

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГТЕМ-КАМЕР И РУПОРНЫХ БЕЗЭХОВЫХ КАМЕР СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

С. А. ВИННИЧЕНКО, А. А. ДЕМЧЕНКО, Г. Ю. МИРОШНИК

В работе приведены характеристики, указаны области применения ГТЕМ-камер и рупорных безэховых экранированных камер в качестве альтернативы применения дорогостоящих безэховых экранированных камер сверхвысококачественного диапазона. Указанные камеры используются для калибровки датчиков напряженности электромагнитного поля, калибровки измерительных антенн, а также при испытаниях радиоэлектронных систем на электромагнитную совместимость.

Ключевые слова: ГТЕМ-камера, рупорная безэховая камера, измерительные антенны, электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с бурным развитием радиоэлектронных систем (РЭС) сверхвысококачественного (СВЧ) диапазона и измерительной техники перед разработчиками стоят задачи оценки сохранения общих информационных возможностей систем, в условиях массового применения взаимно мешающих РЭС, т. е. задачи электромагнитной совместимости (ЭМС). Важной задачей также является калибровка измерительных антенн и датчиков напряженности поля. Как правило, для этих целей используют безэховые экранированные камеры (БЭК). Однако создание такой камеры является дорогостоящим и трудоемким, а также требует задействования громоздких помещений.

Альтернативным решением являются ГТЕМ-камеры и рупорные безэховые экранированные камеры (РБЭК). Данные виды камер обладают существенными преимуществами перед БЭК, функционирующих в СВЧ диапазоне.

Целью статьи является обзор альтернативных технических решений, направленных на создание сравнительно дешевых безэховых камер, обеспечивающих высокую точность калибровки измерительных антенн, а также радиоэлектронных средств и систем при испытаниях на электромагнитную совместимость.

1. СТРУКТУРА БЕЗЭХОВЫХ КАМЕР

ГТЕМ-камера [1] (Gigahertz Transverse Electro-Magnetic) представляет собой камеру (рис.1) поперечной электромагнитной волны в диапазоне частот порядка нескольких гигагерц. Фактически, это достаточно компактная автономная камера, представляющая собой ТЕМ-волновод СВЧ диапазона. Конструктивно ГТЕМ-камера представляет собой 50-омную линию передачи. Внешний проводник линии передачи переходит в пирамидальную форму, став наружной стенкой ГТЕМ-камеры и радиочастотным (РЧ) экраном. Центральный проводник линии передачи транс-

формируется в тонкую широкую проводящую пластину внутри ГТЕМ-камеры. Линия нагружается на 50-ти омную резистивную нагрузку между проводящей пластиной и задней стенкой ГТЕМ-камеры, а электромагнитное поле поглощается РЧ-абсорберами, расположенными на задней стенке ГТЕМ-камеры.

ГТЕМ-камера произведена швейцарской компанией TESEQ, приведенная на рис.2, находится в НЦ-5 ННЦ «Институт метрологии» (г. Харьков).

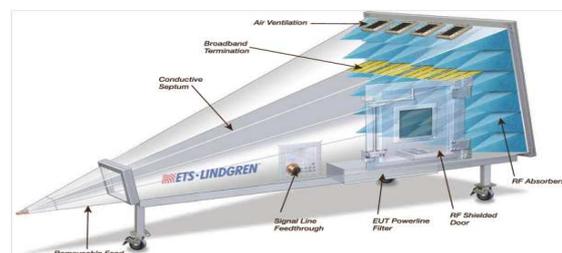


Рис. 1. Структура ГТЕМ-камеры



Рис. 2. ГТЕМ-камера фирмы TESEQ

В отличие от ГТЕМ-камеры, в рупорной безэховой экранированной камере – РБЭК, стенки покрыты радиопоглощающим материалом, за счет этого в ней нет лучей отраженных от боковых стенок, находящихся в противофазе с прямым полем. При этом возбуждающая антенна находится в вершине рупора и вдоль стенок камеры идут скользящие лучи. Поле в безэховой зоне РБЭК, в отличие от БЭК прямоугольной формы, имеет слабо выраженную интерференцию.

2. СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЙ ГТЕМ-КАМЕР И РБЭК

Указанные камеры предназначены для испытаний на ЭМС, калибровку антенн и зондов для измерения напряженности электромагнитного поля [3], а также для измерения экранирующих и поглощающих способностей материалов.

Преимущества проведения испытаний и измерений с использованием ГТЕМ-камер и РБЭК заключаются в том, что стоимость таких испытаний значительно ниже, чем при использовании открытых площадок или БЭК прямоугольной формы.

В данных камерах есть возможность создания высокостабильных, однородных электромагнитных полей, за счет этого камеры идеально подходят для калибровки датчиков измерений напряженности электрического и магнитного полей. Допустимое изменение поля в камере менее 1дБ на 30см³. Неоднородность поля в камере напрямую влияет на увеличения неопределенности результатов измерения.

Благодаря данным свойствам камер их используют в эталоне единицы напряженности электрического поля (рис.3).



Рис. 3. Рабочий эталон единицы импульсного электрического и магнитного полей (ТЕМ-камера)

РБЭК позволяют измерять электродинамические параметры антенных систем: зеркальных антенн всевозможных типов и видов, антенных решеток, одиночных антенн, облучателей, излучателей и т.д., как с линейной, так и с круговой поляризацией.

РБЭК (рис.4) находится в ОАО «МНИИРС», г. Москва. Данная камера имеет длину 30 м, размеры зоны измерений 6 м × 6 м. Стены камеры оклеены радиопоглощающим материалом, что обеспечивает подавление отраженных сигналов и, как следствие – равномерное поле в зоне измерений. Камера оборудована комплектом генераторов и измерительных приемников, перекрывающих диапазон частот от 0,8 до 8 ГГц, а также самописцами для записи диаграмм направленности. Трехосное опорно-поворотное устройство позволяет исследовать антенны массой до 1 т и с геометрическими размерами 2 м × 2 м. Имеющаяся аппаратура позволяет измерять следующие параметры антенн: коэффициент усиления, диаграммы направленности в любых сечениях, уровень кросс поляризации, коэффициент эллиптичности.



Рис. 4. Рупорная экранированная безэховая камера

Надо отметить, что рупорные камеры могут быть эффективно использованы для проведения большинства антенных измерений. При этом габариты камеры накладывают определенное ограничение на направленность испытываемых антенных систем. Как правило, они используются для испытания антенн, у которых дальняя зона не превышает нескольких десятков метров.

Благодаря созданию в рупорных камерах стабильных электромагнитных, механических, и климатических условий, испытания технических средств на электромагнитную совместимость могут быть легко автоматизированы [2]. Семиметровая камера TESEQ GTEM 1500 позволяет проводить испытания РЭС на ЭМС и калибровку датчиков напряженности электромагнитного поля в диапазоне частот от нуля до 20 ГГц. ГТЕМ-камера входит в автоматизированную систему под управлением программного обеспечения (ПО) R&S®EMC32 (рис.5), разработки фирмы Rohde & Schwarz. Основу системы составляет самое современное оборудование производства фирм Rohde & Schwarz, TESEQ (бывшая фирма Schaffner), BONN Electronic, RF/Microwave Instrumentation, MATURO.



Рис. 5. Автоматизированная система под управлением ПО R&S®EMC32

Автоматизированная система под управлением ПО R&S®EMC32 позволяет проводить испытания в соответствии с требованиями следующих стандартов (основных в данной области): ДСТУ CISPR 16-2:2005; ДСТУ CISPR 22:2007; IEC 61000-4-20:2007; ДСТУ IEC 61000-4-3:2007; ДСТУ IEC 61000-4-6:2007.

