

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ФЛУКТУАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСКРИМИНАТОРА

Для эквивалентной флуктуационной характеристики дискриминатора проведена оценка одного из параметров – уровня дисперсии ошибки экстраполяции за пределами апертуры. Аналитическое выражение для оценки параметра получено исходя из условия, что среднее время возвращения ошибки экстраполяции в пределы апертуры на порядок превышает характерное время функционирования следящих систем.

Ключевые слова: эквивалентная статистическая характеристика дискриминатора, вероятность устойчивого сопровождения.

Введение

Постановка проблемы. При анализе и синтезе радиотехнических следящих систем широко используется понятие эквивалентных статистических характеристик дискриминатора – эквивалентной дискриминационной и эквивалентной флуктуационной характеристик [1, 2]. Для такого вида статистических характеристик в работе [1] предложен показатель качества – вероятность устойчивого сопровождения p_n . Этот показатель представляет собой вероятность нахождения ошибки экстраполяции к следующему радиоконтакту с воздушным объектом (ВО) в пределах апертуры эквивалентной дискриминационной характеристики дискриминатора (рис. 1) и при отсутствии систематической ошибки может быть рассчитан аналитически [1]:

$$p_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_3} \int_{-L_x/2}^{L_x/2} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_3^2}} dt, \quad (1)$$

где L_x – ширина апертуры эквивалентной дискриминационной характеристики дискриминатора;

$\sigma_3^2 = D_3$ – дисперсия ошибки экстраполяции координаты Δx_3 воздушного объекта.

Для определения ширины эквивалентной дискриминационной характеристики дискриминатора L_x необходимо проведение объемного статистического исследования. Главным критерием при подборе зависимости эквивалентного размера апертуры L_x от отношения сигнал/шум q , что гарантирует возможность использования формулы (1) для оценки вероятности отсутствия срыва сопровождения, должно быть совпадение результатов статистических испытаний на устойчивость сопровождения системы с реальным дискриминатором (рис. 1) и аналитических расчетов по формуле (1).

Таким образом, переход от реальных статистических характеристик дискриминатора к эквивалентным трудоемкий и по возможности его следует избегать. Тем не менее такая работа компенсируется главным удобством при использовании эквивалентных характеристик в исследованиях – чрезвычайной простотой определения момента срыва сопровождения [3, 4, 5]. Если ошибка экстраполяции в пределах апертуры эквивалентной дискриминационной характеристики, то ВО сопровождается, если за пределами апертуры – происходит срыв сопровождения.

В исходной работе по эквивалентным характеристикам [1] уровень дисперсии ошибки V_f за пределами апертуры не использовался и определялся косвенно. Предполагалось, что он достаточно большой, и возможностью повторного возвращения ошибки в пределы апертуры можно пренебречь. Для исследования срыва сопровождения по одной из систем этого может быть и достаточно, однако совершенно недостаточно при моделировании совместного функционирования всех следящих систем.

Целью данной статьи является получение количественного значения уровня дисперсии ошибки V_f за пределами апертуры эквивалентной дискриминационной характеристики дискриминатора.

Изложение основного материала

Для получения количественных будем использовать аппарат конечных цепей Маркова с дискретным временем.

Определим состояния S_j , $j = 1, 2$:

S_1 – ошибка экстраполяции в пределах апертуры эквивалентной дискриминационной характеристики;

S_2 – ошибка экстраполяции за пределами апертуры.

Граф переходов модели представлен на рис. 2.

