

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ»

УДК 621.317.78

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ СЛИЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ЭТАЛОНА МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Доронина А.В., студент гр.467241

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

Белошицкий А.П. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В материалах доклада рассматривается разработанная методика определения метрологических характеристик (МХ) устройств сличения из состава национального эталона единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 178,4 ГГц.

Ключевые слова. Методика, метрологические характеристики, устройства сличения, эталон, мощность, сверхвысокая частота.

Стремительное развитие современных радиотехнических комплексов, систем связи, радиолокации и навигации обусловило интенсивное освоение миллиметрового диапазона длин волн. На частотах свыше 37,5 ГГц прямое измерение традиционных электрических параметров, таких как ток и напряжение, становится технически нереализуемым из-за соизмеримости геометрических размеров измерительных цепей с длиной волны. В связи с этим фундаментальной энергетической характеристикой высокочастотного тракта выступает поглощаемая мощность электромагнитных колебаний [1]. Обеспечение достоверности и высокой точности измерения данного параметра является критически важной задачей при проектировании, производстве и эксплуатации современной СВЧ-аппаратуры.

В целях обеспечения единства измерений и метрологической прослеживаемости в расширенном частотном спектре на территории Республики Беларусь в рамках реализации государственной научно-технической программы был разработан Национальный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний [2]. Созданный аппаратно-программный комплекс перекрывает диапазон частот от 37,5 до 178,4 ГГц.

Одними из основных функциональных элементов разработанного эталона выступают устройства сличения. Их основное назначение заключается в направленном разделении электромагнитной энергии для обеспечения прецизионного сравнения уровней мощности между первичным эталонным преобразователем и калибруемым средством измерений. Поскольку именно данные узлы осуществляют непосредственную передачу размера единицы физической величины в тракте, к стабильности их параметров предъявляются жесткие требования.

Неотъемлемым этапом ввода эталонного оборудования в эксплуатацию является экспериментальное подтверждение его метрологических характеристик. Возникает необходимость разработки и апробации методик определения параметров и характеристик отдельных функциональных устройств и блоков эталона. Целью настоящей работы является разработка методики экспериментального определения МХ устройств сличения, гарантирующей минимизацию инструментальных погрешностей и функциональную пригодность эталона.

Оборудование, подлежащее исследованию, представляет собой набор устройств сличения, выполненных на базе прямоугольных волноводов. Исходя из физических ограничений на распространение электромагнитной волны основного типа, рабочий диапазон частот эталона конструктивно разделен на поддиапазоны. Каждому поддиапазону соответствует отдельное устройство сличения с нормированным сечением волноводного тракта: УС-МВМ-53, УС-МВМ-78, УС-МВМ-118 и УС-МВМ-178, внешний вид которых представлен на рисунке 1.

Схемотехнически каждое устройство сличения включает в себя основной измерительный канал, предназначенный для транзита высокочастотного сигнала от источника к калибруемому средству измерений, и вспомогательный канал, служащий для ответвления нормированной части мощности на эталонный измеритель. Данная архитектура позволяет осуществлять непрерывный мониторинг уровня падающей мощности без существенного нарушения режима работы основного тракта.



Рисунок 1 – Внешний вид устройств сличения УС-МВМ-53, УС-МВМ-78, УС-МВМ-118, УС-МВМ-178

Для подтверждения пригодности устройств сличения к использованию в составе эталонного комплекса необходимо экспериментально определить их основные МХ. Первой характеристикой является коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) измерительных портов основного и вспомогательного каналов в рабочем диапазоне частот, определяющий степень согласования устройства с подводщими линиями. Второй определяемой величиной выступает коэффициент передачи устройства сличения, количественно характеризующий вносимое ослабление при передаче сигнала между каналами.

Оценка качества согласования измерительных портов, выражаемая через КСВН, осуществляется методом прямых измерений с помощью измерителей КСВН панорамных Р2-120, Р2-121, РР2-01, Р2-123 по схеме, приведенной на рисунке 2.

