

### Исследование влияния параметров узлов автокомпенсатора на уровень фазового шума ЦВС

Степень компенсации фазовых искажений цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС) определяется точностью установки параметров звеньев автокомпенсатора, что обуславливает необходимость исследования параметрической чувствительности. Автокомпенсатор фазовых искажений прямого цифрового синтезатора содержит в своем составе опорный и информационный тракты [1-3]. Опорный тракт включает в себя дифференцирующую цепь и триггер. Информационный тракт состоит из дифференцирующей цепи, двухполупериодного выпрямителя и триггера. Компенсация фазового отклонения основана на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦВС и последующем вычитании выделенного (управляющего) сигнала из сигнала системы фазовой автоподстройки непосредственно перед его подачей на генератор, управляемый напряжением. Управляющий сигнал формируется в фазовом детекторе, фильтре нижних частот и усилителе постоянного тока (УПТ) [1,2].

В работе рассмотрено влияние коэффициента усиления УПТ и постоянной времени фильтра автокомпенсатора фазовых искажений на степень компенсации и спектральная плотность мощности (СПМ) фазовых флуктуаций на выходе гибридного синтезатора. На рис. 1а) изображена графическая зависимость СПМ фазовых флуктуаций на выходе гибридного синтезатора с ЦВС в качестве опорного генератора ФАПЧ при изменении коэффициента усиления УПТ  $n_U$  относительно условий полной компенсации. Для моделирования приняты следующие параметры устройства: коэффициент умножения тактовой частоты ЦВС  $K_{ЦВС} = 0.2$ , крутизна модуляционной характеристики ГУН системы ФАПЧ  $K_G = 15$  МГц/В, коэффициент регулирования  $n = 0.95n_U$ , частота опорного генератора  $f_{OG} = 100$  МГц, и  $f_{ГУН} = 1$  ГГц. На рис. 1б) представлены зависимости степени подавления фазовых искажений ЦВС при изменении коэффициента усиления УПТ

$$B_\varphi(F) = 10 \log(S_{\text{вых}}^*(F)) - 10 \log(S_{\text{вых}}(F)), \quad (1)$$

где  $S_{\text{вых}}^*(F)$  – зависимость СПМ фазовых шумов на выходе гибридного синтезатора с разомкнутой цепью автокомпенсации,  $S_{\text{вых}}(F)$  – с замкнутой.

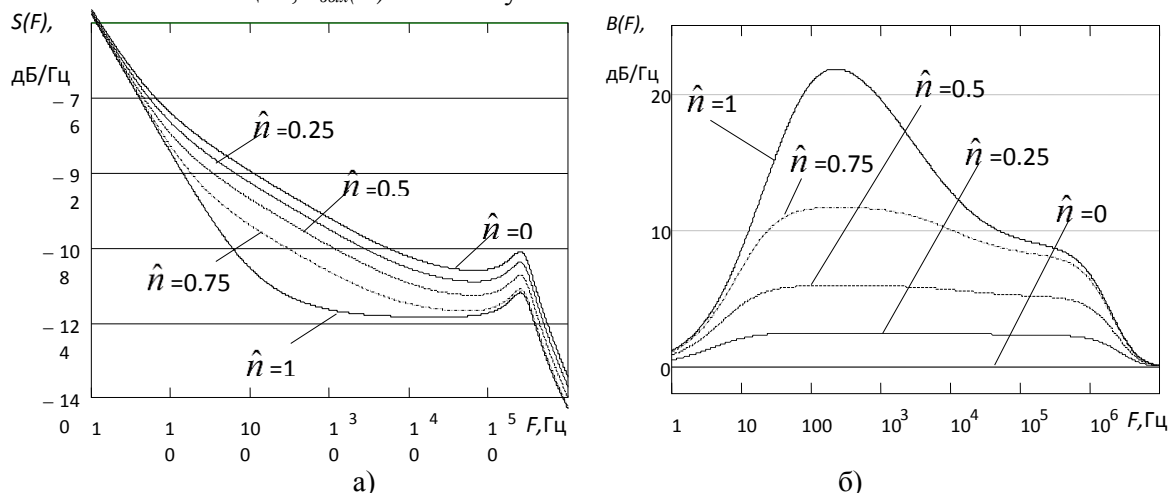


Рис. 1.

