

Elektromagnetická odolnosť - rýchle elektrické prechodné javy/skupiny impulzov

Urbančoková Hana · Elektrotechnika

18.08.2014



Z dôvodu nemožnosti odstránenia všetkých skutočných či potenciálnych zdrojov rušivých signálov v našom okolí, je potrebné zaistiť, aby elektronické zariadenia správne fungovali aj v ich prítomnosti. Veľký dôraz na elektromagnetickú odolnosť sa kladie na komponenty poplachových zabezpečovacích systémov. Ich cieľom je zaregistrovať a signalizovať prítomnosť, vniknutie alebo pokus o vniknutie narušiteľa do chráneného objektu. Z tohto dôvodu je u komponentov zabezpečovacích systémov dôležité vykonať skúšky na elektromagnetickú odolnosť. Ich bezporuchová prevádzka musí byť zaistená nielen v prostredí obytnom a obchodnom, ale aj v prostredí priemyselnom.

1. Úvod

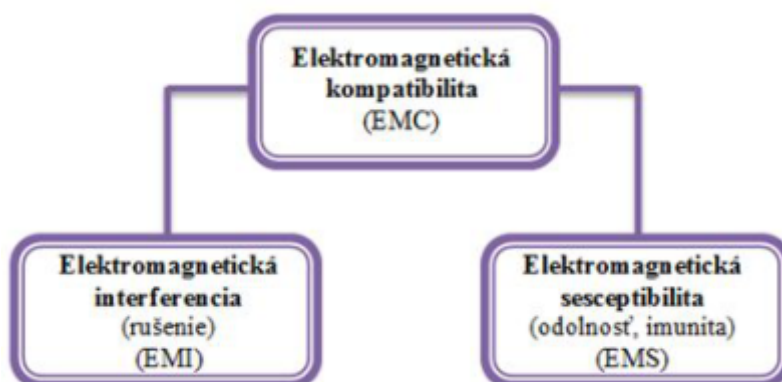
Rozvoj elektroniky v posledných desaťročiach jasne ukázal, že u každého elektronického zariadenia je dôležité poznať jeho elektromagnetickú odolnosť aj jeho vlastné elektromagnetické vyžarovanie. Táto znalosť nám umožňuje určiť vhodnosť umiestnenia daného typu zariadenia do určitého prostredia, v ktorom sa vyžaduje nielen jeho správna funkčnosť, ale aj funkčnosť ďalších zariadení. Všade okolo nás sa však vyskytujú mnohé elektromagnetické rušenia, ktoré by mohli spôsobovať u elektronických zariadení nesprávnu činnosť alebo ich úplnú prevádzkovú neschopnosť. Z tohto dôvodu sa vykonávajú skúšky elektromagnetickej odolnosti na všetkých zariadeniach, ktoré sú predávané na našom trhu.

Elektromagnetická odolnosť (imunita) či citlivosť (susceptibilita) je jedna z dvoch oblastí celkovej problematiky elektromagnetickej kompatibility. Keďže z okolia technického zariadenia nikdy nemožno odstrániť všetky skutočné či potenciálne zdroje rušivých signálov musíme zaistiť, aby takéto technické zariadenie správne fungovalo aj za ich prítomnosti bez nežiaduceho ovplyvňovania jeho funkcie či jeho poškodenia. [1] Cieľom tohto príspevku je vysvetliť problematiku skúšok elektromagnetickej odolnosti na rýchle elektrické prechodné javy/skupiny impulzov. Následne je v príspevku popísaný návrh a realizácia testovacieho pracoviska elektromagnetickej odolnosti v súlade so základnými normami elektromagnetickej kompatibility.

