

Цифровой синтезатор частотно- и фазомодулированных сигналов

И.В. Рябов, И.В. Стрельников, С.В. Толмачев

Поволжский государственный технологический университет

424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3. E-mail: ryabov22@mail.ru

Введение

Развитие методов цифрового синтеза частот и сигналов позволило значительно улучшить параметры систем синтеза частот, которые в основном определяют технические характеристики РЭС: в радиовещании и телевидении – улучшить качество звуковых и телевизионных сигналов; в радиорелейных и спутниковых системах связи – повысить качество телефонной и телевизионной связи; в радиолокации – повысить разрешающую способность по дальности и по скорости; в навигации и радиопеленгации – снизить ошибки определения координат объекта; в радиосвязи – улучшить помехоустойчивость, скрытность и надежность сеанса связи; в измерительной технике – формировать прецизионные сигналы с малым шагом сетки частот и низким уровнем фазовых шумов.

Такие достоинства ЦВС как технологичность, надежность, устойчивость к воздействию дестабилизирующих факторов, малое время переключения частот при непрерывности фазы формируемых колебаний, способность формирования сложных сигналов, возможность полной микроминиатюризации и программируемость параметров, хорошая повторяемость параметров при тиражировании уже сегодня позволили существенно повысить технико-экономические показатели многих радиотехнических систем.

Важнейшими тенденциями развития систем связи и радиолокации являются освоение более высоких частот и переход к использованию сложных сигналов для создания новых перспективных радиотехнических систем с повышенной помехоустойчивостью [1].

Цель работы – расширение функциональных возможностей цифровых вычислительных синтезаторов и возможность оперативного управления частотой и фазой синтезируемого колебания.

1. Цифровой синтезатор частотно- и фазомодулированных сигналов

Цифровой синтезатор (рис. 1) содержит эталонный генератор 1, блок формирования и задержки 2, первый регистр памяти 3, первый цифровой накопитель 4, второй регистр памяти 5, второй цифровой накопитель 6, сумматор 7, преобразователь кодов 8, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) 9, фильтр нижних частот (ФНЧ) 10, третий регистр памяти 11, делитель с переменным коэффициентом деления 12, четвертый регистр памяти 13, третий цифровой накопитель 14. Входы первого, третьего и четвертого регистров памяти являются цифровыми входами ЦС, а его аналоговым выходом является выход ФНЧ [2].

