

## ЧАСТОТНІ НЕГАСЕНСОРИ НА L-НЕГАТРОНАХ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

*Розглянуті частотні негасенсори на L-негатронах. Показано, що використання від'ємної індуктивності L-негатрона дозволяє збільшити чутливість сенсора, а від'ємного опору – забезпечує режим автогенерації.*

**Ключові слова:** негатрон, від'ємна індуктивність, перетворювач імпедансу, частотних сенсор.

### *Abstract*

*The frequency sensors on L-negatrons are considered. It is shown that the use of negative inductance of L-negatron allows increasing the sensitivity of the sensor, and the negative resistance - provides autogeneration mode.*

**Keywords:** negatron, negative inductance, impedance converter, frequency sensor.

### Вступ

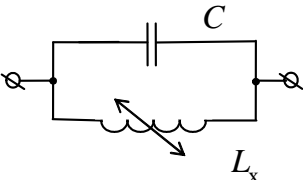
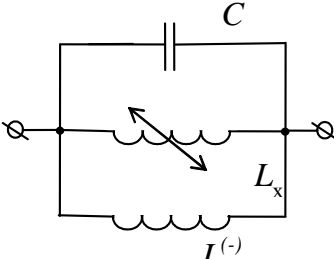
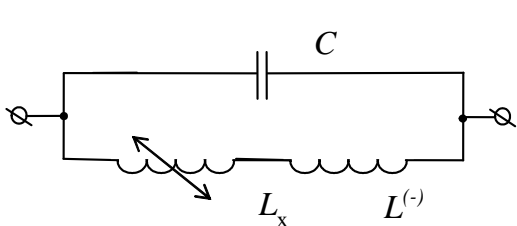
Сучасний етап розвитку автоматизованих систем контролю і управління різними технологічними і фізичними процесами характеризується широким використанням первинних засобів збору і обробки інформації. При цьому сенсори входять до складу будь-якої інформаційно-вимірювальної або керуючої системи і в значній мірі визначають її метрологічні характеристики. При цьому широке використання отримали частотні сенсори внаслідок їх загальновідомих переваг. Використання напівпровідникових приладів з негативним диференціальним опором (R-негатронів) дозволяє створювати схмотехнічно прості мікроелектронні автогенераторні частотні сенсори різних фізичних величин [1], в яких функції перетворення і генерування суміщені і реалізуються R-негатронами. Питання побудови частотних сенсорів на L-, C-негатронах - приладах з від'ємним значенням диференціальної індуктивності і ємності досліджені мало. Однак, як було показано в роботах [2 - 5] використання L-, C-негатронів дозволяє в десятки разів збільшити чутливість аналогових індуктивних і ємнісних сенсорів.

### Індуктивні негасенсори на L-негатроні

Велике застосування одержали індуктивні частотні сенсори. Селективне коло такого сенсора – це паралельний коливальний контур (рис. 1), що містить індуктивність первинного індуктивного вимірювального перетворювача  $L_x$ , значення якої змінюється під вплив зовнішніх фізичних величин. Основні параметри сенсора: частота вихідного сигналу (резонансна частота контуру)  $f_0$ , абсолютна  $S(f_0, L_x)$  та відносна  $S_{L_x}^{f_0}$  чутливості. Підвищити чутливість такого сенсора, а відповідно і точність вимірювання фізичних величин, можна ввівши в контур паралельно (рис. 2) або послідовно (рис. 3) до індуктивності  $L_x$  від'ємну індуктивність  $L^{(-)}$  L-негатрона, одержавши таким чином негасенсор – сенсор на базі негатрона. Основні параметри таких сенсорів, при умові, що активні опори котушок індуктивності значно менше характеристичного опору контуру, наведені в таблиці 1. З одержаних результатів видно, що включення від'ємної індуктивності призвело до збільшення чутливості сенсора.

Негативна диференціальна індуктивність може бути реалізована як за рахунок фізичних процесів - фізичні L-негатрони, так і схмотехнічно - схмотехнічні аналоги L-негатронів [6 - 8]. На рис. 4 показана схема негасенсора на схмотехнічному L-негатроні, реалізованому на конверторі від'ємного опору. При цьому реалізується негативна індуктивність  $L^{(-)} = -L_k$ . Активний опір котушки індуктивності буде перетворено в негативне активний опір  $R^{(-)}$ , наявність якого дозволяє забезпечити режим автогенерації, відмовившись від використання схеми зовнішнього автогенератора.

