

лический процесс повторной оценки нового уровня риска с целью определения его допустимости в сравнении с ранее установленными кри-

териями с тем, чтобы принять решение о необходимости дальнейшей обработки данного риска.

УДК 006.91.06:621.3.029.64(047.31)(476)

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 300 МГЦ ДО 118,1 ГГЦ

Лобко В.П.<sup>1</sup>, Галыго А.В.<sup>1</sup>, Гусинский А.В.<sup>2</sup>, Луферов А.Н.<sup>2</sup>, Певнева Н.А.<sup>2</sup>, Толочко Т.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт метрологии» (БелГИМ) в рамках Государственной научно-технической программы «Разработка и изготовление эталонов Беларуси, уникальных приборов и установок для научных исследований» (ГНТП «Эталон и научные приборы») с 2008 г. по 2010 г. велись работы по созданию эталона единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 300 МГц до 37,5 ГГц (ЭЕМЭК). Соисполнителями задания являлись Научно-исследовательская лаборатория Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники» (НИЛ 1.9 БГУИР) и Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко» (НИУ ПФП).

Разработанный эталон позволяет воспроизводить СВЧ-сигналы в диапазоне частот от 300 МГц до 37,5 ГГц, проводить измерения и оценку калибровочных коэффициентов измерителей мощности в автоматическом режиме, создавать программы измерений, сохранять протоколы измерений, учитывать поправки при измерениях. Структурная схема эталона приведена на рисунке 1.

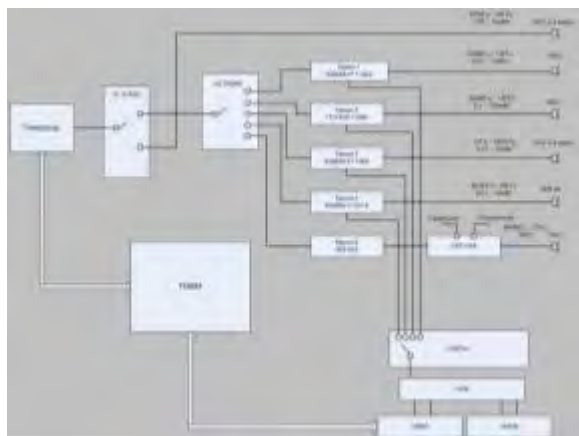


Рисунок 1 — Структурная схема эталона единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 300 МГц до 37,5 ГГц

В состав эталона входят:

- комплект термисторных преобразователей поглощаемой мощности (M1130A, M1109H, M1135A, 1107-8), аттестованных в NPL, Великобритания, и предназначенных для хранения единицы мощности электромагнитных колебаний и калибровки эталона;

- комплект преобразователей проходящей мощности (F1130A, F1109H, M1135A, 1107), предназначенных для передачи размера единицы;

- генератор Agilent E8257D, обеспечивающий воспроизведение СВЧ-сигналов;

- набор усилителей мощности (83006A, 1727A, 83020A, 83050A, 30S1G3);

- скалярный анализатор цепей Agilent 8757 D, предназначенный для оценки качества согласования измерителей мощности;

- измерительный блок Tegal 1806 в комплекте с мультиметрами 3458A, обеспечивающие измерение напряжения на выходе преобразователей поглощаемой и проходящей мощности, пропорционального входной мощности СВЧ-сигнала;

- набор коммутаторов и ПЭВМ для автоматизации процесса измерений и математической обработки результатов.

Для метрологического обеспечения измерителей мощности миллиметрового диапазона в Научно-исследовательской лаборатории БГУИР разработан и изготовлен эталонный измерительный комплекс единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц, позволяющий проводить поверку и калибровку измерителей мощности в волноводных трактах в автоматизированном режиме.

Принцип действия эталона единицы мощности миллиметрового диапазона аналогичен эталону, разработанному в БелГИМ. В волноводном тракте 2,4×1,2 мм (диапазон частот от 78,33 до 118,1 ГГц) в состав эталона входят: генератор СВЧ-сигналов SG6A; калибратор мощности PC78-118 и эталонный калориметрический преобразователь поглощаемой мощности PS78-118 с измерительными блоками PM2, векторный анализатор цепей VNA78-118; управляющий

компьютер. Структурная схема измерительного комплекса приведена на рисунке 2.

