

Очевидно, що розглянуті приймально-підсилювальні пристрої можуть бути використані не тільки, як приймачі для радіохвильової інформаційно-управляючої системи магнітолевітуючих транспортних засобів, але і в нових радіотехнічних системах із складними умовами експлуатації останніх.

1. Dzenzersky V.A., Sokolovskiy I.I., Plaksin S.V., Pogorelaya L.M. Radiowave informative-control system for magnetolevitative vehicles with electrodynamic / *Proceedings of 17th International Conference on MAGnetically LEVitated Systems and Linear Drives "MAGLEV'2002", September 3-5, 2002. – Lausanne, Switzerland (CD-ROM)*. 2. Дзензерский В.А., Плаксин С.В., Соколовский И.И. Радиоволновые методы контроля и управления магнитолевитирующих транспортных средств // *Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – Запорожье, 2002. – № 1. – С. 108–114*. 3. Дзензерский В.А., Омеляненко В.И., Васильев С.В., Матин В.И., Сергеев С.А. Высокоскоростной магнитный транспорт с электромагнитной левитацией. – К., 2001. – С. 2. 4. Костылев С.А., Гончаров В.В., Соколовский И.И., Челядин А.В. Полупроводники с объемной отрицательной проводимостью в СВЧ-полях. – К., 1987. 5. А.с. №1116521 СССР, МКИ 3 Н03 В 7/14. Автодинный преобразователь / И.И. Соколовский, С.В. Плаксин, В.А. Чернобай, А.Е. Чурилов. – Оpubл. 30.09.84. – Бюл. № 36. 6. Менде Ф.Ф., Пренцлау Н.Н., Дмитриев В.М. СВЧ усилитель с внутренней отрицательной обратной связью // *Радиотехника. – 1972. – 27, № 2. – С. 69–75*. 7. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. – М., 1968.

УДК 621.396.4 (075.8)

Р.В. Проць, К.С. Семенистий

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ДИСКРЕТНОГО ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА ІЗ ЗАДАНОЮ КІЛЬКІСТЮ СКЛАДОВИХ

© Проць Р.В., Семенистий К.С., 2005

Викладено методи побудови генераторів дискретного спектра шляхом формування обвідної модулюючого сигналу генератора високочастотних коливань. Запропонований метод дає змогу отримувати довільне число спектральних складових однакової амплітуди із заданою віддаллю за частотою між ними.

In the article the methods of discrete spectrum generators designing by means of modulating signal forming of HF oscillations generator are given. Methods permit to get any member of spectral components with the same amplitude and given frequency interval between them.

Вступ

Генератори дискретного спектра (сітки частот) з заданою кількістю складових, однаковими їх амплітудами і частотним кроком між ними можуть використовуватися в радіотехнічних системах спеціального призначення, наприклад, в технічних засобах охорони на основі ліній витікаючої хвилі [1; 2]. Існує багато методів побудови таких генераторів, серед яких можна виділити два підходи.

В основі першого підходу лежить використання для побудови генератора сітки частот (ГСЧ) такої кількості автономних генераторів, яка дорівнює кількості спектральних складових. Технічна реалізація такого ГСЧ дуже складна. До недоліків цього рішення слід віднести можливість

внаслідок нестабільності частот окремих генераторів збігу їх частот або частот їх гармонік. Тому такі ГСЧ використовуються у системах, в яких вимоги до стабільності частот окремих складових спектра є невисокі. В іншому випадку необхідно синхронізувати усі генератори від одного джерела. З цією метою використовується додатковий опорний генератор. При цьому ГСЧ ускладнюється наявністю пристрою синхронізації.

В основі другого підходу лежить формування періодичних високочастотних радіоімпульсів. При цьому в ділянці частоти несучого коливання радіоімпульсу формується дискретний спектр. Віддаль між спектральними складовими залежно від форми обвідного коливання радіоімпульсу дорівнює частоті або подвійному значенню частоти повторення радіоімпульсів. За очевидної простоти недоліком такого підходу є те, що амплітуди складових відрізняються між собою і ширина генерованого спектра теоретично нескінченна.

