

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЭКРАНИРОВАННАЯ ТЕМ-КАМЕРА ДЛЯ СОВМЕСТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

М.Е. Комнатнов, А.В. Демаков, А.В. Бусыгина, С.А. Тернов, А.В. Осинцев, А.А. Собко

Научный руководитель: профессор, д.т.н., г.н.с. Т.Р. Газизов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: vandervals@inbox.ru

В современной бортовой радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) космического аппарата (КА) используется большое количество полупроводниковых компонентов, требования по защите которых от ионизирующего и неионизирующего излучений ужесточаются. При этом некоторые из них, работая в активном режиме, могут нагреваться и рассеивать тепловую энергию в окружающее пространство, тем самым нагревая соседние компоненты, параметры и характеристики которых вследствие воздействия как теплового, так и электромагнитного полей могут существенно изменяться [1]. Существующие стандарты по электромагнитной совместимости (ЭМС) не предусматривают измерения излучаемых эмиссий при воздействии температуры на испытуемый объект (ИО), а результаты, полученные в ходе существующих испытаний устройства, могут отличаться по уровням помехоэмиссии и помехоустойчивости от существующих в реальных условиях эксплуатации. Необходимо совершенствование как самих устройств, так и испытаний на ЭМС, приближая испытания к более реальным условиям эксплуатации, при которых каждый работающий блок или узел изделия создаёт вокруг себя не только электромагнитные, но и тепловые поля, которые влияют на работу всей системы. Поэтому, важно проводить испытания РЭА на одновременное воздействие электромагнитного и теплового полей, имитируя реальные условия эксплуатации, что позволит выявить наиболее чувствительные компоненты и осуществить оценку их электромагнитной стойкости.

Целью работы является создание опытного образца климатической экранированной ТЕМ-камеры для совместных климатических и электромагнитных испытаний электронной компонентной базы бортовой РЭА КА.

Разработана климатическая экранированная ТЕМ-камера (КЭК) (рисунок 1) для совместных климатических и электромагнитных испытаний [2], а также биомедицинских исследований [3]. Она позволит получить новые знания о взаимовлиянии внутренних и внешних электромагнитных и климатических воздействий на неё и ИО в ней. Разработаны технические требования, приведены технические характеристики и разработаны методы применения КЭК для испытаний на помехоэмиссию и помехоустойчивость при одновременном воздействии температурного поля на ИО, а также для биомедицинских исследований.

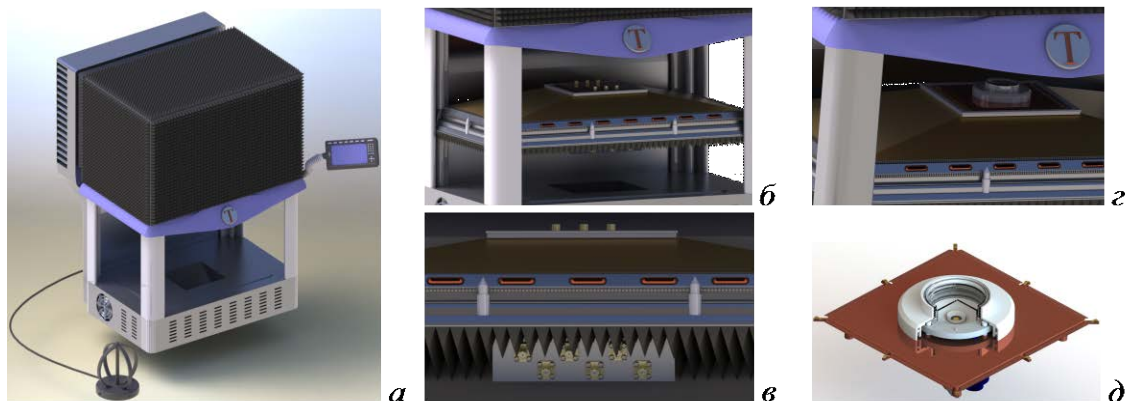


Рис. 1. Облик КЭК (а), вид с открытой дверью (б), вид двери со стороны соединителей (в), совместно (г) со столом для биологических объектов (д)

