

# Изпитване устойчивостта на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета

Иво ДОЧЕВ\* и Камен ВЪЛКОВ\*

\* Технически университет – София, София 1797, България, бул. “Кл. Охридски” No. 8, Бл. 1 E-mail: idochev@tu-sofia.bg, valkov.k@gmail.com

---

**Резюме.** Zigbee системите намират все по-голямо приложение и популярност в промишлената автоматизация, където управляват и събират статистически данни за важни производствени процеси и величини. В много от случаите Zigbee системи оперират в силно зашумена среда, едновременно с множество други ел. устройства – източници на външни електромагнитни полета и смущения. Настоящият доклад описва процедурата, опитната постановка и резултатите от проведените изпитания на устойчивост на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета. Направен е анализ на поведението на системата за събиране на данни при различни нива на напрегатост на електромагнитното поле. Изпитването е проведено в лаборатория „Електромагнитна съвместимост“ към Български институт по метрология.

**Immunity testing of ZigBee data acquisition system on the external electromagnetic fields (Ivo Dochev, Kamen Valkov).**

Zigbee systems are constantly increasing their popularity in industrial automation applications, where they are used for control of important manufacturing processes and monitoring of statistical values. Often such Zigbee systems are operating in very noisy environment, together with many others electronic devices, which can be considered as external source – emitters of electromagnetic fields and interferences. This report describes a procedure, experimental design and test results carried out on the immunity of ZigBee data acquisition system on external electromagnetic fields. An analysis of the behavior of data acquisition system at different levels of intensity of the electromagnetic field. The test was performed in the laboratory "Electromagnetic compatibility" to Bulgarian Institute of Metrology.

---

## Увод

Всяко едно електронно устройство работи под въздействието на различни смущения, разпространяващи се в свободното пространство, по захранващите, комуникационните линии, електростатични разряди и др. Ето защо за нормалната работа на устройствата в реална електромагнитна обстановка е необходимо те да са устойчиви на разпространяващите се смущения.

Един от аспектите на електромагнитната съвместимост е изпитването на устойчивост на електронната апаратура относно външни електромагнитни полета. В зависимост от типа на изпитваното устройство най-често проверката се извършва в честотния диапазон от 80 MHz до 1 GHz, но в някои случаи този честотен

диапазон се разширява до 2,7 GHz. Друг важен параметър е нивото на напрегатостта на електромагнитното поле. Стандартните нива съответно са: 1 V/m, 3 V/m, 10 V/m и 30 V/m [1, 2, 3].

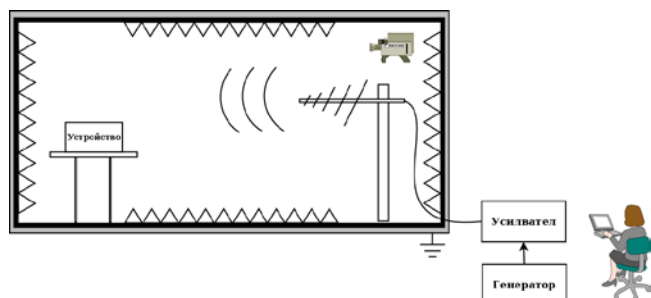
Настоящият доклад описва процедурата, опитната постановка и резултатите от проведените изпитания на устойчивост на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета.

## Изпитвателна постановка

На фиг. 1 е показана изпитвателната постановка за изпитване устойчивостта на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета [1]. Тя съдържа: измервателен генератор, усилвател, измервател на

мощност, предавателна антена, полубезехова камера, видео камера и изпитвано устройство (ZigBee система за събиране на данни). Посредством измервателния генератор се изработват хармонични колебания в определен честотен диапазон. Усилвателят осигурява необходимата изходна мощност на сигнала, който се подава към предавателната антена, за получаване на зададената напрегнатост на електромагнитното поле [6,7]. Безеховата камера по своята същност представлява екранирано помещение, но от вътрешната му страна са взети мерки електромагнитните вълни да не се отразяват от стените, пода и тавана. По този начин се гарантира хомогенността на електромагнитното поле в точката на разполагане на изпитваното устройство [4,5]. Видео камерата дава възможност да се наблюдава поведението на изпитваното устройство по време на изпитанието, тъй като не е допустимо наличие на оператор в безеховата (полубезеховата) камера при наличие на генерирано електромагнитно поле.

На фиг. 2 и фиг. 3 е показано разположението на ZigBee система за събиране на данни в полубезеховата камера.



Фиг. 1. Изпитвателна постановка за изпитване устойчивостта на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета.