2. Terminológia a normalizácia

Elektromagnetická kompatibilita (EMC) je schopnosť zariadení, systémov či prístrojov

vykazovať správnu činnosť aj v prostredí, v ktorom pôsobia iné zdroje elektromagnetických signálov. Tieto signály môžu byť prírodného či umelého charakteru. Ďalšou súčasťou EMC je schopnosť zariadení, systémov či prístrojov neprípustne neovplyvňovať svojou vlastnou „elektromagnetickou činnosťou“ svoje okolie, tzn. nevyžarujú signály, ktoré by mohli byť rušivé pre iné zariadenia.



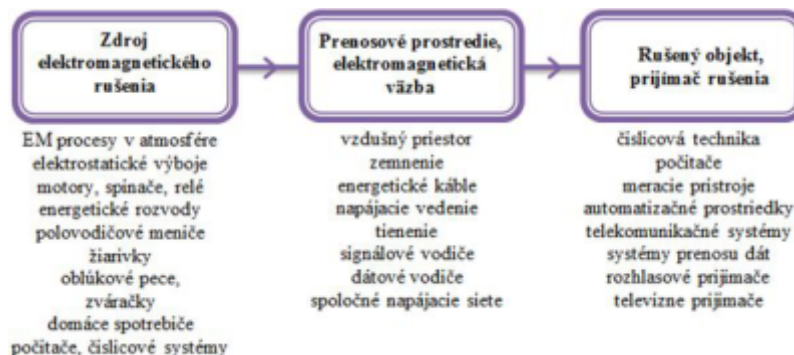
Obr. 1 Základné členenie problematiky EMC

Elektromagnetické rušenie (EMI) je proces, pri ktorom sa signál, generovaný zdrojom rušenia prenáša prostredníctvom elektromagnetickej väzby do rušených systémov. Jedná sa predovšetkým o identifikáciu zdrojov rušenia, popis a meranie rušivých signálov, identifikácia parazitných prenosových ciest a zavedenie opatrení hlavne na strane zdrojov rušenia a ich prenosových ciest. EMI sa teda týka príčin rušenia a ich odstraňovaním.

Elektromagnetická odolnosť (EMS) vyjadruje schopnosť zariadení a systémov pracovať bez porúch alebo s presne definovaným prípustným vplyvom v prostredí, v ktorom sa nachádza elektromagnetické rušenie. EMS sa zaoberá technickými opatreniami zvyšujúcimi elektromagnetickú odolnosť prijímačov rušenia, to znamená, že sa venuje odstraňovaniu dôsledkov rušenia, bez odstraňovania ich príčin.

Medzi základnú terminológiou pre testovanie elektromagnetickej odolnosti na rýchle elektrické prechodné javy/skupiny impulzov patria nasledujúce skratky a pojmy:

- EUT – skratka skúšaného zariadenia,
- EFT/B – rýchly elektrický prechodný jav/skupina impulzov,
- prechodný jav popisuje jav alebo veličinu, ktorá sa mení medzi dvoma následnými ustálenými stavmi počas časového intervalu, ktorý je krátky v porovnaní s celým uvažovaným časovým obdobím,
- skupina impulzov je postupnosť obmedzeného počtu jednotlivých impulzov alebo oscilácií s obmedzeným trvaním, [2]



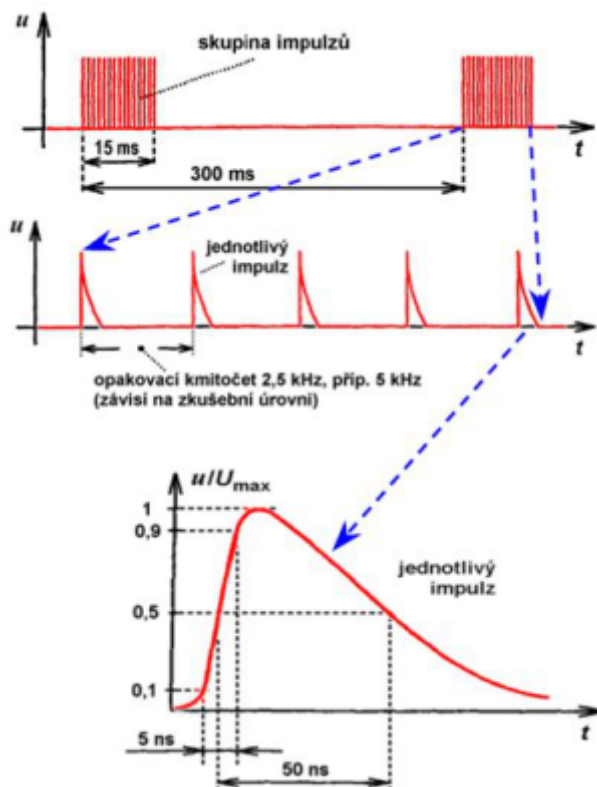
Obr. 2. Základný reťazec EMC a príklady jednotlivých oblastí