Испытательный контейнер в КЭК выполнен в виде ТЕМ-камеры. Разработана оригинальная конструкция ТЕМ-камеры. Предложена методика с применением аналитического, квазистатического и электродинамического подходов, позволяющая учитывать реальные неточности, возникающие при создании сложных форм конструкций волноводов из металла, и предложен алгоритм оптимизации их геометрических параметров [4]. По методике создана ТЕМ-камера с характеристиками выше, чем у существующих [5]. Камера имеет $|S_{11}| < -20$ дБ в диапазоне частот до 2 ГГц, при максимальной высоте ИО 20 мм. Вычислены значения эффективности экранирования (ЭЭ) и карты E -поля в центре ТЕМ-камеры с неравномерностью ± 6 дБ, что соответствует стандартам на помехоэмиссию и помехоустойчивость ИС. Поэтому она пригодна для исследований и испытаний ИС, малогабаритной РЭА, а также биологических объектов, представляющих собой клетки и ткани живых организмов и растений.

Для ТЕМ-камеры выполнено моделирование охлаждения до минус 50°C и нагрева до $+150^\circ\text{C}$ с оценкой изменения её размеров. Создано устройство для термоконтальной системы КЭК. Разработаны платы управления и Н-моста, управляющие большим количеством элементов Пельтье (ЭП) на поверхности ТЕМ-камеры. Разработан Н-мост, управляемый одним сигналом широтно-импульсной модуляции (ШИМ) для инверсии тока через ЭП логическим уровнем [6]. Разработаны структурная схема, алгоритм работы, ПО и выполнено моделирование пятифазного ШИМ регулятора, позволяющего стабилизировать ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) температуру в ТЕМ-камере в диапазоне от -50°C до $+150^\circ\text{C}$ и снизить пиковую нагрузку на источник питания в 5 раз [7]. Создан лабораторный макет терморегулятора для КЭК, показавший достижение температур от $+2^\circ\text{C}$ до $+125^\circ\text{C}$. КЭК может быть применима при исследованиях и испытаниях на ЭМС или измерении параметров ИО согласно военным и космическим стандартам, например, таким как MIL-STD, ECSS, NASA-STD, RTCA. При необходимости опытный образец КЭК с испытательным столом может быть переделан под конкретные задачи заказчика. Основными потребителями могут быть конструкторские бюро, институты и университеты, занимающиеся исследованиями, разработками и испытаниями в области авиакосмической, военной, ядерной и транспортной отраслях, а также изучением развития Арктических зон и приполярных регионов или влияния электромагнитного поля на живые организмы. В сфере производства при помощи камеры возможно проводить исследования и испытания объектов на ЭМС, а именно на эмиссии и восприимчивость объекта к электромагнитному полю, с одновременным контролем температуры и влажности воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комнатнов М.Е. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2014. – №4(34), ч. 1. – С. 39–45.
2. Пат. №2558706 РФ. Климатическая экранированная камера / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов (РФ). – № 2014103639/07; заявл. 03.02.2014; опубл. 08.07.2015, Бюл. №22.
3. Пат. №2627985 РФ. Камера для совместных климатических и электромагнитных воздействий на биологический объект / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов, А.В. Бусыгина, А.А. Собко, А.В. Осинцев, О.А. Матвеев (РФ). – № 2015141198; заявл. 28.09.2015. опубл. 14.08.2017.
4. Комнатнов М.Е. Оптимизация геометрических параметров ТЕМ-камеры / М.Е. Комнатнов, Т.Т. Газизов // Технологии ЭМС. –2016. – №4 (59). – С. 7–16.
5. Пат. №2606173 РФ. ТЕМ-камера / М.Е. Комнатнов, Т.Р. Газизов (РФ). – № 2015156668; заявл. 28.12.2015. опубл. 10.01.2017.
6. Osintsev A.V. Temperature controller for external surface of waveguide / A.V. Osintsev, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov // Proc. of Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – 2016. – Russia, Moscow. – P. 1–4.
7. Osintsev A.V. Software under control of a real-Time operating system for environmental shielded TEM-chamber / A.V. Osintsev, A.A. Sobko, M.E. Komnatnov // IEEE 17th Int. Conf. on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2016, Erlagol, Altai, 30 June – 4 July 2016, P. 159–163.