

НОВЫЙ МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

В.А. ИЛЬИНКОВ¹, Я.М. ЯРКОВ², А.В. ИЛЬИНКОВА³

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
kafctk@bsuir.by

²ОАО “АГАТ-СИСТЕМ – управляющая компания холдинга “Системы связи и управления”
ул. Ф. Скорины, 51, г. Минск, 220141, Республика Беларусь
yaroslavyarkov@mail.ru

³ИП “АйБиЭй АйТи Парк”
ул. М. Богдановича, 155А, г. Минск, 220040, Республика Беларусь
anna.ilyin@gmail.com

Разработан новый метод генерирования сигналов частотной модуляции (ЧМ), который, по сравнению с известными, одновременно обеспечивает: предельные относительную ширину и линейность статической модуляционной характеристики; высокую стабильность несущей частоты модулированных сигналов, равную стабильности кварцевого генератора; возможность модуляции (сверх)широкополосными сигналами; возможность генерирования сетки частот и их сверхбыстрой перестройки. Синтезирована структура устройства, реализующего предлагаемый метод.

Ключевые слова: сигнал, генерирование, модуляция, метод, устройство, частота, фаза, нестабильность.

Важной для телекоммуникаций, радиоэлектроники и измерительной техники является проблема генерирования сигналов ЧМ. При ее решении, учитывая внедрение цифровых технологий, все шире применяют известный метод [1], основанный на использовании свойств системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Известный метод обладает следующими существенными недостатками: имеет невысокую линейность и малую относительную ширину статической модуляционной характеристики; обеспечивает относительно невысокую стабильность несущей частоты ЧМ сигналов; имеет малую верхнюю граничную частоту модулирующих сигналов.

Для устранения отмеченных существенных недостатков известного метода предлагается новый метод генерирования сигналов ЧМ [2]. Он характеризуется следующей последовательностью операций.

Вычисляется множество G z -разрядных двоичных чисел g_i ($i = 0, 1, 2, \dots, R$; $R = r \cdot 2^{n-1} - 1$; $n > 0$; $0 < r \leq 2^m$; $m > 0$), соответствующих отсчетным значениям $F(x_i)$ функции $F(x) = \cos^2 x$ в точках $x_i = ip\pi/(R+1)$ ($p \geq 1$). Множество G чисел g_i запоминается по соответствующим адресам $h_i = 0, 1, 2, \dots, R$ адресного множества H . Входной модулирующий сигнал $U_1(t)$ с диапазоном мгновенных значений от $U_{1.MIN}$ до

$U_{1.MAX}$ преобразуется линейно в сигнал

$$U_2(t) = bU_1(t) + U_0 \quad (1)$$

с диапазоном мгновенных значений от $U_{2.MIN}$ до $U_{2.MAX}$ ($U_{2.MIN} \geq 0, U_{2.MAX} < 2U_0$). Выполняется пошаговое преобразование сигнала $U_2(t)$ во множество A n -разрядных

двоичных чисел a_k ($k=1, 2, 3, \dots$), соответствующих отсчетным значениям $U_2(t_k)$ сигнала $U_2(t)$ в последовательные моменты $t_k = k \cdot \Delta t$ времени. В каждый момент t_k времени вычисляется текущий адрес

$$c_k = \begin{cases} d_k, & d_k \leq R \\ d_k - R - 1, & d_k > R \end{cases} \quad (d_k = \sum_{j=0}^{k-1} a_{k-j}). \quad (2)$$

Считыванием по текущему адресу c_k ($c_k \in H$) соответствующего элемента множества G образуется множество B z -разрядных двоичных чисел b_k ($k=1, 2, 3, \dots$). Множество B чисел b_k преобразуется в выходной сигнал ЧМ на несущей частоте

$$f_0 = p/(r \cdot \Delta t). \quad (3)$$

Синтезирована структура устройства, реализующего предлагаемый метод. Последующий количественный анализ установил следующее [2].

Устройство можно использовать в качестве синтезатора частот в диапазоне $0 \leq f_r \leq 2f_0 - F$ с шагом $F = f_0/2^{n-1}$. По сравнению с синтезаторами на основе системы ФАПЧ, время перестройки (с одной частоты на другую) составляет всего шаг Δt дискретизации, то есть на несколько порядков меньше. Относительная нестабильность несущей частоты f_0 генерируемых ЧМ сигналов равна аналогичной колебаний высокостабильного генератора опорных колебаний. Такую же относительную нестабильность имеет генерируемое колебание на любой частоте ($f_0 + lF$) в случае применения устройства в качестве синтезатора. Мгновенная частота $f(t)$ ЧМ сигналов может изменяться в диапазоне $0 \leq f(t) \leq 2f_0 - F$, что соответствует девиации $f_d = f_0$ и относительной ширине статической модуляционной характеристики $E = f_d/f_0 = 1$. Линейность последней определяется погрешностью квантования сигнала $U_2(t)$, которая не превышает половины шага квантования и применительно к современным многоразрядным АЦП имеет предельно малое значение. Верхняя граничная частота F_B модулирующего сигнала равна $F_B = rf_0/3p$, то есть сравнима с несущей частотой f_0 модулированного ЧМ сигнала.

Таким образом, предлагаемый метод генерирования сигналов ЧМ, по сравнению со всеми известными, одновременно обеспечивает: предельную относительную ширину и практически предельную линейность статической модуляционной характеристики; высокую стабильность несущей частоты модулированных сигналов, равную стабильности кварцевого генератора; возможность модуляции широкополосными и сверхширокополосными сигналами; возможность генерирования сетки частот и их сверхбыстрой перестройки. Поэтому областью его возможного применения являются не только телекоммуникационные и измерительные системы, но также системы специального назначения: системы связи с постоянно перестраиваемой рабочей частотой; радиолокационные системы; системы постановки широкополосных и узкополосных помех (системы подавления радиосредств).

Список литературы

- [1] *Patent 4562414 US*, Int. Cl.⁴ H 03 C 3/00. Digital frequency modulation system and method/ Donald L. Linder, William R. Murphy; Motorola, Inc.
- [2] *Патент 16619 C1 BY*, МПК (2006.01) H 03 C 3/00. Способ генерирования частотно-модулированного электрического сигнала / В.А. Ильинков, Я.М. Ярков, А.В. Ильинкова; Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.