Vo všetkých krajinách Európskej únie platí jednotná prísne sledovaná direktíva 2004/108/EC Electromagnetic Compatibility (EMC). Stanovuje obecné požiadavky EMC pre uvedenie zariadenia či prístroja na trh. Bez splnenia týchto požiadaviek a ich preukázania, je akýkoľvek predaj, vystavenie či reklama daného zariadenia finančne postihovaná a zakázaná.

Norím týkajúcich sa EMC je veľké množstvo, medzi základné normy v Českej republike patria súbory noriem s označením ČSN IEC 1000 a ČSN EN 61000. Odolnosti proti rušeniu sa venuje predovšetkým súbor noriem ČSN EN 61000-4 a v rámci tohto príspevku sa najviac riadime normou ČSN EN 61000-4-4 ed. 3. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Časť 4-4: Skúšobná a meracia technika – Rýchle elektrické prechodné javy/skupiny impulzov – Skúška odolnosti. Ďalšou dôležitou normou pre oblasť elektromagnetickej odolnosti pre bezpečnostné systémy je norma ČSN EN 50130-4 ed. 2 Poplachové systémy – Časť 4: Elektromagnetická kompatibilita – Norma skupiny výrobkov: Požiadavky na odolnosť komponentov požiarnych systémov, poplachových zabezpečovacích a tiesňových systémov a systémov CCTV, kontroly vstupu a privolanie pomoci.

3. Špecifikácia rýchlych prechodných javov/skupiny impulzov

Rýchle prechodné javy/skupiny impulzov (EFT/B) predstavujú nízkoenergetické širokopásmové rušivé impulzy vo forme skupín krátkych prechodných javov. Obvykle vznikajú vplyvom indukčností pri spínacích pochodoch v napájacích, signálových či dátových sieťach. Môžu tiež vzniknúť vplyvom odskakovania kontaktov elektromechanických relé či vplyvom spínania vysokonapäťových vypínačov. Ich typickými vlastnosťami sú veľmi krátka nábežná hrana, krátka doba trvania, celkovo malá energia (10^{-3} J) a vysoká frekvencia opakovaní. [3]



Obr. 3 Priebeh skupiny rýchlych elektrických prechodných javov [3]

Nábežná hrana impulzu (doba nábehu – časový interval medzi okamžikmi, kedy okamžitá hodnota impulzu najprv dosiahne 10 % a potom 90 % hodnoty napätia) trvá len 5 ns a dĺžka impulzu (čas, kým impulz postupne dosiahne od 30 %, cez 100 % k 50 % napätia) trvá 50 ns. Impulzy sa zoskupujú po skupinách s trvaním 15 ms a doba medzi začiatkami jednotlivých skupín impulzov je 300 ms. Opakovací kmitočet impulzov v skupine je 2,5 kHz, prípadne 5 kHz. Jednotlivé impulzy majú veľkosť od 0,5 do 4 kV a výstupná záťaž generátoru je 50 Ω .

4. Skúška odolnosti podľa normy ČSN EN 61000-4-4

Skúšobné úrovne pre skúšku rýchlymi prechodnými javmi sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Jedná sa o skúšobné úrovne použiteľné na napájacie, zemné, signálové, dátové a ovládacie vstupy a výstupy testovaných zariadení.

