

Измерение импульсной мощности сигнала СВЧ диапазона при помощи логарифмического детектора

Д.Е. Черныш

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация: в данной статье рассматриваются вопросы измерения импульсной мощности сигналов СВЧ диапазона с помощью ваттметра, основанного на использовании логарифмического детектора в качестве чувствительного элемента на основе измеренной средней мощности. Полученные в работе экспериментальные данные сравниваются с показателя эталонного прибора.

Ключевые слова: измеритель мощности, импульсная мощность, AD8317, логарифмический детектор, скважность

1. Введение

В настоящее время измерители мощности играют важную роль для контроля уровня передаваемой и принимаемой мощности. При классическом подходе измерения мощности чаще всего речь идет об измерении средней мощности гармонического сигнала, выражение для которой выглядит так [1 – 3]:

$$P_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T |s(t)| dt, \quad (1)$$

В некоторых случаях измеряется мощность среднеквадратическая, выражение для которой может быть записано в следующем виде [4]:

$$P_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T s^2(t) dt}. \quad (2)$$

Множество задач в радиолокационных и радиосвязных задачах решается с помощью применения импульсных сигналов. В этом случае важно наличие возможности измерять импульсную мощность сигнала, которая выражается из средней мощности при помощи соотношения:

$$P_{имп} = P_{cp} + 10 \lg \left(\frac{\tau_u}{T_n} \right), \quad (3)$$

Длительность импульса определяется временем между точками половинного уровня амплитуды фронта и спада импульса. Из (3) видно, что уровень импульсной мощности, полученный на основе величины средней мощности, зависит от скважности импульсов. Таким образом, значение импульсной мощности равно сумме средней мощности некой величины, зависящей от параметров сигнала [5 – 9].

2. Материалы и методы

Для анализа возможности измерения мощности на основе (3) был проведен ряд экспериментальных измерений. Генератор сигналов был подключен через делитель к исследуемому измерителю мощности и эталонному ваттметру импульсной мощности. Показания с обоих приборов передавались на ПК. Исследуемый ваттметр изображен на рисунке 1. Схема испытательного стенда приведена на рисунке 2.

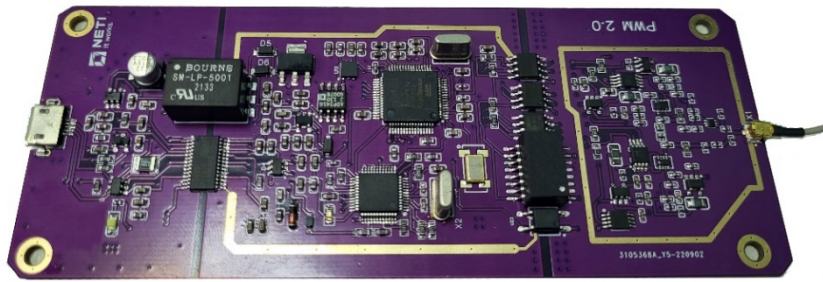


Рисунок 1. Измеритель мощности на основе логарифмического детектора.

Исследуемый измеритель оснащен двумя независимыми каскадами детектирования. Основным компонентом является микросхема логарифмического детектора фирмы Analog Devices AD8317 [10]. Динамический диапазон входных сигналов составляет 70 дБ. Частота от 1 МГц до 10 ГГц.

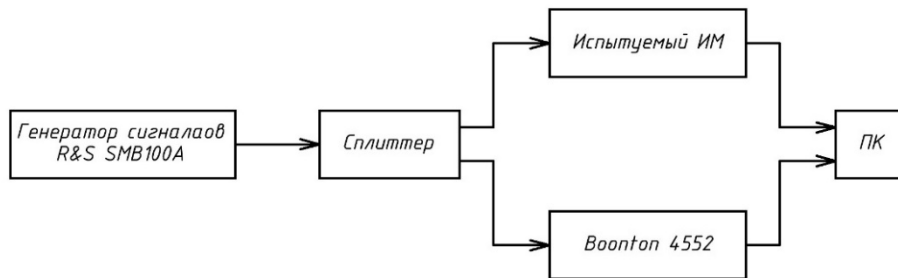


Рисунок 2. Схема экспериментальной установки.

