

Proceedings of I International Conference

**MODERN PROBLEMS
OF RADIOELECTRONICS,
TELECOMMUNICATIONS AND INSTRUMENT
MAKING (MPRTI-2005)**

**Vinnitsa,
2—5 June 2005**

Матеріали I Міжнародної конференції

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ (СПРТІІ-2005)**

**м. Вінниця,
2—5 червня 2005 року**

УДК 621.38+621.39+681.2

С 91

Друкується за рішенням Вченої Ради Вінницького національного технічного університету Міністерства Освіти і науки України

Відповідальний редактор В. М. Кичак.

Рецензенти: В. О. Поджаренко, д. т. н.
Р. Н. Кветний, д. т. н.

Матеріали статей опубліковані в авторській редакції

С 91 Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2005). Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції. м. Вінниця, 2–5 червня 2005 року. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 189 с.

ISBN 966-641-130-X

Збірка містить матеріали доповідей I Міжнародної конференції з сучасних проблем радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування за п'ятьма основними напрямками: математичне моделювання та обробка сигналів в радіоелектронних та телекомунікаційних системах; системи та засоби збору, передачі та обробки виміральної інформації; програмне забезпечення радіоелектронних телекомунікаційних та біотехнічних систем; радіоелектронні системи та пристрої негatronіки; сучасні проблеми підготовки фахівців у галузі радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування.

УДК 621.38+621.39+681.2

ISBN 966-641-130-X

© Автори статей, 2005

© Упорядкування, Вінницький національний технічний університет, 2005

А. Рудик, В. Задорожний (Україна, Вінниця)

ВПЛИВ ВИСОКОЧАСТОТНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ЧАСТОТИ

Вимірювання стабільності частоти прецизійних генераторів в часовій області відбувається при оцінці дисперсії двох вибірок флуктуації відповідної частоти, усереднених за даний часовий інтервал. Усереднену частоту можна визначити за допомогою різних методів та пристроїв, однак в більшості випадків досліджуваний сигнал проходить через фільтр, який включений на вході лічильника [1, 2].

Розглянемо вплив високочастотної фільтрації на флуктуацію фази сигналу досліджуваного генератора.

В загальному вигляді співвідношення для вихідного сигналу генератора

$$S(t) = A [1 + \varepsilon(t)] \cos(2\pi f_0 t + \psi(t) + \theta), \quad (1)$$

де A – середня амплітуда сигналу; $\varepsilon(t)$ – відносна флуктуація амплітуди; f_0 – середня частота; $\psi(t)$ – флуктуація фази; θ – рівномірно розподілена постійна випадкова початкова фаза.

Для аналізу покладемо, що два випадкових процеси з нульовими середніми значеннями $\varepsilon(t)$ та $\psi(t)$ некорельовані, стаціонарні та неперервні (в середньоквадратичному) [3]. Сигнал такого типу проходить через лінійний стабільний фільтр з дійсною імпульсною характеристикою $g(t)$ та передаточною функцією $K(f)$, що задовольняє співвідношення

$$K(-f) = K^*(f), \quad (2)$$

де символ $*$ означає комплексно-спряжену величину.

Вхідний сигнал фільтра (вихідний сигнал генератора) запишемо таким співвідношенням:

$$s(t) = \frac{1}{2} [\tilde{s}(t) + \tilde{s}^*(t)], \quad (3)$$

де

$$\tilde{s}(t) = e^{\ln A + \ln[1 + \varepsilon(t)] + j2\pi f_0 t + j\psi(t) + j\theta}. \quad (4)$$

Усталене значення вихідного сигналу є згорткою вхідного сигналу та імпульсної характеристики фільтра, тобто:

$$S_0(t) = \int_0^{\infty} g(\tau) S(t - \tau) d\tau. \quad (5)$$

В цьому випадку відфільтрований сигнал

$$s_0(t) = \frac{1}{2} [\tilde{s}_0(t) + \tilde{s}_0^*(t)], \quad (6)$$

де

$$\tilde{s}_0(t) = \int_0^{\infty} g(\tau) \tilde{s}(t - \tau) d\tau. \quad (7)$$

Підставивши співвідношення (4) до співвідношення (7), отримаємо:

$$\tilde{s}_0(t) = e^{\ln A + j2\pi f_0 t + j\theta} \int_0^{\infty} g(\tau) e^{-j2\pi f_0 \tau} e^{\ln[1 + \varepsilon(t - \tau)] + j\psi(t - \tau)} d\tau \quad (8)$$

або

$$\tilde{s}_0(t) = e^{\ln A_0 + \ln[1 + \varepsilon_0(t)] + j2\pi f_0 t + j\psi_0(t) + j\theta_0}, \quad (9)$$

де параметри мають такі самі позначення, що і в співвідношенні (1), при цьому:

$$A_0 = A \cdot e^{-\alpha_0}; \quad \theta_0 = \theta - \beta_0; \quad (10)$$

$$K(f_0) = e^{-\alpha_0 - j\beta_0}. \quad (11)$$

Флуктуації амплітуди та фази вихідного та вхідного сигналів в даному випадку зв'язані співвідношенням [4]

$$\ln[1 + \varepsilon_0(t)] + j\psi_0(t) = \ln \left[\frac{1}{K(f_0)} \int_0^{\infty} g(\tau) e^{-j2\pi f_0 \tau} e^{\ln[1 + \varepsilon(t-\tau)] + j\psi(t-\tau)} d\tau \right]. \quad (12)$$

Дійсна та уявна частини останнього співвідношення визначають відповідно флуктуації амплітуди та фази відфільтрованого сигналу.