Tab. 1 Skúšobné úrovne

Výstupné skúšobné napätie naprázdno a opakovací kmitočet impulzov				
Úroveň	Na vstupe/výstupe napájania, PE		Na I/O (vstupných/výstupných) signálových, dátových, ovládacích vstupoch/výstupoch	
	Vrcholové napätie kV	Opakovací kmitočet kHz	Vrcholové napätie kV	Opakovací kmitočet kHz
1	0,5	5 alebo 100	0,25	5 alebo 100
2	1	5 alebo 100	0,5	5 alebo 100
3	2	5 alebo 100	1	5 alebo 100
4	4	5 alebo 100	2	5 alebo 100

X	Špeciálne	Špeciálne	Špeciálne	Špeciálne
„X“ je otvorená úroveň, ktorú je potrebné určiť v špecifikách konkrétneho zariadenia				

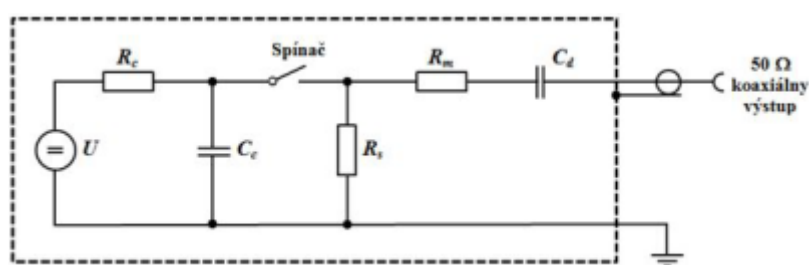
Výber skúšobnej úrovne je realizovaný na základe predpokladanej najrealistickejšej inštalácie a podmienok prostredia, v ktorom by malo dané zariadenie pracovať. Na tieto úrovne následne budú nadväzovať skúšky odolnosti zariadenia. Skúšobné úrovne sa delia na 5 úrovní.

- Úroveň 1: Dobre chránené prostredie – bežné prostredie s nízkou úrovňou rušenia, v ktorom možno užívať aj citlivé prístroje;
- Úroveň 2: Chránené prostredie – prostredie s miernou úrovňou rušenia ako napr. domácnosti, obchody a kancelárie;
- Úroveň 3: Typické priemyselné prostredie – náročné prostredie s vysokou úrovňou rušenia;
- Úroveň 4: Nepriaznivé priemyselné prostredie – špeciálne prostredie s veľmi vysokou úrovňou rušenia ako napr. ťažký priemysel, elektrárne či rozvody;
- Úroveň 5 (Úroveň X): Zvláštne situácie, ktoré sa musia analyzovať.

Kľúčovým zariadením pri testovaní elektromagnetickej odolnosti je generátor skupín impulzov. Hlavnými prvkami generátoru sú:

- zdroj vysokého napätia (U),
- nabíjací rezistor (R_c),
- kondenzátor akumulujúci energiu (C_c),
- spínač vysokého napätia,
- rezistor tvarujúci dobu trvania impulzov (R_s),
- rezistor prispôsobujúci impedanciu (R_m),
- kondenzátor blokujúci jednosmerný prúd (C_d). [2]

Zjednodušené schéma zapojenia generátoru je zobrazené na nasledujúcom obrázku.



Obr. 4 Zjednodušené schéma hlavných prvkov generátoru rýchlych prechodných javov/skupiny impulzov

Pri skúške odolnosti je EUT usporiadané a zapojené tak, aby splňovalo všetky funkčné požiadavky podľa špecifikácií pre inštaláciu daného zariadenia udávanú výrobcem. Skúšané zariadenie je umiestnené na izolačnej podložke s hrúbkou 0,1 m, ktorá je umiestnená na patrične referenčnej zemnej rovine (kovový plech, prípadne medený alebo hliníkový, o minimálnej hrúbke 0,25 mm, u použitia iných kovových materiálov musí byť hrúbka minimálne 0,65 mm). Taktiež všetky káble k EUT musia byť umiestnené na izolačnej podložke 0,1 m nad referenčnou zemnou rovinou.