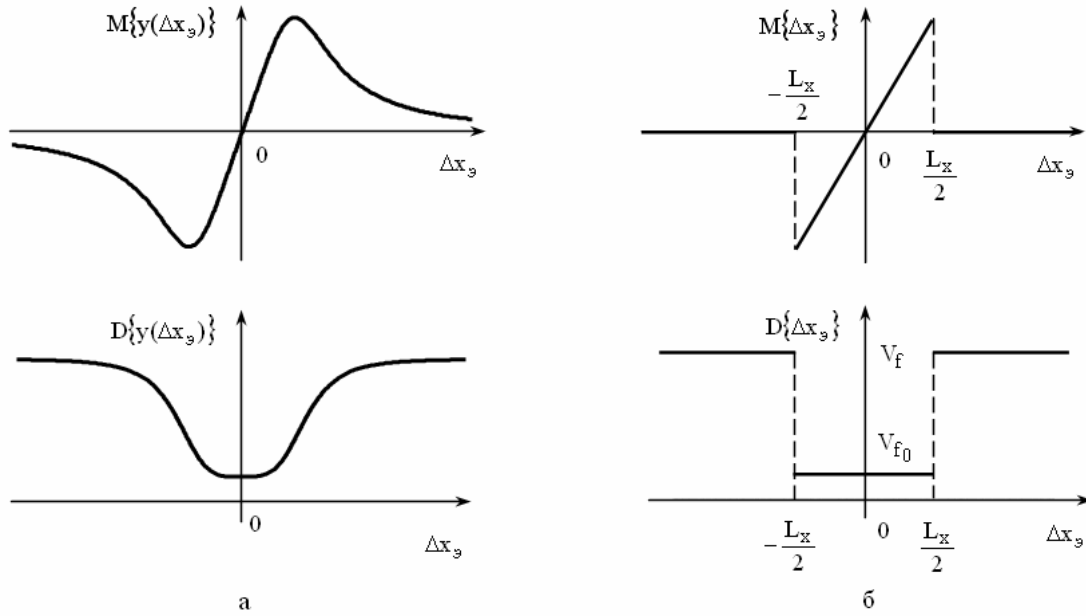


Рис. 1. Дискриминационная и флуктуационная характеристики дискриминатора: а – реальные; б – эквивалентные

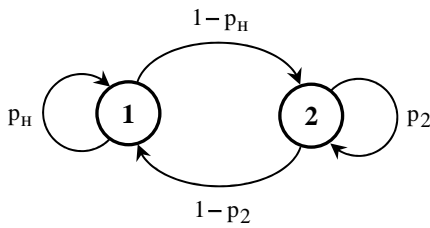


Рис. 2. Граф переходов модели

Вероятность p_2 (остаться в состоянии S_2) необходимо определить, так как с ее помощью рассчитывается уровень дисперсии

$$V_f = \sigma_f^2.$$

Значение этой вероятности должно быть таким, чтобы за характерное время $T_{\text{хар}}$ функционирования следящих систем возвратом в состояние S_1 можно было пренебречь.

Поэтому полагаем, что среднее время первого достижения $\bar{T}_{1 \rightarrow 2}$ состояния S_1 из состояния S_2 на порядок больше характерного времени $T_{\text{хар}}$, то есть:

$$\bar{T}_{1 \rightarrow 2} = 10 \cdot T_{\text{хар}}. \quad (2)$$

Среднее время первого достижения $\bar{T}_{1 \rightarrow 2}$ определяется следующим образом [6]:

$$\bar{T}_{1 \rightarrow 2} = \frac{T}{1 - p_2}, \quad (3)$$

где T – интервал времени экстраполяции.

Другое уравнение для вероятности p_2 находим из условия невыхода ошибки экстраполяции с дисперсией

$$V_f = \sigma_f^2$$

в пределы апертуры [7]:

$$p_2 = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{L_x}{2\sqrt{2}\sigma_f}\right), \quad (4)$$

где

$$\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt$$

функция ошибок.

Используя выражения (2) – (4), находим:

$$1 - \frac{T}{10 \cdot T_{\text{хар}}} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{L_x}{2\sqrt{2}\sigma_f}\right). \quad (5)$$

После ряда преобразований получаем окончательное выражение для уровня дисперсии

$$V_f = \sigma_f^2$$

(за пределами апертуры) эквивалентной флуктуационной характеристики дискриминатора:

$$V_f = \sigma_f^2 = \left(\frac{L_x}{2\sqrt{2} \cdot \operatorname{erf}^{-1}\left(\frac{T}{10 \cdot T_{\text{хар}}}\right)} \right)^2. \quad (6)$$

По результатам, полученным в данной статье, можно сделать следующие выводы.