### Изпитвателна процедура

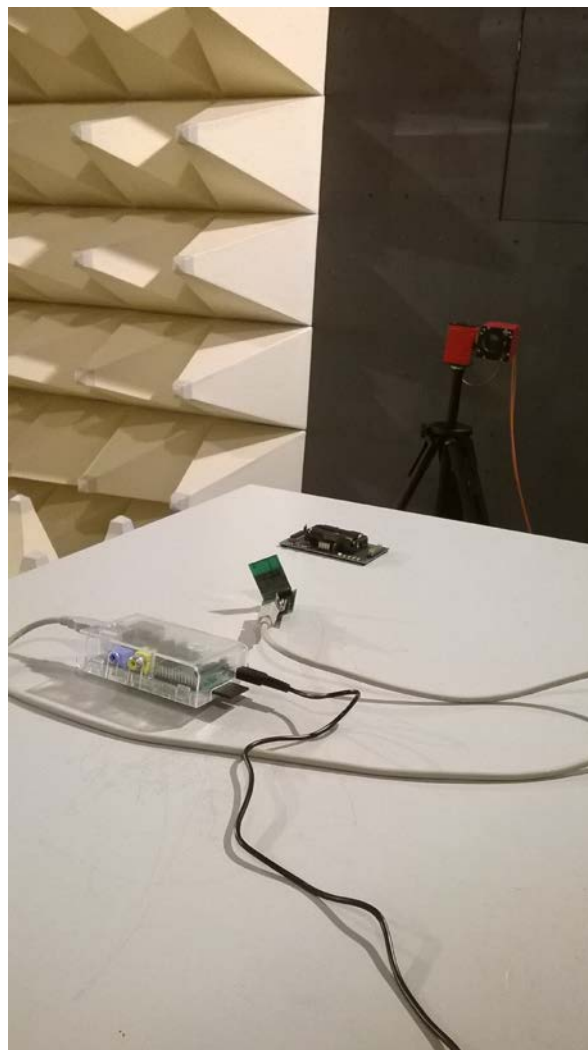
Изходният сигнал на измервателния генератор представлява високочестотен синусоидален сигнал, който е амплитудно или импулсно модулиран с нискочестотен синусоидален сигнал с честота 1 kHz и дълбочината на модулация е 80 %. Най-често използвания честотен диапазон на радиочестотния сигнал е от 80 MHz до 1000 MHz (2700 MHz). Този сигнал се използва за радиочестотното смущение, който с помощта на предавателната антена се излъчва в свободното пространство.

Измервателната процедура включва подаване на радиочестотни смущения в целия честотен диапазон (от 80 MHz до 2700 MHz), като стъпката

между отделните честоти е 1 % от предходната честота. Препоръчително е всяка една честота да се генерира за 2 s - 3 s, но не по-малко от 0,5 s, след което се преминава към следващата и така се обхожда целият честотен обхват.

По време на изпитването устройството не трябва да има отклонения от нормалната си работа.

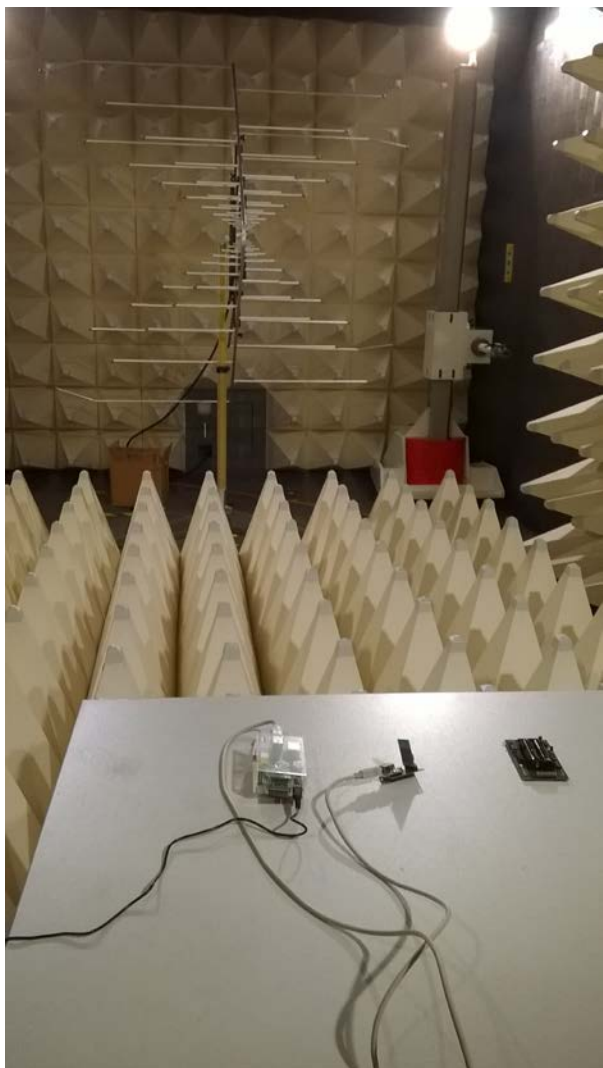
Тази процедура се изпълнява както за вертикална, така и за хоризонтална поляризация на антената.