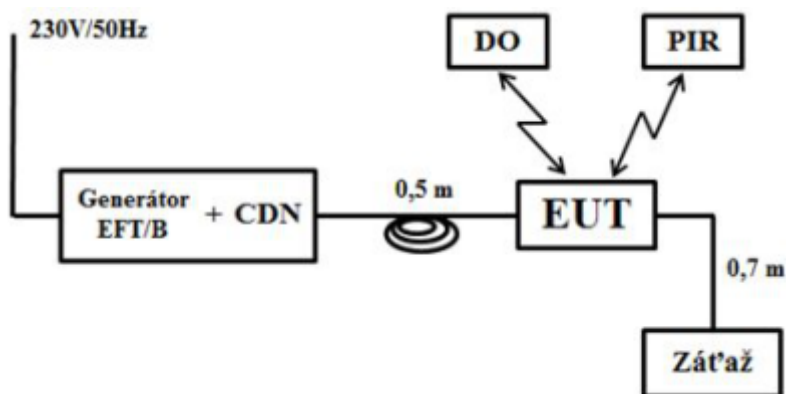
V prípade, že sa jedná o stolné zariadenie, umiestni sa EUT na drevený stôl vo výške

0,8 m nad zemnou kovovou rovinou s minimálnou plochou 1 m². Zemná rovina musí EUT presahovať na všetkých stranách minimálne o 0,1 m. Vzďialenosť EUT od všetkých ďalších kovových predmetov musí byť väčšia ako 0,5 m. Skúšobný generátor s väzobnou/oddelovacou sieťou musí byť priamo spojený s referenčnou zemnou rovinou a táto rovina je z bezpečnostných dôvodov spojená s ochranným uzemnením.

5. Pracovisko pre testovanie EFT/B

Testovanie elektromagnetickej odolnosti objektov sa vykonáva s pomocou simulátorov rušenia (EMC simulátormi). Na základe testovania sa prakticky overuje stupeň EMS testovaného zariadenia alebo jeho jednotlivých súčastí. Pre testovanie EMS sú pre komponenty poplachových systémov stanovené skúšky a s nimi spojené stanovené testovacie úrovne (hodnoty poklesov napätia, skúšobné napätie, intenzita poľa, frekvenčný rozsah a typ modulácie rušivých signálov atď.). Stanovené sú súhrnne rovnako pre vnútorné aj vonkajšie aplikácie, pre pevné, pohyblivé aj prenosné zariadenia.

Na testovacím zariadení, ktorým je komponent poplachového zabezpečovacieho systému – silové relé AC 82, vykonáme skúšku podľa normy ČSN EN 50130-4 ed. 2 [4]. Doba skúšky je stanovená na minimálne 1 minútu. Hodnota skúšobných napätí zodpovedá úrovni 3 podľa základnej normy ČSN EN 61000-4-4 ed. 3 [2], ktorá je charakterizovaná ako typicky priemyselné prostredie. Nie sú tu potlačené EFT/B v napájacích a signálových obvodoch, priemyselné obvody nie sú dokonale oddelené od iných obvodov, napájacie vedenie nie je dokonale oddelené od ovládacích, signálových a komunikačných káblov a ďalej sú využívané jednoúčelové káble pre napájanie a signálové vedenie. [5]



