

ПЕРЕТВОРЮВАЧ МАГНІТНОГО ПОЛЯ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ

Анотація. В роботі показана можливість перетворення магнітної індукції у частотний сигнал на основі інтегральної схеми, яка складається з двох біполярних і польового транзисторів, а також магніточутливого елемента Холла. Отримані аналітичні залежності функції перетворення та рівняння чутливості. Теоретичні та експериментальні дослідження показали, що чутливість розробленого перетворювача магнітного поля складає 150 – 1050 Гц/мТ.

Ключові слова: перетворювач магнітного поля, сенсор Холла, від'ємний опір.

Abstract. The paper shows the possibility of converting a magnetic induction into a frequency signal based on an integrated circuit consisting of two bipolar and field transistors, as well as a Hall-sensitive magnetic element. The analytic dependences of the transformation function and the sensitivity equation are obtained. Theoretical and experimental studies have shown that the sensitivity of the developed magnetic field converter is 150 - 1050 Hz / mT.

Keywords: magnetic field transducer, Hall sensor, negative resistance.

Перетворювачі фізичних величин з частотним виходом мають ряд переваг перед амплітудними, які полягають у значному підвищенні завадостійкості, що покращує точність вимірювання, а також дозволяє отримати великий рівень вихідного сигналу. Це дозволяє відмовитись від підсилювальних пристроїв у подальшій обробці сигналів. Використання частотного сигналу в якості інформативного дає можливість відмовитись від аналого-цифрових перетворювачів, що підвищує економічність вимірювальної апаратури [1]. На теперішній час проводяться інтенсивні дослідження з вивчення властивостей аналогових перетворювачів [2,3], проте дослідження частотних перетворювачів магнітного поля на основі реактивних властивостей транзисторів знаходяться у початковій стадії. Тому дослідження властивостей перетворювачів магнітного поля на основі транзисторних структур з від'ємним опором представляють інтерес для розробників вимірювальної апаратури магнітного поля.

Електрична схема перетворювача подана на рис.1. Вона являє собою інтегральну схему, яка складається з двох біполярних і польового транзисторів, опорів R_1 - R_5 та ємностей C_1 - C_2 , що дозволяє створити автогенераторний пристрій. Коливальний контур пристрою утворений на основі еквівалентної ємності повного опору на електродах стоку польового двозатворного транзистора VT2 і колектор біполярного транзистора VT1 та активної індуктивності на основі VT3 і фазозсувного ланцюга R_5 - C_2 [4, 5].

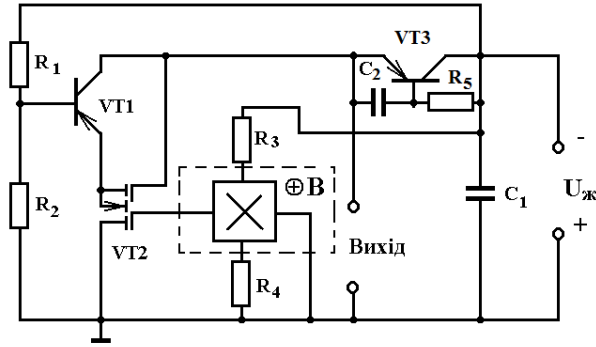


Рис.1. Електрична схема перетворювача магнітного поля з частотним виходом

На елемент Холла діє магнітне поле, що приводить до зміни як еквівалентної ємності коливального контуру, так і від'ємного опору на виході пристрою, що викликає зміну резонансної частоти автогенератора. Втрати енергії в коливальному контурі компенсуються за рахунок від'ємного опору [6]. Опори ($R_1 - R_2$) здійснюють живлення автогенераторного пристрою за допомогою джерела постійної напруги. Ємність C_1 запобігає проходженню змінного струму через джерело постійної напруги. Вольт-амперна характеристика на вихідних клеммах, яка розраховується на основі еквівалентної схеми перетворювача, має спадаючу ділянку, що відповідає існуванню від'ємного опору. Виходячи з еквівалентної схеми перетворювача, визначена функція перетворення, яка є залежністю частоти генерації від магнітної індукції. Аналітична залежність функції перетворення має вигляд

$$F_0 = \frac{\sqrt{\frac{R_g^2(B)C(B)}{L_{ekv}} - 1}}{2\pi |R_g(B)| C(B)}, \quad (1)$$

