

УДК 621.317.08

РАЗРАБОТКА ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 37,5 ДО 178,4 ГГц

Гусинский А.В.¹, Кондрашов Д.А.¹, Сайков А.В.¹, Свирид М.С.¹, Касперович М.М.¹,
Белошицкий А.П.¹, Толочко Т.К.¹, Шевалдина Ю.В.²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь, gusinski@bsuir.by;

² Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по созданию национального эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц. Приведены назначение, структурная схема эталона, описание ее работы и метрологические характеристики эталона.

Ключевые слова. Эталон, ослабление, КВЧ диапазон, схема, метрологические характеристики.

В последнее время достигнут существенный прогресс на пути промышленного освоения миллиметрового диапазона волн (диапазона крайне высоких частот – КВЧ). Это обстоятельство стимулировало ускоренное создание разнообразных средств измерений (СИ) этого диапазона, в том числе скалярных и векторных анализаторов цепей и измерительных аттенюаторов [1]. Для проведения работ по метрологической оценке этих СИ в Республике Беларусь отсутствует соответствующее эталонное оборудование. Научно-образовательным инновационным центром сверхвысокочастотных (СВЧ) технологий и их метрологического обеспечения (Центр 1.9) БГУИР ведутся работы по созданию национального эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц. Работы осуществляются в рамках реализации подпрограммы «Эталон Беларуси» государственной научно-технической программы «Национальные эталоны и высокотехнологичное исследовательское оборудование», 2021–2025 годы».

Описание и принцип действия эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний.

Эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц предназначен:

- для воспроизведения, хранения и передачи размера единицы ослабления электромагнитных колебаний рабочим средствам измерений с целью обеспечения единства измерений в Республике Беларусь;

- проверки, калибровки, метрологической экспертизы и испытаний с целью утверждения типа скалярных и векторных анализаторов цепей и измерительных аттенюаторов КВЧ диапазона.

Эталон представляет собой программно-аппаратный комплекс и обеспечивает проведение автоматизированных измерений в 4 поддиапазонах:

поддиапазон 1 – диапазон частот от 37,5 до 53,6 ГГц, (сечение волноводного тракта $5,2 \times 2,6$ мм);

поддиапазон 2 – диапазон частот от 53,6 до 78,3 ГГц, (сечение волноводного тракта $3,6 \times 1,8$ мм);

поддиапазон 3 – диапазон частот от 78,3 до 118,1 ГГц, (сечение волноводного тракта $2,4 \times 1,2$ мм);

поддиапазон 4 – диапазон частот от 118,1 до 178,6 ГГц, (сечение волноводного тракта $1,6 \times 0,8$ мм).

На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема эталона. В состав эталона входят четыре генератора КВЧ и четыре блока КВЧ, предназначенные для работы в соответствующем поддиапазоне частот, приемник сигналов промежуточной частоты (ПЧ), ПЭВМ, комплекты соединительных коаксиальных и интерфейсных кабелей.

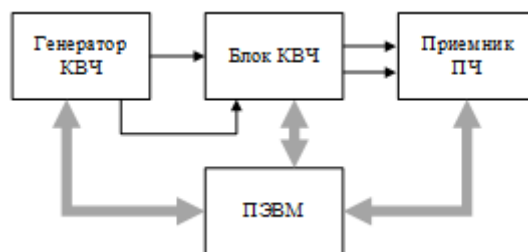


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема эталона единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц

Генераторы обеспечивают формирование сигналов электромагнитных колебаний КВЧ и работают в режиме непрерывной генерации. В блоке КВЧ осуществляется формирование опорного и измерительного сигналов, несущих информацию об ослаблении объекта измерения и перенос этих сигналов на промежуточную частоту (ПЧ) мегагерцового диапазона. В качестве приемника измерительных сигналов промежуточной частоты используется прибор для измерения ослабления ДК1-28 [2]. Этот прибор предназначен для высокоточной и высокопроизводительной калибровки и проверки как отдельных, так и встроенных в генераторы сигналов аттенюаторов. При работе в составе эталона с помощью прибора ДК1-28 измеряется ослабление на промежуточной частоте мегагерцового диапазона. Управление работой прибора и блоков, входящих в состав эталона, обработка и документирование

результатов измерений осуществляется с помощью ПЭВМ через интерфейсы USB.

На рисунке 2 представлена структурная схема блока КВЧ.

