

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КИМ-ФМ-СИГНАЛОВ С ФАЗОЙ ПОСЫЛОК 0 и П

В. В. Емельянов, Ф. А. Гордеева

Харьков

Отклонение фазы посылок сигналов с кодово-импульсной фазовой манипуляцией (КИМ—ФМ) от заданного значения, как известно, приводит к изменению уровня спектральной составляющей несущей частоты, что в большинстве случаев нежелательно.

В данной работе предлагается метод формирования КИМ—ФМ-сигналов с постоянным значением фазы посылок, близким к 0 и П. Для высокой стабильности фазы посылок данных колебаний используются система автоподстройки фазы и устройство, обеспечивающее жесткую связь по фазе манипулирующего напряжения с напряжением задающего генератора.

Принцип работы системы формирования КИМ—ФМ-сигналов, блок-схема которой представлена на рис. 1, заключается в следующем.

Напряжение задающего кварцевого генератора 1 с частотой ω поступает на усилитель с фазовращателем 2. Нагрузкой усилителя является резонансный контур, содержащий нелинейную емкость, величина которой зависит от приложенного к ней постоянного напряжения. С выхода усилителя непрерывные колебания высокой частоты

$$u_2(t) = u_T \sin(\omega t + \varphi_n),$$

где φ_n — начальная фаза колебания, поступают на фазорасщепитель, на выходе которого получаются два равных по величине напряжения, сдвинутые по фазе относительно друг друга на 180° , т. е.

$$u_3(t) = \begin{cases} U_T \sin(\omega t + \varphi_n + \Delta\varphi) & \text{при } (n-1)\tau_0 \leq t \leq n\tau_0; \\ U_T \sin(\omega t + \varphi_n) & \text{при } n\tau_0 \leq t \leq (n+1)\tau_0, \end{cases}$$

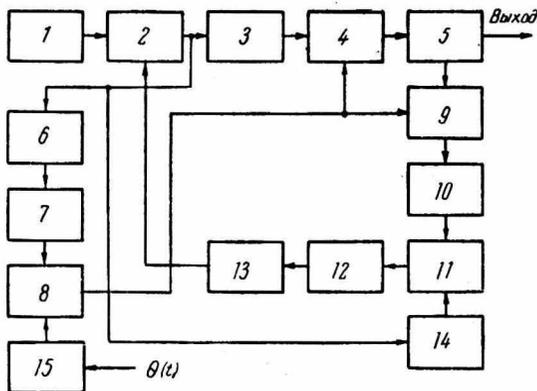


Рис. 1.

где τ_0 — длительность элементарной посылки;

n — номер посылки;

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ — угол фазовой манипуляции.

Фазовый манипулятор по существу является переключающим устройством, работающим под действием манипулирующих импульсов постоянного тока $M(t)$

$$u_3(t) = M(t) = \begin{cases} +1 & \text{при } (n-1)\tau_0 \leq t \leq n\tau_0; \\ -1 & \text{при } n\tau_0 \leq t \leq (n+1)\tau_0. \end{cases}$$

Выходное напряжение фазового манипулятора, согласно [1], можно представить в виде выражения

$$u_1(t) = U_T [\cos \Delta\varphi \sin(\omega t + \varphi_n) + M(t) \sin \Delta\varphi \cos(\omega t + \varphi_n)]^*.$$

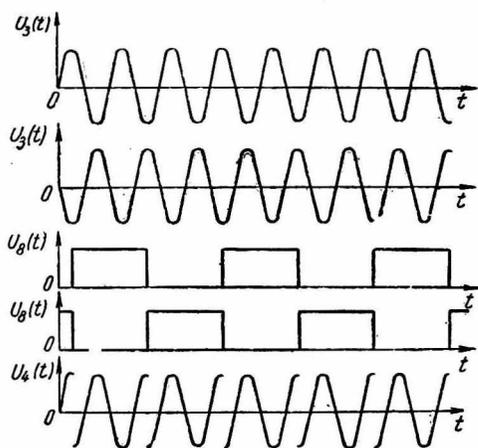


Рис. 2.

Представив манипулирующее напряжение в виде

$$M(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin(2k-1)\Omega t,$$

имеем

$$\begin{aligned} u_4(t) = & U_T \cos \Delta\varphi \sin(\omega t + \varphi_n) + \\ & + \frac{2U_T}{\pi} \sin \Delta\varphi \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin\{[\omega + \\ & + (2k-1)\Omega]t + \varphi_n\} - \\ & - \frac{2U_T}{\pi} \sin \Delta\varphi \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin\{[\omega - \\ & - (2k-1)\Omega]t + \varphi_n\}. \end{aligned}$$

При манипуляции фазы на $\Delta\varphi = 180^\circ$ предыдущее выражение записывается в виде

$$\begin{aligned} u_4(t) = & \frac{2U_T}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin\{[\omega + (2k-1)\Omega]t + \varphi_n\} - \\ & - \frac{2U_T}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \sin\{[\omega - (2k-1)\Omega]t + \varphi_n\}. \end{aligned}$$

Как видно из рис. 2, на выходе фазового манипулятора получается фазоманипулированное напряжение, разность фаз в котором между двумя противоположными по знаку импульсными посылками равна 180° . Однако каждая посылка имеет фазу, не равную с достаточной точностью 0 или π . Это объясняется отсутствием жесткой синхронизации между моментом прохождения колебания задающего генератора через нуль и передним фронтом импульса манипуляции, а также дополнительным фазовым сдвигом, вносимым каскадами системы формирования. Для обеспе-

* Н. Т. Петрович. Передача дискретной информации в каналах с фазовой манипуляцией. Изд-во «Советское радио», 1965.

