

**ГЕНЕРИРАНИ С ПИЕЗО КРИСТАЛ ВИСОКОВОЛТОВИ ИМПУЛСИ ЗА
ТЕСТВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СЪВМЕСТИМОСТ****PIEZO CRYSTAL GENERATED HIGH-VOLTAGE
IMPULSES FOR EMC TESTING****Kliment Angelov***Technical university of Sofia***Kalina Kalinovska***Technical university of Sofia***Abstract**

This article outlines the possible usage of high-voltage pulses generated by piezo crystals in tests for electromagnetic compatibility of communication equipment. With special constructed laboratory equipment multiple impulses are generated and evaluated with an oscilloscope. An analysis of the data was correlated with other studies in the field of electrostatic discharge from the human body. A test on real communication components was conducted. The experiment has the possibility of implementing the proposed experimental method in other laboratory tests.

Keywords: Electromagnetic Compatibility (EMC), Electrostatic Discharge (ESD), HV Impulses.

ВЪВЕДЕНИЕ

В наши дни конструирането на надеждно работеща радиокомуникационна апаратура е наложително от гледна точка на оптимално разходване на ресурси от всякакъв тип. Към тях могат да се зачислят както материални, така и организационни, които в крайна сметка винаги имат известно финансово изражение.

Съвременните комуникационни системи биват внедрявани, обслужвани и експлоатирани в различни обкръжаващи ги среди, всяка от които се характеризира с редица застрашаващи явления. Могат да се изброят негативни фактори като влага, прах, вибрации, електромагнитни излъчвания (като комуникационни смущения, мълнии и др.), които в по-голяма степен представляват опасност за системите, работещи на открито. Апаратурата, работеща на закрито също не е застрахована от подобен тип заплахи. Нещо повече, при този тип системи опасност се явяват дори и електростатичните разряди, които човек натрупва ежедневно в тялото си и при допир по време на експлоатация предизвикват лавинообразен диелектричен пробив през въздуха във вид на искра.

Електростатични заряди с потенциална разлика 3÷4 kV дори не предизвикват усещане у хората [1][2], а при по тежките

тя достига до 10÷15 kV, дори 30 kV [3]. Наличието на подобни високи напрежения и скокообразно променящият се ток при диелектричния пробив, съпътстващ електростатичния разряд, предизвикват значими ширококолентови смущения. Наеобходими са както симулационни, така и физически генерирани импулсни смущения, които да позволяват изследването на съответните явления.

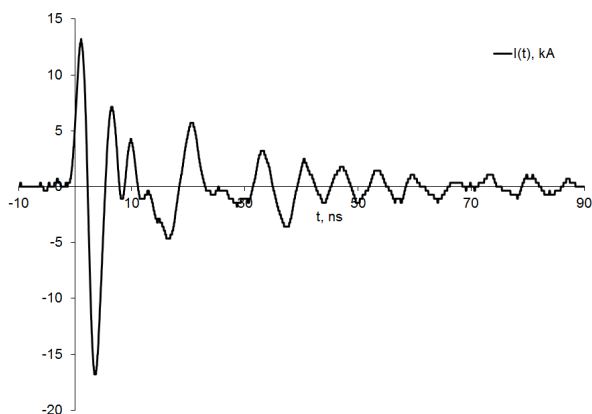
В настоящата статия е разгледана възможността за употреба на пиезокристални генератори на смущаващи импулси, наподобяващи тези на електростатичния разряд, при които може да се получи добра повтаряемост на експериментите. Направен е и анализ на явленията съпътстващи прилагането на така генерираните импулси върху части от реална радиокомуникационна апаратура.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За експериментални изследвания в областта на електромагнитната съвместимост (EMC) е необходимо да се прибегне до използване на генератори на високоволтови импулси, симулиращи електростатичен разряд от човешкото тяло. В практиката има различни подходи за

постигане на високи потенциални нива, като например използването на (авто)трансформатори, вериги за умножаване на напрежението и др. Авторите на настоящата статия са прибягнали до подход за получаване на кратковременни високоволтови импулси с помощта на пиезокристален елемент. Подобен тип решение се използва в тривиални условия от човешкия бит, като например при обикновена запалка за газови котлони. В настоящата статия е направено експериментално изследване на параметри на подобен тип високоволтов генератор, с цел сравняването на получените с него импулси с други цитирани в литературата, отнасящи се до електростатични разряди от човешкото тяло.

