

ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ СВП-ГЕНЕРАТОРА ПРИБРОМ З ЧАСТОТНО-ЧАСОВИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

Запропоновано вдосконалений спосіб розрахунку частоти свп-генератора для пристрою на основі трьох опорних генераторів, проаналізовано похибку вимірювання частоти міток у випадку нелінійності розгортання. An improved method was offered for calculating the frequency of sweep-generator for device based on three basic generators, error of measurement frequency tags was analyzed in a case of non-linearity sweep.

Ключові слова:

Вступ і постановка задачі

Розробка способів, які б дозволили з високою швидкістю і маленькою похибкою виміряти частоту міток в панорамних приладах на основі свп-генератора, є актуальною задачею. Її вирішення дозволить підвищити продуктивність радіовимірювань та якість функціонування телекомунікаційної апаратури.

В [1] запропонований метод вимірювання частоти міток і детально розглянутий пристрій з трьома опорними генераторами, за допомогою яких поставлена проблема розв'язується.

В пристрої [2] на основі стробоскопічного змішувача здійснюється частотно-часове перетворення. На виході змішувача, в результаті взаємодії напруг свп-генератора і опорних генераторів, за «нульовим биттям» формуються частотні мітки. В свою чергу, за вимірними значеннями часових інтервалів між мітками визначається частота свп-генератора.

В статті пропонується вдосконалений варіант розрахунку частоти свп-генератора за методом [1], аналізується похибка вимірювання у випадку нелінійності розгортання.

Розглянемо нормовану часову залежність частоти f свп-генератора за віссю ординат до $y=ff_m$, за віссю абсцис – до $x=t/T_p$, де f_m – максимальна частота, а T_p – період розгортки частоти свп-генератора (рис. 1). Нехай частота f свп-генератора змінюється за період розгортки від $(n-1)f_0$ до $(n+1)f_0$, де n – номер гармоніки коливання зі стабільною частотою f_0 .

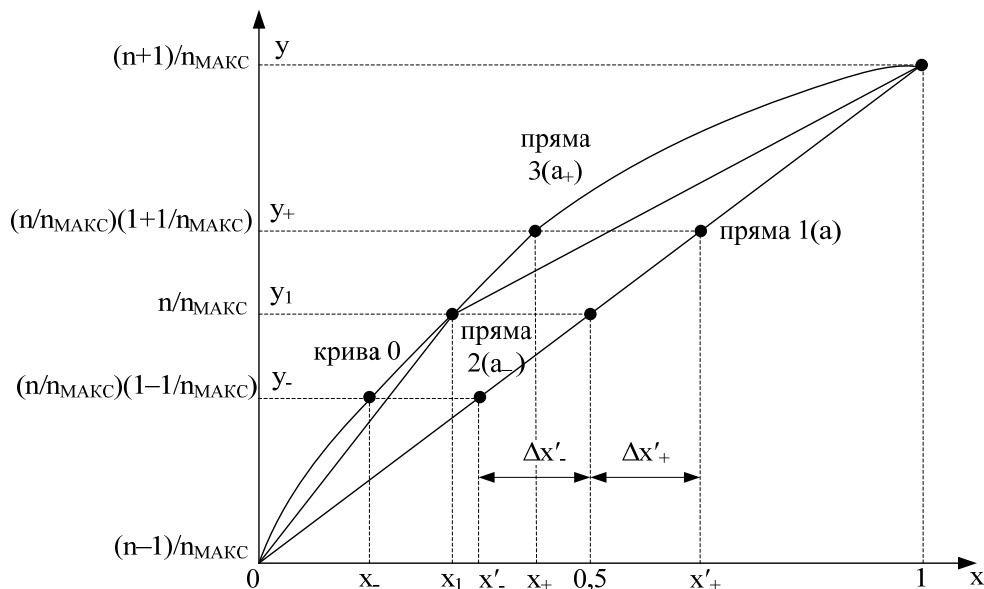


Рис. 1. Нелінійна розгортка за частотою свп-генератора

У випадку нелінійної розгортки за частотою (рис. 1, крива 0) відліки в часі 0, x_1 , 1 можуть бути однозначно перенесені на пряму 1 (рис. 1), яка з'єднує крайні точки (відповідно x_1 переноситься на 0,5, а 0 і 1 залишаються на своїх місцях). Для точок відліку x_-, x_+ такі точні перенесення неможливі. Однак, зменшити похибку переносу x_-, x_+ на пряму 1 можна, якщо побудувати ще дві прямі 2 і 3 (рис. 1) і визначити крутості a_-, a_+, a_+ усіх трьох прямих:

$$a = \frac{n+1}{n_{\text{МАКС}}} - \frac{n-1}{n_{\text{МАКС}}} = \frac{2}{n_{\text{МАКС}}}, \quad (1)$$

$$a_- = \frac{1/n_{\text{МАКС}}}{x_1} = \frac{1}{n_{\text{МАКС}} \cdot x_1}, \quad (2)$$

$$a_+ = \frac{1}{n_{МАКС} \cdot (1 - x_1)}. \quad (3)$$

На прямій 1 заново сформовані часові інтервали визначаються наступним чином:

$$\Delta x'_- = \Delta x_- \cdot \frac{a_-}{a} = (x_1 - x_-) \cdot \frac{a_-}{a}, \quad (4)$$

$$\Delta x'_+ = \Delta x_+ \cdot \frac{a_+}{a} = (x_+ - x_1) \cdot \frac{a_+}{a}. \quad (5)$$

Після підстановки в (4,5) коефіцієнтів крутості (1 – 3) маємо

$$0.5 - x'_- = (x_1 - x_-) \cdot \frac{\frac{1}{n_{МАКС}} \cdot x_1}{2} = \frac{1}{2x_1} (x_1 - x_-),$$

$$x'_+ - 0.5 = (x_+ - x_1) \cdot \frac{\frac{1}{n_{МАКС}} \cdot (1 - x_1)}{2} = \frac{x_+ - x_1}{2(1 - x_1)}.$$

Інтервали $\Delta x'_-$ і $\Delta x'_+$ тільки у відсутності нелінійності розгорткування будуть однаковими. У випадку нелінійності розгорткування, з метою підвищення точності обчислень, знаходимо середнє арифметичне

$$\Delta x' = \frac{1}{2} (x'_+ - 0.5 + 0.5 - x'_-) = \frac{1}{4} \left(\frac{x_1 - x_-}{x_1} + \frac{x_+ - x_1}{1 - x_1} \right).$$

Остаточно номер гармоніки опорного генератора з частотою f_0 можна визначити за формулою

$$n_M = \frac{1}{2} n_{МАКС} \cdot \left(\frac{x_1 - x_-}{x_1} + \frac{x_+ - x_1}{1 - x_1} \right), \quad (6)$$

де $n_{МАКС} = \frac{f_0}{F}$.

Частота мітки при цьому буде знайдена за виразом:

$$f_M = \frac{f_0^2}{2F} \cdot \left(\frac{x_1 - x_-}{x_1} + \frac{x_+ - x_1}{1 - x_1} \right).$$

Оцінимо похибку визначення частоти, що виникає при використанні запропонованого методу.

Абсолютна похибка визначення номера гармоніки

$$\Delta n_M = n - n_M,$$

де n – точний номер гармоніки.

Враховуючи, що номер гармоніки це ціле число, заокруглення n_M до цілого дає правильний результат, якщо $|\Delta n_M| < 0,5$.

Нехай частота свіп-генератора розгортається в часі за експоненціальним законом

$$y = \frac{n-1}{n_{МАКС}} + \frac{2}{n_{МАКС}} \cdot \frac{e^{Nx} - 1}{e^N - 1}, \quad (7)$$

де N – множник нелінійності, він може бути як більше, так і менше нуля.

Знайдемо вираз для часового відліку x_1 (рис. 1):

$$\frac{n}{n_{МАКС}} = \frac{n-1}{n_{МАКС}} + \frac{2}{n_{МАКС}} \cdot \frac{e^{Nx_1} - 1}{e^N - 1},$$

$$x_1 = \frac{1}{N} \cdot \ln \left(\frac{(e^N - 1) + 2}{2} \right). \quad (8)$$

Аналогічні розрахунки для часових відліків x_+ , x_- (рис. 1) приводять до таких результатів:

$$x_+ = \frac{1}{N} \cdot \ln \left[\frac{e^N - 1}{2} \left(\frac{n}{n_{МАКС}} + 2 \cdot \frac{e^{Nx_1} - 1}{e^N - 1} \right) + 1 \right], \quad (9)$$

$$x_- = \frac{1}{N} \cdot \ln \left[\frac{e^N - 1}{2} \left(-\frac{n}{n_{МАКС}} + 2 \cdot \frac{e^{Nx_1} - 1}{e^N - 1} \right) + 1 \right]. \quad (10)$$

