



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **48993** (13) **U**
(51) МПК (2009)
G01N 24/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ВЕЛИЧИНИ МОНОХРОМАТИЧНОСТІ СПЕКТРА ВИСОКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ АВТОДИННОГО ДЕТЕКТОРА**

1

2

(21) u200911235

(22) 05.11.2009

(24) 12.04.2010

(46) 12.04.2010, Бюл.№ 7, 2010 р.

(72) БРАЙЛОВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, ІВАНЧУК МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ, МАЛИК ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, САМІЛА АНДРІЙ ПЕТРОВИЧ

(73) ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

(57) Спосіб підвищення величини монохроматичності спектра високочастотних коливань автодинного детектора, що включає подачу на варикап біполярної модулюючої напруги прямокутної форми, який **відрізняється** тим, що подають біполяр-ну модулюючу напругу ступінчатої форми, яку ви-
значають за формулою:

$$0 \text{ при } 0 \leq t < t_1;$$

$$U_m(t) = U_2 \text{ при } t_1 \leq t < t_2;$$

$$U_1 \text{ при } t = t_2,$$

де:

 U_1 та $U_2 = 2U_1$ - напруги спаду та наростання імпульсу; t_1 та t_2 - рівні відрізки часу, що утворюють один період модулюючого сигналу $T = t_1 + t_2$.

Спосіб відноситься до радіоспектроскопії і може бути використаний для підвищення величини монохроматичності спектра високочастотних (ВЧ) коливань автодинного детектора, як різновид модулюючого сигналу для реалізації частотної модуляції в радіоспектрометрі ЯКР неперервної дії.

Відомі способи покращення монохроматичності спектра ВЧ автодинного детектора, за рахунок компенсації напруги зміщення або введення модулюючих імпульсів напруги спеціальної форми на вірикап в коливальному контурі спіно-детектора [1, 2].

Спосіб, реалізований по методиці [1] має суттєвий недолік, зумовлений не лінійною залежністю ємності варикапу від напруги керування Свар/Уоб [2]. В результаті розширюється спектр коливань генерованих в коливальному контурі.

Найближчим аналогом є спосіб послаблення паразитних гармонічних складових [3], який полягає в тому, що на варикап подають імпульси біполярної форми з варіацією асиметрії різнополярних імпульсів по амплітуді. Це дає можливість послабити вплив не лінійності варикапа і зворотного зв'язку і, тим самим, звести до мінімуму рівень завад на другій гармоніці модуляційної частоти.

Недоліками даного способу є вплив форми модулюючих сигналів на нахил базової лінії та відношення сигнал/шум на виході спектрометра.

Завдання способу є підвищення величини монохроматичності спектра високочастотних коливань автодинного детектора завдяки зменшенні кількості неінформативних спектральних складових.

Пропонується спосіб підвищення монохроматичності спектра високочастотних коливань автодинного детектора, в якому для звуження спектру коливань пропонується подавати на варикап у паралельному коливальному контурі резонансного кола автодинного спінового детектора біполярної модулюючої напруги ступінчатої форми.

Запропоновану форму керуючого біполярного сигналу ступінчатої форми представлено на Фіг.1, а графічне представлення спектральних складових високочастотних коливань автодинного детектора, одержаних при застосуванні сигналу ступінчатої форми зображено на Фіг.2.

При дослідженні використано математичну модель послідовного LC - контуру, де в якості ємності використано послідовно ввімкнені варикап та постійний конденсатор порівняно великої ємності та добротності, що досить точно відтворює параметри реального коливального контуру, який використовується у неперервних радіоспектрометрах [1,2,3]. Варикап необхідний для забезпечення можливості електронного переналаштування робочої частоти коливального контуру. З його допомогою

(13) **U**(11) **48993**(19) **UA**

здійснюється сканування та модуляція за частотою. Для спрощення розрахунків приймемо ємність конденсатора безмежно великою, а тангенс кута втрат - безмежно малим. Вся ємність контуру в такому випадку може бути описана тільки ємністю варикапа. Залежність ємності варикапу від прикладеної керуючої напруги [4]:

$$C(U_k) = C_0 \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_k + U_k} \right), \quad (1)$$

де: $C(U_k)$ - ємність варикапа;

C_0 - ємність варикапа при нульовій напрузі;

φ_k - контактна різниця потенціалів;

ν - коефіцієнт, залежний від типу варикапа ($\nu = 0,3 \div 0,5$);

U_k - напруга керування варикапу.

