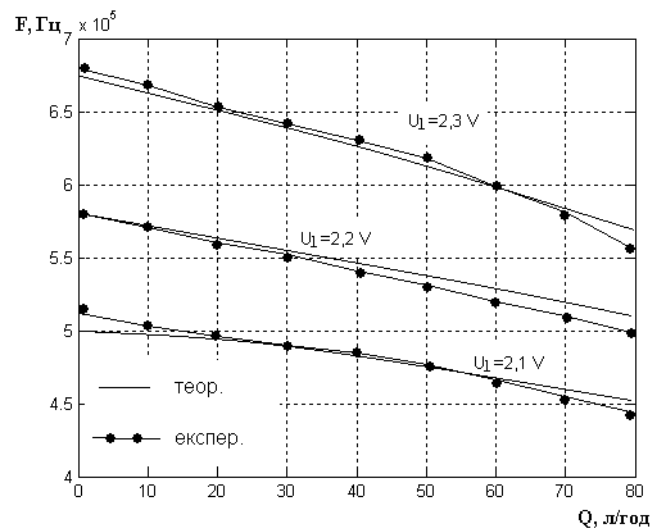


Рис. 6. Теоретична та експериментальна залежності частоти генерації від витрат газу

Чутливість перетворювача визначають на основі виразу (1) та описують рівнянням:

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

Графік залежності чутливості подано на рис. 7.

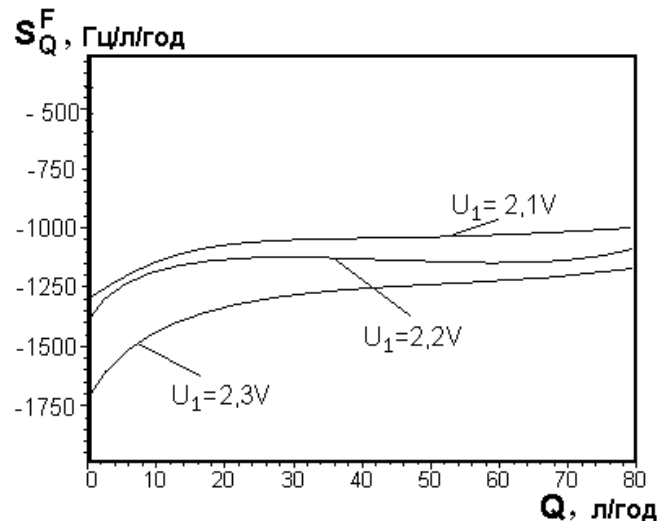


Рис. 7. Залежність чутливості від витрат газу

Згідно з графіком, найбільша чутливість пристрою лежить від 0,1 до 25 л/год і складає 1000 – 1750 Гц/(л/год).

Висновки

Запропоновано схему мікроелектронного перетворювача витрат газу на основі двох біполярних транзисторів з активним індуктивним елементом, що реалізує автогенераторний пристрій, у якому реалізується перетворення витрат газу у вихідний частотний сигнал. Отримано аналітичні вирази функції перетворення й рівняння чутливості. Чутливість пристрою змінюється від 1000 Гц/(л/год) до 1750 Гц/(л/год).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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 Pspise для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. Выпуск 2: Модели компонентов аналоговых устройств / В. Д. Разевич. М.: Радио и связь. 1992. – 64 с.

Осадчук Володимир Степанович – д. т. н., професор кафедри електроніки.

Осадчук Олександр Володимирович – д. т. н., професор, завідувач кафедри радіотехніки.

Яремішена Наталія Андріївна – аспірант.

Вінницький національний технічний університет.

**V. S. Osadchuk, Dc. Sc. (Eng.), Professor.; O. V. Osadchuk, Dc. Sc. (Eng.), Professor;
N. A. Yaremishena, Post-Graduate**

MICROELECTRONIC CONVERTER OF GAS CONSUMPTION BASED ON TWO BIPOLAR TRANSISTORS WITH ACTIVE INDUCTIVE ELEMENT

The scheme of microelectronic converter of gas consumption, based on two bipolar transistors with active element is suggested. The given scheme realizes self-excited oscillator where gas consumption conversion is realized into output frequency signal. Analytical expressions of conversion function and sensitivity equation are obtained.

Key words: *frequency converter, generation frequency, sensitivity.*

Introduction

Modern level of development of information-measuring engineering is characterized by the variety of methods of gas consumption determination, where output signal is voltage or current, that leads to low noise immunity and measurement accuracy.

