

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА ПРИЕМНОГО ТРАКТА ППМ АФАР В ПОЛОСЕ ЧАСТОТ 9,5 - 9,8 ГГц

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Богданов Р. А.

Ревин В. Т. – к-т. техн. наук, доцент

Приемо-передающий модуль (ППМ) является основным функциональным элементом активной фазированной антенной решетки (АФАР), определяющим ее основные характеристики. Основным назначением ППМ АФАР является усиление сигналов передатчика и приемника с регулировкой их по фазе и амплитуде в рабочем диапазоне частот в соответствии с алгоритмом работы системы. ППМ АФАР включает в себя следующие основные функциональные устройства:

- передающий тракт, состоящий из фазовращателя и усилителя мощности излучаемого сигнала;
- приемный тракт в составе малошумящего усилителя принимаемого сигнала, фазовращателя, аттенуатора, а также переключателя, обеспечивающего работу приемного и передающего трактов ППМ на общий элемент антенного системы.

В состав ППМ входят также устройства вторичного электропитания, элементы системы управления, схемы контроля режима работы ППМ и др.

Основным параметром, определяющим качество работы приемо-передающего модуля, является коэффициент шума приемного тракта. Коэффициент шума описывает уменьшение соотношения «сигнал/шум» по мере прохождения сигнала через приемное устройство или его отдельный каскад (усилитель, смеситель). Фундаментальное определение коэффициента шума следующее:

$$F = \frac{(S_{in} / N_{in})}{(S_{out} / N_{out})},$$

где S_{in} / N_{in} - соотношение «сигнал/шум» на входе устройства; S_{out} / N_{out} - соотношение «сигнал/шум» на выходе устройства.

Для измерения его значений в заданном диапазоне рабочих частот была разработана методика выполнения измерений, основанная на методе Y - фактора и используемого при измерении коэффициента шума СВЧ устройств в соответствии с выражением $NF = 10 \log_{10} [10^{ENR/10} / (10^{Y/10} - 1)]$. Для проведения измерений используется источник шума с калиброванным значением ENR (*Excess Noise Ratio*), который получил название избыточным коэффициентом шума.

Полное измерение коэффициента шума и усиления тестируемого устройства методом Y - фактора с коррекцией второго каскада состоит из двух шагов. Следует обратить внимание, что во время измерений и автоматических вычислений специализированные анализаторы коэффициента шума оперируют не коэффициентом шума или фактором шума, а эффективной температурой шума. Перевод результатов в коэффициент шума осуществляется в конце измерения.

Первый шаг называется калибровкой. Он производится без тестируемого устройства. Источник шума с калиброванным значением ENR подключают непосредственно к входу прибора (рисунок 1).

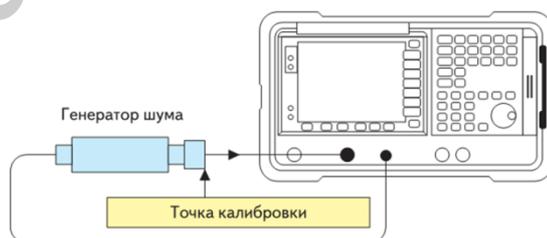


Рис.1 – Калибровка измерителя коэффициента шума

В анализатор спектра вводят таблицу ENR в точках частотного диапазона, согласно маркировке источника шума. Некоторые измерители коэффициента шума могут автоматически считывать таблицу ENR из источника шума без участия оператора. После того как таблица ENR загружена в память анализатора спектра, измеритель коэффициента шума включает и выключает источник шума и измеряет значения мощностей P_2^{ON} и P_2^{OFF} . В конце калибровки прибор сохраняет измеренные значения P_2^{ON} и P_2^{OFF} , а также вычисляет значения Y_2 и T_2 . Затем прибор приводит кривые коэффициента шума и усиления к номинальному значению 0 дБ. После этого прибор готов к измерению тестируемого устройства (рисунок 2).

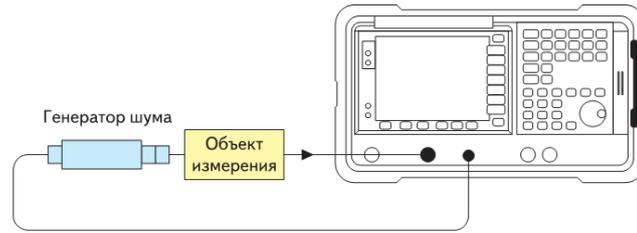


Рис.2 – Схема включения объекта измерения для определения коэффициента шума

Следующим шагом является включение тестируемого устройства в разрыв между источником шума и прибором и повторное измерение методом Y -фактора. Наша система теперь состоит из тестируемого устройства (первый каскад) и прибора (второй каскад), как показано на рисунке 3.



Рис.3 – Структурная схема включения объекта измерения для измерения коэффициента шума

Суммарный Y -фактор системы определяется как:

$$Y_{12} = \frac{P_{12}^{ON}}{P_{12}^{OFF}}$$

Аналогично уравнению (Y -фактор) общая температура шума системы T_{12} равна:

$$T_{12} = \frac{T_S^{ON} - Y_{12} T_S^{OFF}}{Y_{12} - 1}$$

Поскольку прибор теперь знает значения P_{12}^{ON} и P_{12}^{OFF} , а также прежде сохраненные значения P_2^{ON} и P_2^{OFF} , он может высчитать усиление тестируемого устройства:

$$G_1 = \frac{P_{12}^{ON} - P_{12}^{OFF}}{P_2^{ON} - P_2^{OFF}}$$

Обычно значение G_1 отображается прибором в дБ:

$$G_1(\text{дБ}) = 10 \lg G_1$$

Таким образом, определяются значения T_2 , T_{12} и G_1 . Следовательно, температура шума первого каскада равна:

$$T_1 = \frac{T_{12} - T_2}{G_1}$$

Теперь у прибора есть вся информация, которая необходима для вычисления температуры шума первого каскада T_1 , т. е. температуры шума тестируемого устройства с учетом коррекции коэффициента шума самого прибора.

Большинство автоматических анализаторов коэффициента шума отображают результаты измерения либо в виде температуры шума $T(K)$, фактора шума F (отношение, разы) или в виде коэффициента шума NF (дБ). Как правило, автоматические анализаторы коэффициента шума могут выводить на экран не только численные показания коэффициента шума и усиления, но и панорамные графики, обеспечивающие лучшую визуализацию результатов, что существенно упрощает настройку и тестирование приемного устройства в заданной полосе частот.

Список использованных источников:

1. Friis, H. T. Noise Figures of Radio Receivers. Proc. of the IRE, July, 1944.
2. Agilent. Fundamentals of RF and Microwave Noise Figure Measurements. Application note 57-1.
3. Agilent. Noise Figure Measurement Accuracy – The Y-Factor Method. Application note 57-2.
4. Vondran, D. Vector Corrected Noise Figure Measurements // Microwave Journal, March 1999.
5. Anritsu. Noise Figure Accuracy. Application Note No. 11410-00227.