

Буславский В.Т., Леншин А.В.
 ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а
 andrey-lenshin@yandex.ru

Динамические характеристики широкополосных каналов автокомпенсации паразитной угловой модуляции выходного сигнала синтезатора частот

Изменение военно-политической обстановки в мире, анализ боевых действий в Сирии и в Украине указывают на увеличение значения Воздушно-космических сил в современных войнах и вооруженных конфликтах. Для успешного ведения современных боевых действий, для которых характерны сложные и динамично изменяющиеся условия, необходим надежный высокоскоростной информационный обмен. Проблемой проектирования синтезаторов частот (СЧ) с кольцом импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАПЧ) для бортовых средств радиосвязи (БСР) является обеспечение требуемого быстродействия при сохранении спектральной чистоты выходного сигнала [1]. В работе [2] представлены архитектуры каналов автоматической компенсации (АК) паразитной частотной (ПЧМ) и фазовой (ПФМ) модуляций СЧ с ЧМ.

Переходные характеристики (ПХ) канала АК ПЧМ и широкополосного канала АК ПФМ позволяют оценить процесс установления стационарного режима (динамические свойства устройства). Выражение для ПХ каналов автокомпенсации имеет вид

$$g_{\text{ПХ}}(t) = 1 + \frac{T_B(1 + K_{\text{PO}})}{T_{\text{H2}} - (1 + K_{\text{PO}})T_B} \cdot \exp\left[-\frac{1}{T_B} \cdot t\right] - \frac{T_B(1 + K_{\text{PO}})}{T_{\text{H2}} - (1 + K_{\text{PO}})T_B} \cdot \exp\left[-\frac{(1 + K_{\text{PO}})}{T_{\text{H2}}} \cdot t\right], \quad (1)$$

где $K_{\text{PO}} = k_2 S_{\text{ЧФД2}} S_{\text{УФВ}}$ – коэффициент регулировки по отклонению; k_2 – коэффициент усиления усилителя; $S_{\text{ЧФД2}}$ – крутизна характеристики детектирования ЧФД₂, $S_{\text{УФВ}}$ – крутизна управления УФВ; T_B , T_{H2} – постоянные времени ФВЧ и ФНЧ₂.

ПХ может определить частные динамические характеристики (ЧДХ): 1) постоянную времени канала $\tau_{\text{В_АК}}$ – время, необходимое для достижения уровня ПЧМ 63 % своего установившегося значения; 2) время отклика канала $\tau_{\text{О_АК}}$ – время, необходимое для достижения 90 % от установившегося значения; 3) время успокоения канала $\tau_{\text{У_АК}}$, уровень ПЧМ достигает уровня 95 % установившегося значения. БСР часто используют шаг сетки $f_{\text{CP}} = 25$ кГц и $f_{\text{CP}} = 8,33$ кГц [3]. На рисунке 1 приведены ПХ каналов АК ПЧМ и ПФМ при $f_{\text{CP}} = 8,33$ кГц, $K_{\text{PO}} = 10$.

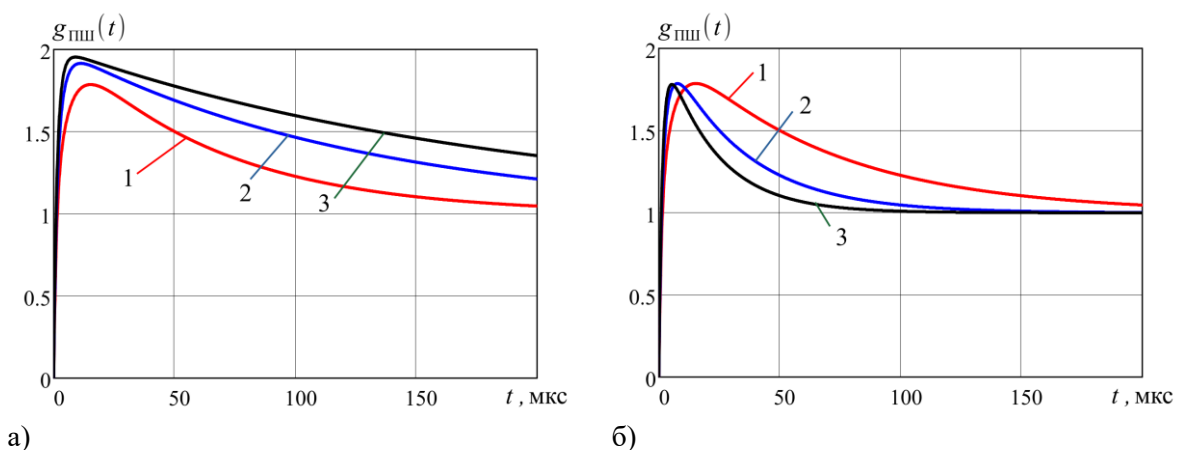


Рисунок 1 – ПХ широкополосного канала автокомпенсации ПЧМ и ПФМ: а) 1 –

$$T_{\text{H2}} = T_B = 6,34 \cdot 10^{-5};$$

$$2 - T_B = 2 \cdot 6,34 \cdot 10^{-5} \text{ и } T_{\text{H2}} = 6,34 \cdot 10^{-5} / 2; 3 - T_B = 3 \cdot 6,34 \cdot 10^{-5} \text{ и } T_{\text{H2}} = 6,34 \cdot 10^{-5} / 3;$$

$$б) 1 - T_{\text{H2}} = T_B = 6,34 \cdot 10^{-5}; 2 - T_B = T_{\text{H2}} = 6,34 \cdot 10^{-5} / 2; 3 - T_B = T_{\text{H2}} = 6,34 \cdot 10^{-5} / 3$$