Microelectronic converters with frequency output signal combine both simplicity and universality, that are inherent to analogue devices and also accuracy and noise immunity that are characteristic for the converters with code output. They possess high sensitivity to measured parameters, small mass and dimensions, information constructive and technological compatibility with microelectronic facilities of information processing, that provides their advantages over the existing flowmeters [1].

Thus, the aims of the paper are: obtaining of theoretical dependences of active and reactive component of output impedance on charges; theoretical and experimental dependence of generation frequency and sensitivity on gas consumption.

Calculation of the parameters of microelectronic converter of gas consumption

Using of frequency signal as information parameter of primary converter is characterized by high noise immunity, simplicity and accuracy of the conversion into digital code, as well as convenience of switchings in multichannel measuring systems. Microelectronic converter of gas consumption, realized on the base of self-excited device with active inductance of oscillatory circuit, implemented on transistor structure with negative resistance. Electric circuit of microelectronic converter of gas consumption is shown in Fig.1.

The device consists of [2] two bipolar transistors VT1 and VT2 that form the tank capacitance and bipolar transistor VT3 with RC-circuit, that creates inductive impedance of oscillatory circuit. Sensitive elements are transistors VT1, VT2, VT3, that enables to improve the sensitivity of the converter.

Active and reactive components of input impedance, that are needed for determination of conversion function, are defined on the basis of equivalent circuit (Fig. 2), constructed on the base of electric circuit (Fig. 1).

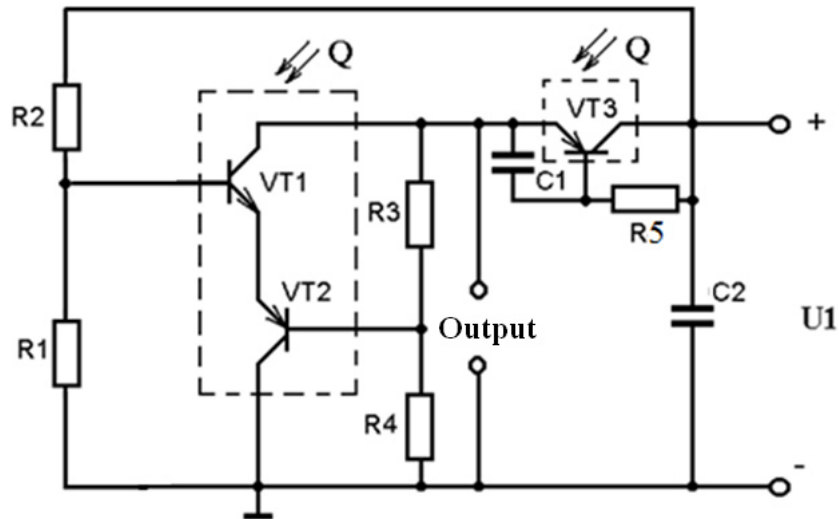


Fig. 1. Electric circuit of microelectronic converter of gas consumption with active inductive element

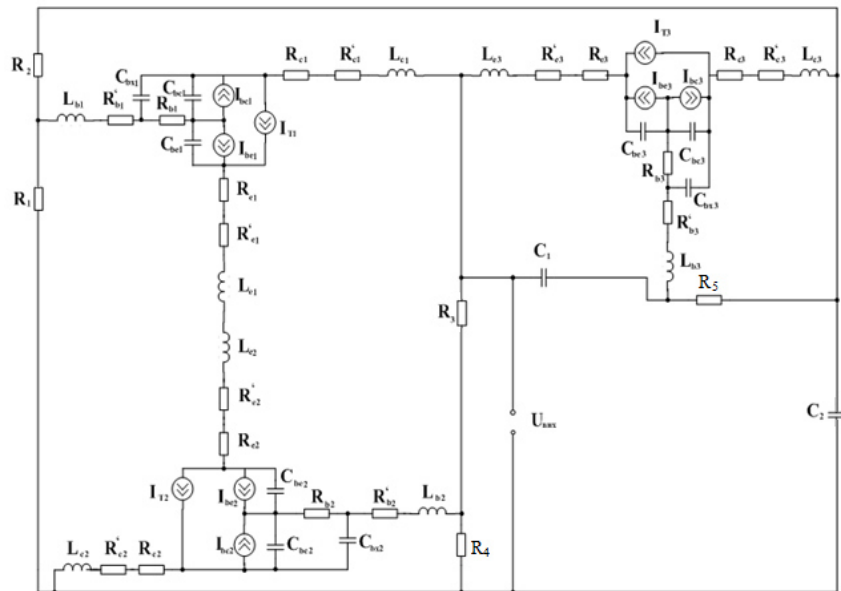


Fig. 2. Equivalent circuit of the converter on the basis of two bipolar transistors with active inductive element

Parameters of equivalent circuit elements and their values are taken from the literature [3].

