

даних використовується високошвидкісна (понад 132 МБ/с) шина *PCI*.

Таким чином, використовуючи апаратні модулі можна на базі ПК створювати контрольно-вимірвальні прилади, прилади формування сигналів та системи аналізу даних відповідно до заданих потреб. Широкий вибір апаратних технологій дозволяє вибрати оптимальний варіант для апаратного синтезу радіотехнічних приладів.

**Література**

1. <http://www.khalus.com.ua>
2. <http://www.eltis.ua>
3. <http://www.gwinstek.com.tw>
4. Тревис Дж. Labview для всех. М.: ДМК Пресс. 2005. 544с.
5. Суранов А.Я. Labview 7: Справочник по функциям. М.: ДМК Пресс, 2005. 512с.
6. Жариков Ф.П., Каратаев В.А., Никифоров В.Ф., Панов В.С. Использование виртуальных приборов LabVIEW. М.: Радио и связь, 1999. 268с.
7. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В. Labview: практикум по электронике и микропроцессорной технике. М.: ДМК Пресс, 2005. 182с.

Ключові слова: сигнали, генератори сигналів, віртуальні прилади, <i>Labview</i>	
Мрачковский О.Д., Вишневы С.В.	Mrachkovsky O.D., Vishnevyy S.V.
Моделирование многофункционального генератора видео и радиосигналов в программной среде <i>Labview</i>	Modeling of the multifunctional generator of video and radio signals in program application <i>Labview</i>
Рассмотрена возможность использования программной среды <i>Labview</i> для программного моделирования многофункционального генератора видео и радиосигналов.	It is considered the possibility of using the program application <i>Labview</i> for program modeling of the multifunctional generator of video and radio signals.

УДК 538.56

**ФОРМУВАЧ СИГНАЛІВ ІЗ ЧАСТОТНО-ЧАСОВИМ КОДУВАННЯМ НА ОСНОВІ ГЕНЕРАТОРА НА КОМБІНАЦІЙНИХ ЧАСТОТАХ**

*Кудінов Є.В., Дашивець В.А.*

*Розглядається можливість використання генератора на комбінаційних частотах в якості формувача широкосмугових шумоподібних сигналів із частотно-часовим кодуванням*

**Вступ**

В останні десятиріччя широке застосування знайшов такий вид носія інформації як широкосмуговий шумоподібний сигнал. В основі техніки шумоподібних сигналів лежить використання їх для передачі декількох різних сигналів, розділення яких при прийомі здійснюється за допомогою селекції їх по формі – кореляційної селекції. При цьому впевнене розділення сигналів може бути отримане при введенні частотної надлишковості – розширення спектру, тобто використанні для передачі повідомлень смуги частот набагато ширшої, ніж займає повідомлення.

Одним із таких сигналів є сигнал сформований методом частотно-часового кодування [1], при якому посилка, що відповідає символу, який передається, складається з елементарних посилок, що передаються на частотах, які змінюються по закону псевдовипадкової послідовності. Сучас-

ний метод формування сигналів із частотно-часовим кодуванням базується на використанні синтезаторів частот, якими керує двійкова псевдовипадкова послідовність і відбувається перехід з однієї частоти на іншу з множини можливих частот. Таким чином, ефект розширення спектру досягається за рахунок псевдовипадкового перестроювання несучої частоти, значення якої обирається з частот  $f_1 \dots f_N$ , де  $N$  може досягати значень декількох тисяч. До недоліків методу розширення спектру шляхом перестроювання несучої частоти є необхідність використання складних швидкодіючих синтезаторів частот з низьким рівнем фазового шуму.

### Постановка задачі

Формувач сигналів із частотно-часовим кодуванням без використання синтезатора частот може бути побудований як генератор на комбінаційних частотах [2], доповнений керованим дискретним фазообертачем, наприклад, так як показано на рис.1. Псевдовипадкова послідовність є керуючою для фазообертача, кожному дискретному значенню фази якого встановлюється відповідна частота автоколивань в генераторі. Для обґрунтування цього ствердження поставимо задачу визначити умови самозбудження такого генератора.

