

### Использование синтезаторов на основе ФАПЧ и ЦВС с автоматической компенсацией фазовых искажений в качестве формирователей сигналов

Формирователи сигналов является составной частью радиотехнических систем, к которым относятся мобильные средства связи, прецизионные измерительные устройства, системы радионавигации и радиолокации. Условия функционирования и тип решаемых задач с помощью РТС накладывают жесткие ограничения и требования на применяемые в качестве формирователей синтезаторы по диапазону выходных частот, шагу перестройки в относительно узкой полосе, уровню искажений и фазового шума, времени переключения между частотами. Достижение указанных требований является трудной задачей и может потребовать применения сложных и дорогостоящих технических решений. Так при использовании синтезатора на основе петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) не просто реализовать малый шаг переключения, а применение цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) для достижения высокого выходного частотного диапазона потребует введения в схему дополнительного умножения частоты, что негативно скажется на уровне искажений и фазовых шумов.

Рассмотрим возможность применения в качестве формирователей сигналов ЦВС с автоматической компенсацией фазовых искажений [1,2]. Необходимость применения автокомпенсатора обусловлена тем, что полезный сигнал, проходя через блоки ЦВС, искажается, причем наибольшее влияние на спектральную чистоту оказывают фазовые ошибки некротности и нелинейности цифро-аналогового преобразования. Предлагается реализовать автоматическую компенсацию фазовых искажений ЦВС с регулировкой вперед и устройством управления в виде петли ФАПЧ. Структурная схема устройства представлена на рис. 1. На схеме приняты следующие обозначения: ОГ - опорный тактовый генератор, ДЦ - дифференцирующая цепь, Тр - триггер, ДВ - двухполупериодный выпрямитель, ФД - фазовый детектор, ФНЧ - фильтр нижних частот, УПТ - усилитель постоянного тока.

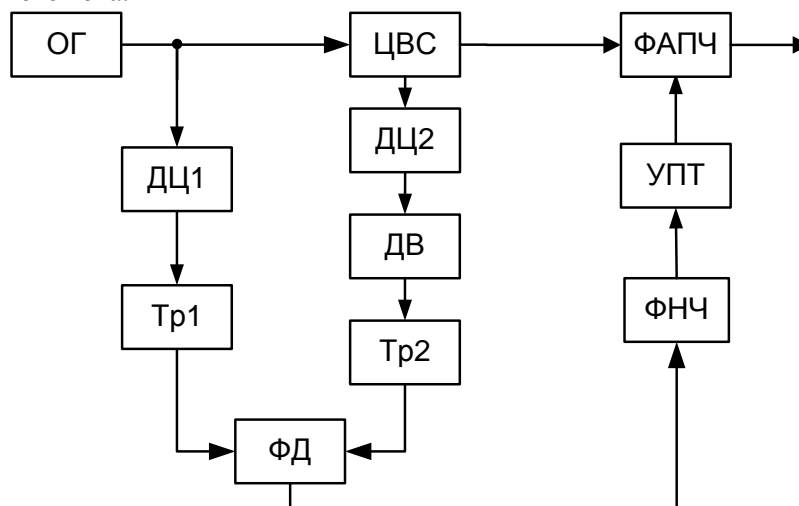


Рис. 1.

Автокомпенсатор фазовых искажений ЦВС содержит в своем составе опорный, информационный и управляющий тракты [1-4]. Опорный тракт включает в себя ДЦ1 и Тр1. Информационный тракт состоит из ДЦ2, ДВ и Тр2 [3]. Управляющий сигнал формируется в ФД, ФНЧ и УПТ [3]. Компенсация фазового отклонения ЦВС основана на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦВС и последующем управлении модулирующим сигналом генератора, управляемого напряжением системы ФАПЧ.

В таком случае кольцо ФАПЧ одновременно выполняет роль устройства управления задержкой и высокоэффективного фильтра нижних частот по отношению к входным паразитным спектральным составляющим и шумам как ЦВС, так и опорного генератора. Добавление в петлю

## Секция 7. Машиностроение и материаловедение

обратной связи системы автоподстройки делителя частоты позволяет получить гибридный синтезатор частот на основе ЦВС и ФАПЧ. Высокая разрешающая способность ЦВС по частоте обеспечивает высокую разрешающую способность даже после значительного умножения в системе ФАПЧ. При этом диапазон выходных частот останется типичным для ФАПЧ. При использовании малошумящего генератора, управляемого напряжением, такая схема (рис. 1) является самым простым решением формирователя сигналов.

### Литература

1. Surzhik D.I., Kurilov I.A., Vasilyev G.S., Kharchuk S.M. Design and mathematical modeling of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of DDS interferences // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. –Omsk: Omsk State Technical University. Russia, Omsk, May 21–23, 2015. - IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR.

2. Surzhik D. I., Vasilyev G. S., Kurilov I. A., Kharchuk S. M. Automatic compensation of phase noise of DDS of hybrid frequency synthesizer with mixer // 25th International Crimean Conference on Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2015). – Sevastopol, September 6 – 12, 2015. – pp. 209-211. – IEEE Catalog Number: CFP15788-PRT, CFP15788-CDR. – ISBNs: 978-1-4673-9413-0 (CD), 978-1-4673-9414-7, 978-1-4673-9415-4. Pp. 207-208.

3. Рудаков А.М., Курилов И.А., Харчук С.М., Романов Д.Н. Математическое моделирование автокомпенсации фазовых помех на выходе ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2 (10), 2013. – С. 19-25.

4. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2 (10), 2014. – С. 30-38.