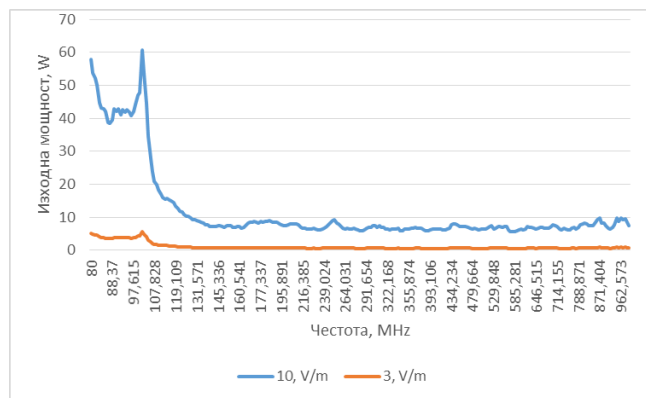
Фиг. 2. Изпитвателна постановка за изпитване устойчивостта на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета.

На фиг. 4 е представена в графичен вид необходимата входна мощност подавана към предавателната антена, за да се осигури 10 V/m или 3 V/m на мястото на разположение на ZigBee система за събиране на данни в честотния диапазон от 80 MHz до 1000 MHz. Аналогично на фигури 5, 6 и 7 са представени в графичен вид

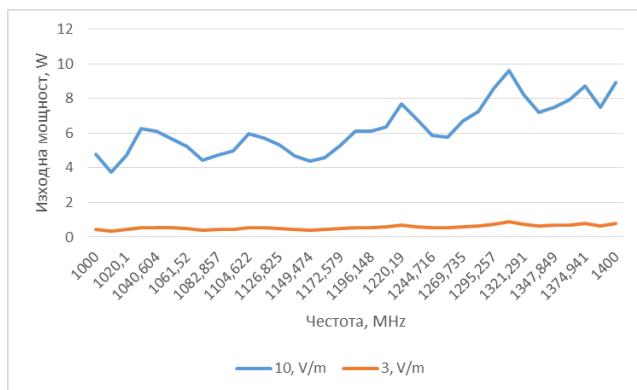
мощностите за честотните диапазони 1000 MHz до 1400 MHz, 1400 MHz до 2000 MHz и 2000 MHz до 2700 MHz.



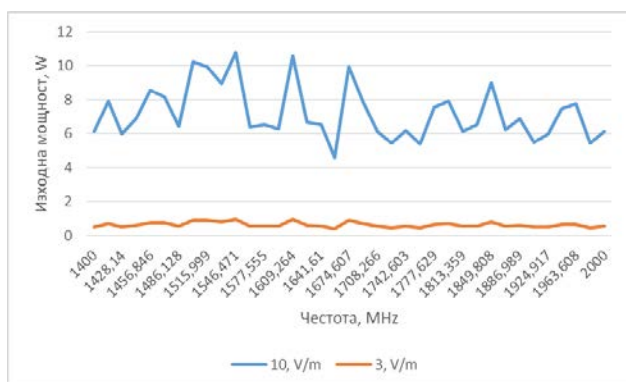
Фиг.3. Изпитвателна постановка за изпитване устойчивостта на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета



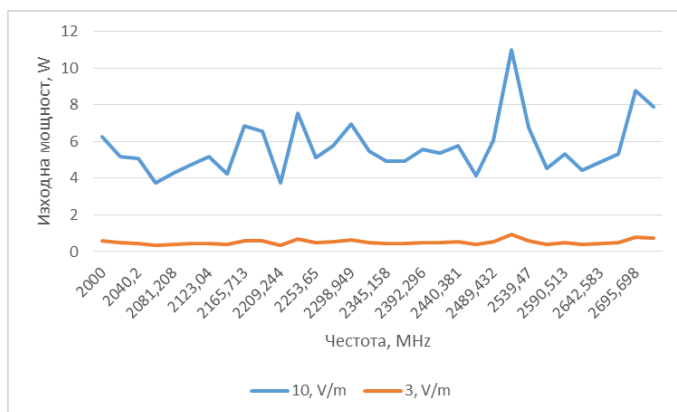
Фиг.4. Необходима входна мощност, подавана към предавателната антена в честотния диапазон от 80 MHz до 1000 MHz .