Генератор сигналов настроен на частоту 5 ГГц, длительность импульсов 1 мкс. Период следования импульсов варьировался. Для анализа использовались показания только одного каскада ИМ без усиления или ослабления сигнала, поскольку в рамках данного подраздела целью является исследование возможности измерения импульсной мощности микросхемой логарифмического детектора.

3. Результаты и обсуждения

На рисунке 3 и рисунке 4 приведены зависимости ошибки испытуемого ИМ в зависимости от уровня мощности сигнала для разных скважностей.

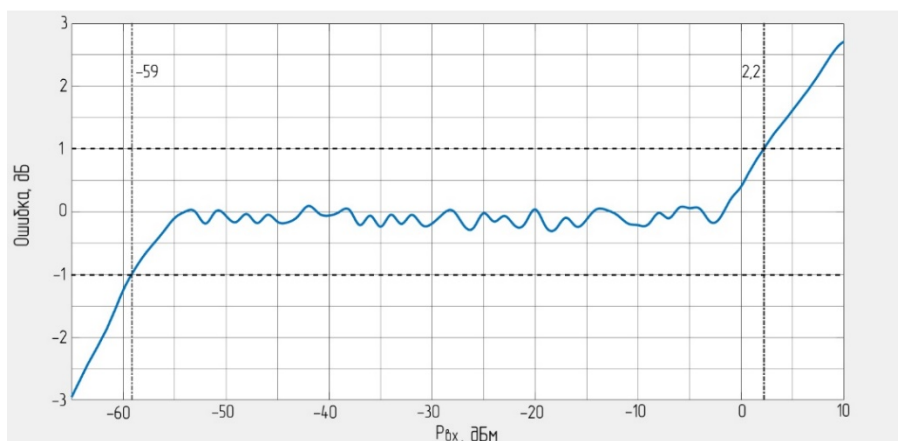


Рисунок 3. Экспериментальные измерения при скважности $q = 10$.

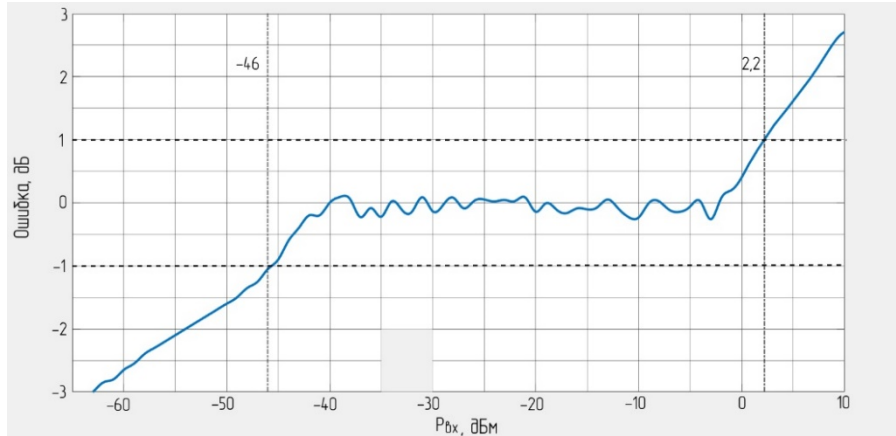


Рисунок 4. Экспериментальные измерения при скважности $q = 100$.

Экспериментальные данные показывают, что при увеличении скважности импульсов, сужается диапазон входных мощностей, при котором разница показаний с эталонным ваттметром не превышает ± 1 дБ. При этом важно отметить, что происходит сдвиг нижней границы, поскольку увеличение скважности приводит к снижению среднего уровня мощности ниже порога чувствительности микросхемы логарифмического детектора.

Для других значений скважности были получены аналогичные графики. Также полученные данные удобно представить в виде таблицы.

Таблица 1. Скважность и динамический диапазон

Скважность	Минимальный уровень сигнала, дБм	Максимальный уровень сигнала, дБм	Динамический диапазон, дБ
2	-64	2	66
5	-63	2	65
10	-59	2	61
25	-54	2	56
50	-50	2	52
75	-48	2	50
100	-46	2	48
250	-41	2	43
500	-37	2	39

Исходя из полученных данных можно вывести соотношения для расчета динамического диапазона и минимальной импульсной мощности, которую можно измерить:

$$P_{\min} = \begin{cases} -65 + \log(q^{5.7}), & q > 5; \\ -72.5 + \log(q^{1.2}), & q \leq 5, \end{cases} \quad (4)$$

Динамический диапазон рассчитывается аналогично. Более наглядно зависимость диапазона измеряемых мощностей от скважности можно увидеть на рисунке 5.