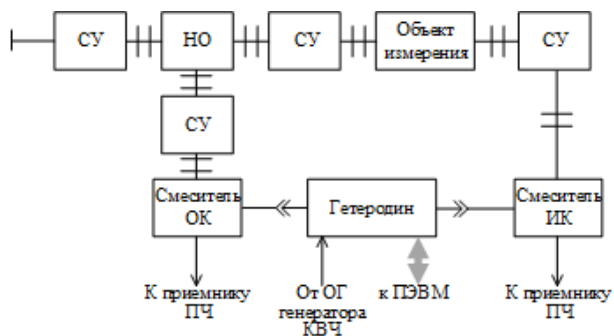


Рисунок 2 – Структурная схема блока КВЧ

В состав этого блока входят гетеродин, смесители опорного канала (ОК) и измерительного канала (ИК), направленный ответвитель (НО) и согласующие устройства (СУ). Опорный сигнал частотой 100 МГц поступает на гетеродин от опорного генератора (ОГ), используемого генератора КВЧ. Гетеродин работает в режиме непрерывной генерации. Диапазон рабочих частот гетеродина составляет от 12 до 18 ГГц. Установка требуемой частоты гетеродина осуществляется через интерфейс USB от ПЭВМ. Для каждого поддиапазона рабочих частот эталона выбран соответствующий диапазон перестройки частоты гетеродина. В схеме гетеродина предусмотрены меры по развязке каналов, по которым сигнал гетеродина поступает на смесители опорного и измерительного каналов. Эти смесители работают на гармониках полезного сигнала. Для уменьшения погрешностей из-за нелинейности смесителей при работе в широком динамическом диапазоне (80 дБ) предусмотрена возможность регулировки уровня мощности выходного сигнала генератора КВЧ. При измерении больших ослаблений мощность увеличивается, а при измерении малых – уменьшается. Изменение мощности осу-

ществляется с помощью управляемых аттенуаторов, входящих в состав генераторов КВЧ.

Анализ источников погрешностей эталона позволил выявить наиболее существенные. К ним можно отнести:

- нелинейность характеристик смесителей опорного и измерительного каналов блоков КВЧ
- конечная развязка (недостаточная «изоляция») измерительного канала;
- рассогласование между элементами измерительных трактов;
- погрешности приемника ПЧ.

Заключение

В настоящее время ведутся работы по настройке и исследованию метрологических характеристик эталона, которые должны соответствовать следующим требованиям:

- диапазон частот – от 37,5 до 178,4 ГГц;
- диапазон воспроизводимых значений ослаблений в диапазоне частот от 37,5 до 78,33 ГГц: 0–80 дБ; в диапазоне частот от 78,33 до 178,4 ГГц: 0–70 дБ;
- оценка случайной погрешности воспроизведения в диапазоне частот от 37,5 до 78,33 ГГц при ослаблении 70 дБ – не более $\pm 0,15$ дБ;
- оценка неисключенной систематической погрешности в диапазоне частот от 37,5 до 78,33 ГГц при ослаблении 80 дБ – не более $\pm 0,10$ дБ; в диапазоне частот от 37,5 до 78,33 ГГц при ослаблении 80 дБ – не более $\pm 0,15$ дБ; в диапазоне частот от 78,33 до 178,4 ГГц при ослаблении 70 дБ – не более $\pm 0,20$ дБ.

Литература

1. Богуш, В.А. Векторные анализаторы цепей сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн / В.А. Богуш [и др.]. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2019. – 328 с.
2. Руководство по эксплуатации прибора для измерения ослабления ДК1–28.

DEVELOPMENT OF THE STANDARD OF THE UNIT OF ATTENUATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES IN THE FREQUENCY RANGE FROM 37.5 TO 178.4 GHz

A.V. Gusinski¹, D.A. Kandrashou¹, A.V. Saikou¹, M.S. Sviryd¹, M.M. Kaspiarovich¹, A.P. Belashytski¹, T.K. Talochka¹, Y.V. Shevaldzina²

¹ Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus, gusinski@bsuir.by;

² The State Committee for Standardization of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The results of research and development work to create a national standard of the unit of attenuation of electromagnetic waves in the frequency range from 37.5 to 178.4 GHz are presented. The purpose, structural diagram of the standard, description of its operation and metrological characteristics of the standard are given.

Keywords. Standard, attenuation, EHF range, diagram, metrological characteristics.