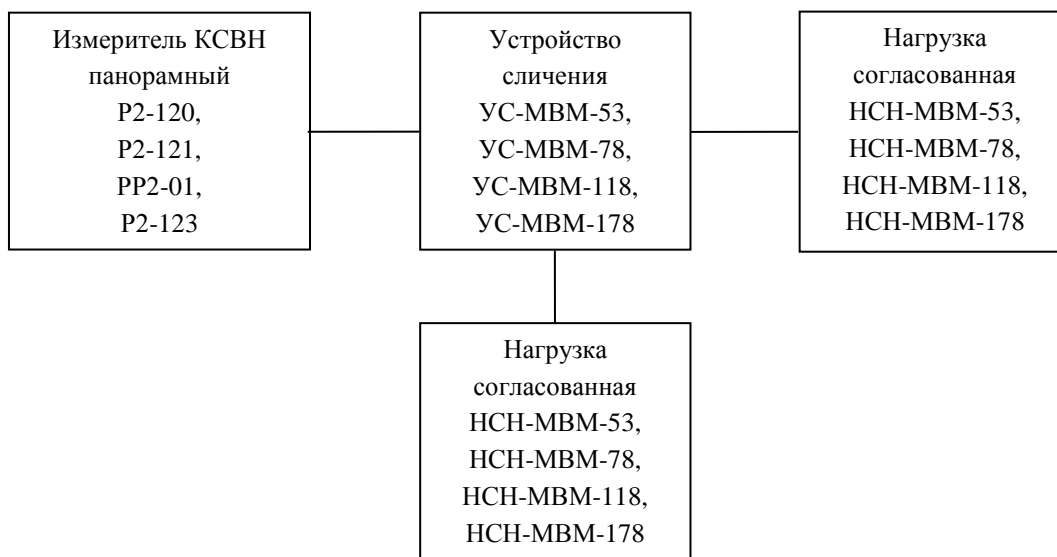


Рисунок 2 – Структурная схема измерения КСВН

Критически важным условием обеспечения требуемой точности и минимизации инструментальной погрешности является предотвращение возникновения паразитных резонансов в измерительном тракте. В связи с этим, при измерениях неподключенные к измерителю КСВН панорамному выходы устройства сличения должны быть соединены с нагрузками согласованными НСН-МВМ-53, НСН-МВМ-78, НСН-МВМ-118, НСН-МВМ-178 соответствующего сечения. Применение данных поглощающих элементов гарантирует полное рассеивание проходящей мощности и исключает влияние переотражений от свободных портов на итоговый результат.

Определение коэффициентов передачи основного и вспомогательного каналов устройства сличения осуществляется методом замещения по схеме, приведенной на рисунке 3. Для этого собирается измерительная цепь, включающая источник высокочастотного сигнала, поляризационный аттенюатор и измеритель поглощаемой мощности. На начальной стадии производится калибровка тракта: при отсутствии исследуемого устройства в цепи устанавливается опорный уровень мощности, при этом фиксируется начальное значение вносимого ослабления на поляризационном аттенюаторе A_{a1} .