Выводы

1. Переход от реальных статистических характеристик дискриминатора к эквивалентным требует объемного статистического исследования и поэтому не всегда желателен.

2. При исследовании явления срыва сопровождения такой переход компенсируется чрезвычайной простотой определения момента срыва сопровождения.

3. В исходных работах предполагалось, что уровень дисперсии ошибки экстраполяции за пределами апертуры эквивалентной характеристики дискриминатора достаточно высок и возможностью повторного вхождения ошибки в пределы апертуры можно пренебречь.

4. При исследованиях срыва сопровождения по одной из координат этого, возможно, и достаточно, однако совершенно недостаточно при моделировании совместного функционирования следящих систем по всем координатам.

5. В работе получено аналитическое выражение для уровня дисперсии ошибки экстраполяции за пределами апертуры эквивалентной характеристики дискриминатора исходя из того, что среднее время возвращения ошибки экстраполяции в пределы апертуры на порядок больше характерного времени функционирования следящих систем.

Список литературы

1. Хисматулин В.Ш. Оценка вероятности надежного сопровождения аэродинамических целей многоканальной радиолокационной станцией / В.Ш. Хисматуллин, И.И. Сачук, А.А. Ковальчук // *Авиационно-космическая техника и технология: сб. научн. тр.* – Х.: Государственный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", 2001. – Вып. 22. – С. 259-262.

2. Хисматулин В.Ш. Оценка устойчивости сопровождения целей с помощью эквивалентного размера апертуры характеристики дискриминатора / В.Ш. Хисматуллин, А.А. Ковальчук, А.А. Сосунов, И.И. Сачук // *Системы обработки информации.* – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 2(35). – С. 125-132.

3. Ковальчук А.А. Постановка задачи оптимизации пропускной способности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой путем управления длительностью интервала времени между радиоконтактами / А.А. Ковальчук, Ю.Э. Парфенов, А.А. Сосунов, В.Ш. Хисматуллин // *Системы обработки информации.* – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 1 (34). – С. 76-83.

4. Ковальчук А.А. Оценка потенциальной пропускной способности многоканальной РЛС с фазированной антенной решеткой для подсистемы автосопровождения по угловой координате / А.А. Ковальчук, И.И. Сачук, А.А. Сосунов // *Системы обработки информации.* – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 5 (45). – С. 35-37.

5. Клівець С.І. Порівняльна оцінка показника якості підсистеми автосупроводження за дальністю багатоканальної РЛС з фазованою антенною решіткою двома моделями / С.І. Клівець, О.В. Коломійцев, О.О. Сосунов // *Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал.* – 2008. – № 3 (15). – С. 116-118.

6. Боровков А.А. Теория вероятностей / А.А. Боровков. – М.: Наука, 1986. – 432 с.

7. Ширяев А.Н. Вероятность / А.Н. Ширяев. – М.: Наука, 1980. – 280 с.

Поступила в редколлегию 6.11.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.М. Сотников, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ОЦІНКА ПАРАМЕТРА ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ФЛУКТУАЦІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСКРИМІНАТОРА

О.О. Сосунов

Для еквівалентної флукуційної характеристики дискримінатора проведена оцінка одного із параметрів – рівня дисперсії помилки екстраполяції за межами апертури. Аналітичний вираз для оцінки параметра отриманий виходячи із умови, що середній час повернення помилки екстраполяції в межі апертури на порядок перевищує характерний час функціонування слідкуючих систем.

Ключові слова: еквівалентна статистична характеристика дискримінатора, ймовірність стійкого супроводження.

PARAMETERS EVALUATION OF EQUIVALENT FLUCTUATING SAMPLER CHARACTERISTICS

A.A. Sosunov

For the equivalent fluctuating sampler characteristic, the estimation of one parameter – level of error dispersion of extrapolation out of aperture area. Analytical term for the evaluating parameter is came out due to clause, the middle returning time of extrapolation error in aperture bounds is exceeded typical time of functioning tracking systems.

Keywords: equivalent static characteristic of sampler, probability of steady tracking.