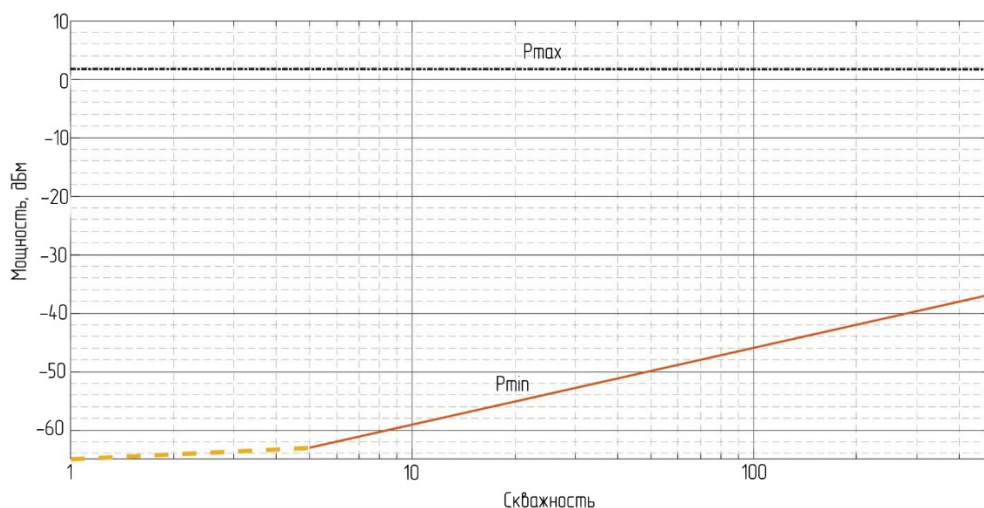


Рисунок 5. Диапазоны мощностей при разных скважностях импульсов.

Полученные результаты справедливы для конкретной микросхемы логарифмического детектора. Разделение графика на два участка может быть объяснено тем, что входная мощность выходит за границы наиболее крутого линейного участка характеристики преобразования [10].

4. Заключение

В работе экспериментально проверена возможность измерения импульсной мощности сигнала СВЧ диапазона с помощью микросхемы логарифмического детектора. Рассмотрены диапазоны значений скважности импульсов, при которых разница показаний с ваттметром импульсной мощности не превышает 1 дБ. Полученные результаты дают возможность расчета импульсной мощности в АЛУ измерительного устройства на основе средней мощности и скважности.

Список литературы

1. Carol, G.M. Technique of microwave measurements / G. M. Carol. – New York : McGraw-Hill Book Co., 1947. – 939 p.
2. Измерение мощности на СВЧ / М.И. Билько, А.К. Томашевский, П.П. Шаров, Е.А. Баимуратов. – М. : Советское радио, 1976. – 168 с.
3. Hughes R.S. Logarithmic Amplification: with Application to Radar and E.W. Dedham, MA: Artech, 1986.
4. Bryant G.H. Principles of Microwave Measurements // IEE Electrical Measurement. – 1988. – 415 с.
5. Техника измерений на сантиметровых волнах / Под общ. ред. Г.А. Ремеза. – М. : Советское радио, 1949. – 438 с.
6. Hand, B.P. Direct Reading UHF Power Measurements / B.P. Hand // Hewlett-Packard Journal. – 1950. – Vol. 1. – No.59.
7. Валитов, Р.А. Радиоизмерения на сверхвысоких частотах / Р.А. Валитов, В.Н. Сretenский. – М., 1951. – 394 с.
8. Гинзтон, Э.Л. Измерения на сантиметровых волнах / Э.Л. Гинзтон; под общ. ред. Г.А. Ремеза. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1960. – 620 с.
9. Данилин, А.А. Измерения в технике СВЧ : учебное пособие для вузов / А.А. Данилин. – М. : Радиотехника, 2008. – 184 с.
10. AD8317: 1 MHz to 10 GHz 55 dB Log detector. Datasheet. Analog Devices Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.analog.com/>, свободный (дата обращения 10.04.2023).