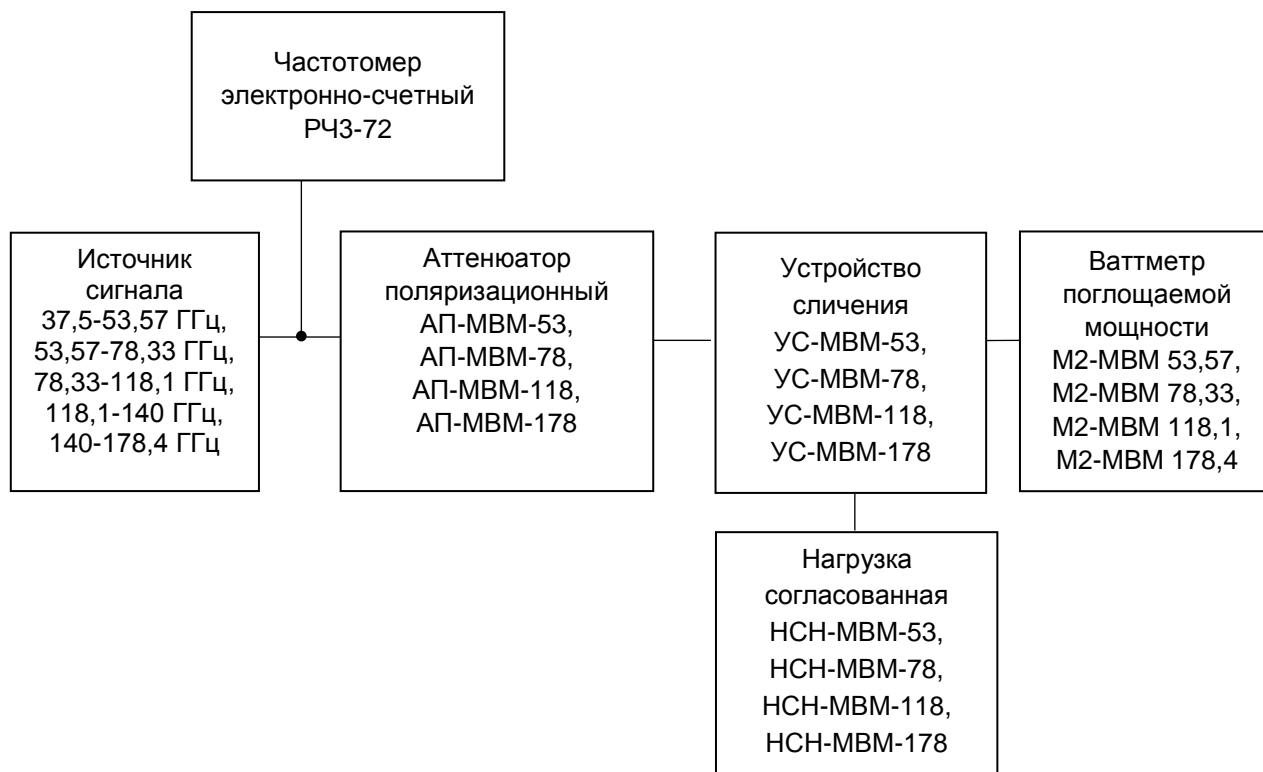


Рисунок 3 – Структурная схема измерения коэффициента передачи

Далее в разрыв измерительной цепи, непосредственно между поляризационным аттенюатором и ваттметром, подключается исследуемое устройство сличения. Вследствие внутренних электродинамических потерь в волноводном узле уровень мощности закономерно снижается. Для компенсации вносимых потерь ослабление поляризационного аттенюатора плавно уменьшается вплоть до точного восстановления первоначально зафиксированного показания ваттметра. Новое значение ослабления A_{a2} регистрируется в протоколе, после чего искомый коэффициент передачи вычисляется по следующей формуле:

$$K_n = A_{a1} - A_{a2}, \quad (1)$$

где K_n – коэффициент передачи устройства сличения на заданной частоте, дБ; A_{a2} – значение ослабления аттенюатора поляризационного после подключения устройства сличения для компенсации потерь, дБ; A_{a1} – начальное значение ослабления аттенюатора поляризационного, зафиксированное при калибровке опорного уровня, дБ.

Разрабатываемая методика определения МХ устройств сличения национального эталона мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот 37,5 – 178,4 ГГц позволяет экспериментально определить их количественные значения и оценить их вклад в общую неопределенность измерений, выполненных с помощью указанного эталона

Список использованных источников:

1. Измерение мощности СВЧ в диапазоне сантиметровых и миллиметровых волн / И.Ф. Бурак, А.В. Гусинский, Г.А. Шаров и др. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 328 с.
2. Инженерное образование в цифровом обществе: материалы Междунар. науч.-метод. конф. (Республика Беларусь, Минск, 14 марта 2024 года) В 2 ч. Ч.1 / редкол.: Е.Н. Шнейдеров [и др.]. – Минск : БГУИР, 2024. – С.298-301.

UDC 621.317.78

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF COMPARISON DEVICES OF THE NATIONAL ABSORBED POWER STANDARD

Doronina A.V. gr. 467241

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Beloshitsky A.P. – PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article discusses a scientifically based methodology for studying the technical and metrological characteristics (MC) of comparison devices that form the functional basis of the developed National Standard for the unit of electromagnetic oscillation power in the frequency range from 37.5 to 178.4 GHz. Based on approved test programs, the procedures for direct measurement of the voltage standing wave ratio and indirect measurement of the transmission coefficient are described. The presented algorithmic approach allows for a highly reliable evaluation of the parameters of microwave measuring paths, minimization of hardware errors, and provision of state uniformity of measurements when transferring the unit size.

Keywords. Comparison device, national standard, absorbed power, metrological characteristics, transmission coefficient, voltage standing wave ratio, millimeter wave band.