Як слідє з виразу (1), залежність ємності від керуючої напруги $C(U_k)$ є нелінійною, отже, спектральний склад скануючого сигналу буде вмішувати гармоніки вищих порядків і буде залежати від амплітуди та частоти. Щоб наблизитись до умов реального експерименту приймемо для розрахунків малосигнальну модель при малій зміні. В такому випадку найбільш проявляється вплив другої гармоніки, що було доведено теоретично [4] та експериментально [3]. При використанні керуючої напруги $U_k(t) = \text{const}$ миттєвий струм у контурі можна описати диференціальним рівнянням другого порядку [4], тому що керуюча напруга являє собою суміш власне напруги керування та високочастотної складової, яка діє в коливальному контурі.

Так, як форми найбільш поширених напруг керування є адитивною сумішшю модулюючої та лінійно - змінної напруг, то при довільній формі модулюючого сигналу аналітична належність сигналу керування варикапом:

$$U_k(t) = U_0 + \alpha t + U_m(t), \quad (2)$$

де: $U_k(t)$ - напруга керування варикапу;

U_0 - початковий рівень ЛЗН;

α - коефіцієнт нахилу лінії ЛЗН;

$U_m(t)$ - закон зміни амплітуди модулюючої напруги.

Керуюча напруга із синусоїдальною модулюючою складовою має аналітичну залежність:

$$U_{k1}(t) = U_0 + kt + U_A \sin(2\pi ft), \quad (3)$$

Аналітична залежність модулюючого сигналу двополярної прямокутної форми:

$$U_{m3}(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \in (0, t_1) \cup [t_2, t_3]; \\ +U_A & \text{при } t \in (t_1, t_2); \\ -U_A & \text{при } t \in (t_3, t_4); \end{cases}, \quad (5)$$

де: $+U_A$ та $-U_A$ - напруги, рівні за модулем і протилежні за знаком;

$t_3 - t_2 = t_2 - t_1 = t_1 = \Delta t$ - рівні відрізки часу, що утворюють один період модулюючого сигналу $E = 4\Delta t$.

Із аналізу графіків залежності (2), можна зробити висновок, що миттєва напруга в будь-який момент часу малої протяжності $\Delta t \rightarrow 0$ може бути представлений як:

$$U_k(t) = U_k(t - \Delta t) + kt, \quad (6)$$

Де: k - коефіцієнт нахилу лінії, похідна від функції керуючої напруги в момент часу t ;

Коефіцієнт нахилу лінії k буде різним ($k \neq \text{const}$) в різні моменти часу на періоді модулюючо-

го сигналу для випадків з синусоїдальною чи трикутною модуляцією і тільки для випадку використання прямокутного двополярного сигналу $k = \text{const}$. Цим можна пояснити найбільшу ефективність цього сигналу у порівнянні з іншими. Цим також частково пояснюється збільшення точності експерименту при зменшенні швидкості сканування (зменшення k) для випадку використання двополярного прямокутного сигналу керування.

Отже, якщо одним із факторів розширення спектру та зменшення точності експерименту є нахил лінії розгортки, при $k=0$ можна покращити параметри неперервного радіоспектрометра. Для цього запропоновано форму керуючого сигналу ступінчастої форми, який представлений на Фіг.1

$$U_m(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq t < t_1; \\ U_2 & \text{при } t_1 \leq t < t_2; \\ U_1 & \text{при } t = t_2; \end{cases} \quad (7)$$

Для виконання умови симетрії модулюючого імпульсу, яка виконується у всіх випадках необхідно виконання умови $2U_1 = U_2$. Відрізок $t \in [0, t_2]$ утворює період імпульсу модуляції T . Приріст напруги за один період рівний U_1 , отже змінюючи параметри T та U_1 можна задавати необхідну дискретність та швидкість розгортки.

