

ВЛИЯНИЕ КАНАЛЬНЫХ И АППАРАТУРНЫХ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ НА ПОГРЕШНОСТЬ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Коваль Ю. А. Иванова Е.А., Приймак В.Ю., Б.А. Ал-Твежри
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
г. Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (057)700-22-84, факс (057)- 702-10-13,
e-mail secort@kture.kharkov.ua

The results of theoretical analysis, simulation studie of little-known deviations of delays in the AFD from the ideal values. Such anomalous delays must be considered in systems with high-precision measurement of signal time positions.

Введение и постановка задачи. Принцип действия современных систем навигации, локации, частотно-временной синхронизации (ЧВС), пеленгации и др. основан на высокоточном измерении временного положения (ИВП) сигналов. При этом требуемые погрешности ИВП имеют порядок наносекунд и менее. Основными источниками и причинами возникновения погрешностей в указанных системах являются :конечное отношение сигнал/помеха; нестабильность и невязимость задержки сигналов в трактах аппаратуры и канале распространения радиоволн [1, 2].

Особо в этом перечне следует отметить аппаратурные систематические погрешности (АСП), вызванные изменениями задержек сигналов в зависимости от ряда факторов (вариации питающего напряжения и температуры, старение и замена элементов и др.). А так же погрешности при приеме сигнала, который в очку приема может поступать несколькими путями с различным временем задержки. Наличие нескольких путей (лучей) может быть связано с отражениями от неоднородностей тропосферы, препятствий, зданий и сооружений, летающих объектов и др. (рис.1).

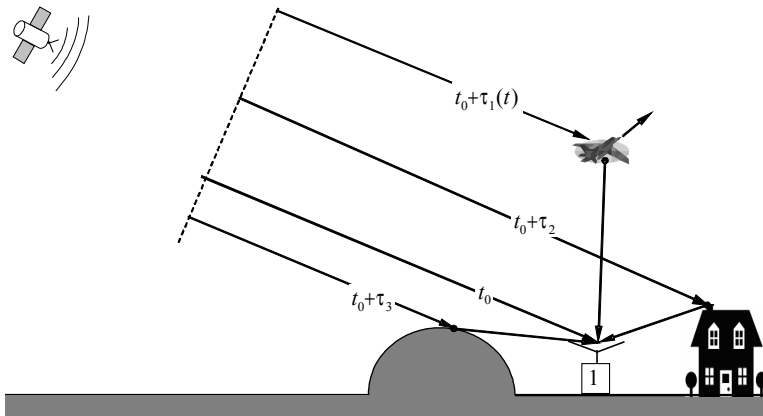


Рис. 1

В основу теоретического анализа задержек сигналов в АФУ была положена структурная схема, приведенная на рис.2. Схема включает: 1 – источник сигнала известной формы $s_0(t)$ с внутренним сопротивлением Z_i ; 2 – длинная линия (кабель) с параметрами: l – длина; Z_b – волновое сопротивление; v_ϕ – фазовая скорость; α – коэффициент затухания; $\beta = 2\pi / \lambda = \omega / v_\phi$ – коэффициент фазы; Z_H – сопротивление нагрузки; 3 – устройство ИВП сигнала.

ээффициент затухания; $\beta = 2\pi / \lambda = \omega / v_\phi$ – коэффициент фазы; Z_H – сопротивление нагрузки; 3 – устройство ИВП сигнала.

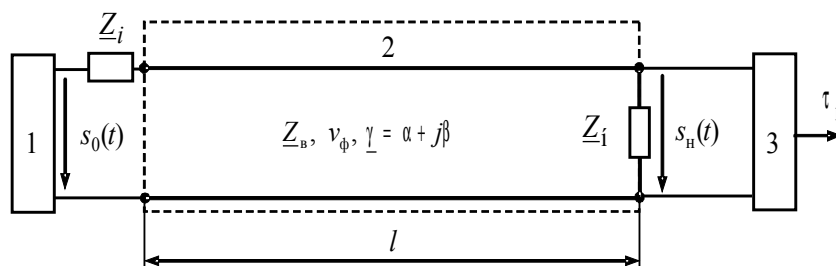


Рис. 2

Выходной сигнал на сопротивлении нагрузки линии обозначен $s_H(t)$, измеренное на

выходе устройства ИВП реальное время задержки – τ_p ; комплексный коэффициент распространения в линии – $\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$.

В режиме излучения в роли сопротивления нагрузки Z_H выступает антенна, а в роли источника – АК и выходной каскад передающего устройства. В режиме приема, наоборот, антенна является источником сигнала с внутренним сопротивлением Z_i , а АК и входной каскад приемника выступают в качестве нагрузки Z_H .

В качестве исследуемых сигналов использовались Sinc- и колокольный радиоимпульсы с одинаковой несущей частотой ω_0 и эффективной шириной спектра $\Delta\omega_{эф}$. Результаты моделирования по точным соотношениям сравнивались с расчетами по приближенным выражениям, основанным на разложении в ряд Тейлора результирующего сигнала в окрестности максимума основного сигнала. ОВП сигналов при моделировании выполнялось по максимуму сигнала.

Некоторые результаты моделирования аномальных задержек для идеальной линии, и погрешностей оценки временного положения (ОВП) сигнала в случае коррелированной помехи приведенные для Sinc- и колокольного импульсов.

На рис. 3 и рис. 4 приведены зависимости приведенной аномальной задержки $\Delta\tau_{ан}\omega_{эф}$ ($\omega_{эф}$ – эффективная ширина спектра соответствующего импульса) от относительной нормальной задержки линии $\tau_{0н}/\tau$ (τ_n – длительность импульса) для ряда значений результирующего коэффициента отражения ρ_{Σ} ($\pm 0,3; \pm 0,2; \pm 0,1; \pm 0,05$) пунктиром на рис. 3 построены графики, полученные по приближенному соотношению.

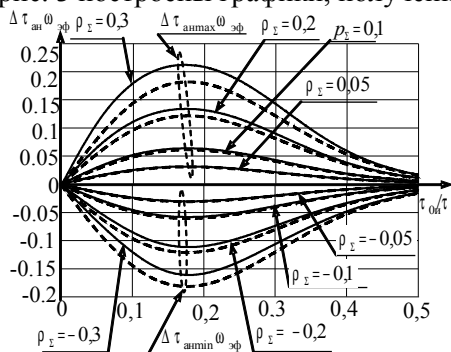


Рис. 3

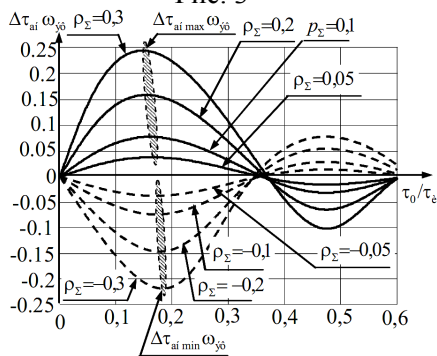


Рис.4

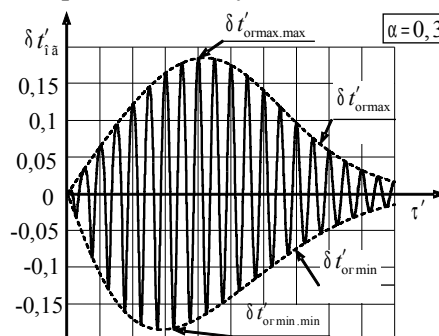


Рис. 5

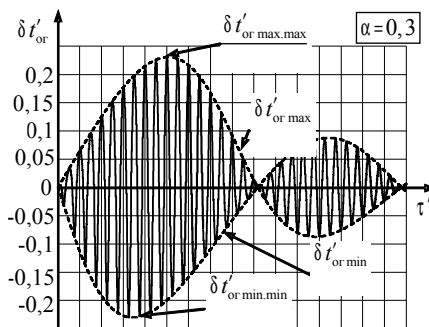


Рис.6

На рис. 5 и рис. 6 приведены результаты моделирования для случая одного луча и ОВП по огибающим результирующим сигналам соответственно с Sinc – и колокольной огибающими. На рисунках показана зависимость относительной абсолютной погрешно-

сти ОВП при измерениях по огибающей результирующего сигнала $\delta t'_{\text{ог}} = \delta t_{\text{ог}} \text{ЧД} \omega_{\text{эф}}$ от относительной задержки помехи $\tau\check{y} = \tau/T_0$ для уровня помехи $\alpha = 0,3$; там же пунктиром показаны графики максимальных $\delta t'_{\text{огmax}}(\tau\check{y})$ и минимальных $\delta t'_{\text{огmin}}(\tau\check{y})$ значений погрешностей, экстремальные значения которых обозначены $\delta t'_{\text{огmax.max}}$ и $\delta t'_{\text{огmin.min}}$;

Так же в работе проведено моделирование аномальных задержек для фазовых изменений в длинной линии и моделирование ОВП по фазе результирующего сигнала для случая одной коррелированной помехи и сигнала с колокольной огибающей.

На рис. 7 и рис. 8 показаны зависимости аномальной фазовой задержки $\Delta \psi_{\text{ан}} = \tau_{\text{ан}} \omega_0$ ($\omega_0 = 2\pi f_0$ – угловая частота несущей) от относительной нормальной задержки линии τ_0/T_0 ($T_0 = 1/f_0$ – период несущей частоты f_0) для двух значений ρ_{Σ} (0,1 и 0,5).

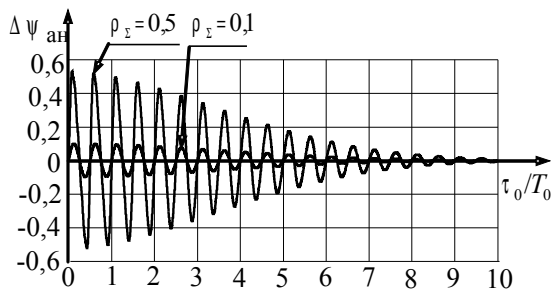


Рис. 7

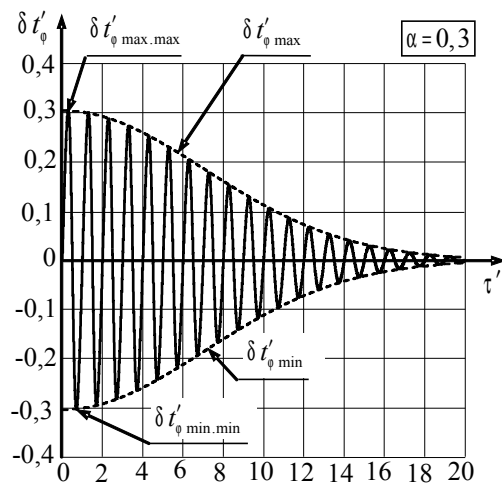


Рис. 9

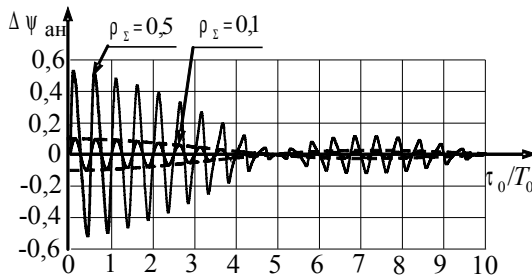


Рис. 8

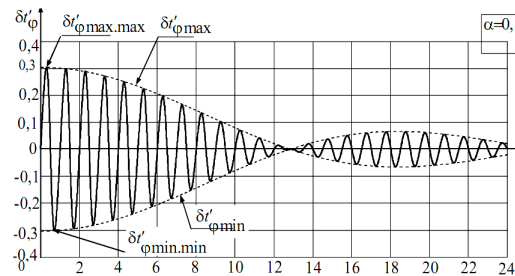


Рис. 10

На рис. 9 приведен график относительной абсолютной погрешности $\delta t'_{\phi} = \delta t_{\phi} \omega_0$ от относительной задержки помехи $\tau\check{y} = \tau/T_0$ для уровня помехи $\alpha = 0,3$; там же пунктиром показаны графики максимальных $\delta t'_{\phi \text{max}}(\tau\check{y})$ и минимальных $\delta t'_{\phi \text{min}}(\tau\check{y})$ значений погрешностей, экстремальные значения которых обозначены $\delta t'_{\phi \text{max.max}}$ и $\delta t'_{\phi \text{min.min}}$;

На рис.10 приведен график зависимости относительной абсолютной погрешности ОВП по фазе несущей $\delta t'_{\phi}(\tau\check{y})$ для Sinc-радиоимпульса и уровня помехи $\alpha = 0,3$.

Как и в случае колокольного радиоимпульса, зависимости $\delta t'_{\phi \text{max}}(\tau\check{y})$ и

$\delta t_{\phi \min}^{\ddot{y}}(\tau \ddot{y})$ совпадают с огибающей основного сигнала (пунктирные графики рис.9 и рис.10).

Аномальные задержки $\Delta \tau_{\text{ан}}$ в АФУ, оцениваемые как разность реальных (τ_{δ}) и идеальных (τ_0) задержек, вызваны искажениями сигналов за счет их отражения от сопротивлений нагрузки и источника; аномальные задержки пропорциональны результирующему коэффициенту отражения ρ_{Σ} ($\Delta \tau_{\text{ан}} = 0$ при $\rho_{\Sigma} = 0$; $\Delta \tau_{\text{ан}} > 0$ при $\rho_{\Sigma} > 0$; $\Delta \tau_{\text{ан}} < 0$ при $\rho_{\Sigma} < 0$); величину аномальной задержки в АФУ можно оценить расчетным путем при известных параметрах сигнала, линии, сопротивлений нагрузки и генератора; аномальная задержка может быть измерена также экспериментально; для снижения аномальных задержек в системах с высокоточным ИВП сигналов кроме совершенствования согласования кабеля с нагрузкой и генератором необходимо выбирать оптимальную длину кабеля и предусматривать пилотирование задержек в АФУ.

При оценке погрешностей ОВП сигналов, вызванных коррелированными многолучевыми помехами погрешность ОВП радиосигнала по его огибающей $\delta t_{\dot{a}}$ в случае коррелированной помехи с фиксированными уровнем α и задержкой τ при изменении последней колеблется в пределах $\delta t_{\text{ог max}} \dot{a} \delta t_{\text{ог}} \dot{a} \delta t_{\text{ог min}} < 0$, которые при $\alpha \ll 1$ пропорциональны производной огибающей АКФ основного сигнала; экстремальные значения погрешности ($\delta t_{\text{ог max max}}, \delta t_{\text{ог min min}}$) зависят от формы огибающей АКФ основного сигнала и величины α ; погрешность ОВП сигнала по фазе когерентной несущей δt_{ϕ} при изменении фиксированной задержки τ коррелированной помехи колеблется в пределах $\delta t_{\phi \text{ max}} \dot{\phi} \delta t_{\phi} \dot{\phi} \delta t_{\phi \text{ min}} < 0$, которые при $\alpha \ll 1$ пропорциональны огибающей АКФ основного сигнала; экстремальные значения погрешности ($\delta t_{\phi \text{ max max}} \dot{\phi} \delta t_{\phi \text{ min min}} \dot{\phi}$) зависят от величины α и не зависят от формы огибающей АКФ основного сигнала.

Литература.

- 1 Иванова Е.А. Экспериментальные исследования возможностей частотно-временной синхронизации при использовании сигналов геостационарных ИСЗ системы SBAS / Коваль Ю.А, Иванова Е.А., Костыря А.А., Ал – Твежри Б.А., Хусейн А. Ф., Асаад Х. Х.// Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2011. – №. 165. – С. -37.-45
- 2 Иванова Е.А. Влияние коррелированных помех в многолучевых каналах на погрешность оценки временного положения сигналов / Коваль Ю.А, Иванова Е.А., Костыря А.А., Ал – Твежри Б.А., Хусейн А. Ф.// Східно – Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №. 3/12 (51). – С. 51-60.