Кривые при  $n = 0$  соответствует отсутствию компенсации, при  $n = 1$  – условию полного подавления искажений ЦВС. Степень компенсации фазовых искажений ЦВС максимальна при условии полного подавления  $n_U = 2K_{ЦВС}$  и достигает 22,5 дБ/Гц для данных параметров устройства. При изменении  $n$  происходит уменьшение степени компенсации до 2,5 дБ/Гц при уменьшении  $n$  до  $0,25n_U$ .

На рис. 2 представлены графические зависимости СПМ выходного сигнала гибридного синтезатора и степени компенсации искажений ЦВС при вариации постоянной времени фильтра цепи автокомпенсации относительно условий полного подавления.

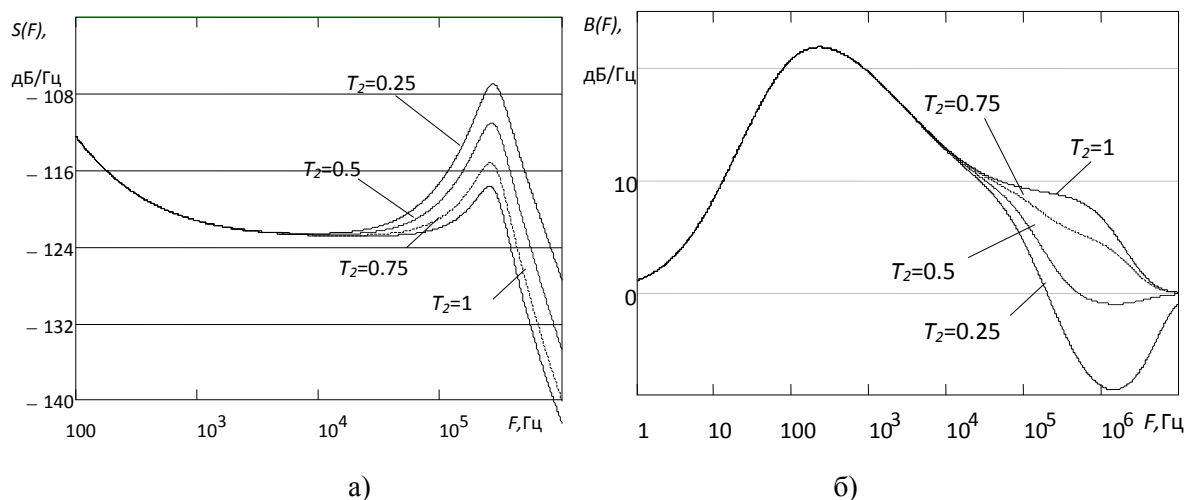


Рис. 2.

При изменении постоянной времени фильтра автокомпенсатора уровень подавления искажений ЦВС сохраняется в большом диапазоне отстроек (до 10 кГц). В полосе больших отстроек наблюдается ухудшение компенсации при отклонении значений изменяемого параметра от условий полного подавления. При  $T_2 = 0.5T_1$  и меньших значениях образуется узкая область отстроек с отрицательной компенсацией.

Теоретические значения максимального подавления фазовых шумов в выходном сигнале устройств при выполнении условий полной компенсации для гибридных синтезаторов с автоматической компенсацией фазовых искажений ЦВС в качестве опорного генератора системы фазовой автоподстройки составляют 30 дБн/Гц, для схемы с ЦВС в качестве делителя частоты петли обратной связи - 25 дБн/Гц, для устройства с ЦВС в качестве генератора подставки – до 20 дБн/Гц.

#### Литература

1. Vasilyev G. S., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Surzhik D.I., Kharchuk S.M. The analysis of 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.- Pp. 209-210.
2. 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.
3. 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.