ВЫВОДЫ

Использование GTEM-камер и рупорных безэховых камер предоставляют возможность эффективного решения задач в области испытаний на высокочастотную электромагнитную совместимость в соответствии со стандартом ДСТУ ІЕС 61000-4-20:2013, калибровку датчиков напряженности электромагнитного поля и измерительных антенн. При этом стоимость данных камер значительно меньше аналогичных по своим функциональным свойствам и габаритам безэховых камер и открытых площадок.

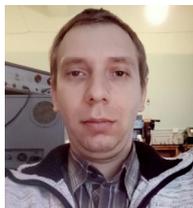
По сравнению с другими измерительными (испытательными) площадками, испытания и измерения в данных камерах являются более быстрыми, высокоточными и легко воспроизводимыми, что в свою очередь позволяет создать на их базе эталоны единиц напряженности электромагнитного поля.

На данный момент в ННЦ «Институт метрологии» ведется разработка эталона единицы напряженности переменного электромагнитного поля, где используется камера TESEQ GTEM 1500.

Литература

- [1] ДСТУ ІЕС 61000-4-20:2013 Электромагнітна сумісність. Частина 4-20. Методики випробування та вимірювання. Випробування на несприйнятливість та емісію в TEM-камерах (ІЕС 61000-4-20:2010, IDT)
- [2] Перспективы использования GTEM-камер для автоматизированных испытаний технических средств на электромагнитную совместимость / В. В. Аникин, И. Е. Бакулин, С. А. Винниченко // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Техніка і електрофізика високих напруг №34 – Вестник НТУ "ХПИ", 2010. MISSN 2079–0740.
- [3] Визначення метрологічних характеристик малогабаритних вимірювальних антени в TEM-камері / О. М. Васильєва, С. О. Вінніченко, С. Г. Бондар // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2014. – № 50 (1092). – С. 56–60. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0740.

Поступила в редколлегию 03.12.2018



Винниченко Сергей Александрович, научный сотрудник кафедры теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина. Область научных интересов – метрология, СВЧ измерения, радиотеплокация.



Демченко Алексей Анатольевич, младший научный сотрудник кафедры теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина. Область научных интересов – СВЧ измерения, схемотехника приемников рефлектометров.



Мирошник Григорий Юрьевич, инженер кафедры теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина. Область научных интересов – системы передачи информации, системы радиотеплокация миллиметрового диапазона, цифровая обработка изображений.

УДК 621.396.96

Вінніченко С. О. **Області застосування GTEM-камер і рупорних безлунних камер надвисокочастотного діапазону** / С. О. Вінніченко, О. А. Демченко, Г. Ю. Мірошник // Прикладна радіоелектроніка: наук. – техн. журнал. – 2019. – Том 18, № 1, 2. – С. 84–86.

В роботі наведено характеристики, вказані області застосування GTEM-камер і рупорних безлунних екранованих камер як альтернатива застосування вартісних безлунних екранованих камер надвисокочастотного діапазону. Вказані камери використовуються для калібрування датчиків напруженості електромагнітного поля, калібрування вимірювальних антен, а також при випробуваннях радіоелектронних систем на електромагнітну сумісність.

Ключові слова: GTEM-камера, рупорна безлунна камера, вимірювальні антени, електромагнітна сумісність радіоелектронних систем.

Л.: 05. Бібліогр.: 03 найм.

UDC 621.396.96

Vinnichenko S. A. **Applications of GTEM cameras and horn anechoic chambers of the microwave range** / S. A. Vinnichenko, A. A. Demchenko, G. Yu. Miroshnik // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2019. – Vol. 18, № 1, 2. – P. 84–86.

The paper presents the characteristics and indicates the areas of applying GTEM-cameras and horn anechoic shielded cameras as an alternative to the use of expensive anechoic shielded cameras in the ultrahigh-frequency range. These cameras are used to calibrate electromagnetic field strength sensors and to calibrate measuring antennas as well as to test electronic systems for electromagnetic compatibility.

Keywords: GTEM-camera, horn anechoic chamber, measuring antennas, electromagnetic compatibility of electronic systems.

Fig.: 05. Ref.: 03 items.