

С.М. Харчук, Г.С. Васильев, Д.И. Суржик, И.А. Курилов
 Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
 Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
 602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: kh@mivlgu.ru

Передаточные функции синтезатора частот с автокомпенсацией фазовых шумов ЦВС и ФАПЧ и комбинированным регулированием

Высокая эффективность синтезаторов частот на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) с системой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) обуславливает их широкое использование в радиотехнических системах и устройствах различного назначения

Применение автоматической компенсации помех позволяет уменьшить уровень помех выходного сигнала ЦВС и повысить качественные показатели синтезатора. Принцип действия автоматического компенсатора помех (АКП) заключается в выделении закона помехи и противофазном управлении фарой и (или) амплитудой выходного сигнала ЦВС[1,2].

Предложенная авторами схема синтезатора, реализует принцип комбинированного регулирования и позволяет эффективно одновременно подавлять, как помехи ЦВС, так и помехи ФАПЧ.

Структурная схема предложенного синтезатора включает в себя: опорный генератор ОГ, цифровой вычислительный синтезатор ЦВС, управляемый фазовращатель УФ, сглаживающий фильтр выходного сигнала ЦВС ФЦ, неуправляемые фазовращатели ФВ1 и ФВ2, информационные тракты ИТ1 и ИТ2, фазовые детекторы автокомпенсатора ФДА1 и ФДА2, фильтры системы ФАПЧ Ф и автокомпенсатора Ф1 и Ф2, усилители постоянного тока У1 и У2, сумматор С. В состав выходного умножителя частоты на ФАПЧ входит фазовый детектор ФД, фильтр нижних частот Ф, генератор, управляемый напряжением ГУН и делитель с переменным коэффициентом деления ДПКД. Каждый информационный тракт автокомпенсатора (ИТ1 и ИТ2) состоит из дифференцирующей цепи, двухполупериодного выпрямителя и Т-триггера, аналогичный Т-триггер образует опорный тракт ОТ. Тракт автокомпенсации помехи ФАПЧ состоит из фильтра Ф* и усилителя У*.

Обозначим K с нижним индексом - коэффициент передачи соответствующего блока схемы для фазовых флуктуаций, $N_{ДПКД}$ - коэффициент деления ДПКД, n_1, n_2 и n^* - коэффициенты усиления усилителей У1, У2 и У*, $M_1(p), M_2(p), M_\Phi(p)$ и $M^*(p)$ - коэффициенты передачи фильтров Ф1, Ф2, Ф и Ф*, p - оператор. В соответствии с временными диаграммами, справедливыми и для рассматриваемого устройства, опорный и информационные тракты осуществляют деление частоты на 2 и $2K_{ЦВС}$, поэтому их коэффициенты передачи для фазовых флуктуаций обрат-

ны коэффициентам деления и равны $K_{ОГ} = \frac{1}{2}$ и $K_{ИТ1} = K_{ИТ2} = \frac{1}{2K_{ЦВС}}$. Полагаем, что фильтр ФЦ выделяет основную частоту выходного сигнала ЦВС, а неуправляемые фазовращатели ФВ1 и ФВ2 не вносят частотных и фазовых сдвигов, поэтому принимаем $K_{ФЦ} = K_{ФВ1} = K_{ФВ2} = 1$.

Применение аппроксимации непрерывными кусочно-линейными функциями (НКЛФ) позволяет кусочно линеаризовать в общем случае нелинейные характеристики звеньев ГСЧ и получить единые выражения передаточных функций исследуемого устройства, справедливые как при малых, так и при больших величинах внешних и внутренних помех. В соответствии со схемой предложенного синтезатора, передаточные функции блоков для текущих отрезков аппроксимации характеристик УФ, ФДА1 и ФДА2 (m, s и n) имеют вид

$$H_{ОГ}(p) = \frac{N_{ДПКД} K_{ЦВС}}{1 + \frac{p T_c N_{ДПКД} [1 + N^* M^*(p)]}{M^*(p)}}$$

$$H_{ГВН}(p) = \frac{pH_{ОГ}(p)}{K_{ЦВС} K_{Фд} M(p) K_{ГВН}},$$

$$H_{ЦВС}^{(m,s,n)}(p) = \frac{1 - N_1^{(m,s)} M_1(p)}{1 + N_2^{(m,n)} M_2(p) H_{ОГ}(p) / K_{ОГ}},$$

$$H_{УФ}^{(m,n)}(p) = \frac{-K_{УФ}^{(m)}}{1 + N_2^{(m,n)} M_2(p) H_{ОГ}(p) / K_{ОГ}}.$$

где T_c - постоянная времени петли ФАПЧ, N_1 и N_2 , - коэффициенты регулирования автокомпенсатора помехи ЦВС по возмущению и отклонению, N^* - коэффициент регулирования тракта автокомпенсации помехи ФАПЧ.

На основе анализа полученных выражений передаточных функций устройства для трех вариантов дестабилизирующих воздействий, подтверждена эффективность предложенной схемы автокомпенсации помех в условиях воздействия на систему фазовых шумов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542

Литература

1. Ромашов В.В., Васильев Г.С., Курилов И.А., Суржик Д.И., Харчук С.М. Передаточные функции гибридного синтезатора частот с автокомпенсацией фазовых искажений и регулированием по возмущению / Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2016. - № 2(22). - С. 12-20.

2. Vasilyev G.S., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Surzhik D.I., Kharchuk S.M. The analysis of the parametric sensitivity of a hybrid frequency synthesizer with autocompensating phase noise / 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.