

КОРРЕКЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ ФАЗОВЫХ ЗАДЕРЖЕК В СУБМОДУЛЯХ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ADM212x100M

Дубровин А.В.

ЗАО «Радий ТН»

В [1] предложена система местоопределения излучателей. В процессе ее реализации возникают частные вопросы, требующие дополнительного исследования. Одним из важных вопросов является проблема компенсации систематических ошибок при проведении измерений фазовых задержек. В данной работе предлагается ряд мер, позволяющий учесть смещения в измерениях, выполняемых для юстировки антенно-фидерной системы в комплексе пеленгования КВ диапазона.

Рассмотрим следующую измерительную систему, в которой роль окончного измерителя играет двухканальная плата аналого-цифрового преобразования (АЦП) ADM212x100M (см. рис.1).

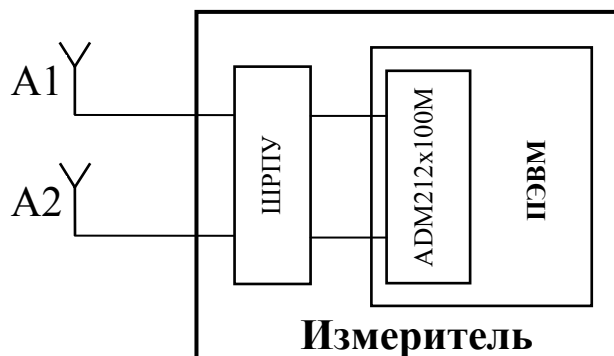


Рис. 1.

На двух пространственно разнесенных антеннах наводится сигнал, излучаемый выносным гетеродином (ВГ). ВГ поочередно размещается в семи точках площадки (рис. 2).

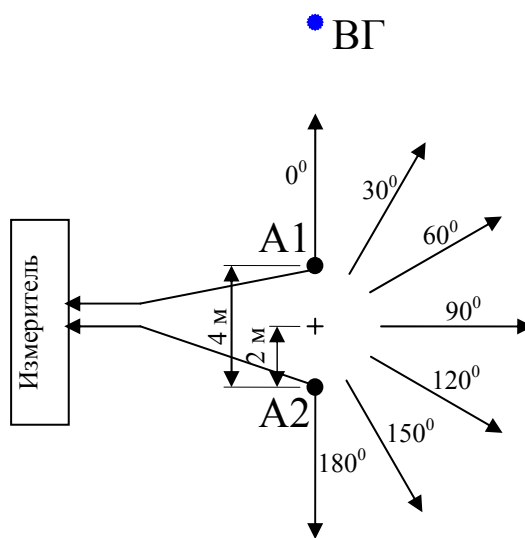


Рис. 2.

Спектр сигнала ВГ представляет собой набор гармоник на частотах 0.5, 1, 1.5, 2, и т.д. МГц. Данный спектр получается из последовательности дельта импульсов с частотой 500 кГц и простирается почти до 100 мГц. Из указанного ряда нас будут интересовать гармоники диапазона – 1.5, 2, 2.5, ... , 30 МГц.

Наведенные в A1 и A2 сигналы поступают на двухканальное широкополосное радиоприемное устройство (ШРПУ). В задачу ШРПУ входят усиление сигнала и его селекция в диапазоне 1.5 – 30 МГц. Двухканальная плата АЦП оцифровывает сигнал с частотой квантования 100 МГц. Оцифрованный сигнал поступает для анализа в центральный процессор ПЭВМ, где вычисляется его спектр. По фазовым характеристикам двух спектров вычисляются задержки между сигналами.

Зависимости измеренных значений от частоты представлены на рис. 3. По оси абсцисс откладываются значения частот в герцах, по оси ординат – задержки между сигналами. Сплошными

линиями изображены измеренные значения задержек, штрихпунктирными – теоретические. Выноски с 1-й по 7-ю обозначают номер направления n, которому соответствует измеренная задержка.

