

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЯ ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ МИКРОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА

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

Кейзеров Е.И.

Белошицкий А.П. – к.т.н., доцент

Среди большого разнообразия видов радиоизмерений микроволнового диапазона одно из ведущих мест занимает измерение мощности. Измерители мощности микроволнового диапазона входят в число основных приборов, используемых на всех этапах разработки, регулировки и выпуска в сферу обращения генераторов и усилителей, для определения потерь в четырехполюсниках, коэффициента отражения, частотных характеристик различных радиоустройств [1, 2].

В докладе рассматривается методика калибровки измерителя поглощаемой мощности *Agilent E4418B*.

Измеритель поглощаемой мощности предназначен для измерения мощности синусоидальных сигналов микроволнового диапазона в коаксиальном тракте.

Принцип действия измерителя поглощаемой мощности основан на преобразовании КВЧ энергии в постоянный ток на амплитудном детекторе. Структурная схема измерителя поглощаемой мощности представлена на рисунке 1.

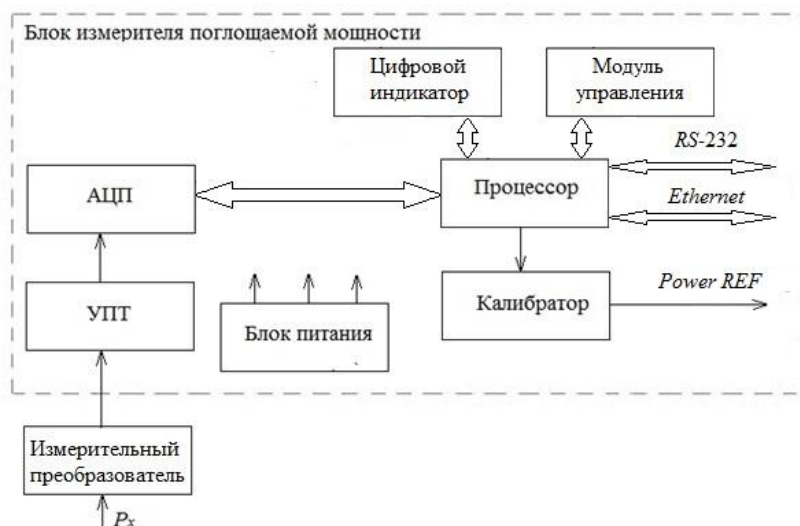


Рисунок 1 – Структурная схема измерителя поглощаемой мощности

Рабочий диапазон частот измерителя поглощаемой мощности от 37,5 ГГц до 53,6 ГГц. Пределы измерения мощности от 1 мкВт до 25 Вт (от минус 30 дБм до 44 дБм). Предел допускаемой погрешности измерения мощности  $\pm 4\%$ . Коэффициент эффективности не менее 0,9. КСВН входа преобразователя не более 1,2. Пределы допускаемой погрешности установки нуля  $\pm 0,05$  мкВт. Выходная мощность встроенного калибратора 1,00 мВт. Частота встроенного калибратора 50МГц. Пределы допускаемой погрешности выходной мощности встроенного калибратора  $\pm 1,9\%$ . Волновое сопротивление 50 Ом. Нестабильность показаний измерителя мощности в установившемся режиме, включая «дрейф нуля», при неизменной температуре окружающего воздуха (в пределах  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) в нормальных условиях не превышает 0,2 мВт/мин.

Разрешающая способность:

- в логарифмическом режиме 1,0дБ; 0,1дБ; 0,01дБ; 0,001дБ;
- в линейном режиме, число разрядов от 1 до 4.

При калибровке измерителя определяются следующие метрологические характеристики:

- коэффициент отражения входа преобразователя;
- коэффициент калибровки измерителя поглощаемой мощности.

Для калибровки измерителя поглощаемой мощности выбраны следующие эталонные средства: векторный анализатор цепей *Keysight N5234A*; генератор ВЧ-сигналов *Agilent E8257D*; преобразователь проходящей мощности *Tegam F1109H*; мост измерительный двухканальный *Tegam 1806A*; мультиметр *Agilent 3458A*.

Для оценки неопределенностей измерений калибруемых параметров были использованы следующие модели измерения.

Модель измерения при оценке неопределенности коэффициента отражения входа преобразователя

$$\Gamma_{\text{преоб.}} = \Gamma_{\text{ВАЦ}} + \Delta_{\text{и}} + \Delta_{\text{кв}}, \quad (1)$$

где  $\Gamma_{\text{ВАЦ}}$  – показание векторного анализатора цепей;  
 $\Delta_{\text{и}}$  – поправка из-за неточного измерения  $\Gamma_{\text{ВАЦ}}$ ;  
 $\Delta_{\text{кв}}$  – поправка из-за конечного разрешения ВАЦ.

Модель измерения при оценке неопределенности коэффициента калибровки измерителя мощности

$$K_{\text{К}} = \frac{P_{E4418B} \cdot M_p \cdot R_m}{K_{\text{КЗ}} \cdot (U_1^2 - U_2^2)}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{КЗ}}$  – коэффициент калибровки эталонного преобразователя проходящей мощности *Tegam F1109H*;  
 $M_p$  – коэффициент рассогласования;  
 $P_{E4418B}$  – показание калибруемого измерителя мощности *Agilent E4418B*, мВт;  
 $R_{\text{T}}$  – сопротивление термистора эталонного преобразователя проходящей мощности *Tegam F1109H*;  
 $U_1$  – постоянное напряжение, измеряемое мультиметром *Agilent 3458A*, при отсутствии мощности, В;  
 $U_2$  – постоянное напряжение, измеряемое мультиметром *Agilent 3458A*, при поданной мощности, В;

Полный результат измерения состоит из оценки измеряемой величины  $y$ , и соответствующей ей расширенной неопределенности  $U$  и представляется в виде:  $y \pm U$  (в единицах измерения), где число, следующее за знаком  $\pm$ , является численным значением расширенной неопределенности.

Рассмотренная методика определения метрологических характеристик может быть использована при разработке методики калибровки измерителей поглощаемой мощности предназначенных для работы в других участках микроволнового диапазона, а представленные математические модели для оценки неопределенности измерения калибруемых параметров.

Список использованных источников:

3. Белошицкий, А. П. Измерения в оптическом и микроволновом диапазонах длин волн. В 2 ч. Ч.1. Учебно-методическое пособие. / А. П. Белошицкий, А. В. Гусинский, А. М. Кострикин. – Минск : БГУИР, 2016.
4. Доницков, О.В. Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ диапазона. / О.В.Доницков, А.В. Гусинский, А.Н. Луферов, А.В. Ворошень, В. К. Демидович // Материалы Международной НТК, приуроч. К 50-летию МРТИ - БГУИР в 2-х ч. Ч. 1 - Минск, 2014.– 163 с.