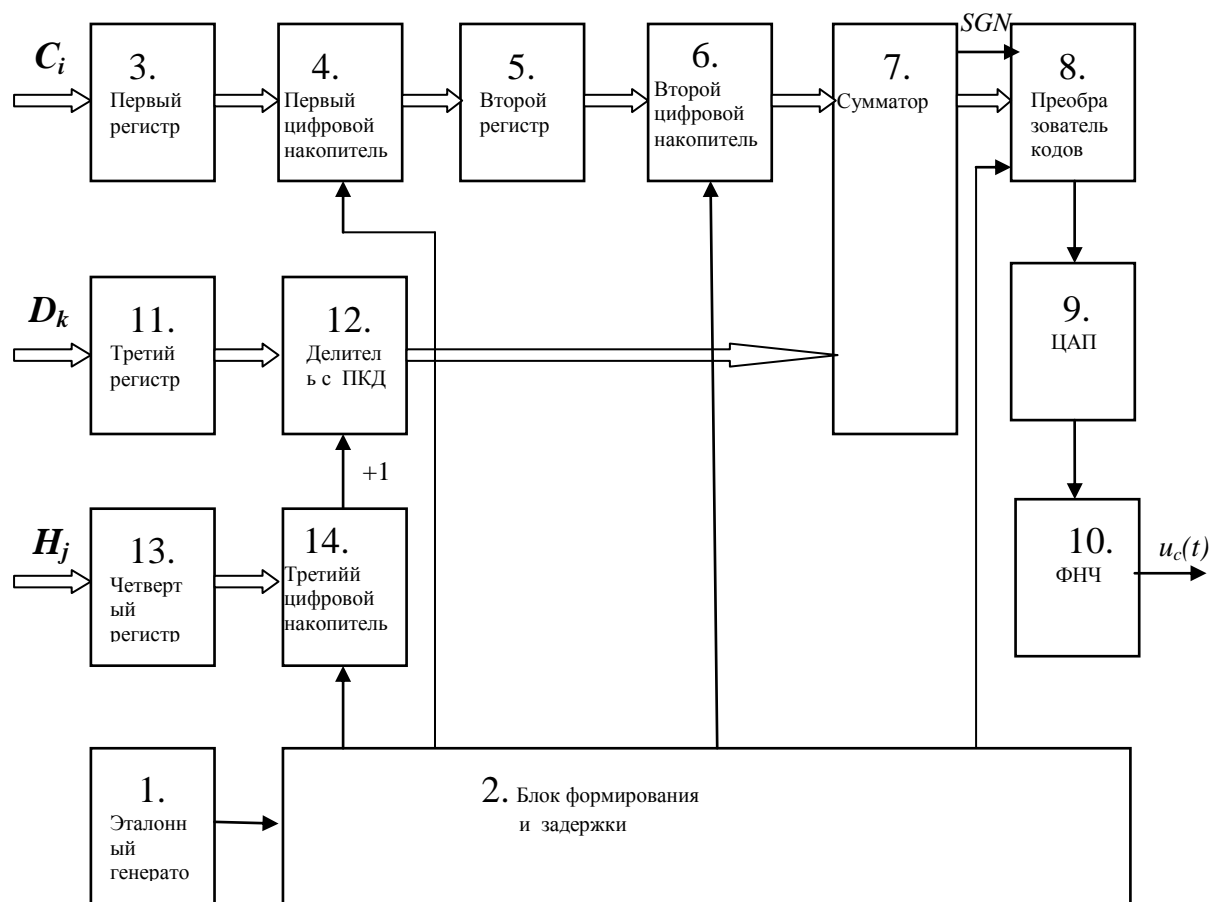


Рис. 1. Цифровой синтезатор частотно- и фазомодулированных сигналов

Цифровой вычислительный синтезатор частотно- и фазомодулированных сигналов работает следующим образом.

На вход первого регистра памяти 3 поступает код начальной частоты C_i , а на вход третьего регистра памяти 11 – код D_k , определяющий коэффициент деления делителя с переменным коэффициентом деления 12 и, соответственно скорость изменения частоты ЦВС.

Эталонный генератор 1 вырабатывает синусоидальный сигнал опорной частоты, из которого в блоке формирования и задержки 2 формируются тактовые импульсы формы «меандр», служащие для синхронизации основных узлов ЦВС.

С первым тактовым импульсом в момент t_1 код начальной частоты C_i из первого регистра памяти 3 записывается в первый цифровой накопитель 4, код D_k из третьего регистра памяти 11 – в делитель с переменным коэффициентом деления 12, а код начальной фазы H_j из четвертого регистра памяти 13 – в третий цифровой накопитель 14.

Затем с каждым последующим тактовым импульсом, начиная с момента t_2 код A будет изменяться по формуле:

$$A = C_i + T/D_k \quad (1)$$

Код суммы A из первого цифрового накопителя 4 через второй регистр памяти 5 поступает во второй цифровой накопитель 6, результат суммирования в котором будет определяться выражением

$$B = A \times T = C_i \times T + T^2 / D_k \quad (2)$$

Код B поступает на первый вход сумматора 7, а на второй его вход поступает код H_j , определяющий смещение начальной фазы

Тогда код S на выходе сумматора 7 будет изменяться по формуле

$$S = C_i \times T + T^2 / D_k + H_j, \quad (3)$$

Результат суммирования S из сумматора 7 поступает на вход преобразователя кодов 8, причем старший разряд суммы SGN является знаковым и подается на вход управления инверсией преобразователя кодов 8. Остальные N разрядов (где N – разрядность ЦАП) через преобразователь кодов 8 поступают на информационный вход ЦАП 9. Если $SGN=0$, то на ЦАП поступает прямой код суммы S , а если $SGN=1$, то обратный код суммы S .

На выходе ЦАП 9 формируется ступенчатый сигнал «треугольной» формы, который подается на ФНЧ 10. Фильтр нижних частот 10 имеет частоту среза $f_c < f_i / 2$, где f_i – тактовая частота ЦВС.

Таким образом, ФНЧ 10 пропускает на выход цифрового синтезатора только первую гармонику сформированного сигнала.

Если ввести обозначения

$f_0 = C_i$ – начальная циклическая частота,

$0.5 f' = 1 / D_k$ – скорость изменения частоты ЦВС,

$\varphi = H_j$ – начальная фаза сигнала,

$T = \Delta t$ – тактовый интервал,

то синтезируемый сигнал на выходе ЦВС будет описываться формулой:

$$u_c(t) = U_0 (f_0 t + f' t^2 + \varphi) \quad (4)$$

где U_0 – амплитуда сигнала на выходе ЦВС.

Заключение

Таким образом, предложенная и описанная структура цифрового синтезатора позволяет формировать сигналы с независимой модуляцией частоты и фазы, при этом параметры сигнала можно изменять при помощи удобного цифрового интерфейса.

Область применения цифрового вычислительного синтезатора частотно- и фазомодулированных сигналов: радиолокация, навигация, современные адаптивные системы связи.

Литература

1. Рябов И.В. Методы и средства цифрового синтеза прецизионных сигналов для аппаратуры дистанционного зондирования ионосферы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Казань, КГТУ(КАИ), 2006.
2. Рябов И.В. Цифровой синтез прецизионных сигналов. Монография. Йошкар-Ола, МарГТУ, 2005.
3. Патент РФ №2358384. МПК H03L 7/18. Цифровой синтезатор частотно- и фазомодулированных сигналов /Рябов И.В., Юрьев П.М. Заявл. 31.05.2007.Опубл. 10.06.2009.Бюл.№16.