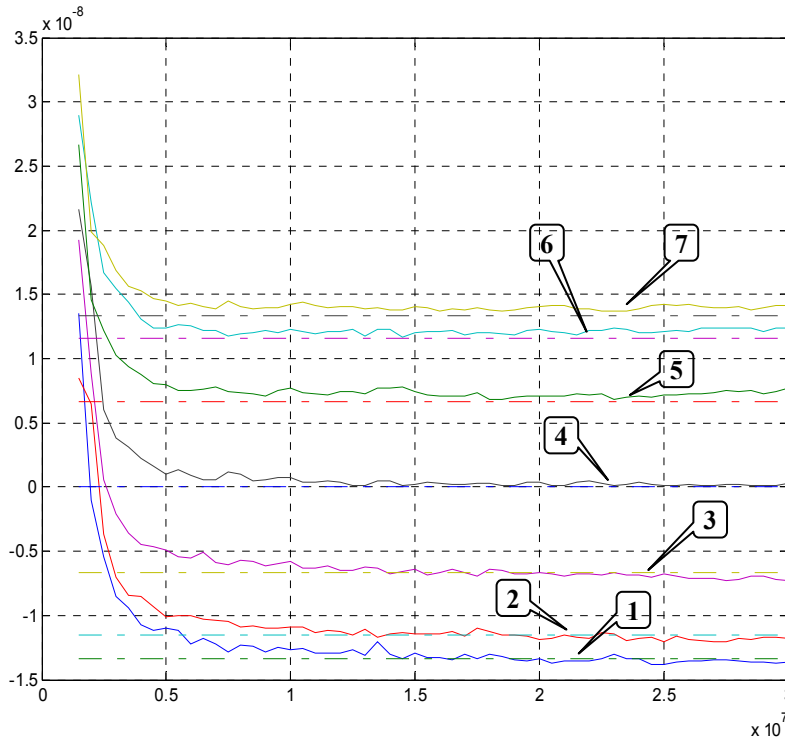


Рис. 3.

Как видно из рисунка, в измеренных задержках присутствует постоянная составляющая, которую необходимо компенсировать. Выполним следующую процедуру по оценке этой составляющей на каждой частоте

$$F(\epsilon_{кор}(k)) = \min F(\tau_{кор}(k)),$$

(2)

где $F(\tau_{кор}(k)) = \sum_{n=1}^N (\tau_{изм}(k,n) - \tau_{кор}(k) - \tau_t(k,n))^2$; $\tau_{изм}(k,n)$ и $\tau_t(k,n)$ – соответственно измеренные и теоретические значения задержек на частоте $f(k)$ и направлении n ; K и N – количество частот и направлений.

В нашем случае число частот $K=58$, число направлений $N=7$.

После проведения вычислений в соответствии с (2) получим набор скорректированных задержек $\tau_{к1}(k,n) = \tau_{изм}(k,n) - \epsilon_{кор}(k)$. Зависимости $\tau_{к1}(k,n)$ от частоты представлены на рис. 4.

Анализ рис. 4 показывает, что прослеживается отчетливая зависимость задержки от частоты, имеющая при этом линейный характер. Линейная зависимость задержки от частоты может объясняться наличием неодинаковых реактивных составляющих в разных каналах submodule ADM212x100M.

С математической точки зрения предположим следующий эффект – будем предполагать, что один из сигналов сжат (растянут) относительно второго. Необходимо оценить этот коэффициент сжатия. Чтобы сделать оценку сжатия, а заодно и уточнить значение фазового центра одной из антенн (для определенности выберем вторую) выполним процедуру оценивания в соответствии со следующим правилом

$$F(\kappa, \kappa_2, \varphi_2) = \min F(k, x_2, y_2), \tag{3}$$

где κ – коэффициент сжатия сигнала в одном канале относительно другого;

$$F(k, x_2, y_2) = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N [(\tau_{изм}(k,n) - \epsilon_{кор}(k)) (1 - \kappa f(k)) - \Delta_r(x_2, y_2, k, n) - \tau_r(k,n)]^2;$$

$$\Delta_r(x_2, y_2, k, n) = (1/c) \{ [(x_2 - r \sin(\gamma_n))^2 + (y_2 - r \cos(\gamma_n))^2]^{1/2} - [(x_1 - r \sin(\gamma_n))^2 + (y_1 - r \cos(\gamma_n))^2]^{1/2} - 2d \cos(\gamma_n) \};$$

x_1, y_1 и x_2, y_2 – координаты фазовых центров северной и южной антенн соответственно; r – расстояние от фазового центра (на рис. 2 он обозначен крестиком) до ВГ; γ_n – угол между северным направлением и направлением на излучатель; c – скорость распространения сигнала.

