

Цифровое формирование широкополосных зондирующих сигналов в радиолокационных системах

К.К. Храмов

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23. E-mail: hramovkk.lan@mit.ru

Рассматривается структурная схема и особенности цифрового формирователя зондирующих широкополосных сигналов, применяемых в радиолокационных станциях. Приводятся законы формирования квадратурных компонентов модулирующего сигнала.

The structure chart of broadband probing signals conditioner used in radar stations is considered. Principles of forming of quadrature signals of modulating signal are quoted.

Широкополосные и сверхширокополосные сигналы благодаря ряду очевидных достоинств (хорошие корреляционные свойства, высокая помехозащищённость систем передачи информации и т.д.) находят широкое применение в системах радиосвязи и радиолокации.

Однако формирование широкополосных зондирующих сигналов в радиолокационных станциях является сложной задачей, требующей обеспечения заданных, зачастую противоречивых, частотно-временных характеристик формируемых последовательностей. Например, при формировании широкополосных ЧМ радиосигналов существует проблема обеспечения линейности модуляционной характеристики, т.е. зависимости девиации частоты от уровня модулирующего сигнала.

Жесткие требования, предъявляемые к возбудителю передатчика (по диапазону рабочих частот, параметрам и видам модуляции уровню побочного излучения, скорости переключения, высокой точности формирования сетки частот, низкому времени переключения между частотами и др.), приводят к необходимости поиска соответствующих способов построения его узлов.

В настоящее время активно используются цифровые способы формирования частот и сигналов [1].

При реализации прямого цифрового метода синтеза частот с использованием специализированной ИМС цифрового синтезатора частот, формирователь передатчика радиолокационной станции может иметь структуру, приведенную на рис. 1.

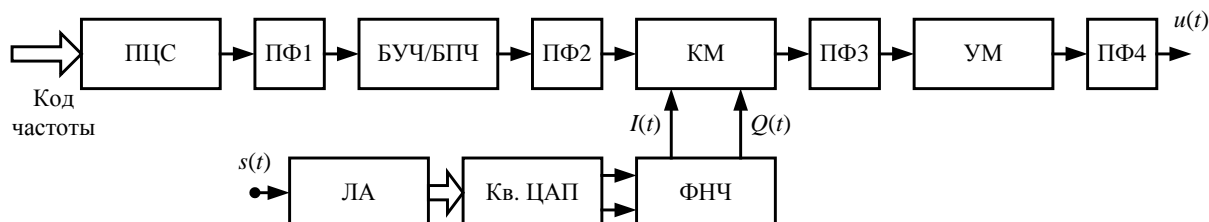


Рис. 1. Структурная схема формирователя широкополосных сигналов

Здесь прямой цифровой синтезатор частоты (ПЦС) формирует необходимые гармонические колебания, которые выделяются полосовым фильтром ПФ1 и поступают в блок умножения (пре-

образования) частоты БУЧ/БПЧ. Выходной сигнал БУЧ/БПЧ модулируется по заданному закону в аналоговом квадратурном модуляторе КМ и усиливается до необходимого уровня мощности в УМ с последующей фильтрацией.

Тактовая частота синтезатора определяется опорной частотой, которая может быть увеличена с помощью умножителя частоты. Код синтезируемой частоты в ПЦС загружается контроллером частоты.

Цифровой синтезатор широкополосных сигналов, состоящий из КМ, квадратурного ЦАП, ФНЧ, и логического автомата ЛА, предназначен для формирования в соответствии с кодом управления сигналов с линейной частотой модуляции и фазокодомодулированных сигналов с пониженной полосой спектра внеполосных излучений.

ЛА осуществляет выборку (или синтез из информационного потока $s(t)$) необходимых модулирующих сигналов с заданными параметрами. Модулирующие сигналы представляют собой дискретные отсчеты фазы ЛЧМ или ФКМ сигналов. Квадратурный цифроаналоговый преобразователь преобразует цифровые отсчеты модулирующих сигналов в квадратурные аналоговые отсчеты напряжения $I(t)$ и $Q(t)$.

ФНЧ обеспечивает необходимую полосу частот модулирующих сигналов. Последние, пройдя через ФНЧ, модулируют гармонический сигнал по фазе.

Поскольку модуляция гармонического сигнала осуществляется на выходе цифрового синтезатора сигналов, то схема обеспечивает высокую чистоту спектра, поскольку уменьшает количество последующих преобразований широкополосных сигналов.

При формировании модулирующих сигналов в КМ необходимо найти законы формирования квадратурных компонентов $I(t)$ и $Q(t)$ модулирующего сигнала. В [2] показано, что с точки зрения обеспечения постоянства амплитуды выходного сигнала в КМ возможны два варианта изменения управляющих воздействий, подаваемых одновременно на квадратурные входы модулятора. При первом варианте квадратурные компоненты пропорциональны косинусу и синусу фазовых отклонений

$$\begin{aligned} I_1(t) &= \cos[\Phi(t)]; \\ Q_1(t) &= \sin[\Phi(t)]. \end{aligned} \quad (1)$$

При втором варианте управляющие сигналы изменяются в соответствии с выражениями

$$\begin{aligned} I_2(t) &= \sqrt{2} \cos[\Phi(t) + \pi/4]; \\ Q_2(t) &= \sqrt{2} \sin[\Phi(t) + \pi/4]. \end{aligned} \quad (2)$$

В заключении следует отметить, что реализовать выборку (или синтез) формируемых частот и сигналов и управление режимами работы в приведенной выше структуре возможно, например, с помощью программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Производители ряда современных устройств программируемой логики предлагают пользователям реализовать технологию цифрового синтеза в форме генератора с числовым программным управлением (NCO – numerically controlled oscillator) на основе его различных архитектур, в т.ч. с квадратурными выходными сигналами. При этом управление работой NCO и установка требуемой частоты формирования могут осуществляться с помощью базовой логики самой ПЛИС.

Литература

1. Белов Л., Голубков А., Кондрашов А., Карутин А. Модуляторы сигналов сверхвысоких частот. Основные классы // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – М., 2008. – №3. – С.76-83.
2. Костров В.В., Храмов К.К. Формирование фазокодоманипулированных сигналов с непрерывной фазой при использовании квадратурных модуляторов // Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 8-й международной научно-технической конференции / Владим. гос. ун-т; редкол.: А.Г. Самойлов (и др.), – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – с. 201-203.