

УДК 681.34:621.376.4

ПОВЫШЕНИЕ ЛИНЕЙНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

А. Ф. МИХЕЕВ, В. Я. АНДРОСЕНКО

Рассмотрены способы линеаризации передаточной характеристики аналого-цифрового преобразователя с фазовой модуляцией, в структуре которого используются частотно-зависимые и «синтетические» фазовые модуляторы, приведены структурные схемы, реализующие эти способы.

Обработка радиолокационной информации невозможна без использования современной цифровой техники и связанных с нею аналого-цифровых преобразователей (АЦП). При этом в радиолокации и радионавигации наиболее распространенной аналоговой величиной является угол поворота вала антенны.

С целью упрощения структуры АЦП разработаны аналого-цифровые преобразователи с фазовой модуляцией (АЦП-ФМ), основным операционным элементом которых является фазовый модулятор. В АЦП-ФМ нашли применение два типа фазовых модуляторов: частотно-зависимые и «синтетические». Последние синтезированы на базе элементов, выполняющих амплитудно-импульсное преобразование [1, 2, 3].

Нелинейность передаточной характеристики АЦП-ФМ вызывается нелинейностью модуляционной характеристики фазового модулятора и датчика входного сигнала.

В АЦП-ФМ связь выходной числовой величины n со входной аналоговой величиной $E_{вх}$ выражается зависимостью

$$n = c \arctg e, \quad e = E_{вх}/E_{см}, \quad c = \text{const}, \quad (1)$$

нелинейность которой выражается относительной погрешностью

$$\delta = 1 - 1/3e^2, \quad (2)$$

где $E_{вх}$ — входное измеряемое (модулирующее) напряжения; $E_{см}$ — напряжение смещения, предназначенное для выбора рабочей точки модулятора. С ростом модуля $E_{вх}$ увеличивается модуль погрешности δ , что приводит к ограничению протяженности используемого участка переда-

точной характеристики. Уменьшение величины δ при сохранении динамического диапазона $E_{вх}$ представляет собой актуальную задачу [4].

С целью повышения линейности передаточной характеристики АЦП-ФМ предлагаются четыре способа линеаризации передаточной характеристики: реверсирование фазового модулятора, синусно-коси-

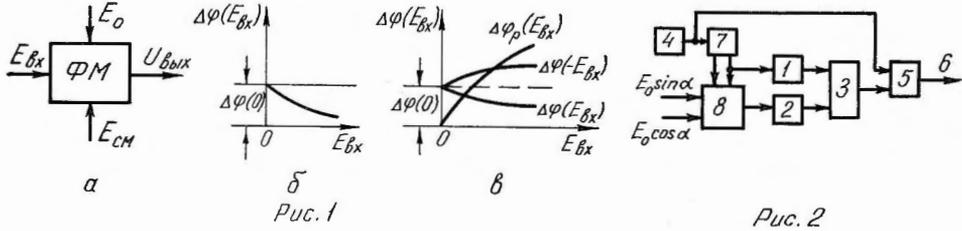


Рис. 1

Рис. 2

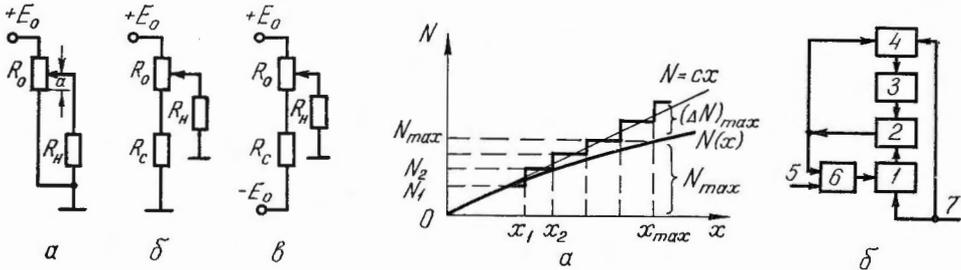


Рис. 3

Рис. 4

нусная аппроксимация входного сигнала, тангенсная и цифровая коррекция.

Реверсирование фазового модулятора. Способ используется в АЦП-ФМ с частотно-зависимым фазовым модулятором. Полезный эффект, получаемый при работе фазового модулятора (рис. 1а), на вход которого поступает опорное синусоидальное напряжение стабильной частоты E_0 , а с выхода снимается промодулированное (сдвинутое по фазе) синусоидальное напряжение $U_{вых}$, представляется фазовым сдвигом $\Delta\varphi$ выходного синусоидального напряжения относительно опорного $u_{m0} \sin \omega_0 t$. В случае модуляции напряжением $E_{вх}$ $\Delta\varphi = \arctg[\Theta(e)]$, где $\Theta(e)$ — входная характеристика фазового модулятора.

С целью уменьшения влияния нелинейности модуляционной характеристики воздействуем на модулятор (рис. 1а) дважды в течение каждого цикла аналого-цифрового преобразования, один раз модулирующим напряжением $E_{вх}$, другой раз — напряжением обратной полярности ($-E_{вх}$). Выходной цифровой результат сформируется как разность частичных результатов измерений, ему будет соответствовать разностная модуляционная характеристика $\Delta\varphi_p(E_{вх})$. Действительно, разложив функцию $\Delta\varphi(\pm e)$ в ряд Тейлора, получим

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_p(e) = |\Delta\varphi(e) - \Delta\varphi(-e)| = \{ \Delta\varphi(0) + \Delta\varphi'(0)e + 1/2\Delta\varphi''(0)e^2 + \\ + 1/6\Delta\varphi'''(0)e^3 \} - \{ \Delta\varphi(0) - \Delta\varphi'(0)e + 1/2\Delta\varphi''(0)e^2 - \\ - 1/6\Delta\varphi'''(0)e^3 \} = 2\Delta\varphi'(0)e + 1/3\Delta\varphi'''(0)e, \end{aligned}$$

где $\Delta\varphi'(0)$, $\Delta\varphi''(0)$, $\Delta\varphi'''(0)$ — соответственно первая, вторая и третья производные при $e = 0$. Выходная характеристика $\Delta\varphi_p(E_{вх})$ имеет фиксированный нуль (в отличие от типичной модуляционной характеристики — рис. 1б), повышенную линейность и вдвое большую крутизну, чем некорректированные характеристики $[\Delta\varphi(E_{вх}), \Delta\varphi(-E_{вх})]$ (рис. 1в). Погрешность нелинейности составляет $\delta_1 = 1/6 [\Delta\varphi'''(0)/\Delta\varphi'(0)] e^2$ против $\delta_2 = 1/2 [\Delta\varphi''(0)/\Delta\varphi'(0)] e$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петропавловский В. П., Сеницын Н. В. Фазовые цифровые преобразователи угла.— М.: Машиностроение, 1984.—136 с.
2. Андросенко В. Я. К вопросу о реализации кодирующих преобразователей угла поворота с фазовой модуляцией // Вопросы радиоэлектроники. ОТ. Вып. 13.— 1976.— С. 95—100.
3. Асеев Б. П. Фазовые соотношения в радиотехнике.— М.: Связьиздат, 1959.— 304 с.
4. Гельман М. М., Шаповал Г. Г. Автоматическая коррекция систематических погрешностей в преобразователях «напряжение—код».— М.: Энергия, 1974.—85 с.

Поступила в редакцию после переработки 09.10.86.