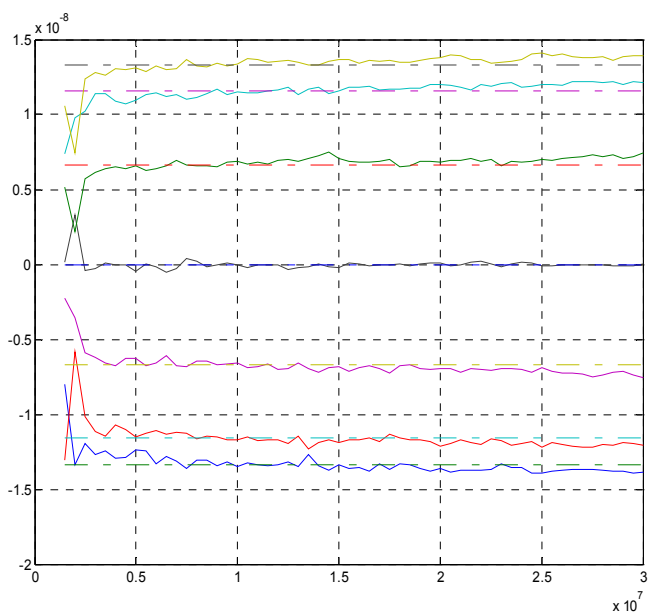


Рис. 4.

В результате выполнения математических действий в соответствии с (3) получим новые скорректированные значения задержек

$$\tau_{k1}(k,n) = (\tau_{изм}(k,n) - \epsilon_{кор}(k)) (1 - \epsilon f(k)) - \Delta_i(\epsilon_2, \epsilon_2, k,n).$$

Зависимости $\tau_{k1}(k,n)$ от частоты для разных направлений представлены на рис. 5.

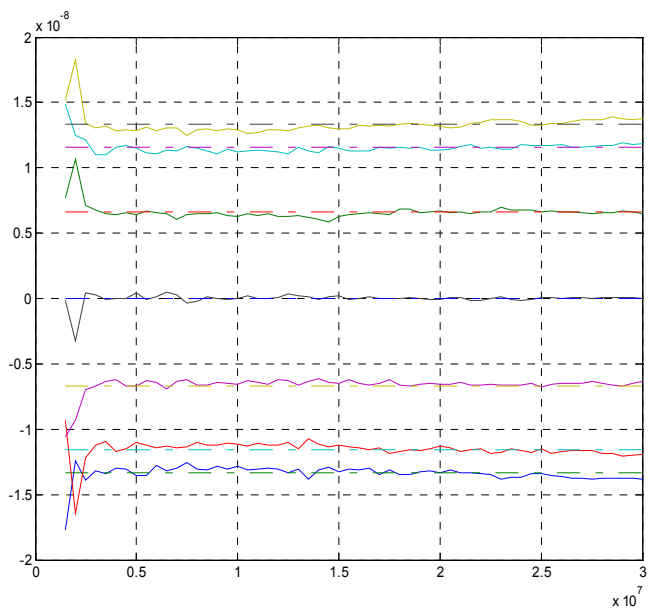


Рис. 5.

Оцененное при этом значение коэффициента сжатия ϵ составило величину $\epsilon = 4.85 \times 10^{-9}$. Относительное сжатие сигнала эквивалентно тому, что частота квантования в одном из каналов отличается от частоты квантования в другом.

Таким образом, если учесть, что эксперимент проводился при частоте квантования 100 МГц, то можно говорить о том, что один канал за период измерения «разбегается» относительно второго примерно на 0.5 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровин А. В., Сосулин Ю. Г. Одноэтапное оценивание местоположения источника радиоизлучения пассивной системой, состоящей из узкобазовых подсистем // Радиотехника и электроника, 2004, т. 49, № 2, с. 156-170.