Obr. 5 Náčrt navrhovaného pracoviska pre testovanie EMS

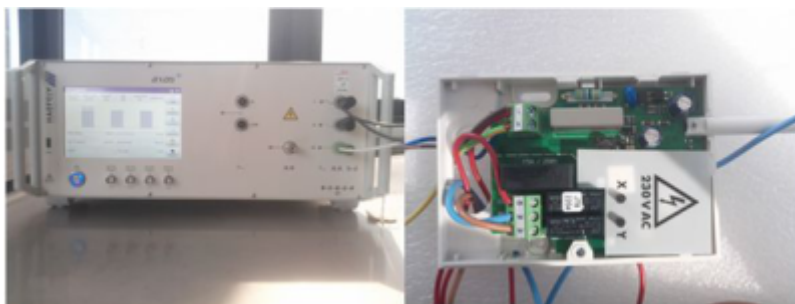
Popis skúšobnej zostavy znázornenej na Obr. 5:

- Generátor EFT/B + CDN (oddelovacia/väzobná sieť) – testovací prístroj AXOS5;
- EUT – silové relé AC 82;
- Záťaž – dve 15W žiarovky;
- DO – diaľkový ovládač RC 86W;
- PIR – PIR detektor JA 83P.

Navrhnuté pracovisko sme umiestnili na drevený stôl vysoký 80 cm, s hornou plochou 150×100 cm. Stôl bol umiestnený na referenčnej zemnej rovine a na celej ploche stola bola taktiež umiestnená referenčná zemná rovina. EUT a všetky káble spojené s EUT

boli umiestnené podľa pokynov v norme ČSN EN 61000-4-4 ed. 3 na izolačnej podložke vo výške 10 cm nad referenčnou zemnou rovinou a vo vzdialenosti 0,5 m od ostatných vodivých štruktúr (napr. steny miestnosti). Testovací prístroj AXOS5 bol napájaný zo siete 230V/50Hz a celá skúšobná zostava bola vhodne uzemnená.

Parametre testovacieho prístroja AXOS5 od spoločnosti Haefely EMC Technology splňujú požiadavky vychádzajúce z ustanovenia rady noriem ČSN EN 55016 Špecifikácie prístrojov a metód pre meranie vysokofrekvenčného rušenia a odolnosti. Na skúšané silové relé AC 82 bola napojená záťaž v podobe dvoch 15W žiaroviek a EUT bezdrôtovo komunikovalo s PIR detektorom a diaľkovým ovládačom.



Obr. 6 Na fotkách: vľavo – testovací prístroj Axos5, vpravo – silové relé AC 82

6. Výsledky merania

Na začiatku testovania bola na EUT vykonaná skúška funkčnosti a následne bolo EUT pripojené k navrhnutému testovaciemu pracovisku. V priebehu testovania bolo zariadenie sledované či nenastane zmena stavu pri niektorom z testovaných vrcholových napätí a po každom z testov bola overená plná funkčnosť EUT. Opakovací kmitočet pre rýchle prechodné javy bol nastavený na 100kHz a dĺžka jedného testu bola 1 minúta. Podľa kritérií pre splnenie požiadavkou podľa normy ČSN EN 50130-4 ed. 2 počas testovania nesmelo dôjsť k žiadnemu poškodeniu, chybnjej funkcii alebo k zmene stavu EUT. Prípustné bolo iba blikanie indikátoru v prípade, že by nevznikli žiadne reziduálne zmeny u EUT. Týmto požiadavkám silové relé AC 82 vyhovelo, keďže počas testovania nedošlo k žiadnym zmenám stavu, chybám ani poškodeniu EUT.

Číslo merania	Vrcholové napätie	Režim EUT	Zmena počas testovania	Funkčnosť EUT
1.	+ 200 V	vypnuto	žiadna	plná funkčnosť
2.	+ 200 V	zapnuto	žiadna	plná funkčnosť
3.	- 200 V	vypnuto	žiadna	plná funkčnosť
4.	- 200 V	zapnuto	žiadna	plná funkčnosť
5.	+ 1000 V	vypnuto	žiadna	plná funkčnosť
6.	+ 1000 V	zapnuto	žiadna	plná funkčnosť
7.	- 1000 V	vypnuto	žiadna	plná funkčnosť
8.	- 1000 V	zapnuto	žiadna	plná funkčnosť
9.	+ 2000 V	vypnuto	žiadna	plná funkčnosť
10.	+ 2000 V	zapnuto	žiadna	plná funkčnosť
11.	- 2000 V	vypnuto	žiadna	plná funkčnosť