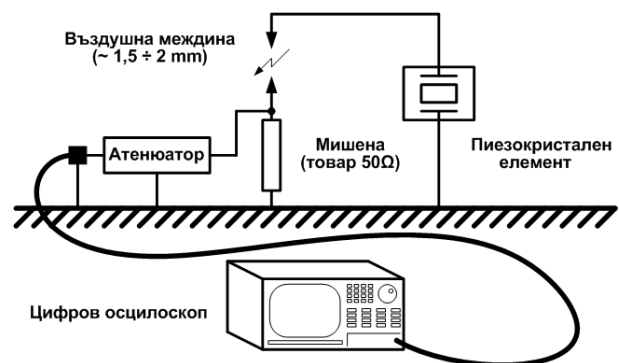
На фиг. 1 е показано изображение на отчетената с помощта на високочестотен осцилоскоп промяна при въздействие на гореописания пиезокристален елемент на тока $I_L(t)$ през нискоомна резистивна „мишена“. Схема на така реализирания тест е показана на фиг.2, като избора на товарния резистор (мишена) е направен от гледна точка бъдещото изследване на антени, чийто входен характеристичен импеданс е 50Ω .



Фиг. 1. Ток при въздействие на високоволтов импулс от пиезокристален елемент

От формата на кривите показани на фиг.1 се вижда, че генерирания заряд предизвиква значителни амплитуди на потока на преносители на заряда, като енергията му не се разсейва директно, а се колебае, предизвиквайки затихващи, близки до синусоидалните токове. Основният период на тези флуктоации е от

порядъка на $8 \div 15$ ns, което съответства на честота в диапазона $65 \div 125$ MHz. Забелязва добро сходство с подобен тип импулси, за които в литературата се цитират примерни стойности от порядъка на 42 MHz [3]. За потвърждаване на коректността на получените по този метод импулси, тестът с подобен тип генериране е повторен многократно, като за по-голяма нагледност на изображението на фиг. 1 е дадена само една от тези криви. Наблюдава се добра повторимост на резултатите, която е следствие на константното импулсно механично въздействие, осигурявано от притискащия кристала пружинен елемент. Тези резултати дават основание генерираните по този начин импулси да бъдат използвани като тестови при изследването на реални телекомуникационни модули от гледна точка тяхната ЕМС и устойчивостта им на електростатични разряди от подобен тип.

