УДК 621.384.326.22

Методика поиска оптимальных коэффициентов двухточечной коррекции в приемниках с ВЗН в горячей зоне

П.С. Лазарев[1,2], В.П. Пономаренко[1,2,3]

[1]ГНЦ РФ АО «НПО «Орион»

[2]Московский физико-технический институт (государственный университет)

[3]АО «Швабе-Фотоприбор»

Проведено исследование многорядного МФПУ с ВЗН в горячей зоне [1]. Каждый фоточувствительный элемент МФПУ обладает собственной чувствительностью и шумом, которые можно определить экспериментально. Будем рассматривать их как некоррелированные нормально распределенные случайные величины с математическими ожиданиями, равными чувствительности элементов, и дисперсией, равной квадрату шума данных элементов. Найдем оптимальные коэффициенты взвешенного суммирования данной величины:

$$U_{расчетное} = \frac{U(t_0)k_0 + U(t_1)k_1 + U(t_2)k_2 + U(t_3)k_3}{k_0 + k_1 + k_2 + k_3},$$

где k_i – коэффициенты, которые необходимо выявить. Для упрощения расчетов и наглядности отнормируем все чувствительности по единице, разделив их на математические ожидания данных случайных величин. Так как величины не являются коррелированными, а математические ожидания и дисперсии суммы можно легко представить в виде:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{k_2{}^2\sigma_2{}^2 + k_1{}^2\sigma_1{}^2},$$

$$M_\Sigma = (k_1 + k_2)M,$$

найдем максимум соотношения математического ожидания к шуму случайной величины. Для этого продифференцируем по k_2/k_1 данное выражение:

$$(SNR)'_a = \frac{M\sqrt{\sigma_2{}^2 + a^2\sigma_1{}^2} - \dfrac{M(1+a)a\sigma_1{}^2}{\sqrt{\sigma_2{}^2 + a^2\sigma_1{}^2}}}{\sigma_2{}^2 + a^2\sigma_1{}^2} = 0.$$

$$\sigma_2{}^2 = a\sigma_1{}^2 \Rightarrow \left(\sqrt{k_2}\right)^2\sigma_2{}^2 = \left(\sqrt{k_1}\right)^2\sigma_1{}^2.$$

Экстремум соотношения сигнал-шум не зависит от абсолютных значений дисперсий складываемых величин, а зависит только от их отношения.

Проверим верность данного утверждения при суммировании n случайных величин.

$$SNR = \frac{M(1+\sum_{i=1}^{N-1} a_i)}{\sqrt{\sigma_1^{\ 2} + \sum_{i=1}^{N-1} a_i^{\ 2} \sigma_i^{\ 2}}};$$

$$(SNR)'_{a_j} = \frac{M\sqrt{\sigma_1^{\ 2} + \sum_{i=1}^{N-1} a_i^{\ 2}\sigma_i^{\ 2}} - \frac{M(1+\sum_{i=1}^{N-1} a_i) a \sigma_i^{\ 2}}{\sqrt{\sigma_1^{\ 2} + \sum_{i=1}^{N-1} a_i^{\ 2}\sigma_i^{\ 2}}}}{\sigma_1^{\ 2} + \sum_{i=1}^{N-1} a_i^{\ 2}\sigma_i^{\ 2}}.$$

Подставив значения во все частные производные, можно легко убедиться, что экстремум функции будет при условии:

$$\sigma_1^{\ 2} = a_i \sigma_i^{\ 2}.$$

Таким образом, нам удалось получить зависимость оптимальных коэффициентов стат. веса.

Так как в выражении для $U_{расчетное}$ важно только соотношение коэффициентов, общую для всех чувствительность можно отнормировать по всем каналам, тем самым записав рассчитанные коэффициенты в качестве коэффициентов двухточечной коррекции всей линейки фоточувствительных элементов. Данный алгоритм позволяет не деселектировать дефектные элементы, а учитывать их с помощью корректных коэффициентов нормализации чувствительности без потери производительности системы целиком, что позволит получать максимально возможные пороговые параметры системы в целом.

Литература

1. *Лазарев П.С., Соляков В.Н., Дражников Б.Н., Хамидуллин К.А.* Особенности регистрации точечных источников излучения фотоприемными устройствами с режимом ВЗН. – Успехи прикладной физики. – 2013. – Т. 1. – № 4. – С. 506-509.