Підставляємо вирази (8 – 10) у формулу (6) і отримуємо:

$$n_M = \frac{1}{2} n_{МАКС} \cdot \left(1 - \frac{\ln \left[\frac{e^N - 1}{2} \left(-\frac{n}{n_{МАКС}} + 1 \right) + 1 \right] + \ln \left[\frac{e^N - 1}{2} \left(\frac{n}{n_{МАКС}} + 1 \right) + 1 \right] - \ln \left(\frac{e^N + 1}{2} \right)}{\ln \left(\frac{e^N + 1}{2} \right)} + \frac{\ln \left[\frac{e^N - 1}{2} \left(\frac{n}{n_{МАКС}} + 1 \right) + 1 \right] - \ln \left(\frac{e^N + 1}{2} \right)}{1 - \ln \left(\frac{e^N + 1}{2} \right)} \right). \quad (11)$$

Результати

На рис. 2 наведено залежність абсолютної похибки Δn визначення номера гармоніки опорного генератора з частотою f_0 від $z = \frac{n}{n_{МАКС}}$ для різних значень множників нелінійності N , при $n_{МАКС} = 100$.

Проведемо, як і в [1], дослідження залежності максимально можливої кількості гармонік $n_{МАКС}$ опорного генератора з частотою f_0 від z для різних множників N . В [1] вказано, що така залежність зв'язує між собою робочий діапазон і смугу гойдання свіп-генератора з частотним кроком міток.

За умовою $\frac{0,5}{n_{МАКС}} > \frac{|\Delta n|}{n_{МАКС}}$ [1]

визначається максимальний номер гармоніки

$$n_{МАКС} = \left(\frac{x_1 - x_-}{x_1} + \frac{x_+ - x_1}{1 - x_1} - 2 \cdot z \right)^{-1}.$$

Відповідна залежність $n_{МАКС}$ наведена на рис. 3.

Для кожного множника нелінійності свіп-генератора існує мінімальний граничний номер гармоніки $n_{ГР}$ (рис. 4).

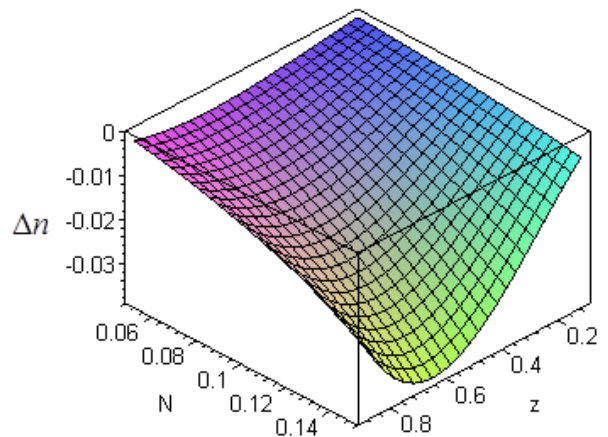


Рис. 2. Абсолютна похибка визначення номера гармоніки

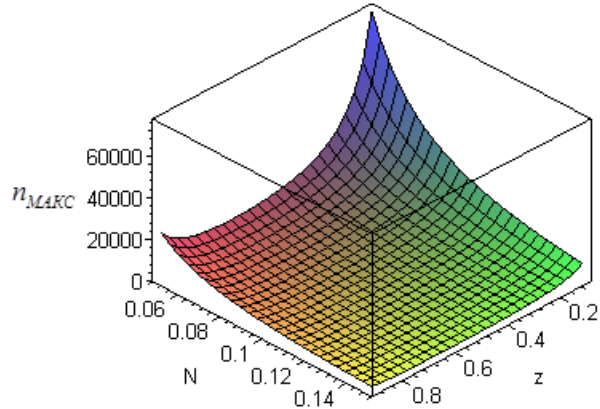


Рис. 3. Максимальна кількість гармонік

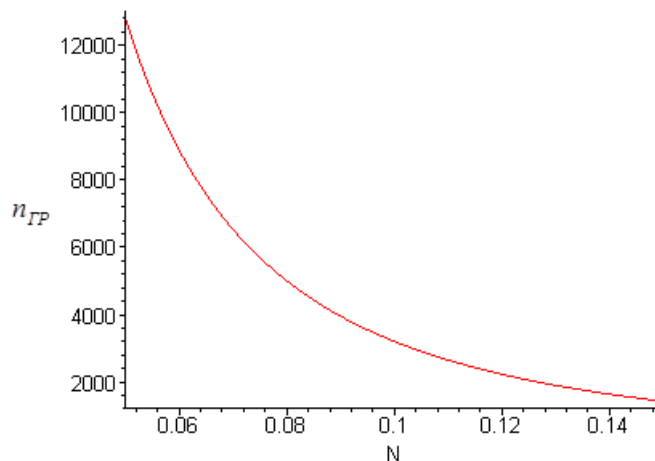


Рис. 4. Граничний номер гармоніки

Якщо максимальний номер гармоніки буде перевищувати граничне значення, то будуть формуватись мітки з абсолютною частотною похибкою f_0 або більше, що неприпустимо [1].