Аналіз проблеми

Для реалізації поставленої задачі вважатимемо заданими кількість складових, їх амплітуди і частотну віддаль між ними.

Для визначення результуючого коливання спектра такої сітки частот за непарної кількості складових розглянемо рис. 1.

Якщо кількість частот дорівнює n , середня частота спектра ω_0 , віддаль між частотами дорівнює Ω , початкова фаза φ і амплітуда складових A , то загальний сигнал описується сумою

$$U(t) = A \sum_{k=-\frac{n-1}{2}}^{\frac{n-1}{2}} \cos[(\omega_0 + k\Omega)t + k\varphi]. \quad (1)$$

На цьому рисунку також зображено графік сигналу для $n = 11$, $\omega_0 = 500\pi$, $\Omega = 2\pi$, $\varphi=0$. Обвідне коливання дискретного спектра має періодичну структуру з піками, амплітуди яких пропорційні до кількості частотних складових.

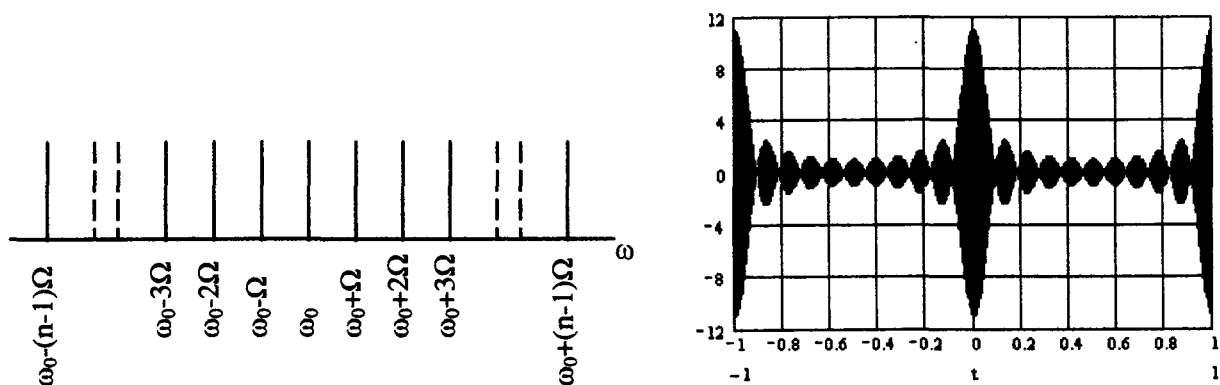


Рис. 1. Розміщення сітки частот за непарної кількості складових і графік сигналу для $n=11$

Після перетворення суми (1) можна подати таким виразом:

$$U(t) = \left\{ A + 2A \sum_{k=1}^{\frac{n-1}{2}} \cos[k(\Omega t + \varphi)] \right\} \cos \omega_0 t. \quad (2)$$

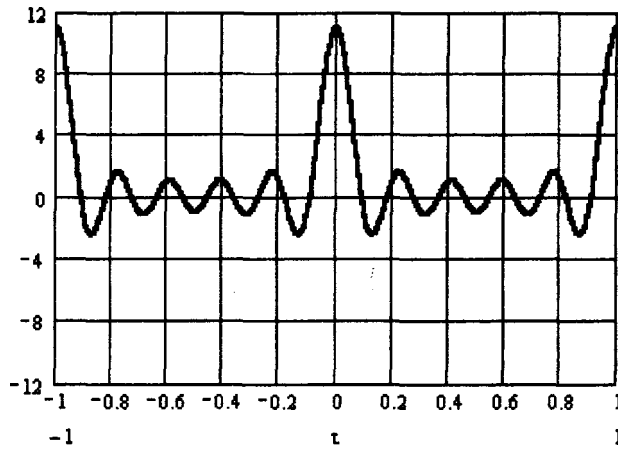


Рис. 2. Обвідне колювання при $n=11$

У фігурних дужках виразу (2) записано обвідне колювання високочастотного гармонічного сигналу з частотою ω_0 .