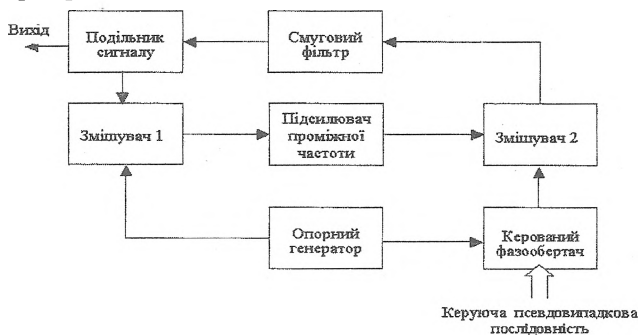


Рис. 1 Структурна схема формувача сигналу

### Визначення частоти генерації

Узагальнена структурна схема генератора на комбінаційних частотах (рис. 2), на основі якої визначимо умови самозбудження, має ту особливість, що гармонійні коливання, які подаються на "зовнішні" входи змішувачів, можуть відрізнятися як по фазі так і по частоті.

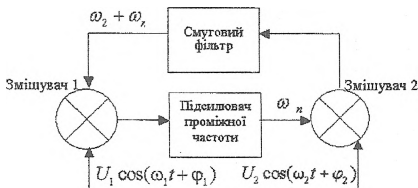


Рис. 2

З умов самозбудження коливань у вигляді рівнянь балансу фаз і балансу амплітуд [2] визначимо залежність частоти, що генерується, від параметрів елементів схеми. При цьому змішувачі розглядатимемо, як безінерційні параметричні елементи, коефіцієнт передачі яких функція від сигналів, що подаються на їх зовнішні входи:

$$u(t)_{out.n} = K(u_n(t)) \cdot u_i(t) = K_{0n} U_n \cos(\omega_n t + \varphi_n) \cdot U_i \cos(\omega_i t + \varphi_i)$$

де  $U_n \cos(\omega_n t + \varphi_n)$  – сигнал на вході змішувача, що "модулює" коефіцієнт його коефіцієнт передачі  $K_{0n}$ , по відношенню до сигналу на другому вході змішувача  $U_i \cos(\omega_i t + \varphi_i)$ ;  $n = 1, 2$ ;  $i = 3, 4$ .

Комплексний коефіцієнт передачі елементів з обмеженою смугою пропускання, таких як підсилювач проміжної частоти (ППЧ) і смуговий фільтр (СФ):  $K_i(j\omega) = K_i(\omega) e^{j\psi_i(\omega)}$ . Припустимо, що в межах смуги пропускання модулі коефіцієнтів передачі ППЧ і СФ  $K_i(\omega)$  змінюються мало і їх можна вважати постійними  $K_{0i}$ . Фазочастотну характеристику (ФЧХ) цих елементів можна розкласти в ряд Тейлора відносно середньої частоти смуги пропускання  $\omega_i$ . Обмежуючись в цьому розкладанні лише лінійним членом,

отримуємо:  $\psi_i(\omega) = \psi_i(\omega_i) + \frac{d\psi_i}{d\omega}(\omega - \omega_i) + \dots = \psi_i(\omega_i) + \tau_i(\omega - \omega_i) + \dots$ , де  $\tau_i$  –

крутизна ФЧХ на частоті  $\omega_i$ . Без втрати загальності, фазу сигналу, що поступає на вхід змішувача 1 вважатимемо нульовою, що дозволяє привести рівняння балансу фаз до виду:

$$\omega(\tau_3 + \tau_4) + (\varphi_2 - \varphi_1) + (\omega_2 - \omega_1)t - \omega_3(\tau_3 + \tau_4) + \psi_3(\omega_3) + \psi_4(\omega_4) = n2\pi$$

де  $\omega_1, \varphi_1$  – частота і фаза коливань на зовнішньому вході першого змішувача, а  $\omega_2, \varphi_2$  – на зовнішньому вході другого змішувача;  $\psi_3(\omega_3), \psi_4(\omega_4)$  – аргументи комплексних коефіцієнтів передачі ППЧ і СФ на середніх частотах їх смуг пропускання  $\omega_3$  і  $\omega_4$ , відповідно;  $\tau_3$  – крутизна ФЧХ ППЧ на частоті  $\omega_3$ ,  $\tau_4$  – крутизна ФЧХ СФ на частоті  $\omega_4$ ;  $\omega$  – власне значення частоти на виході ППЧ.