чения значения фазы посылок, достаточно близкого к 0 или Π в предлагаемой системе формирования КИМ—ФМ-колебаний используются автоподстройка фазы сигнала и жесткая синхронизация между передним фронтом импульса манипуляции и моментом прохождения напряжения на защитных сетках ламп манипулятора через нуль.

Жесткая синхронизация между передним фронтом импульса манипуляции и моментом прохождения напряжения задающего генератора через нуль обеспечивается формированием манипулирующих импульсов $M(t)$ из напряжения задающего генератора с помощью формирующего устройства 6. На выходе формирующего устройства создается последовательность импульсов $M(t)$ с частотой следования, равной частоте задающего генератора. Частота следования полученных импульсов понижается до необходимой частоты манипуляции с помощью делителя частоты 7, выходное напряжение которого после кодирования в кодирующем устройстве используется в качестве манипулирующего напряжения. Как видно из рис. 3, выходное напряжение фазового манипулятора имеет фазу посылок, близкую к 0 и Π .

Следует заметить, что поскольку колебания задающего генератора и сформированные из него импульсы манипулирующего напряжения проходят различные пути до манипулятора, импульсы манипуляции отстают по фазе от непрерывного колебания, что приводит к отклонению фазы посылок фазоманипулированного колебания от 0 или Π . Манипулирующие импульсы будут задерживаться делителем частоты на промежуток времени, равный

$$\Delta t = \Delta t_1 n,$$

где Δt_1 — время задержки одним триггером;
 n — число триггеров в делителе.

Для устранения отклонения фазы посылок от 0 или Π , вызванного задержкой импульсов манипуляции на время Δt , применяется система автоподстройки фазы выходного сигнала. Для этого часть мощности выходного сигнала подается на балансный демодулятор 9. Балансный демодулятор собран по схеме балансного фазового детектора на диодах. На входные зажимы схемы подается фазоманипулированное колебание $u_4(t)$, а на выходные — импульсы манипуляции $M(t)$. В результате взаимодействия этих двух напряжений в диагонали фазового детектора выделяется напряжение несущей частоты, имеющее фазу, равную откло-

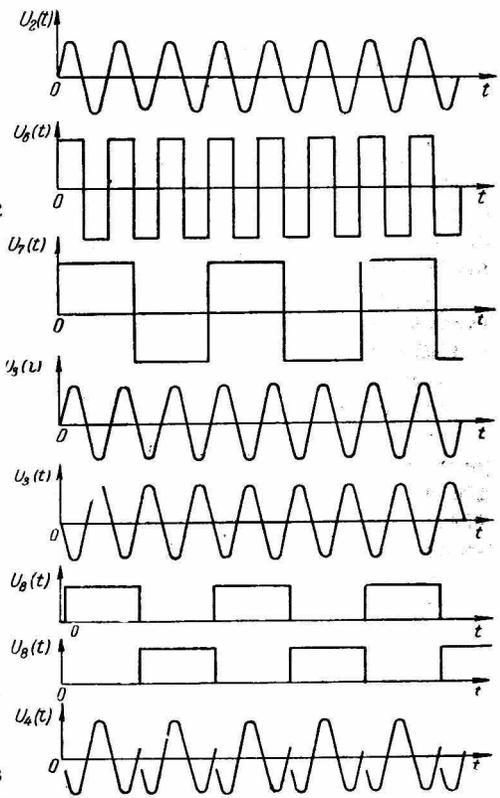


Рис. 3.

нению фазы посылок от значений 0 или Π . Выходное напряжение балансного демодулятора в общем виде можно записать так:

$$u_0(t) = ku_T \cos(\omega t + \Delta\psi),$$

где k — коэффициент, учитывающий общий коэффициент передачи устройства от задающего генератора до усилителя 10;

$\Delta\psi$ — максимальное значение отклонения фазы посылок от 0 или Π .

Напряжение несущей частоты, усиленное усилителем 10, подается на фазовый детектор 11, куда одновременно через фазовращатель на 90° 14 подается напряжение задающего генератора. Напряжение на выходе фазового детектора 11 пропорционально величине $\cos \Delta\psi$. В зависимости от знака фазового сдвига $\Delta\psi$ напряжение на выходе фазового детектора будет иметь положительное или отрицательное значение. Этот сигнал ошибки после фильтрации 12 и усиления 13 управляет величиной емкости в контуре усилителя-фазовращателя.

В результате внесения дополнительного фазового сдвига за счет изменения емкости контура, обратного по знаку фазовому сдвигу $\Delta\psi$, происходит компенсация отклонения фазы посылок от 0 или Π . Выше был описан только случай, когда формируется сигнал типа 1010101, т. е. сигнал с фазой посылок 0101010 (если при этом принять, что единице соответствует фаза посылки, равная 0, а 0 соответствует фаза посылки, равная Π). Однако данная система позволяет сформировать любую кодовую группу в двоичном семизначном коде. Для этого в системе предусмотрен блок управления 15 кодирующим устройством, в которое вводится передаваемая информация в виде сигнала $\theta(t)$.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что предлагаемая система позволяет сформировать КИМ-ФМ-колебания с фазой посылок, отличающейся от 0 и Π на единицы градусов.

Измерения отклонения фазы посылок от значений 0 и Π производились по уровню несущего колебания в спектре КИМ—ФМ-сигнала с помощью спектроанализатора типа С4-8.