де $R_g(B)$ – активна складова повного опору на електродах стік-колектор біполярного транзистора VT1 і польового транзистора VT2, яка має від'ємне значення; $C(B)$ – ємність коливального контуру, яка визначається ємнісною складовою повного опору на електродах стік-колектор транзисторів VT1 і VT2; L_{ekv} – еквівалентна індуктивність. Графічна залежність функції перетворення подана на рис.2. Чутливість перетворювача магнітного поля з частотним виходом визначається з виразу (1) і описується формулою

$$S_B^{F_0} = \frac{dF_0}{dB} = -\frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{R_g^2(B)C(B)}{L_{ekv}} - 1} \left(\frac{\partial R_g(B)}{\partial B} \right)}{\pi R_g^2(B) C(B)} - \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{R_g^2(B)C(B)}{L_{ekv}} - 1} \left(\frac{\partial C(B)}{\partial B} \right)}{\pi R_g(B) C^2(B)} + \frac{1}{4} \frac{\left(2R_g(B)C(B) \left(\frac{\partial R_g(B)}{\partial B} \right) / L_{ekv} + R_g^2(B) \left(\frac{\partial C(B)}{\partial B} \right) / L_{ekv} \right)}{\pi R_g(B) C(B) \sqrt{\frac{R_g^2(B)C(B)}{L_{ekv}} - 1}}. \quad (2)$$

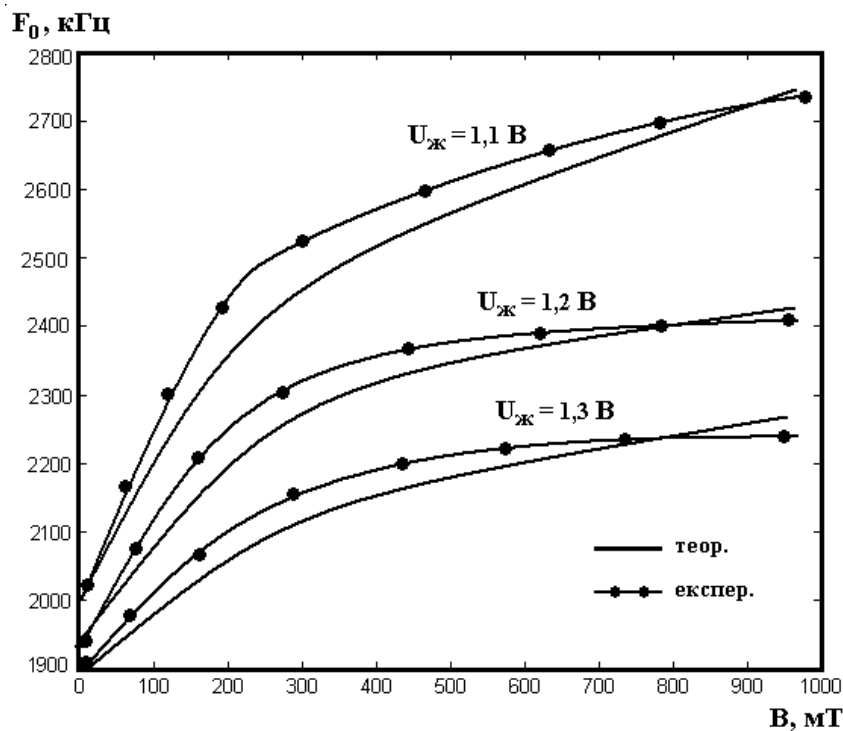


Рис.2. Залежності частоти генерації від індукції магнітного поля

Як видно з графіка, найбільша чутливість приладу лежить у діапазоні від 1 мТ до 200 мТ і складає 650 – 1050 Гц/мТ.

Література

1. Новицкий П.В., Кноринг В.Г., Гутников В.С. Цифровые приборы с частотными датчиками. –Л.: Энергия, 1970. –424 с.
2. Мікроелектронні сенсорні пристрої магнітного поля / За редакцією З.Ю. Готри. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2001.–412 с.
3. Гуменюк С.В., Подлепецкий Б.И. Интегральные полупроводниковые магниточувствительные датчики //Зарубежная электронная техника. –1989. – №12(343). –С.3-47.
4. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Реактивные свойства транзисторов и транзисторных схем / ВС Осадчук, ОВ Осадчук. – Винница:«Универсум-Винница», 1999. –276 с.
5. Осадчук А.В. Микроэлектронные частотные преобразователи на основе транзисторных структур с отрицательным сопротивлением / АВ Осадчук – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2000. – 302 с.
6. Alexander Osadchuk, Iaroslav Osadchuk, Andrzej Smolarz, Nazym Kussambayeva. Pressure transducer of the on the basis of reactive properties of transistor structure with negative resistance // Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161C (December 18, 2015); DOI:10.1117/12.2229211