Форма обвідного колювання показана на рис. 2. Його спектр складається з постійної складової з рівнем A і $(n-1)/2$ змінних складових з амплітудами $2A$, які розміщуються на віддалі Ω одна від одної і від постійної складової.

Для визначення результуючої амплітуди спектра сітки рівномірно віддалених частот за парної кількості складових розглянемо рис. 3. У цьому випадку результуюче колювання описується виразом

$$U(t) = A \sum_{k=-\left(\frac{n}{2}-1\right)}^{\frac{n}{2}} \cos \left[\left(\omega_0 + \frac{2k-1}{2} \Omega \right) t + \frac{2k-1}{2} \varphi \right]. \quad (3)$$

Графік сумарного сигналу для $n = 10$, $\omega_0 = 500\pi$, $\Omega = 2\pi$, $\varphi = 0$ має такий самий характер, як і на рис.1, з амплітудою піків, яка також пропорційна до кількості складових.

Для визначення виразу для обвідного колювання перетворимо одержаний вираз до такого вигляду:

$$U(t) = 2A \sum_{k=1}^{\frac{n}{2}} \cos \left[\frac{2k-1}{2} (\Omega + \varphi) \right] \cos \omega_0 t. \quad (4)$$

Форма обвідного колювання для $n=10$ показана на рис. 3.

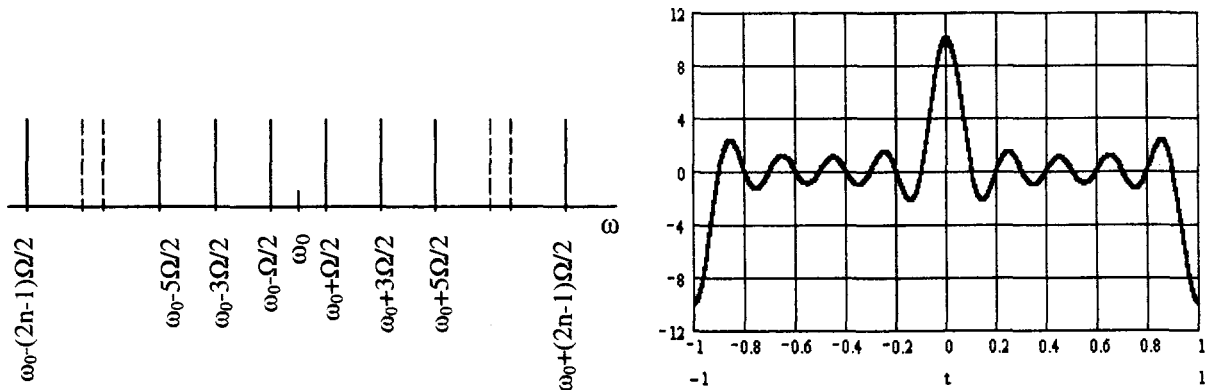


Рис. 3. Розміщення сітки частот за парної кількості складових і обвідне колювання при $n=10$

За парної кількості складових в обвідному колюванні постійна складова відсутня і вона відрізняється від форми обвідного для непарної кількості складових.

Одержані результати дають змогу запропонувати такі методи формування дискретного спектра:

1. Застосування n високочастотних генераторів і схеми їх синхронізації від одного стабільного генератора. Реалізація такого методу є складна.

2. Застосування $n/2$ (або $(n-1)/2$ для непарної кількості) низькочастотних генераторів, синхронізованих від одного стабільного генератора з подальшим перемноженням на напругу з частотою ω , яка генерується окремим високочастотним генератором. Такий метод вимагає використання у два рази меншої кількості генераторів порівняно з попереднім випадком, синхронізацію яких на низькій частоті здійснити легше, ніж на високій.

