

АВТОГЕНЕРАТОРНІ СЕНСОРИ НА L- ТА C-НЕГАТРОНАХ

Філинюк М. А., д.т.н., проф.; Лазарєв О. О., к.т.н., доц.;
Бондарюк Д. В., аспірант, Козін Д. О.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Прагнення отримати високі метрологічні характеристики сенсорів призводить до збільшення габаритних параметрів та складності реалізації, а як наслідок підвищення вартості. Тому для підвищення якості сенсорів слід використовувати нові фізичні явища та принципи реалізації. Використання негatronів [1] у багатьох випадках дозволяє поліпшити техніко-економічні показники електронних пристроїв, підвищити чутливість сенсорів і, відповідно, точність вимірювання неелектричних фізичних величин.

На рис. 1 наведена схема ємнісного негасенсора мостового типу, де паралельно ємності первинного вимірювального перетворююча (ПВП) C_x включений схемотехнічний C-негатрон на операційному підсилювачі [2].

Абсолютна чутливість такого негасенсора:

$$S_{C_x}^{f_0} = - \frac{2\pi f \cdot R_3 U_{вх}}{2\pi f R_3 (C_x + C^{(-)} - 1)^2}, \text{ де}$$

C_x — ємність ПВП; f — вихідна частота; $U_{вх}$ — опорна напруга; $C^{(-)}$ — від’ємна ємність C-негатрона; R_3, R_4 — резистори, що утворюють коло негативного зворотного зв’язку. За умови $|C^{(-)}| = C_x S_{C_x}^{f_0} \rightarrow \infty$.

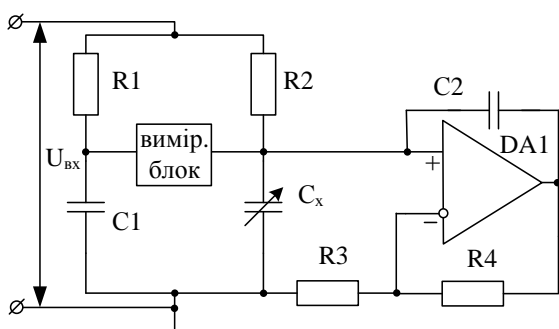


Рисунок 1. Ємнісний негасенсор мостового типу

Кращими за заводстійкістю є сенсори з частотним виходом [3].

Широкого застосовуються ємнісні частотні сенсори на основі RC-генератора, в якому C_x — ємність первинного вимірювального перетворювача. Ввівши в коло паралельно (рис. 2) або послідовно C-негатрон, отримаємо ємнісний автогенераторний негасенсор, в якому наявність від’ємної ємності $C^{(-)}$ призводить до підвищення чутливості [4]. C-негатрон реалізується схемотехнічно на операційному підсилювачі DA1, конденсаторі C1 та резисторах R2 та R3. За рахунок від’ємної ємності та від’ємного активного опору

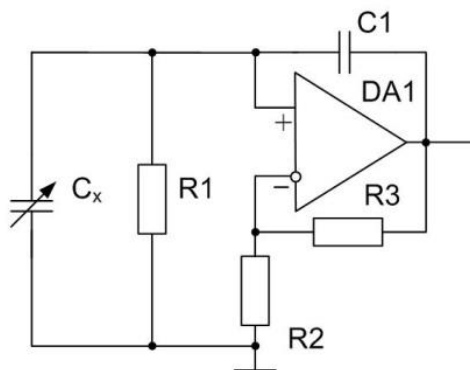


Рисунок 2. Ємнісний автогенераторний негасенсор

C-негатрона в схемі виникає автогенерація. Частота генерації визначається виразом: $f_0 = 1/(2\pi R1 \cdot C_\Sigma)$, де $R1$ — частотозадаючий резистор; $C_\Sigma = C_x + C^{(-)}$ — сумарна ємність кола, $C^{(-)}$ — від'ємна ємність C-негатрона.

Відносна чутливість буде дорівнювати: $S_{C_x}^{f_0} = -C_x / (C^{(-)} + C_x)$. Звідки

видно, що при $|C^{(-)}| = C_x$, $S_{C_x}^{f_0} \rightarrow \infty$.

Широкого використання набули індуктивні сенсори. Ввівши L-негатрон отримаємо схему негасенсора зображену на рис. 3 [4].

Сумарна індуктивність визначається виразом: $L_\Sigma = L_x + L^{(-)}$, а частота автогенерації: $f_0' = \frac{R}{2\pi(L_x - L^{(-)})}$,

де $L^{(-)}$ — від'ємна індуктивність L-негатрона; L_x — індуктивність ПВП, R — опір втрат індуктивності ПВП.

При наближенні металевого об'єкту, значення індуктивності L_x буде зростати $L^{(-)} \rightarrow \infty$, а частота генерації збільшуватися. Відносна чутливість в даному випадку:

$$S_{L_x}^{f_0'} = \frac{df_0'}{dL_x} \cdot \frac{L_x}{f_0'} = \frac{L_x}{L_x + L^{(-)}}. \quad \text{Якщо}$$

$L_x + L^{(-)} < L_x$, то $S_{L_x}^{f_0'} > 1$, і за умови, $L_x + L^{(-)} = 0$ прямує до нескінченності.

