

АНАЛИЗ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ ТРАКТОВ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ПАССИВНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ С ГЕНЕРАТОРОМ «ПОДСВЕТКИ»

к.т.н. В.М. Быков, В.Ю. Косухин
(представил проф. А.М. Сотников)

Представлен анализ взаимного влияния приемо-передающих трактов при совмещении пассивного канала с генератором шума системы самонаведения.

Постановка проблемы. Радиометрические системы самонаведения (РМСН) достаточно высокочувствительные. Однако РМСН, предназначенные для обнаружения малоразмерных слабоконтрастных объектов, не всегда эффективны ввиду значительного уменьшения радиояростного контраста, поэтому целесообразно для более точного обнаружения таких объектов использовать совмещенные РМСН с шумовой «подсветкой» объекта, где в качестве источника «подсветки» используются генераторы шума (ГШ). Поэтому целесообразно проанализировать влияние генератора шума на приемный тракт радиометрической системы при их совместной работе.

Анализ литературы. Анализ литературы [2 – 4] показал, что в системах самонаведения для совмещения радиометрической системы с дополняющими системами применение ГШ не исследовалось.

В этой связи необходимо провести исследования взаимного влияния пассивного (радиометрического) и активного (на основе ГШ) каналов.

Цель статьи. Оценить взаимное влияние генератора шума на радиометрический канал при аппаратурном совмещении пассивного и активного каналов системы самонаведения.

Основная часть. Структурная схема совмещенной системы самонаведения представлена на рис. 1. В качестве зондирующего сигнала используется широкополосный шумоподобный сигнал, излучаемый генератором шума.

Для оценки взаимного влияния систем необходимо получить выражение для отношения сигнал/шум на выходе совмещенной системы.

Известно, что отношение сигнал/шум q определяется выражением [5]:

$$q = \frac{(m_{SN} - m_N)^2}{\sigma_{SN}^2}, \quad (1)$$

где m_{SN} , m_N – математическое ожидание сигнальной и помеховой составляющей; σ_{SN}^2 – дисперсия сигнальной составляющей.

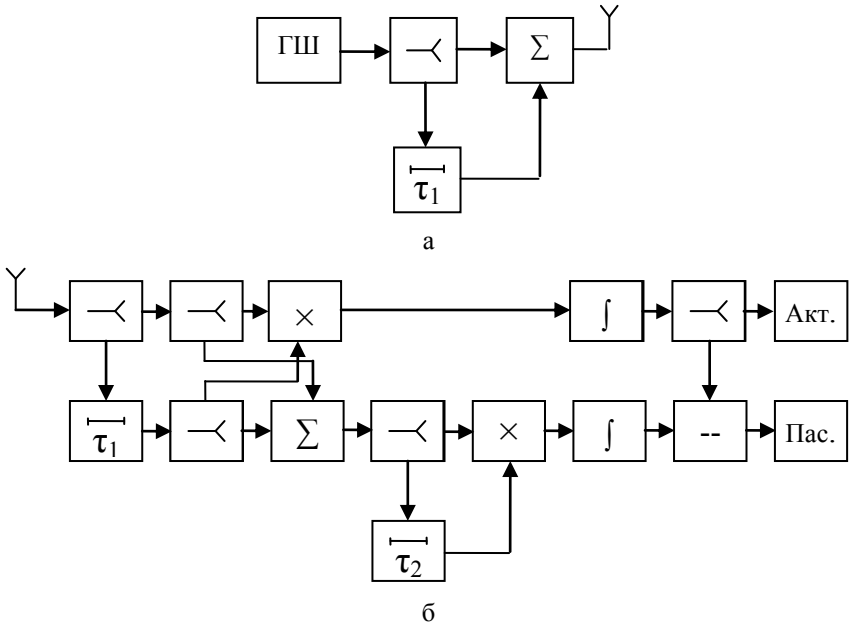


Рис. 1. Структурная схема пассивно-активной системы самонаведения, совмещенной на основе метода совмещения каналов по форме сигналов:
 а) передающая часть активной системы;
 б) приемная часть пассивно-активной системы самонаведения

В соответствии с выражением (1) для определения параметров, характеризующих отношение сигнал/шум на выходах совмещаемых систем, рассмотрим прохождение сигналов через элементы передающего и приемного трактов совмещенной системы самонаведения.

В соответствии с рис. 1, а сигнал на выходе передающего тракта может быть определен следующим образом:

$$u_{a1}(t) = \frac{1}{2} \cdot [u_r(t) + u_r(t - \tau)], \quad (2)$$

где $u_r(t)$ – сигнал на выходе генератора шума; τ – длина линии задержки.

Принятый приемным устройством сигнал без учета задержки на распространение будет иметь вид

$$u_{a2}(t) = 1/64 u_r(t - \tau) u_r(t) + 1/64 u_r(t - \tau) u_r(t - \tau) + 1/64 u_r(t) u_r(t - 2\tau) +$$

$$+ 1/64 u_r(t - \tau) u_r(t - 2\tau) + 1/32 u_r(t - \tau) u_c(t) + 1/32 u_r(t - 2\tau) u_c(t) + (3) \\ + 1/32 u_c(t - \tau) u_r(t) + 1/32 u_c(t - \tau) u_r(t - \tau) + 1/16 u_c(t) u_c(t - \tau),$$

где $u_c(t)$ – сигнал пассивной системы.

Выражение (3) в соответствии с [5] позволяет получить величины m_{SN} и m_N , необходимые для определения отношения сигнал/шум

$$m_{SN} \approx u_{a2}(t) \approx \frac{P_r}{64} \{ [1 + 2\rho(\tau) + \rho(2\tau)] + 4\rho(\tau) q_{ш} \}, \quad (4)$$

где $q_{ш} = \frac{P_c}{P_r}$; P_c – мощность сигнала, принимаемого РМССН; P_r – мощность генератора шума; $\rho(\tau)$, $\rho(2\tau)$ – коэффициенты взаимной корреляции.

$$m_N = \frac{P_r}{16} \rho(\tau) q_{ш}. \quad (5)$$

Окончательное выражение для дисперсии сигнальной составляющей σ_{SN}^2 активной системы

$$\sigma_{SN}^2 = \frac{P_r^2}{64 \cdot 64} 2 \frac{\Delta F}{\Delta f} [16 + 8\rho(\tau) + 12\rho(\tau) + 2\rho(2\tau) + 16q_{ш}^2 [1 + \rho(\tau) + \rho(\Delta\tau)] + (6) \\ + 4q_{ш} [8 + 12\rho(\tau) + \rho(\Delta\tau)]]].$$

На основании выражений (4), (5) и (6) в соответствии с формулой (1) конечное выражение для отношения сигнал/шум на выходе активной системы будет иметь вид

$$q_a^2 = \frac{\Delta f [1 - 2\rho(\tau) + \rho(2\tau)]^2}{2\Delta F [16 + 8\rho(\tau) + 12\rho(\tau) + 2\rho(2\tau) + 16q_{ш}^2 [1 + \rho(\tau) + \rho(\Delta\tau)] + \rho_1]}, \quad (7)$$

где $\rho_1 = 4q_{ш}^2 [8 + 12\rho(\tau) + \rho(\Delta\tau)]$.

Аналогично можно показать, что отношение сигнал/шум на выходе пассивного канала будет определяться выражением

$$q_{п}^2 = \frac{\Delta f [1 - 2\rho(\tau) + \rho(2\tau)]^2}{2\Delta F [16 - 5\rho(\tau) - \rho(2\tau) - 5\rho(2\tau) + \frac{1}{16} q_{ш}^2 [1 + \rho(3\tau) - \rho(\tau) + \rho(\Delta\tau)] + \rho_1]}. \quad (8)$$

На основании полученных выражений (7) и (8) проведены расчеты взаимного влияния систем. Результаты расчетов приведены в виде графиков на рис. 2.

При расчетах использовалась аппроксимация коэффициентов взаимной корреляции гауссовой кривой и функцией вида $\sin x/x$. В результате проведенных расчетов установлено, что при рассогласовании по времени корреляции интервалов задержки линий задержки активного τ_a и пассивного каналов $\tau_{п}$ до $3\tau_k$, отношение сигнал/шум в обоих каналах увеличивается до своего предельного значения и составляет, соответственно, в пас-

сивном канале 32,9 дБ при $q_{вх} = 0,1$ и 37,4 дБ при $q_{вх} = 1$, а в активном канале 22,9 дБ при $q_{вх} = 0,1$ и 37,7 дБ при $q_{вх} = 1$. Таким образом, использование ГШ позволяет при незначительном усложнении РМССН улучшить характеристики системы за счет исключения взаимного влияния совмещаемых систем друг на друга.

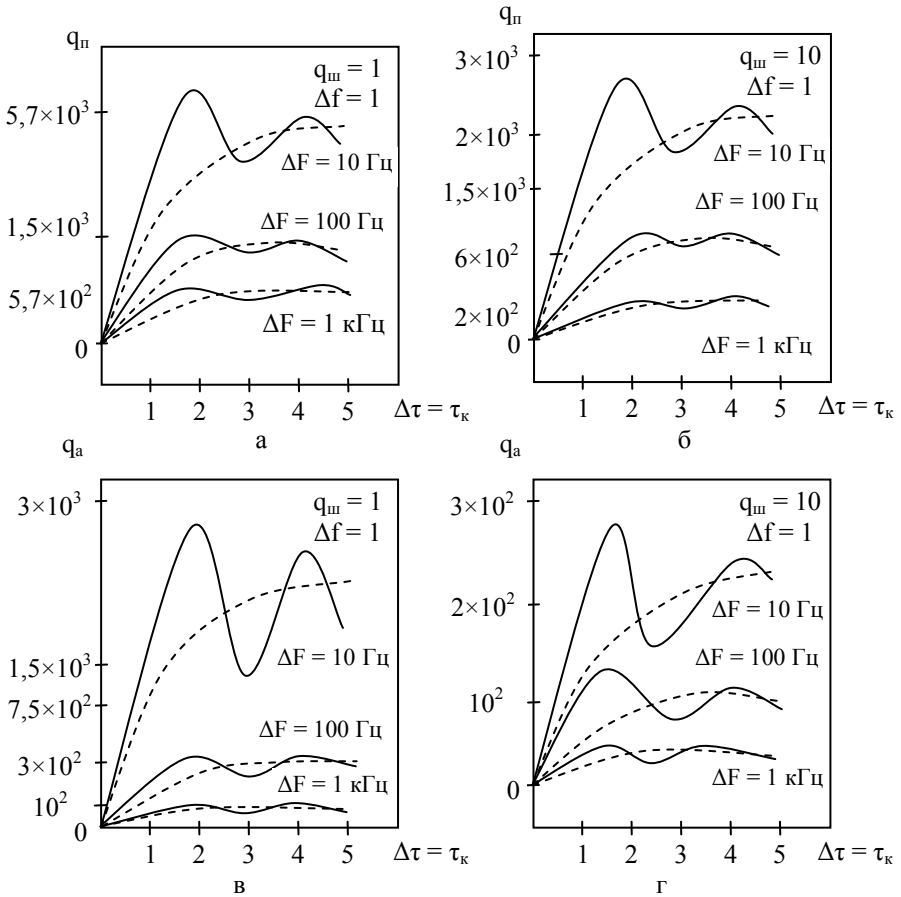


Рис. 2. Графики зависимости отношений сигнал/шум на выходе пассивного и активного каналов от времени рассогласования

Показано, что для систем самонаведения, совмещаемых по ширине спектров, погрешность измерений будет уменьшена в $\sqrt{\Delta f_{ш}/\Delta f_{\text{доплера}}}$ раз. Например, пусть скорость полета высокоточного боеприпаса $V = 350$ м/с, $\theta = 45^\circ$, $\Delta\theta = 10^{-2}$ рад. Тогда $\Delta f_{\text{доплера}} = 2V/\lambda\Delta\theta\text{Cos}\theta = 12,4$ Гц.

Если взять характерную для совмещенных усилителей полосу пропускания $\Delta f = 500$ МГц, получим $\sqrt{\Delta f_{\text{ш}}/\Delta f_{\text{доплера}}} = 6,3 \cdot 10^3$.

Однако такая степень точности, как правило, на практике не требуется, но это позволяет снизить в соответствующее число раз мощность излучаемого сигнала, и тем самым в сочетании с шумовой структурой и широкополосностью сигнала существенно повысить скрытность совмещенной системы.

Совмещенная на основе применения ГШ система самонаведения имеет высокую помехоустойчивость. На выходе перемножителей (рис. 1) постоянная составляющая шумовой помехи практически будет равна 0, так как компоненты помехи оказываются задержанными друг относительно друга на время, превышающее τ_k , и они оказываются некоррелированными между собой.

Выводы. Таким образом, проведенный нами анализ использования ГШ для совмещения РМССН с приемным трактом системы позволяет существенно повысить точность совмещенной системы. Совмещенная на основе применения ГШ система самонаведения имеет высокую помехоустойчивость к активным помехам. Показано, что применение ГШ позволяет обеспечить развязку приемо-передающих трактов совмещаемых систем не хуже 22,9 дБ при $q_{\text{вх}} = 0,1$ и 31,7 дБ при $q_{\text{вх}} = 1$ при рассогласовании по времени корреляции интервалов задержки линий задержки совмещаемых систем на величину $\Delta\tau \geq 3\tau_k$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андросов В.А. и др. *Совмещение изображений в условиях неопределенности*. – М.: Заруб. радиоэлектроника, 1985. – № 4. – С. 54 – 65.
2. Гитлиц М.В., Лев А.Ю. *Теоретические основы многоканальной связи*. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
3. Тепляков И.М., Роцин Б.В., Фомин А.И., Венцель В.А. *Радиосистемы передачи информации*. Под ред. И.М. Теплякова. – М.: Радио и связь, 1982.
4. Тепляков И.М. *Радиотелеметрия*. – М.: Сов. радио, 1966. – 312 с.
5. Фалькович С.Е. *Оценка параметров сигналов*. – М.: Сов. радио, 1970. – 336 с.

Поступила 12.03.2004

БЫКОВ Виктор Николаевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, начальник научно-исследовательского отдела научного центра при ХВУ. В 1971 году окончил ХВКИУ. Область научных интересов – системы навигации летательных аппаратов, дистанционное зондирование Земли, цифровая обработка изображений.

КОСУХИН Валерий Юрьевич, научный сотрудник научного центра (РВиА). В 1992 году окончил Харьковское ВВКИУ РВ. Область научных интересов – радиометрия.