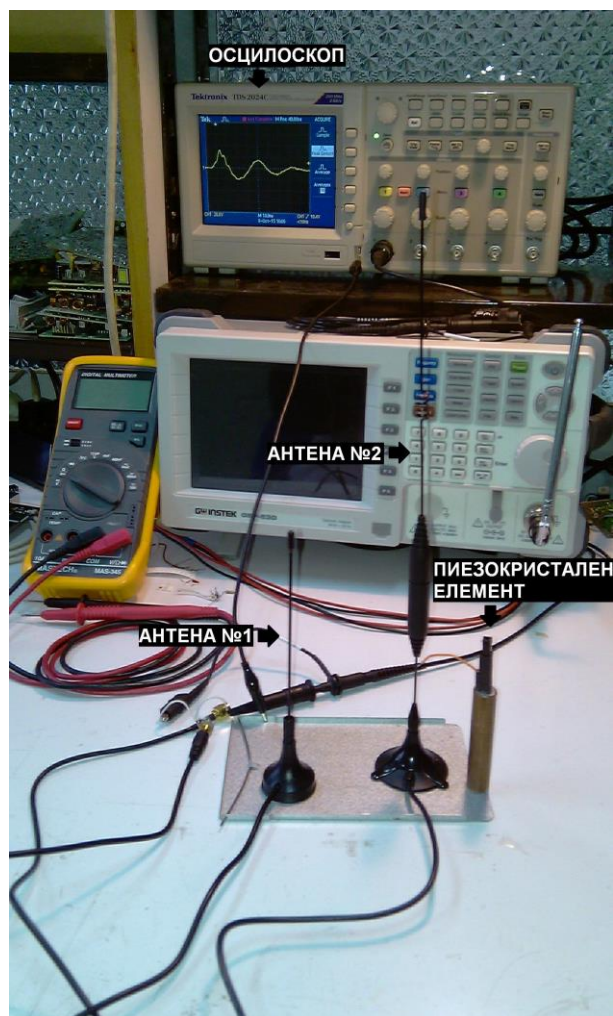


Фиг. 2. Схема на опитния стенд

На фиг. 3 е показана снимка на опитния стенд, на която са видни и две малобагабитни мобилни антени, които в последствие ще бъдат подложени на въздействието на високоволтови импулси, генерирани с помощта на пиезокристален елемент. Данни за типа и някои други параметри на антените са поместени в таблица №1. При избора им е взето под внимание, че подобен тип антени са предвидени за персонални приложения, имат малки размери и възможност за голяма мобилност, което обуславя честата им мануална интервенция от хора и съответно че те са изложени на по-сериозен риск от електростатични разряди, предизвикани от човешкото тяло.

Таблица № 1. Основни параметри на изследваните антени

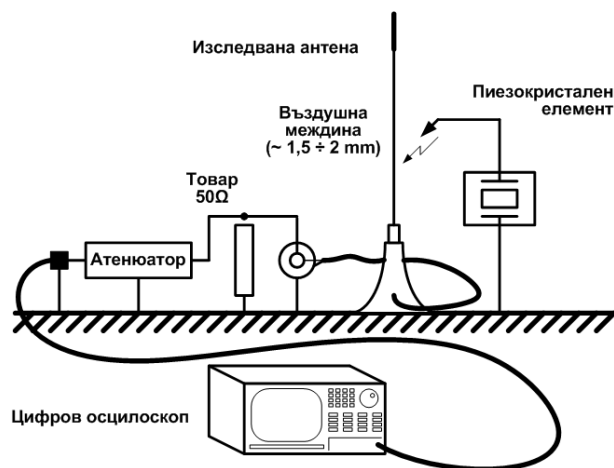
Изследвана мишена	Предназначение	Работна честота, MHz	Максимален размер, m	Забележка
Антенa №1	Приемни DVB-T устройства	625	0,15	мобилна, с магнитна основа
Антенa №2	Устройства по стандарт GSM900	920	0,30	мобилна, с магнитна основа



Фиг. 3. Снимка на опитния стенд и изследваните антени

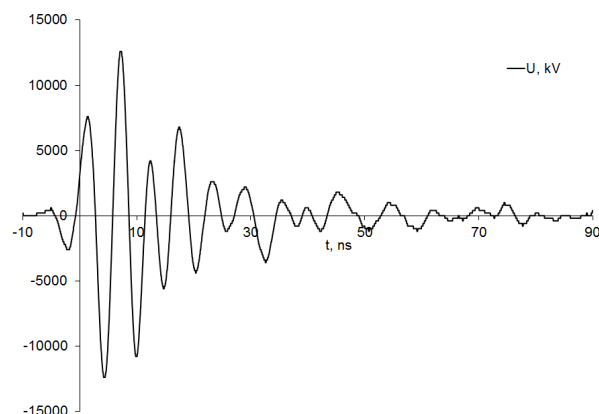
На фиг. 4 е показана схемата на опитната постановка, конфигурирана за теста на антените, описани в таблица №1. Изследванията са специфични за всеки един вид антена поради геометричните и честотни параметри, които биха обуславяли различна реакция спрямо смущенията. В

рамките на тестовата ситуация участват и параметрите на свързващия коаксиален кабел, като по тази причина направените в настоящата статия изследвания оценяват смущенията в края му, където се явява включена радиокомуникационната апаратура. Изследваната антена е свързана към товар със съпротивление 50Ω , който имитира входния импеданс на дадено устройство.