Fig. 3 shows theoretical dependence of active component on the expenses at various values of control voltage. Increase of control voltage from 2.1 to 2.3 V leads to the increase of active resistance, at value $U_1=2,2$ V it has almost linear dependence.

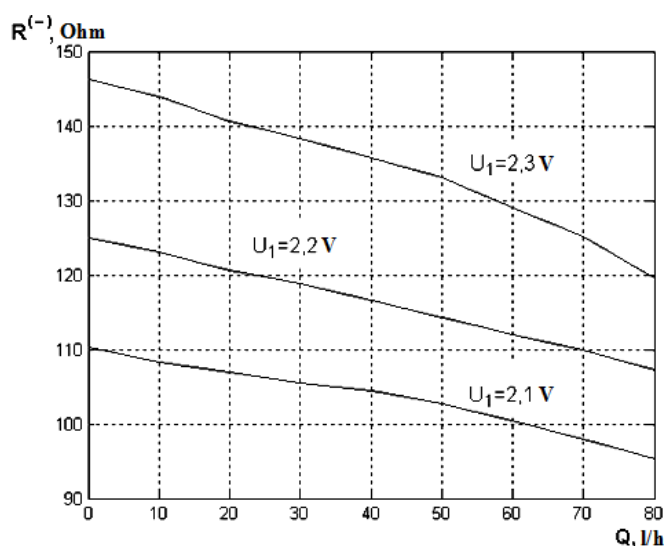


Fig. 3. Theoretical dependence of active component of output impedance on expenses

Fig. 4 shows theoretical dependence of reactive component of the impedance on the expenses. It is seen from the graph that with the increase of U_1 from 2.1 V to 2.3 V reactive component increases and at increase of expenses it decreases, whereas at $U_1=2.2$ V it has linear character.

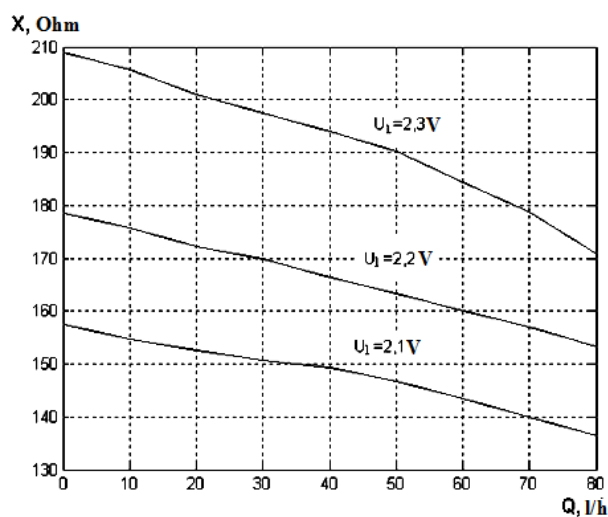


Fig. 4. Theoretical dependence of reactive component of output impedance on expenses

Fig. 5 shows the dependence of equivalent capacitance on expenses at different control voltage. It is seen from the graphs, that the equivalent capacitance decreases with the increase of control voltage.

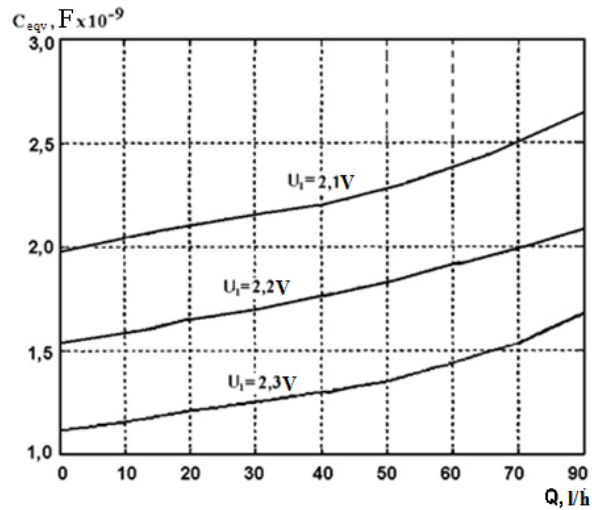


Fig. 5. Theoretical dependence of equivalent capacitance on expenses

Fig. 6 shows theoretical and experimental dependences of generation frequency on gas consumption. As it is seen from the graph, linear dependence for transfer function may be obtained, if control voltage is $U_1=2.2$ V.