3. Генерування обвідного коливання (див. рис. 2 і 3) за допомогою постійного запам'ятовувального пристрою з подальшим перемноженням на напругу з частотою ω , яка генерується окремим високочастотним генератором. Запам'ятовувальний пристрій може бути постійним за заданої кількості складових спектра або керований мікроконтролером за необхідності змінювання кількості складових і віддалі між частотами.

Як приклад, на рис. 4 показана структурна схема генератора спектра з 9 складовими. Алгоритм роботи схеми визначається виразом

$$u(t) = \left[8 \cos^4 \Omega t + 4 \cos^3 \Omega t - 6 \cos^2 \Omega t - 2 \cos \Omega t + 0,5 \right] \cos \omega_0 t. \quad (5)$$

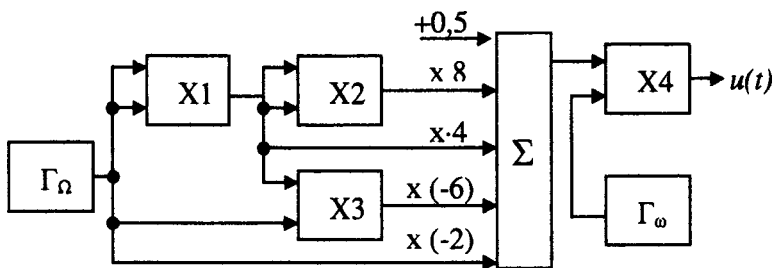


Рис. 4. ГСЧ на аналогових перемножувачах сигналів

У схемі (рис. 4) використано синхронізуючий генератор низької частоти Γ_{Ω} , чотири аналогові перемножувачі, суматор і генератор високої частоти Γ_{ω} . Напруга з амплітудою 1 В з генератора Γ_{Ω} подається на суматор Σ і на аналогові перемножувачі сигналів X1 і X3. Входи перемножувачів X1 і X2 з'єднані паралельно, тому напруга з генератора Γ_{Ω} після X1 підноситься до квадрата, а після X2 – до четвертого степеня. На виході аналогового перемножувача X3 вхідна напруга підноситься до третього степеня. Усі напруги подаються на суматор С через масштабні перетворювачі з визначеними за формулою (5) коефіцієнтами. На суматор С також подається постійна напруга 0,5 В. На виході суматора формується обвідне коливання, яке описується виразом у квадратних дужках. Після його перемноження в X4 з напругою генератора високої частоти Γ_{ω} одержується необхідний спектр частот, який має 9 розміщених на віддальх Ω складових з амплітудами 1 В.

Зображена схема вимагає використання прецизійних аналогових перемножувачів і генератора зі стабільною амплітудою, в іншому випадку порушуються амплітудні співвідношення між складовими спектра, особливо на його краях.

З зазначених методів найлегше реалізується останній, тому що обвідне коливання є низькочастотним і його можна сформувати за допомогою цифрової техніки, а операцію перемноження можна здійснити за допомогою високочастотного аналогового перемножувача.

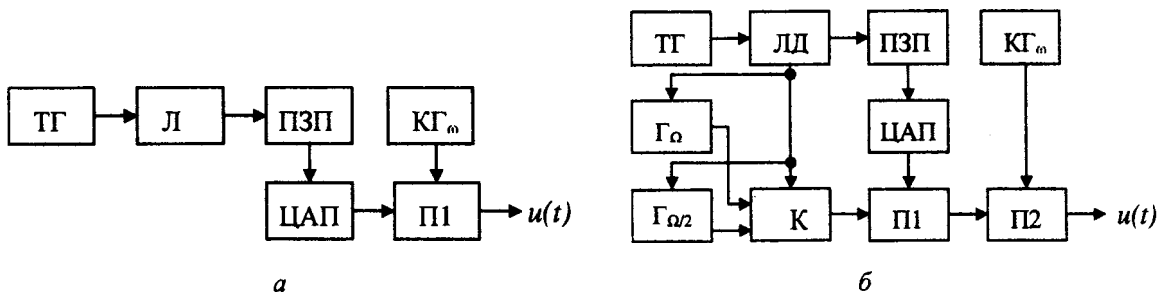


Рис. 5. ГСЧ на основі цифрових схем

Структурні схеми, якими можна реалізувати останній метод, показані на рис. 5.