Фиг. 4. Схемa на опитния стенд за изследване на антена

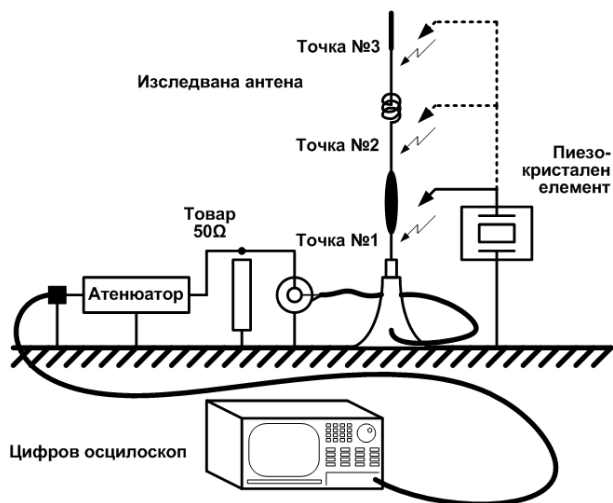
На фиг. 5 е показана графика на напрежението, получено на коаксиалния изход на Антенa №1 при въздействие на импулси от пиезокристален елемент, като отново за яснота е отразена само една от получените криви. Забелязва се значителен размах на смущенията за тази антена.



Фиг. 5. Напрежение на коаксиалния изход на Антенa №1

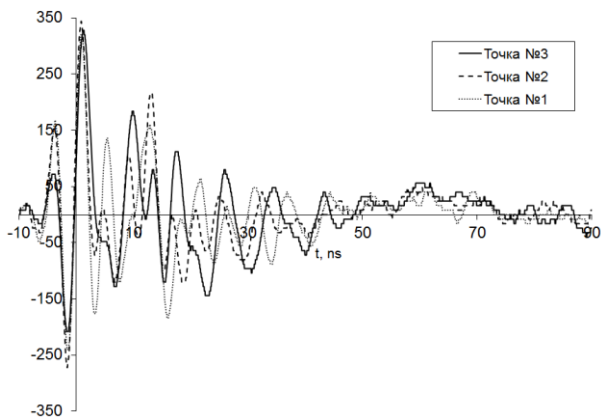
Поради характера на Антенa №2, която включва в рамките на монополния елемент две реактивни структури с индуктивен

характер, изследванията за нея бяха проведени с насочване на разряда в три точки, както е показано на фиг. 6.



Фиг. 6. Схема на опитния стенд за изследване на Антена №2 и точки на насочване на електростатичния разряд

Резултатите за получените смущаващи напрежения на коаксиалния изход на Антена №2 за трите точки на насочване на разряда са показани на фиг. 7.



Фиг. 7. Фиг. 5. Напрежения на коаксиалния изход на Антена №2 за трите точки на провеждане на експеримента

От получените експериментални резултати става видно, че има голяма разлика в реакциите на двете антени при попадане на еднотипни високоволтови смущаващи импулси върху монополния им елемент. Също така е видно, че съществува известна разлика във формата на напрежението на коаксиалния изход на Антена №2 в зависимост на различното

място на попадане на електростатичния разряд спрямо реактивните и структури.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на резултатите от експерименталните изследвания, описани в настоящата статия, водят до следните изводи:

- Предложеният метод за генериране импулси, имитиращи електростатични разряди от човешкото тяло, кореспондира с данните от литературните източници и предполага възможността за използването му в лабораторни условия;
- Изследванията върху реални антени показват, че има значими разлики в поведението им в случай на електростатичен разряд, предизвикано от конкретната конфигурация антена/кабел;
- Наблюдава се сравнително слабо влияние на местоположението на попадане на електростатичния разряд върху една и съща антена от гледна точка на внесените смущения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Boxleitner, W., Electrostatic Discharge and Electronic Equipment, IEEE Press, NY, 1989.
- [2] Greason, W., Electrostatic Damage in Electronics: Devices and Systems, Research Studies Press, Wiley, NY, 1987.
- [3] Perry, W.F., Electrostatic Discharge, ABB Research Center Baden-Daetwil, Switzerland, Handbook of Electromagnetic Compatibility, Academic Press Inc., San Diego, Ca, 1995.

При реализирането на експерименталните изследвания в настоящата статия е използвана измервателна апаратура, предоставена от ТЕКОМА ENGINEERING Ltd, придобита с подкрепата на Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на Българската икономика“ 2007-2013, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейски фонд за регионално развитие и националния бюджет на република България по договор BG161PO003-1.1.05-0226-C0001.

Авторът, д-р маг. инж. Климент Н. Ангелов е главен асистент в катедра РКВТ при ФТК, ТУ-София. За контакти: kna@tu-sofia.bg.

Авторът, Калина Калиновска е редовен студент по специалност „Телекомуникации“ към ФТК ТУ-София.