Dependence of generation frequency on gas consumption, i.e., transfer function, is defined by the expression:

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

where $R^{(-)}$ - active component of output impedance; C_{eqv} - equivalent capacitance of oscillatory circuit of the generator, that is determined on the base of reactive component X of output signal; L - value of active inductance.

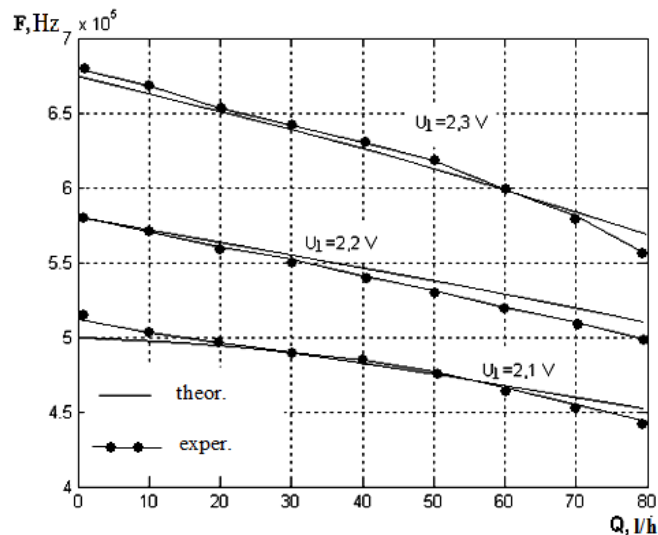


Fig. 6. Theoretical and experimental dependences of generation frequency on gas consumption

Sensitivity of the converter is defined on the base of the expression (1) and is described by the equation:

$$S_Q^{F_0} = \frac{\partial F_0}{\partial Q} = -\frac{I}{2\pi R^{(-)}(Q)C_{eqv}(Q)} I \sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{eqv}(Q)}{L}} - I \frac{\partial R^{(-)}(Q)}{\partial Q} + \frac{I}{C} \sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{eqv}(Q)}{L}} - I \frac{\partial C_{eqv}(Q)}{\partial Q} - \left(2L \sqrt{\frac{R^{(-)2}(Q)C_{eqv}(Q)}{L}} - I \right)^{-2} \left(2R^{(-)}(Q)C_{eqv}(Q) \frac{\partial R^{(-)}(Q)}{\partial Q} + R^{(-)2}(Q) \frac{\partial C_{eqv}(Q)}{\partial Q} \right) I. \quad (2)$$

Graph of sensitivity dependence is shown Fig. 7.

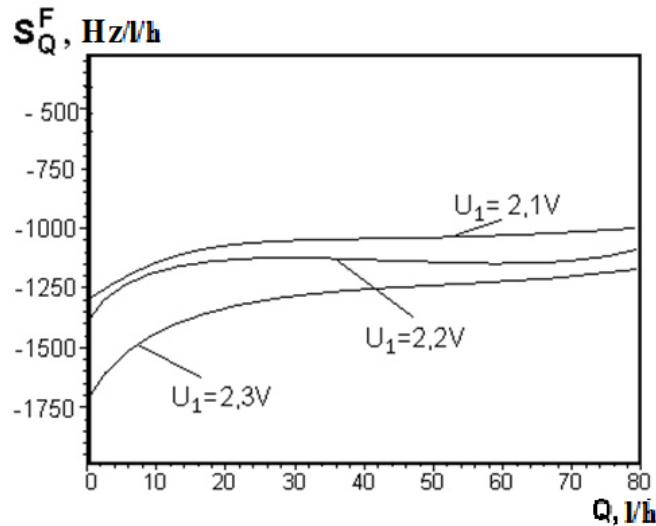


Fig. 7. Dependence of sensitivity on gas consumption

In accordance with the graph, the highest sensitivity of the device is within the range from 0.1 to 25 l/h and is 1000-1750 Hz/(l/h).

Conclusions

Scheme of microelectronic converter of gas consumption on the base of two bipolar transistors with active inductive element is suggested. It realizes autogenerator device, where consumption of gas is converter into output frequency signal. Analytical expressions of transfer function and sensitivity equation are obtained. Sensitivity of the device changes in the range from 1000 Hz/(l/h) to 1750 Hz/(l/h).

REFERENCES

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.

Osadchuk Volodymyr – Doctor of Science (Eng.), Professor with the Chair of Electronics.

Osadchuk Olexandre – Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Chair of Radioengineering.

Yaremishena Nataliia – Post-Graduate.
Vinnytsia National Technical University.