

НОВЫЙ МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ ФАЗОВОЙ 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 фазовой модуляции (ФМ), который, по сравнению с известными, обеспечивает практически предельную линейность статической модуляционной характеристики. 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 фазовой модуляции (ФМ). Она решается известным методом, суть которого состоит в следующем [1].

Формируется входной модулирующий сигнал $U_1(t)$ с диапазоном мгновенных значений от $U_{1.MIN}$ до $U_{1.MAX}$. Сигнал $U_1(t)$ линейно преобразуется в сигнал $U_2(t) = bU_1(t) + U_0$ ($b = Const$) с диапазоном мгновенных значений от $U_{2.MIN}$ до $U_{2.MAX}$ ($U_{2.MIN} \geq 0, U_{2.MAX} \leq 2U_0$). 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. Функциональными преобразованиями $F_C(x) = \cos x$ и $F_S(x) = \sin x$ двоичных чисел a_k формируются множество A_C двоичных чисел $a_{C,k}$ и множество A_S двоичных чисел $a_{S,k}$, которые преобразуются в сигналы соответственно $U_{3C}(t) = \cos(U_2(t))$ и $U_{3S}(t) = \sin(U_2(t))$. Формируются стабильные ортогональные опорные колебания $U_{OC}(t) = A \cos \omega_0 t$ и $U_{OS}(t) = A \sin \omega_0 t$. С использованием операций перемножения и суммирования образуется выходной сигнал ФМ $U_{\Phi M}(t) = U_{3C}(t) \cdot U_{OS}(t) + U_{3S}(t) \cdot U_{OC}(t)$ на несущей частоте $f_0 = 1/\Delta t$.

Известный метод позволяет генерировать сигналы ФМ в широком диапазоне несущих частот f_0 . Однако он обладает существенным недостатком: обеспечивает относительно невысокую линейность статической модуляционной характеристики.

Для устранения отмеченного недостатка известного метода предлагается новый метод генерирования сигналов ФМ [2]. Он характеризуется следующей последовательностью операций.

Вычисляется множество G z -разрядных двоичных чисел g_i ($i = 0, 1, 2, \dots, R$; $i = 0, 1, 2, \dots, R$; $R = r \cdot 2^{n-m} - 1$; $r \leq 2^m$; $0 < m < n$), соответствующих отсчетным значениям $F(x_i)$ функции $F(x) = \cos^2 x$ в точках $x_i = i\pi/(R+1)$. Множество G чисел g_i записывается 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 в сигнал

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

(b – постоянный безразмерный коэффициент, U_0 – постоянное опорное напряжение) с диапазоном мгновенных значений

$$0 \leq U_2(t) \leq R \cdot \Delta U \quad (2)$$

(ΔU – шаг квантования) 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

$$c_k = \begin{cases} d_k, & d_k \leq R \\ d_k - R - 1, & d_k > R \end{cases} \quad (d_k = a_k + k \cdot 2^{n-m}) - \quad (3)$$

число в n -разрядной двоичной системе исчисления. 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 ФМ на несущей частоте

$$f_0 = 1/(r \cdot \Delta t). \quad (4)$$

Очевидно, предлагаемый метод отличается от известного введением новых операций: вычисление и запоминание множества G чисел g_i ; вычисление текущего адреса c_k ; образование множества B двоичных чисел b_k ; преобразование множества B чисел b_k в выходной сигнал ФМ на несущей частоте $f_0 = 1/(r \cdot \Delta t)$.

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

В предлагаемом методе линейность статической модуляционной характеристики определяется точностью аппаратной реализации закона изменения мгновенной фазы $\Phi_{ФМ}(t)$. Эта точность зависит от погрешности квантования сигнала $U_2(t)$, которая не превышает величины $\Delta U/2$ (ΔU – шаг квантования) и применительно к современным многоразрядным АЦП имеет предельно малое значение. В результате предлагаемый метод генерирования сигналов ФМ, по сравнению с известными, обеспечивает практически предельную линейность статической модуляционной характеристики, что позволяет использовать его для генерирования сигналов аналоговой и цифровых видов (включая многопозиционные) ФМ.

Список литературы

[1] *Patent 5091705 US, Int. Cl.⁵ H 03 C 3/00. FM modulator/ Yonejiro Hiramatsu, Shunichi Satou; Sharp Kabushiki Kaisha, Japan.*

[2] *Патент 16620 С1 ВУ, МПК (2006.01) H 03 C 3/00. Способ генерирования фазомодулированного электрического сигнала / В.А. Ильинков, Я.М. Янков, А.В. Ильинкова; Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.*