12.	- 2000 V	zapnuto	žiadna	plná funkčnosť
-----	----------	---------	--------	----------------

7. Záver

Pravidlá a postupy pre vykonanie skúšky odolnosti na rušenie typu rýchlych elektrických prechodných javov/skupiny impulzov sú všeobecne popísané v norme ČSN EN 61000-4-4 ed. 3. EFT/B vznikajú napríklad pri kontaktnom spínaní, či opakovanými výbojmi pri doskoku kontaktov (relé, stýkače, spínané indukčné záťaže, atď.). I keď EFT/B väčšinou nespôsobujú priame poškodenie elektronického zariadenia, jedná sa o krátkodobé preťaženie obvodu, ktoré je pre nás nežiaduce. Vplyvom tohto preťaženia môžu vzniknúť chyby v prenose informácie, čo u komponentov poplachových zabezpečovacích systémov môže vyvolať nežiaducu zmenu stavu zariadenia, či vyvolanie falošného poplachu.

Podľa noriem ČSN EN 61000-4-4 ed. 3 a ČSN EN 50130-4 ed. 2 bolo EUT pri skúške na odolnosť na EFT/B vystavené pôsobeniu rýchlych prechodných dejov privádzaných na napájacie vstupy. Funkčná skúška EUT bola podľa pokynov realizovaná pred zahájením testovania a po každom jednom teste. Počas testovania s rôznymi napätiami bolo EUT sledované, či nenastane nejaká zmena jeho stavu. Silové relé AC 82 vyhovel všetkým požiadavkám, počas celú dobu testovania bolo plne funkčné a pri jednotlivých testoch nenastala žiadna porucha ani zmena stavu zariadenia.

Podakovanie

Tento príspevok bol podporovaný projektom č. IGA/FAI/2014/052 z IGA (Interné grantovej agentúry) Univerzity Tomáša Baťu ve Zlíně a Európskeho fondu regionálneho rozvoja v rámci projektu CEBIA-Tech č CZ.1.05/2.1.00/03.0089.

Literatúra

1. VALOUCH, Jan. Requirements for Alarm Systems in Terms of the Electromagnetic Compatibility. In KRIVANEK, V. and STEFEK, A. (ed.) International Conference in Military Technology Proceeding, ICMT'13, Brno: University of Defence, 2013, s. 589 – 596. ISBN 978-80-7231-918-6.
2. ČSN EN 61000-4-4 ed.3. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-4: Zkušební a měřicí technika – Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů – Zkouška odolnosti. Praha: Český normalizační institut, 2005, 28 s. Třídící znak 333432.
3. SVAČINA, Jiří. Elektromagnetická kompatibilita: Principy a poznámky. V Brně: Vysoké učení technické, 2001, 156 s. ISBN 80-214-1873-7.
4. ČSN EN 50130-4 ed. 2 Poplachové systémy. Část 4: Elektromagnetická kompatibilita – Norma skupiny výrobků: Požadavky na odolnost komponentů požárních systémů, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci. Praha: ÚNMZ, 2012. 28 s. Třídící znak 334590.
5. VALOUCH, Jan. Elektromagnetická kompatibilita poplachových systémů-testování a měření elektromagnetických parametrů. Security magazin. Vyd. č. 107, 3/2012. Praha: Security Media, 2012, s. 24- 29. ISSN 1210-8273.
6. VACULÍK, Emil a Polina VACULÍKOVÁ. Elektromagnetická kompatibilita elektrotechnických systémů: Praktický průvodce techniky omezení elektromagnetického vř rušení. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1998, 487 s. ISBN 80-716-9568-8.

