

## КАЛИБРОВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ GTEM ТИПА И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Г. Минск, Республика Беларусь

Герасимова А. А.

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

Учитывая развитие технологий в сфере создания радиоэлектронных средств с значительным увеличением количества выпуска и использования радиооборудования проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) становится все более острой и актуальной. Для обеспечения ЭМС необходимо определять уровни электромагнитного излучения испытываемого оборудования и таким образом оценивать влияние этого оборудования на работоспособность окружающей аппаратуры.

При измерениях и испытаниях радиотехнического оборудования, излучающего радиоволны в свободное пространство, широко применяются беззювые камеры (БЭК). Во многих случаях испытания радиоэлектронных средств в таких камерах позволяет резко сократить и полностью исключить натурные испытания, что приводит к значительной экономии средств, а главное – времени разработки сложной радиотехнической аппаратуры. Для практического использования БЭК в метрологической практике необходимо определить их метрологические и электромагнитные характеристики, что возможно при калибровке БЭК.

Одной из разновидностей таких камер является GTEM-камера, которая представляет собой TEM-волновод с верхней границей частоты, захватывающей гигагерцовый диапазон. Это недорогое альтернативное устройство для измерений, как параметров излучения, так и устойчивости к излучению.

В докладе рассматривается методика калибровки GTEM-камеры и способ ее автоматизации.

Методика калибровки (МК) распространяется на GTEM-камеру, предназначенную для испытаний на ЭМС и измерений излучаемого уровня мощности электромагнитного поля и напряженность электрического поля в полосе частот от 30 МГц до 1 ГГц от малогабаритного радиоэлектронного оборудования. Под ним понимается оборудование, размеры которого не превышают объем рабочей области камеры. Важнейшими параметрами GTEM-камеры являются: коэффициент затухания ( $K_{кр}$ ), который определяет величину характеризующую степень ослабления сигнала, излучаемого объектом испытаний, в рабочей области GTEM-камеры на определенной частоте и напряженность электрического поля ( $E$ ) в данной точке рабочей области камеры. При калибровке камеры определяются действительные значения указанных параметров и сопровождающие их неопределенности измерений с использованием метода косвенных.

Математическая модель измерения коэффициента затухания имеет следующий вид:

$$K_{кр} = (\alpha_f + \lambda_{af}) - (\alpha_{pf} + \lambda_{apf}) + \Delta_{поз}, \quad (1)$$

где  $K_{кр}$  – коэффициент затухания, дБ;

$\alpha_f$  – уровень мощности, излучаемый эталонным генератором тестового сигнала при вертикальной поляризации на частоте  $f$ , определяемый на расстоянии трех метров от измерительной антенны по результатам калибровки генератора, дБм;

$\alpha_{pf}$  – измеренное значение уровня мощности на частоте  $f$  на выходе камеры, дБм;

$\lambda_{af}$  – поправка обусловленная неопределенностью калибровочных характеристик генератора тестового сигнала, дБ;

$\lambda_{apf}$  – поправка, обусловленная неточностью измерения уровней мощности анализатором спектра, дБ;

$\Delta_{поз}$  – поправка на неточность установки генератора тестового сигнала в одну и ту же точку рабочей области, дБ.

Математическая модель измерения напряженности поля имеет следующий вид:

$$E = E_{СНЭ} + [(\beta(f_i) + \gamma_{\beta(f_i)}) - (\beta_{\alpha(f_i)} + \gamma_{\beta_{\alpha(f_i)}})] + \Delta_{поз}, \quad (2)$$

где  $E$  – измеряемая напряженность поля, дБмкВ/м;

$E_{СНЭ}$  – напряженность поля, определяемая из калибровочных характеристик эталонного генератора тестового сигнала, дБмкВ/м;

$\beta(f_i)$  – измеренная амплитуда сигнала от испытываемого устройства на частоте  $f_i$ , дБмкВ;

$\beta_{\alpha(f_i)}$  – измеренная амплитуда сигнала от генератора тестового сигнала на частоте  $f_i$ , дБмкВ;

$\gamma_{\beta}$  – поправка обусловленная неточностью анализатора спектра при измерениях напряжения, дБ;

$\gamma_{\beta pf}$  – поправка обусловленная неопределенностью калибровочных характеристик генератора тестового сигнала при измерениях напряжения от испытываемого оборудования, дБ;

$\Delta_{поз}$  – поправка на неточность установки генератора тестового сигнала в одну и ту же точку рабочей области, дБ.

Для автоматизации процедуры калибровки был разработан алгоритм работы программы и ее скрипт. Интерфейс пользователя программного обеспечения *UniTesS* представляет собой совокупность базы данных, автоматизированного рабочего места, а также скриптового языка программирования *UniTesS Script Language*. Преимущество данного языка программирования заключается в его пошаговом выполнении команд без предварительной обработки программы, с помощью которых производится управление, используемыми в процессе калибровки генератором тестового сигнала, анализатором спектра, а также снимаются результаты измерений. Управление приборами и измерение контролируемых параметров производится автоматически под управлением персонального компьютера, с помощью которого также производится обработка результатов измерений с определением указанных метрологических характеристик и неопределенности их измерения. Процедура оформления протокола калибровки также автоматизирована.

Автоматизация калибровки позволяет значительно сократить время, затраченное на калибровку, ускорить вычисления и максимально возможно исключить человеческий фактор.

Список использованных источников:

1. Мицмахер, М. Ю., Торгованов В. А. Безэховые камеры СВЧ. – Москва : Радио и связь, 1982. – 128 с.
2. IEC 61000-4-20:2010 *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and Measurement Techniques – Emission and Immunity Testing in Transverse Electromagnetic (TEM) Waveguides*.
3. IEC 61000-4-3:2006 *Radiated, Radio-frequency, Electromagnetic Field Immunity Test*.