Преобразователь мощности PS78-118 построен на основе полупроводниковых диодов и использует принцип преобразования СВЧ-мощности в постоянное напряжение, которое потом измеряется блоком ваттметра PM2. Преобразование СВЧ-мощности происходит в детекторной секции, входящей в состав преобразователя PCal78-118, которая является согласованной нагрузкой.

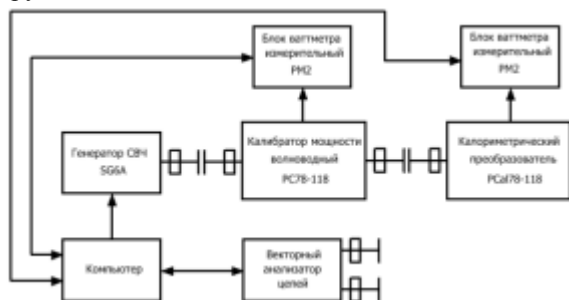


Рисунок 2 — Структурная схема измерительного комплекса в диапазоне частот от 78,33 до 118,1 ГГц

Структурная схема преобразователя PS78-118 приведена на рисунке 3.

$P_X$  – входной СВЧ сигнал;  $U_{РАБ}$  – выходное напряжение рабочего диода;  $U_{ОП}$  – выходное напряжение опорного диода; I2C SCL – линия тактирования цифрового интерфейса I2C; I2C SDA – линия данных цифрового интерфейса I2C.

Рисунок 3 – Структурная схема приемного преобразователя PS78-118

Преобразователь представляет собой плавный переход с прямоугольного волновода сечением 2,4×1,2 мм на волноводно-щелевую линию, к концу которой подключен рабочий СВЧ-диод. Для термокомпенсации служит опорный диод, на который СВЧ-мощность не подается.

Метрологические характеристики преобразователя PS78-118 определялись сличением при помощи компаратора (в качестве компаратора использовался калибратор PC78-118) с измерителем мощности M 534, аттестованным в Харьковском ННЦ «Институт метрологии».

Результаты определения калибровочного коэффициента  $K_{CAL}$  в диапазоне мощностей от 3 до 5 мВт приведены на рисунке 4.

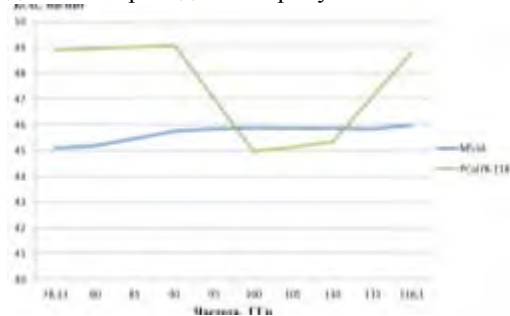


Рисунок 4 — Результаты определения калибровочного коэффициента  $K_{CAL}$  эталонного преобразователя PS78-118 в диапазоне мощностей от 3 до 5 мВт

Так как детектор является нелинейным в части рабочего диапазона (т. е. выходное продетектированное напряжение не всегда линейно пропорционально входной мощности), для расширения динамического диапазона и повышения точности измерений калибровочные коэффициенты определялись не только в диапазоне частот, но и в диапазоне мощностей [1]. График зависимости калибровочного коэффициента в диапазоне мощностей для разных частот приведен на рисунке 5.

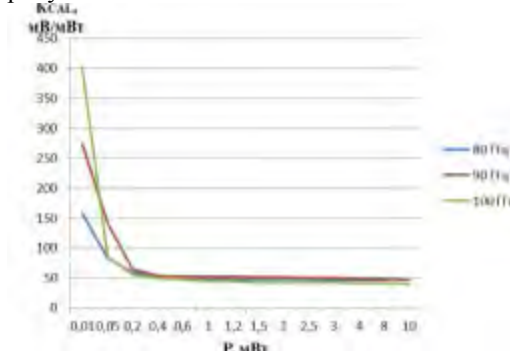


Рисунок 5 — Результаты определения калибровочного коэффициента  $K_{CAL}$  эталонного преобразователя PS78-118 в диапазоне мощностей от 0,01 до 10 мВт

Модуль энергонезависимой памяти EEPROM позволяет сохранить калибровочные данные преобразователя PS78-118 и использовать их в процессе дальнейших измерений для автоматической коррекции результатов.

**Вывод:** Разработанные эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний обеспечивают частотный диапазон от 300 МГц до 118,1 ГГц.

1. Андерсон А. К вопросу о внутренней установке нуля и калибровке в датчиках ВЧ-мощности. – Компоненты и технологии. № 1 – 2006.