Використання LC-негатронів дозволяє реалізувати двопараметричний сенсор, високочастотна схема якого наведена на рисунку 4. Його частота генерації дорівнює:

$$f_0'' = \frac{R_x}{2\pi(L_x + L^{(-)})}, \text{ де } R_x \text{ — опір фоторезистора, } L_x \text{ — індуктивність ПВП,}$$

$L^{(-)}$ — від'ємна індуктивність L-негатрона. Відносні чутливості в даному

випадку: $S_{L_x}^{f_0''} = \frac{L_x}{L_x + L^{(-)}}$, $S_{R_x}^{f_0''} = \frac{df_0''}{dR_x} \cdot \frac{R_x}{f_0''} = 1$. Графік залежності відносної

чутливості наведено на рис. 5.

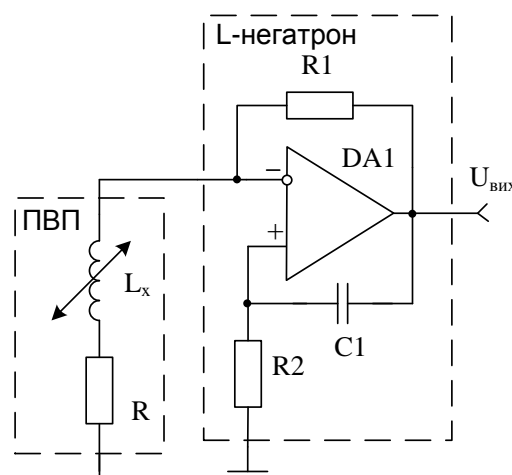


Рисунок 3. Автогенераторний індуктивний сенсор

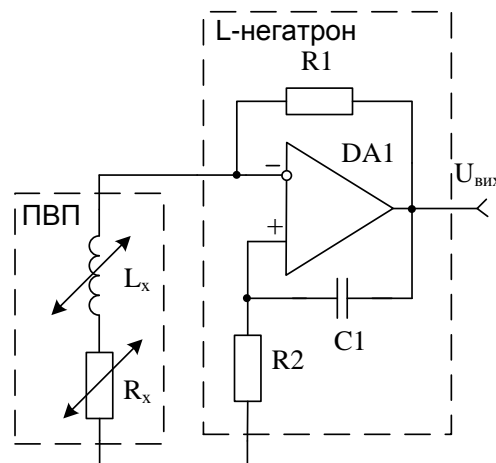


Рисунок 4. Двопараметричний автогенераторний індуктивний сенсор

З графіків видно, що із збільшенням індуктивності ПВП та при $R_x=1$ кОм, $R_x=150$ кОм відбувається збільшення частоти та відносної чутливості (рис. 5). Використання L- та C-негатронів дозволяє в 3-5 разів збільшити чутливість аналогових та частотних сенсорів. Для частотних сенсорів наявність від'ємного активного опору C-негатрона забезпечує автогенераторний режим, що спрощує схемотехнічну реалізацію.

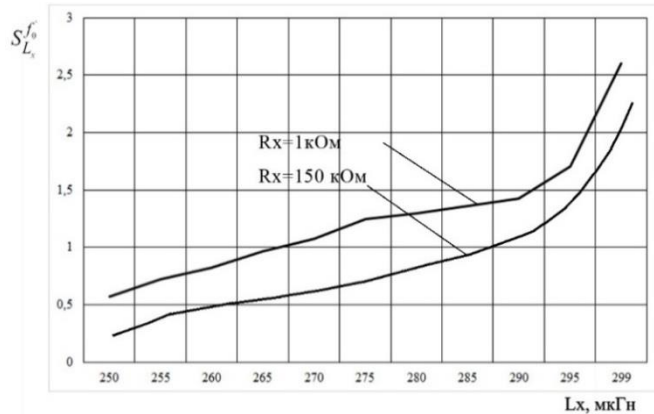


Рисунок 5. Графік залежності відносної чутливості

Перелік посилань

1. Філінюк М. А. Основи негatronіки: Том I Теоретичні і фізичні основи негatronіки / М. А. Філінюк — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 456с. — ISBN 966-641-198-9.
2. Пат. 74378 Україна, МПК G 01 R 27/28 (2006.01). Ємнісний негасенсор мостового типу / Лазарев О.О., Бондарюк Д.В., Прикмета А.В.; заявник та власник Вінницький національний технічний університет – № и 2012 04434; Дата подання заявки 9.04.2012; Дата публікації 25.10.2012, Бюл. №20.
5. Новицкий П.В. Цифровые приборы с частотными датчиками / П.В. Новицкий, В.Г. Кнорринг, В.С. Гутников. – Л.: Энергия, 1970. – 424 с.
4. Лазарев О. О. Ємнісний негасенсор з частотним виходом / О. О. Лазарев, Д. В. Бондарюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – №3. – С. 109–112

Анотація

Розроблені та досліджені схеми частотних сенсорів на L- та C-негатронах, Показано, що наявність від'ємної ємності та індуктивності призводить до підвищення чутливості сенсорів в 3-5 разів, а наявність від'ємного активного опору C-негатрона забезпечує автогенераторний режим, що спрощує схемотехнічну реалізацію.

Ключові слова: негatron, від'ємна ємність, сенсор.

Аннотация

Разработаны и исследованы схемы частотных сенсоров на L- и C-негатронах, показано, что наличие отрицательной емкости и индуктивности приводит к повышению чувствительности сенсоров в 3-5 раз, а наличие отрицательного активного сопротивления C-негатрона обеспечивает автогенераторный режим и упрощает схемотехнические реализации.

Ключевые слова: негatron, отрицательная емкость, сенсор.

Abstract

Created and tested circuit of frequency sensors based on L- and C-negatrons, shown that the negative capacitance and inductance will increase the sensitivity of the sensors in 3-5 times, and the presence of negative active resistance of C-negatron provides autogenerating and simplifies circuit implementation.

Keywords: negatrons, negative capacitance, sensor.