Використаємо математичний апарат, описаний у [4] для малосигнальної моделі коливального контуру із нелінійною ємністю (варикапом) та оцінки вмісту гармонічних складових для випадку $k = \text{const}$ запропонованого сигналу (якщо не враховувати перехідних процесів системи).

За основу приймемо рівняння миттєвої напруги у коливальному контурі:

$$u(t) = I_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + I_2 \cos(2\omega t + \varphi_2) \quad (8)$$

Тут I_1 , φ_1 , I_2 , φ_2 обчислюються за методикою, детально описаною в [4] з використанням основних параметрів коливального контуру.

Як основні параметри досліджуваного коливального контуру були вибрані наступні:

$C_0 = 10$ - початкова ємність варикапа, пФ;

$L = 2$ - індуктивність котушки, мГн;

$r = 1$ - активний опір контуру, Ом;

$U_0 = 10$ - початкова напруга керування варикапом, В;

$\varphi_k = 0,7$ - контактна різниця р-п переходу варикапа, В;

$\nu = 0,4$ - коефіцієнт, залежний від типу варикапа ($\nu = 0,3 \div 0,5$);

$E = 0,4$ - амплітуда ЕРС в коливальному контурі (типова для автодинних радіоспектрометрів), В;

Графічне представлення спектральних складових високочастотних коливальних автодинного детектора представлено на Фіг.2, із аналізу даних якого слідє, що запропонована форма керуючого сигналу може бути використана для радіоспектрометрів із детектуванням корисного сигналу на першій або другій гармонічних складових [3] а для радіоспектрометрів із детектуванням тільки на першій гармоніці може бути використана схема запропонована в [5].

Доведено що використання різних форм свп - сигналів має свої особливості. Зроблено спектральний аналіз форм сигналу. Запропоновано фор-

му сигналу, зручну для генерування з допомогою цифрової техніки, яка забезпечує кращу чутливість ЯКР спектрометра при рівних умовах.

Джерела інформації:

1. Stoican O.S.. NQR detection setup// Romanian Journal of Physics, №1, Vol.51, Bucharest, 2006.- P.311-315

2. Bajnov D. D., Donevski B. D. A study of n-circuit LC-self-oscillators with nonlinear driving circuit. (Russian). Archivum Mathematicum, vol. 8 (1972), issue 4, pp. 179-185.

3. Браїловський В.В., Іларіонов О.Є., Слинко Е.І., Хандожко О.Г. Автодинний спін-детектор для

ЯКР - термометрії.// Вимірювальна, та обчислювальна техніка в технологічних процесах. (ВОТТП), Міжнар. наук.-техн. Журнал. - 2000.-№4.- с. 34-36.

4. Лабутич В.К. Колебательный контур, перестраиваемый нелинейной емкостью, М. Энергия, 1964, -С. 96.

5. Пат. 42616 Україна, МПКНОЗВ 1/00, Н03В 5/08, G01N 24/00, Генератор, керований напругою / Браїловський В. В., Іванчук М.М. Саміла А.П. заявник Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича - №u200901941, заявл. 04.03.09; опубл. 10.07.09, Бюл. №13

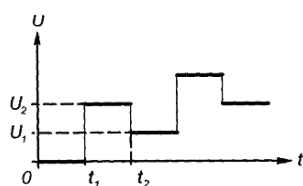


Fig.1

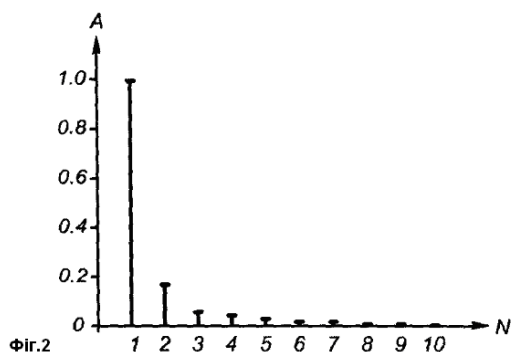


Fig.2