Фиг.5. Необходима входна мощност, подавана към предавателната антена в честотния диапазон от 1000 MHz до 1400 MHz .



Фиг.6. Необходима входна мощност, подавана към предавателната антена в честотния диапазон от 1400 MHz до 2000 MHz .



Фиг.7. Необходима входна мощност, подавана към предавателната антена в честотния диапазон от 2000 MHz до 2700 MHz .

## Резултати

В таблица 1 са поместени резултатите от проведените изпитания на устойчивост относно устойчивостта на външни електромагнитни полета на ZigBee система за събиране на данни.

**Таблица 1**

Резултати от проведените изпитания на устойчивост относно устойчивостта на външни електромагнитни полета на ZigBee система за събиране на данни).

Честотен диапазон, MHz	Напрегнатост на полето 3 V/m	Напрегнатост на полето 10 V/m
80 – 1000	ОК	800 MHz – прекъсване на връзката
1000 – 1400	1200 MHz – прекъсване на връзката	1200 MHz – прекъсване на връзката
1400 - 2000	ОК	ОК
2000 - 2700	2,4 GHz – прекъсване на връзката	2,4 GHz – прекъсване на връзката

От направеното изследване се вижда, че възникват интерференции, които се изразяват в загуба на връзка със ZigBee системата за събиране на данни на. Те възникват на честоти равни или кратни на работната честота на ZigBee система за събиране на данни - 800 MHz, 1200 MHz и 2400 MHz.

### Заклучение

Настоящият доклад описва процедурата, опитната постановка и резултатите от проведените изпитания на устойчивост на ZigBee система за събиране на данни относно външни електромагнитни полета. Направен е анализ на поведението на системата за събиране на данни при различни нива на напрегнатост на електромагнитното поле.

От получените резултати могат да се направят следните изводи:

- ZigBee системите могат да се използват в апаратни средства изискващи устойчивост до 1000 MHz и напрегнатост на полето до 3 V/m;
- За използването на ZigBee системите в апаратни средства, изискващи по-широк честотен диапазон и по-висока напрегнатост на полето е необходимо разработване на алгоритми за автоматична смяна на работния канал и отстраняване на грешките.

### Участие в проекти

Научноизследователски проект в помощ на докторанти (сесия 2015 г. втори етап)  
№ 142пд0054-07.

### Благодарности

Авторският колектив изказва благодарности на лаборатория „Електромагнитна съвместимост“ към български институт по метрология, за предоставената възможност и указаното съдействие при провеждане на измерванията.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] БДС EN 61000-4-3:2006/A2:2010, Електромагнитна съвместимост (EMC). Част 4-3: Методи за изпитване и измерване. Изпитване на устойчивост на излъчено радиочестотно електромагнитно поле.

[2] БДС EN 61000-6-1:2007, Електромагнитна съвместимост (EMC). Част 6-1: Общи стандарти. Устойчивост на смущаващи въздействия за жилищни, търговски и лекопромишлени среди (IEC 61000-6-1:2005).

[3] БДС EN 61000-6-2:2006, Електромагнитна съвместимост (EMC). Част 6-2: Общи стандарти. Устойчивост на смущаващи въздействия за промишлени среди (IEC 61000-6-2:2005).

[4] José Ignacio Huertas, Roberto Barraza, Julian Mauricio Echeverry, “Wireless Data Transmission from Inside Electromagnetic Fields”, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 44 (2), 2010, pp. 88-97

[5] "ZigBee specification," ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/Specifications.aspx>

[6] Q. Shan, I. A. Glover, P. J. Moore, I. E. Portugues, R. J. Watson, and R. Rutherford, "Performance of Zigbee in Electricity Supply Substations," in Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. International Conference on, 2007, pp. 3866-3869

[7] K. L. Shlager, G. S. Smith, and J. G. Maloney, "Accurate analysis of TEM horn antennas for pulse radiation," Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on, vol. 38, pp. 414-423, 1996.

*Доц. д-р инж. Иво Н. Дочев – Технически университет – София,, Маг. инж. специалност „Електроника и Автоматика“ (1996 г.), Доктор (2009 г.), Доцент (2011 г.), катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“, факултет по телекомуникации, ТУ-София. Научни интереси: EMC.*

тел.: +359 2 965 21 46 e-mail:idochev@tu-sofia.bg.

*докторант инж. маг. Камен В. Вълков – Технически университет – София,, Маг. инж. специалност „Телекомуникации“ (2012 г.), Докторант (2013 г.), катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“, факултет по телекомуникации, ТУ-София. Научни интереси: EMC.*

тел.: +359 2 965 21 46 e-mail: valkov.k@gmail.com .