Таблиця 1 – Схеми та параметри сенсорів

Схема	Основні параметри
 <p data-bbox="383 459 502 492">Рисунок 1</p>	$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{L_x C}};$ $S(\omega_0, L_x) = \frac{d\omega_0}{dL_x} = -\frac{\omega_0}{2L_x};$ $S_{L_x}^{\omega_0} = \frac{d\omega_0}{dL_x} \frac{L_x}{\omega_0} = -\frac{1}{2}.$
 <p data-bbox="383 817 502 851">Рисунок 2</p>	$\omega'_0 = 2\pi f'_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{\Sigma 1} C}}, \text{ де } L_{\Sigma 1} = \frac{L_x L^{(-)}}{L_x + L^{(-)}},$ <p data-bbox="718 638 1348 728">В колі можливий резонанс, якщо <math>L_{\Sigma 1} &gt; 0</math>, тобто якщо <math>L_x &lt;  L^{(-)} </math>.</p> $S(\omega'_0, L_x) = -\frac{1}{2CL_x \omega'_0}; \quad S_{L_x}^{\omega'_0} = -\frac{L^{(-)}}{2(L^{(-)} + L_x)}.$
 <p data-bbox="383 1086 502 1120">Рисунок 3</p>	$\omega''_0 = 2\pi f''_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{\Sigma 2} C}}, \text{ де } L_{\Sigma 2} = L_x + L^{(-)},$ <p data-bbox="758 952 1093 996"><math>L_{\Sigma 2} &gt; 0</math>, якщо <math>L_x &gt;  L^{(-)} </math>.</p> $S(\omega''_0, L_x) = -\frac{\omega''_0}{2(L_x + L^{(-)})};$ $S_{L_x}^{\omega''_0} = -\frac{L_x}{2(L^{(-)} + L_x)}.$

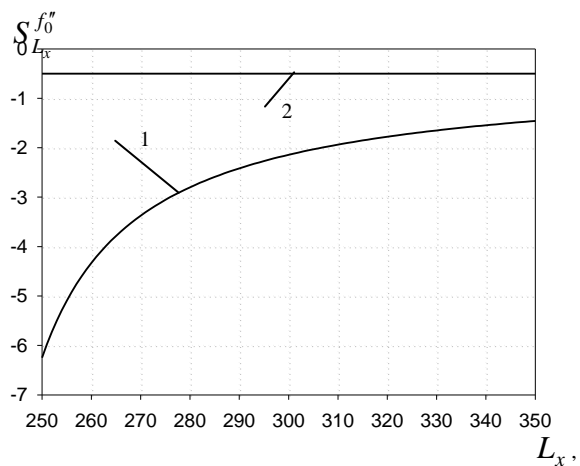
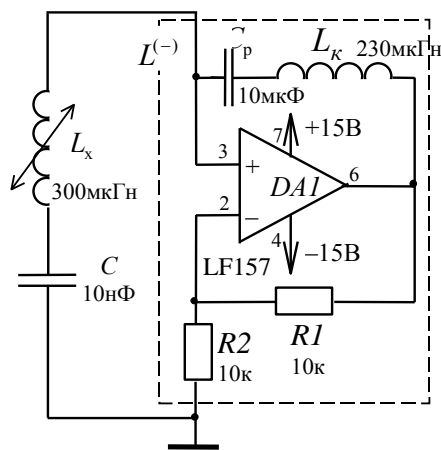


Рисунок 4 - Схема негасенсора на L-негатроні (а); графік залежності відносної чутливості (б): 1 – для негасенсора, 2 – для схеми прототипу (без L-негатрона).

### Висновки

Запропоновані схеми індуктивних частотних негасенсорів. Досліджена схема індуктивного негасенсора та схемотехнічному L-негатроні на операційному підсилювачі. За результатами експериментальних досліджень частота вихідного сигналу 140...350кГц, збільшення чутливості до 10 разів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Філінюк М. А. LC-негатрони та їх застосування : монографія / М.А. Філінюк, О.О. Лазарев, О.В. Войцеховська; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Вінницький національний технічний університет. - Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2012. - 307 с.
2. Філінюк, М. А. (2003). Аналіз чутливості електричних кіл з L-, C-негатронами / М.А. Філінюк, О.О. Лазарев // Вісник ЖІТІ. – 2003. - № 2. – С. 92-98.
3. Філінюк М.А. Частотні датчики на L-, C- негатронах / М.А. Філінюк, О.О. Лазарев, Р.Ф. Лободзинська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2004. – №1. – С. 84-89.
4. Філінюк М. А. Дослідження автогенераторних індуктивних негасенсорів / М. А. Філінюк, О. О. Лазарев, Л. Б. Ліщинська, Д. В. Бондарюк // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. - 2015. - Т. 12, № 2. - С. 27-35.
5. Лазарев О.О. Дослідження паралельного коливального контуру з LC-негатронами /О.О. Лазарев, О.В. Войцеховська, Л.Б. Ліщинська, Н. В. Ткачук // Вісник ВПІ. – 2012ю - №2. - С.190-195.
6. Лазарев О.О. Аналіз методів та засобів з схмотехнічної реалізації негатронів на перетворювачах імпедансу / О.О. Лазарев, О.В. Войцеховська, Л.Б. Ліщинська // Вісник Хмельницького національного університету – 2011. – №6. – С. 49 - 54.
7. Лазарев О.О. Дослідження схмотехнічної реалізації L-негатронів на операційному підсилювачі / О.О. Лазарев, О.В. Войцеховська, Л.І. Покотилок, Р.Ю. Чехмestruc // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. - №4. - С. 68-73.
8. Лазарев О.О. Математична модель схмотехнічного L-негатрона / О.О. Лазарев, М.А. Філінюк, Л.Б. Ліщинська, Бондарюк Д.В. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – №1(221). - С. 140-144.

*Лазарев Олександр Олександрович* — канд. техн. наук, доцент кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет.