

УДК 621.396.96

ЗАДАЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦЕПЕЙ САМОНАСТРОЙКИ АВТОКОМПЕНСАТОРОВ МЕШАЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ, ФОРМИРУЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ОШИБКИ ИХ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

И.С. ХРАПУН, А.Е. ОХРИМЕНКО, И.Н. ДАВЫДЕНКО

*Научно-производственное республиканское унитарное предприятие "Алевкурп"
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 4 сентября 2009

Устанавливаются задающие воздействия цепей самонастройки автокомпенсаторов мешающих излучений (второстепенные и главные). Вводятся случайные и детерминированные модели их изменения. Определяются формирующие фильтры для наилучшего воспроизведения задающих воздействий, и выбирается наиболее целесообразный фильтр. Находятся динамические ошибки воспроизведения задающих воздействий и даются рекомендации по выбору полосы автокомпенсации.

Ключевые слова: автокомпенсатор мешающих излучений, задающие воздействия, динамические ошибки.

В автокомпенсаторе мешающих излучений воспроизводится комплексный коэффициент междуканальной корреляции помехи (6) [1]

$$R_N = R_N(d) = r_N e^{i\Delta\psi_N}, \quad (1)$$

где r_N — коэффициент междуканальной корреляции флуктуаций мешающих излучений (12, 13) [1], $r_N = e^{-d/\Delta L_N}$ — при экспоненциальной ПКФМИ, $r_N = 2a_N / (1 + a_N^2)$, $a_N = e^{-2d/\Delta L_N}$ — при экспоненциально-параболической ПКФМИ; $\Delta\psi_N = 2\pi/\lambda d \sin \theta_N$ — поканальный набег фазы мешающего излучения от источника, находящегося под углом θ_N от нормали к раскрытию приемной антенны (7, 8) [1].

Их изменение во времени обусловлено изменением интервала пространственной корреляции флуктуаций мешающих излучений $\Delta L_N(t)$ и угла ориентации источника излучения $\theta_N(t)$:

$$\Delta L_N(t) = \frac{\lambda}{\Delta l_{изл}(t)} r_{изл}(t), \quad \theta_N(t) = \theta_N(0) + \Delta\theta_N(t), \quad (2)$$

где $\Delta l_{изл}(t)$ — размеры антенны и подсвеченной в ее окрестности поверхности носителя источника излучения; $r_{изл}(t)$ — расстояние до источника получения; $\Delta\theta_N(t)$ — изменение во времени угла ориентации источника излучения.

Пренебрегая медленными изменениями $\Delta l_{изл}(t)$ и $r_{изл}(t)$, ограничимся двумя моделями изменения угла ориентации $\theta_N(t)$:

– случайная модель простого марковского процесса, корреляционная функция которого является экспоненциальной:

$$r_\theta(\tau) = \sigma_\theta^2 e^{-\tau/\tau_\theta}, \quad (3)$$

где σ_θ^2 — дисперсия блужданий угла ориентации источника мешающего излучения; τ_θ — время корреляции блужданий угла ориентации;

– детерминированная полиномиальная модель первого порядка, учитывающая угловую скорость перемещения $\dot{\theta}$:

$$\theta_N(t) = \theta_0 + \dot{\theta}t. \quad (4)$$

Для первого случая (3) характерны следующие параметры задающего воздействия и формирующего фильтра его воспроизведения [2]:

– энергетический спектр блужданий угла ориентации

$$S_\theta(\omega) = 2\sigma_\theta^2\tau_\theta / (1 + \omega^2\tau_\theta^2), \quad (5)$$

– изображение угла ориентации в операторной форме (по Лапласу)

$$\theta(p) = 2\sigma_\theta^2\tau_\theta^{1/2} / (1 + p\tau_\theta), \quad (6)$$

– передаточная характеристика формирующего фильтра для наилучшего воспроизведения задающего воздействия

$$K_{\phi\phi}(p) = K_{\phi\phi} / (1 + pT_{\phi\phi}), \quad T_{\phi\phi} = \tau_\theta, \quad (7)$$

где $K_{\phi\phi}$ — коэффициент усиления формирующего фильтра, что соответствует аperiodическому звену.

Для второго случая (4) [2]:

– изображение угла ориентации в операторной форме (по Лапласу)

$$\theta(p) = \frac{\theta_0}{p} + \frac{\dot{\theta}}{p^2}, \quad (8)$$

– передаточная характеристика формирующего фильтра для наилучшего воспроизведения задающего воздействия

$$K_{\phi\phi}(p) = K_0/p + K_1/p^2. \quad (9)$$

Такой фильтр является композицией интегратора и двойного интегратора.

Недостатком первого фильтра (7) является отсутствие у него астатизма, из-за чего появляется ошибка по положению. Недостатком второго фильтра (9) является относительная сложность и условная устойчивость цепи корреляционной обратной связи автокомпенсатора, предполагающая необходимость использования специальных корректирующих фильтров. Его достоинствами являются отсутствие ошибок по положению благодаря астатизму первого порядка и по скорости благодаря астатизму второго порядка. Хорошим компромиссом этих двух формирующих фильтров является фильтр с астатизмом первого порядка в виде интегратора, обеспечивающего отсутствие ошибки по положению

$$K_{\phi\phi}(p) = K_V/p, \quad (10)$$

где K_V — коэффициент преобразования интегратора по скорости.

При этом средние квадраты динамических ошибок измерения углового отклонения $\theta_N(t)$:

– при случайной модели задающего воздействия (3)

$$\Delta_{\text{дин.01}}^2 = \sigma_\theta^2 / (1 + K_V\tau_\theta), \quad (11)$$

– при детерминированной модели задающего воздействия (4)

$$\Delta_{\text{дин.}\theta}^2 = \dot{\theta} / K_V^2, \quad (12)$$

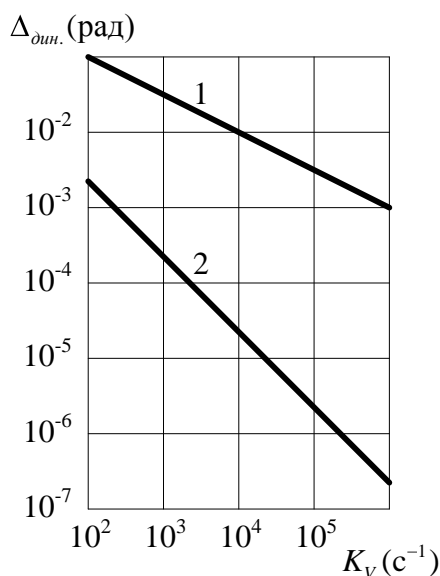
которые согласно (1) трансформируются в средние квадраты динамических ошибок воспроизведения поканального набега фазы мешающего излучения

$$\Delta_{\text{дин}}^2 = \overline{\Delta\psi_N - \Delta\varphi_N}^2 = \left(\frac{2\pi}{\lambda} d\right)^2 \Delta_{\text{дин.}\theta}^2. \quad (13)$$

Примеры зависимости этих динамических ошибок от полосы автокомпенсации $\Delta f_{AK} = K_V/2$ при некоторых характерных значениях σ_θ , τ_θ , $\dot{\theta}$ и d/λ показаны на рисунке, из которого следует, что относительные динамические ошибки воспроизведения задающих воздействий при $K_V > 10^4$ составляют доли процента (таблица к рисунку, $d/\lambda = 5$, $L_a/\lambda = 10$, $d = 0,5L_a$).

Относительные динамические ошибки воспроизведения задающих воздействий

$K_V, \text{с}^{-1}$	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
$\Delta_{\text{дин.1}}, \text{рад}$	0,3	0,1	0,03	0,01	0,003	0,001
$\Delta_{\text{дин.2}}, \text{рад}$	0,03	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-7}$



Динамические ошибки воспроизведения задающих воздействий автокомпенсатора мешающих излучений с комплексной самонастройкой: 1 — $\sigma_\theta/\tau_\theta = 10^{-2}$ рад/с; 2 — $\dot{\theta} = 10^{-2}$ рад/с

Выводы

1. Главной составляющей задающего воздействия, подлежащей воспроизведению, является изменение угла ориентации источника мешающего излучения относительно нормали к раскрытию приемной антенны.

2. Наиболее оправданными моделями изменения угла ориентации является случайная модель простого марковского процесса и детерминированная полиномиальная модель первого порядка, учитывающие угловые скорости перемещения источника мешающего излучения.

3. Наиболее целесообразным формирующим фильтром воспроизведения задающего воздействия является фильтр с астатизмом первого порядка в виде интегратора, обеспечивающего отсутствие ошибки по положению.

4. При полосе автокомпенсации $\Delta f_{AK} = K_V/2 > 5$ кГц относительные динамические ошибки воспроизведения поканального набега фазы мешающих излучений (при обеих моделях изменения угла ориентации) составляют доли процента.

MASTER CONTROL OF SELF-ADJUSTMENT CIRCUITRY OF JAMMING AUTOCANCELLERS, SHAPING FILTERS AND DYNAMIC ERRORS OF THEIR REPRODUCTION

I.S. HRAPUN, A.E. OKHRIMENKO, I.N. DAVYDZENKA

Abstract

Master control self-adjustment circuitry of jamming autocancellers is determined. The random and determine models of theirs changes are introduced. Shaping filters for best reproduction of master controls are defined and the most expedient filter is chosen. Dynamic errors of reproduction master controls and recommendations for canceling ban choice are given.

Литература

1. Храпун И.С., Охрименко А.Е., Давыденко И.Н. // Докл. БГУИР. 2009. № 8. С. 5–13.
2. Охрименко А.Е. Основы обработки передачи информации. Минск, 1990.