Висновки

З отриманих результатів (рис. 2 – 4) можна зробити висновок, що запропонований розрахунок частоти свіп-генератора в два рази зменшує похибку визначення номера гармоніки вимірювача з трьома опорними генераторами [1], тобто суттєво зростає точність виміру частоти міток.

Література

1. Кононов С. П. Вимірювання частоти міток у пристроях на основі свіп-генератора / С.П. Кононов, В.Д. Росохай // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 4.
2. Кофанов В. Л. Визначення частоти міток у НВЧ вимірювачах частотних характеристик / В.Л. Кофанов, С.П. Кононов, С.М. Вельгус // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 1. – 64 с.

Надійшла до редакції
15.5.2012 р.

УДК 621.315.592

Д.В. МИХАЛЕВСЬКИЙ

Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНТЕГРАЛЬНИХ ДІОДІВ

В даній роботі запропоновано методика оцінки шумових характеристик для діодного вмикавання інтегрального транзистора для проведення технологічного вихідного їх контролю за рівнем низькочастотних шумів.

Methodology of estimation of noise descriptions is offered in this work. These descriptions are used for the diode including of integral transistors. It gives an opportunity to conduct technological control after the level of low-frequency noise.

Ключові слова: шумова характеристика, діод.

Вступ

При проектуванні та виготовленні інтегральних схем, а також пристроїв на їх базі потрібно враховувати різні фактори: шумові характеристики, електричні характеристики, вплив паразитних зв'язків, температурні характеристики, режими роботи і т. ін. В роботі [1] проводилось дослідження шумових характеристик інтегральних транзисторів, як основного елемента інтегральних схем, із метою встановлення оптимальних умов проведення вхідного та вихідного технологічного контролю за рівнем низькочастотного шуму. Але на основі таких структур у інтегральній схемотехніці будуються і інші елементи електричних схем. Одним із таких елементів є інтегральний діод. Оскільки він будується на p-n-p структурах то для нього також характерні процеси деградації напівпровідникової структури з часом. Тому для забезпечення більш стабільної роботи готової інтегральної структурах схеми, протягом заданого часу, є необхідним додатково проводити контроль якості структури інтегральних діодів на етапі вихідного контролю.

Еквівалентні шумові схеми

На першому етапі вихідного технологічного контролю необхідно встановити межі контролюючого параметра на основі шумової моделі виробу електронної техніки, яка б враховувала всі відомі джерела шумів у вузькій смузі частот. Для цього використаємо еквівалентні схеми діодного вмикавання інтегральних транзисторів p-n-p типу. Інтегральний діод використовує один із p-n-переходів, який є ізолюваним від підкладки [2].

Існує декілька видів інтегральних діодів, які характеризуються діодним вмиканням інтегральних транзисторів (рис. 1).

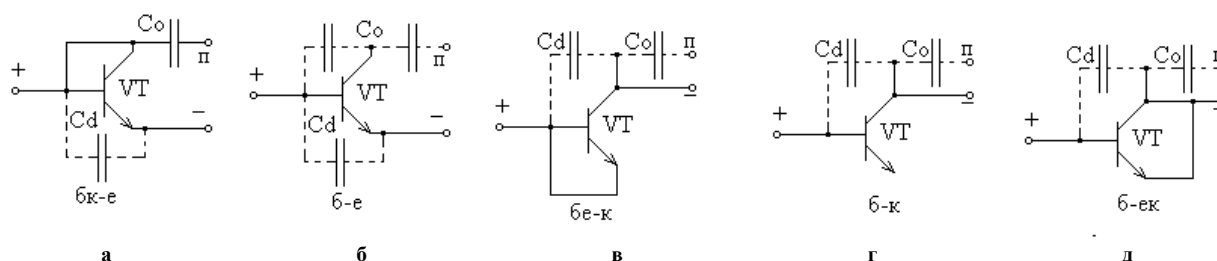


Рис. 1. Схеми діодного вмикавання інтегрального транзистора