Для прецизійних генераторів відповідні математичні очікування

$$E\{\varepsilon^2(t)\} \ll 1; \quad E\{\psi^2(t)\} \ll 1 \text{ рад}^2. \quad (13)$$

В цьому випадку

$$\varepsilon_0(t) + j\psi_0(t) = \frac{1}{K(f_0)} \int_0^{\infty} g(\tau) e^{-j2\pi f_0 \tau} [\varepsilon(t-\tau) + j\psi(t-\tau)] d\tau. \quad (14)$$

Співвідношення (14) характеризує вплив фільтра на флуктуації фази та амплітуди відфільтрованого сигналу. Флуктуація фази на виході фільтра

$$\psi_0(t) = e^{\alpha_0} \int_0^{\infty} g(\tau) [\psi(t-\tau) \cos(2\pi f_0 \tau - \beta_0) - \varepsilon(t-\tau) \sin(2\pi f_0 \tau - \beta_0)] d\tau. \quad (15)$$

Спектральну густину цих флуктуацій можна отримати за допомогою перетворення Фур'є для автокореляційної функції:

$$S_{\psi_0}(f) = |H_A(f)|^2 S_{\varepsilon}(f) + |H_P(f)|^2 S_{\psi}(f), \quad (16)$$

де

$$|H_A(f)|^2 = \frac{1}{4} \left| \frac{K(f+f_0)}{K(f_0)} - \frac{K^*(f_0-f)}{K^*(f_0)} \right|^2; \quad |H_P(f)|^2 = \frac{1}{4} \left| \frac{K(f+f_0)}{K(f_0)} + \frac{K^*(f_0-f)}{K^*(f_0)} \right|^2.$$

Таким чином, і амплітудна, і фазова флуктуації вхідного сигналу фільтра впливають на фазові флуктуації відфільтрованого сигналу. Еквівалентна передаточна функція $H_A(f)$, що характеризує вплив амплітуди вхідного сигналу, відповідає симетричній частині передаточної функції фільтра відносно середньої частоти сигналу, а еквівалентна передаточна функція $H_P(f)$, що характеризує вплив фази вхідного сигналу, відповідає його несиметричній частині. Таким чином, для фільтра, симетричного відносно середньої частоти сигналу, флуктуації амплітуди вхідного сигналу не впливають на флуктуації фази вихідного сигналу. В цьому випадку реальну передаточну функцію будь-якого фільтра можна замінити еквівалентною передаточною функцією, яка визначає фазові флуктуації відфільтрованого сигналу.

Дисперсія Алена пов'язана з односмуговою спектральною густиною флуктуації фази таким співвідношенням [5]:

$$\sigma_y^2(2, \tau) = \frac{2}{(\pi \tau f_0)^2} \int_0^{\infty} S_{\psi_0}(f) \sin^4(\pi \tau f) df. \quad (17)$$

Спектральну густину фазових флуктуацій для практичних розрахунків прийнято представляти поліномом, що складається з п'яти членів, які обумовлюють ці флуктуації: модуляції фази білим та фліккер-шумами відповідають члени поліному з f^0 та f^{-1} , модуляції частоти цими самими шумами відповідають члени поліному з f^{-2} та f^{-3} , а модуляції через випадкові варіації частоти – член поліному з f^{-4} . На практиці обмежуються аналізом лише першого випадку, тому що він практично завжди спостерігається при вимірюваннях короткочасної стабільності частоти, при цьому величина відповідної дисперсії Алена залежить від форми АЧХ фільтра для будь-якого інтервалу усереднення.

Література

1. Колтик Е.Д. Измерительные двухфазные генераторы переменного тока. – М.: Издательство комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совмине СССР, 1968. – 200 с.
2. Колтик Е.Д. Фазосдвигающие устройства. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 164 с.
3. Маевский С.М., Батуревич Е.К., Павлов Е.Г. Корреляционные методы измерения фазовых сдвигов. – К.: Знание, 1983. – 17 с.
4. Амплитудно – фазовая конверсия/Под ред. Г.М.Крылова. – М.: Связь, 1979. – 256 с.
5. Буйнявичус В.-А. В., Карпицкайте В.-З. Ф., Пятрикус С.-Р. С. Статистические методы в радиоизмерениях. – М.: Радио и связь, 1985. – 240 с.

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА
ПРИЛАДОБУДУВАННЯ
(СПРТП-2005)**

**Матеріали доповідей першої міжнародної
науково-технічної конференції
м. Вінниця, 2-5 червня 2005 року**

Матеріали подаються в авторський редакції

Видавництво ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця»
Свідоцтво Держкомінформу України
Серія ДК № 746 від 25.12.2001
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ, гол. корпус, к. 114.
Тел. (0432) 44-05-32

Підписано до друку 23.05.2005
Формат 29,7x42¹/₄ Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний Друк різнографічний
Ум. друк. арк. 21,94 Наклад 140 прим.
Зам. №2005-085

Комп'ютерний інформаційно-видавничий центр ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
Серія ДК № 746 від 25.12.2001
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ, гол. корпус, к. 114.
Тел. (0432) 44-01-50