На рис. 5, а зображена схема, в якій обвідне коливання формується за допомогою цифро-аналогового перетворювача ЦАП, управління яким здійснюється від постійного запам'ятовувального пристрою ПЗП, у який занесено коди, що описують обвідне коливання. Завдяки тому, що обвідне коливання є періодичним і має осьову або центральну симетрію, то достатньо занести в пам'ять тільки частину залежності, наприклад відрізок $0 \dots 0,5t$ (див. рис. 2 і 3), і додати схему, яка змінює порядок зчитування вихідних кодів. Адресні входи ПЗП з'єднані з лічильником Л. Кількість складових спектра визначається кодами, записаними в ПЗП, а ширина спектра – частотою тактового генератора ТГ. Максимальна ширина генерованого спектра визначається швидкістю ЦАП і при використанні сучасних мікросхем досягає десятків МГц. Вихідний спектр $u(t)$ одержимо після перемноження вихідної напруги ЦАП на високочастотну напругу стабілізованого кварцем генератора КГ_ω за допомогою аналогового перемножувача ПІ. Сучасні аналогові перемножувачі працюють на частотах до перших одиниць ГГц. На вищих частотах замість аналогового перемножувача можна використати амплітудний модулятор.

Обвідне коливання можна формувати за іншим принципом. За допомогою ПЗП і цифро-аналогового перетворювача формується сходинова напруга з амплітудами, пропорційними до амплітуд (вагових коефіцієнтів) півхвиль обвідного коливання. З цією напругою перемножується напруга низькочастотного генератора КГ_Ω. У такій схемі тактова частота і максимальна частота ЦАП значно менші, ніж у попередній схемі.

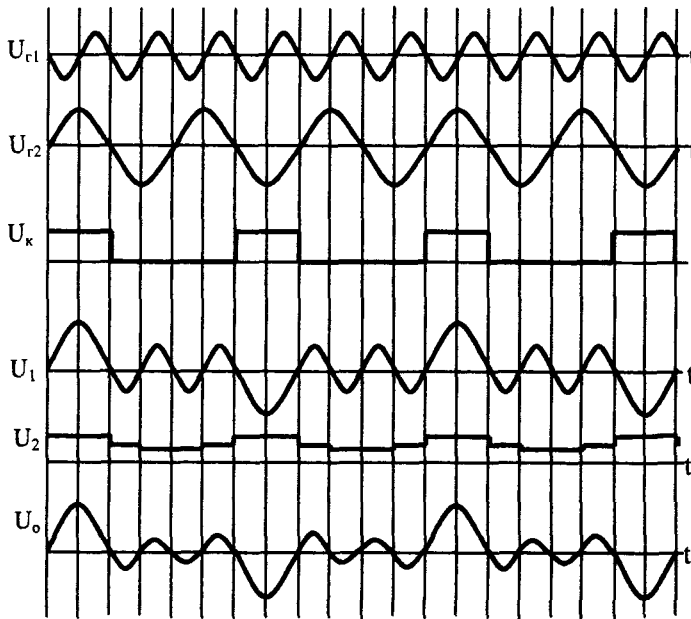


Рис. 6. Діаграми напруг до ГСЧ на рис. 8, б

На рис. 5, б показано варіант реалізації такого принципу, а на рис. 6 – часові діаграми, які пояснюють принцип роботи ГСЧ. За допомогою лічильника з дешифратором ЛД формуються імпульси синхронізації генераторів Γ_{Ω} і $\Gamma_{\Omega/2}$ з частотами Ω і $\Omega/2$. Вихідні напруги генераторів U_{r1} і U_{r2} подаються на комутатор К, який керується напругою U_k . На виході комутатора К формується послідовність напруг генераторів U_{r1} і U_{r2} , яка зображена діаграмою U_1 .