Нехай  $\omega_2 = \omega_1$ ,  $\varphi_2 = \varphi_1$ , тоді для  $\omega = \omega_{0n}$ :

$$\omega_{0n} = \omega_3 + \frac{n2\pi - \psi_3(\omega_3) - \psi_4(\omega_4)}{\tau_3 + \tau_4}, \text{ де } \omega_4 = \omega_2 + \omega_3 \text{ і вираз для власних значень}$$

$$\text{частоти } \omega = \omega_n \text{ має вигляд: } \omega_n = \omega_{0n} - \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\tau_3 + \tau_4} - \frac{(\omega_2 - \omega_1)t}{\tau_3 + \tau_4}$$

Рівняння балансу амплітуд (без урахування передачі енергії коливань в навантаження) можна записати як:  $K_{01}K_3K_{02}K_4 \geq 1$ , де  $K_{01} = K_{01}(U_1)$ ,  $K_{02} = K_{02}(U_2)$  – модулі коефіцієнтів передачі змішувачів 1 і 2, що залежать

від амплітуд напруг коливань на їх зовнішніх входах;  $K_3 = K_{ППЧ}$  – коефіцієнт підсилення ППЧ;  $K_4 = K_{СФ}$  – модуль комплексного коефіцієнта передачі СФ. Стосовно схеми формувача сигналів із частотно-часовим кодуванням, де  $\omega_2 = \omega_1 = \omega_{ОГ}$  вираз для визначення частоти на виході ППЧ можна переписати як  $\omega = \omega_{0n} - \frac{\Delta\phi}{\tau_{ППЧ} + \tau_{СФ}}$ , де  $\Delta\phi$  – зміна фази, що створюється фазообертачем відповідно до коду формування сигналу.

Вихідним сигналом формувача є сигнал на виході СФ з частотою

$$\omega_{вих} = \omega_{ОГ} + \omega_{0n} - \frac{\Delta\phi}{\tau_{ППЧ} + \tau_{СФ}} = \omega_{ОГ} \left( 1 + \frac{\omega_{0n}}{\omega_{ОГ}} - \frac{\Delta\phi}{\omega_{ОГ}} \right), \text{ де } \Delta\omega = \Delta\omega(t) \text{ – зміна частоти при зміні фази, що створюється фазообертачем.}$$

**Висновки**

З погляду оцінки стабільності частоти, вважаючи, що можливо забезпечити задану стабільність частоти опорного генератора, видно, що стабільність буде тим більше, чим менше по відношенню до одиниці другий і третій доданок в дужках. Якщо це забезпечити можливо, висока стабільність частоти є безперечною гідністю представленої схеми формувача сигналів з частотно-часовим кодуванням. Але дана умова може увійти до протиріччя з вимогою заданого максимально значення  $\Delta\omega_{max}$ , що потребує широко-смугового ППЧ і, відповідно, високої проміжної частоти  $\omega_3$ . До того ж, отримання  $\Delta\omega_{max}$  може потребувати зниження  $(\tau_{ППЧ} + \tau_{СФ})$ , а це негативно позначиться на стабільності  $\omega_{0n}$ . Але раціональний вибір проміжної частоти і крутизни фазочастотних характеристик відноситься до питань оптимізації схеми при заданих технічних вимогах, що є напрямом подальших досліджень.

**Література**

1. Справочник по радиолокации. Под ред. М.Сколника. М. Сов.радио, 1979, 528с.
2. Капранов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теория колебаний в радиотехнике. М.: Наука, 1984, 320 с.

**Ключові слова:** формувач сигналів, генератор на комбінаційних частотах, шумоподібні сигнали

Кудинов Е.В., Дашивець В.А. Формирователь сигналов с частотно-временным кодированием на основе генератора на комбинационных частотах	Kudinov E.V., Dashivec' V.A. Generator of signals with the frequency-time coding on the basis of oscillator on combination frequencies
Рассматривается возможность использования генератора на комбинационных частотах в качестве формирователя широкополосных шумоподобных сигналов с частотно-временным кодированием	Possibility of the use of oscillator on combination frequencies as a generator of wideband signals with the frequency-time coding is examined