Значения ЧДХ канала автокомпенсации ПУМ ($f_{CP} = 8,33$ кГц) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – ЧДХ каналов автокомпенсации ПУМ ($f_{CP} = 8,33$ кГц)

	$T_{H2} = T_B = 6,34 \cdot 10^{-5}$	$T_B = T_{H2} = 6,34 \cdot 10^{-5} / 2$	$T_B = T_{H2} = 6,34 \cdot 10^{-5} / 3$
$\tau_{B AK}, \text{ мкс}$	53,89	26,94	17,96
$\tau_{O AK}, \text{ мкс}$	152,02	76,01	50,67
$\tau_{Y AK}, \text{ мкс}$	195,97	97,99	65,32

На рисунке 2 приведены ПХ канала автокомпенсации ПЧМ и ПФМ при $f_{CP} = 8,33$ кГц, $K_{PO} = 10$. Значения ЧДХ канала автокомпенсации ПУМ ($f_{CP} = 25$ кГц) приведены в таблице 2.

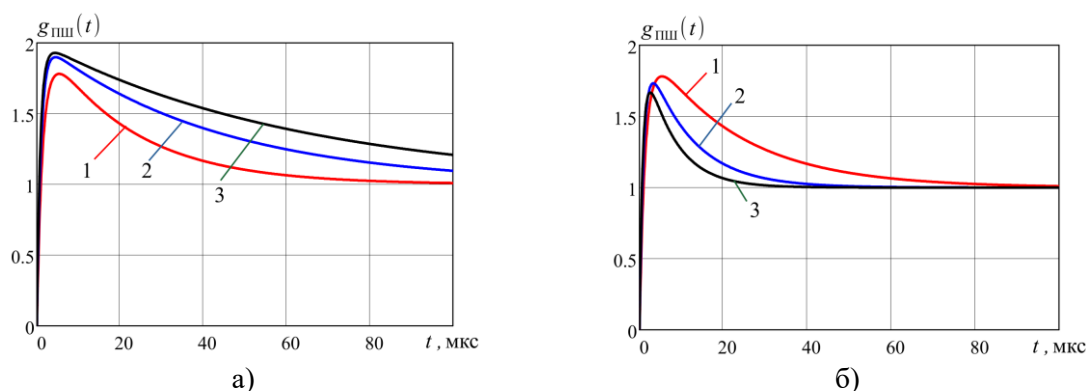


Рисунок 2 – ПХ широкополосного канала автокомпенсации ПЧМ и ПФМ: а) 1 –

$$T_{H2} = T_B = 2,11 \cdot 10^{-5};$$

$$2 - T_B = 2 \cdot 2,11 \cdot 10^{-5} \text{ и } T_{H2} = 2,11 \cdot 10^{-5} / 2; 3 - T_B = 3 \cdot 2,11 \cdot 10^{-5} \text{ и } T_{H2} = 2,11 \cdot 10^{-5} / 3;$$

$$\text{б) } 1 - T_{H2} = T_B = 2,11 \cdot 10^{-5}; 2 - T_B = T_{H2} = 2,11 \cdot 10^{-5} / 2; 3 - T_B = T_{H2} = 2,11 \cdot 10^{-5} / 3$$

Таблица 2 – ЧДХ каналов автокомпенсации ПУМ ($f_{CP} = 25$ кГц)

	$T_{H2} = T_B = 2,11 \cdot 10^{-5}$	$T_B = T_{H2} = 2,11 \cdot 10^{-5} / 2$	$T_B = T_{H2} = 2,11 \cdot 10^{-5} / 3$
$\tau_{B AK}, \text{ мкс}$	17,93	8,96	5,94
$\tau_{O AK}, \text{ мкс}$	50,59	25,29	16,86
$\tau_{Y AK}, \text{ мкс}$	65,221	32,61	21,74

В работе проанализированы переходные и частные динамические характеристики широкополосных каналов АК паразитной угловой модуляции выходного сигнала СЧ БСР.

Литература

1. Леньшин А.В., Тихомиров В.Н., Шаталов Е.В., Савченко М.П., Тихомиров Н.М. Модернизация синтезаторов частот радиостанции УКВ радиосвязи // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – № 9. – С. 20–27.

2. Лебедев В.В., Мушин А.Д., Буславский В.Т. Функциональные модели и архитектуры каналов компенсации паразитной угловой модуляции цифровых синтезаторов частот // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов XXVIII Международной научно-технической конференции. Т. 2. / ВГУ; АО «Концерн «Созвездие». – Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2022. – С. 307–318.

3. Бортовые радиоэлектронные системы. Основы построения: учебное пособие / А.В. Леньшин, Н.М. Тихомиров, С.А. Попов; под ред. А.В. Леньшина. – 2 изд., перераб. и доп. – Воронеж: «Научная книга», 2021. – 486 с.