Після перемноження цієї напруги на напругу U_2 , якою вводяться вагові коефіцієнти для півхвиль напруги U_1 , одержимо обвідне коливання для формування необхідного спектра U_0 .

Значення вагових коефіцієнтів пропорційні до значень максимумів обвідного коливання і їх можна отримати з виразів $U(t)$ для певних значень часу t .

Висновки

Запропоновані методи формування сітки частот відрізняються тим, що усі складові генерованого спектра мають однакові амплітуди. При цьому кількість складових визначається на етапі

проектування ГСЧ, що не вимагає використання складних фільтрів для обмеження ширини заданого спектра. Можливість використання цифрових пристроїв для формування такого спектра спрощує побудову таких генераторів і забезпечує високу стабільність параметрів генерованого сигналу.

1. Прудис І., Проць Р., Голинський В., Тебенько Я., Сторож В. *Радіохвильовий засіб виявлення на лініях витікаючої хвилі* / Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Теорія і проектування напівпровідникових та радіоелектронних пристроїв". – 1997. – № 326. – С. 33–35. 2. Яцишин Е.М., Проць Р.В., Сторож В.Г., Тебенько Я.В., Голинський В.Д. *Рубежная радиолокационная система на излучающих кабелях: Материалы IV Крымской конференции "СВЧ-техника и спутниковый прием"*. – Севастополь, 26–28 сентября 1994 г.

УДК 620.179.16

В.Р. Скальський, Б.О. Оліярник, Р.М. Плахтій, Р.І. Сулим
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

ВОСЬМИКАНАЛЬНИЙ ПОРТАТИВНИЙ ПРИЛАД АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

© Скальський В.Р., Оліярник Б.О., Плахтій Р.М., Сулим Р.І., 2005

Розглянуто концепцію побудови восьмиканального портативного приладу відбору і обробки сигналів акустичної емісії. З урахуванням сучасних досягнень схемотехніки та виготовлення електронних засобів наведено результати розробки принципових електричних схем основних вузлів приладу.

The conception of design of 8 channels portable device for selection and processing of acoustic emission signals is considered. The results of electrical schematic diagram designing of the device taking into account the modern achievements in circuit engineering and electronic facilities production are obtained.

Актуальність проблеми

Особливістю апаратури для проведення акустико-емісійних (АЕ) досліджень є її універсальність, що дає змогу діагностувати стан будь-яких виробів чи елементів конструкцій. Якщо систематизувати відомі у літературі розробки, то всі апаратурні АЕ-засоби можна класифікувати так [1; 2]: 1 – для комплексних досліджень; 2 – спеціалізованого призначення; 3 – для контролю стану великогабаритних об'єктів; 4 – портативні одно- і багатоканальні.

Необхідно зазначити, що зі швидким розвитком сучасної електроніки, більшість АЕ-засобів вже фізично і морально застаріли. В Україні взагалі відсутнє промислове виробництво будь-якої АЕ-апаратури, тому сьогодні на часі є створення портативних багатоканальних засобів АЕ-діагностування, які можна легко уніфікувати, використовуючи сучасні портативні персональні комп'ютери (ПК) типу Note Book.

Стан проблеми. Відомі деякі розробки портативних АЕ-засобів, які виготовлені в поодиноких макетних варіантах в Україні [3–6], та дрібними серіями поза її межами [7–9]. Серед них необхідно відмітити розробки, що здійснювались у Фізико-механічному інституті НАН України [3–5]. Так, відомо створення одноканального приладу для реєстрації сигналів АЕ, який знайшов своє застосування у виробничих умовах машинобудівного комплексу [3]. Він може бути також базовим приладом для набуття необхідних знань та практичних навичок студентами вищих навчальних закладів, інженерно-технічним персоналом або науковими співробітниками під час розробки та освоєння методик відбору та реєстрації сигналів АЕ (САЕ) у процесі технічного діагностування виробів.

Відома також розробка портативного накопичувача вибірок сигналів АЕ SVR-6 [4], призначеного для реєстрації сигналів АЕ по 4-х каналах у лабораторних, виробничих і польових умовах обстежень