Spôsoby identifikácie a potlačovania negatívnych prejavov v EMC

Mikuláš ŠOSTRONEK [1], Zdeněk MATOUŠEK [2], Ján OCHODNICKÝ [3]

Abstrakt: Jedným zo sprievodných produktov našej modernej civilizácie je tzv. elektromagnetický smog. Používame nepreberné množstvo elektronických systémov a zariadení, ktoré sú zdrojom elektromagnetického žiarenia a možno si niekedy ani neuvedomujeme, že toto žiarenie môže významne ovplyvňovať kvalitu nášho života. Na život sa pritom môžeme pozerať z mnohých hľadísk, pričom vo väčšine výskumov v tejto oblasti sa na popredné miesta kladie zdravie a materiálny dostatok. Článok približuje problematiku elektromagnetickej kompatibility, ako jedného zo základných predpokladov využívania rôznych elektronických zariadení ku skvalitneniu života ľudí. Uvádza všeobecné informácie o elektromagnetickej kompatibilite v súvislosti s elimináciou rôznych foriem rušenia a popisuje spôsoby a metódy identifikácie a merania zdrojov rušenia s cieľom minimalizovať ich nežiaduce vplyvy.

ÚVOD

Využívanie rôznorodých elektronických zariadení (EZ) a elektronických systémov (ES) sa stalo neoddeliteľnou súčasťou každodenného života ľudí. Nakoľko počet EZ a ES v posledných desaťročiach abnormálne narástol, stáva sa sprievodným produktom ich prevádzky značný nárast úrovne rušenia, ktorého frekvenčné pásmo začína od jednotiek Hz a končí stovkami GHz. Jednotlivé EZ a ES pritom môžu byť na jednej strane zdrojmi (vysielačmi) rušenia a na strane druhej na ne môžu tieto rušenia pôsobiť, tzn., že sa stávajú ich „obeťami“ (prijímačmi).

Z vyššie uvedených dôvodov vzniká v šesťdesiatych rokoch 20. storočia samostatný vedecko-technický odbor, ktorý sa nazýva ***„elektromagnetická kompatibilita“*** (skr. EMC z anglického výrazu *„Electromagnetic Compatibility“*). Problematiku EMC je možné rozdeľovať z viacerých hľadísk. Z hľadiska objektu, na ktorý rušiaci (parazitný) elektromagnetický signál pôsobí je možné EMC rozdeliť do nasledujúcich dvoch oblastí:

- EMC biologických systémov,
- EMC technických systémov a zariadení.

V ďalšej časti článku sa budeme zaoberať vybranými otázkami EMC technických systémov a zariadení, ktorá je definovaná ako schopnosť EZ a ES vykazovať správnu činnosť aj v prostrediach, v ktorých pôsobia iné zdroje elektromagnetických signálov. Tieto EZ a ES pritom nesmú svojím elektromagnetickým vyžarovaním neprípustne ovplyvňovať svoje okolie, tzn., že nemôžu byť zdrojmi rušiacich signálov pre iné EZ a ES [1]. Takto definovaná EMC teda vyjadruje schopnosť koexistencie EZ a ES nachádzajúcich sa v spoločnom elektromagnetickom prostredí bez závažného ovplyvňovania ich normálnych funkcií.

[1] **Ing. Mikuláš ŠOSTRONEK, PhD.,** tel: 0960 423 244, e_mail: Mikulas.Sostronek@aos.sk
[2] **doc. Ing. Zdeněk MATOUŠEK, PhD.,** tel: 0960 423 885, e_mail: Zdenek.Matousek@aos.sk
[3] **doc. Ing. Ján OCHODNICKÝ, PhD.,** tel: 0960 423 880, e_mail: Jan.Ochodnicky@aos.sk
Katedra elektroniky, AOS gen. M. R. Štefánika v Liptovskom Mikuláši, 031 19 Liptovský Mikuláš, fax: 044/552 49 59

Dodržiavanie požiadaviek EMC technických systémov a zariadení pri prevádzke EZ a ES je v súčasnej dobe veľmi významné, nakoľko niektoré výsledky analýz ich nesprávnej činnosti poukazujú na skutočnosť, že bola spôsobená práve nedodržaním zodpovedajúcich noriem EMC. Prax pritom ukazuje, že práve nesprávna činnosť EZ a ES z hľadiska EMC môže mať až katastrofické dôsledky nielen na EZ a ES, ale aj na činnosť a existenciu ľudí.

1. CHARAKTERISTIKA EMC TECHNICKÝCH SYSTÉMOV A ZARIADENÍ

V súlade s uvedenou definíciou EMC technických systémov a zariadení sa táto člení do nasledujúcich dvoch základných skupín:

- elektromagnetická interferencia (rušenie) ozn. EMI,
- elektromagnetická susceptibilita (odolnosť) ozn. EMS.

EMI sa pritom zaoberá najmä odhaľovaním príčin elektromagnetického rušenia a spôsobmi ich odstraňovania. Tento proces zahŕňa predovšetkým identifikáciu zdrojov rušenia, meranie jeho vybraných parametrov a identifikáciu parazitných prenosových trás [1].

EMS vyjadruje schopnosť EZ a ES pracovať bezporuchovo alebo s presne definovaným vplyvom na ich činnosť v podmienkach elektromagnetického rušenia. Zaoberá sa predovšetkým technickými opatreniami, ktoré zvyšujú odolnosť EZ a ES pred vplyvom rušivých signálov, pričom je dôraz položený na odstraňovanie dôsledkov rušenia bez odstraňovania ich príčin [1].

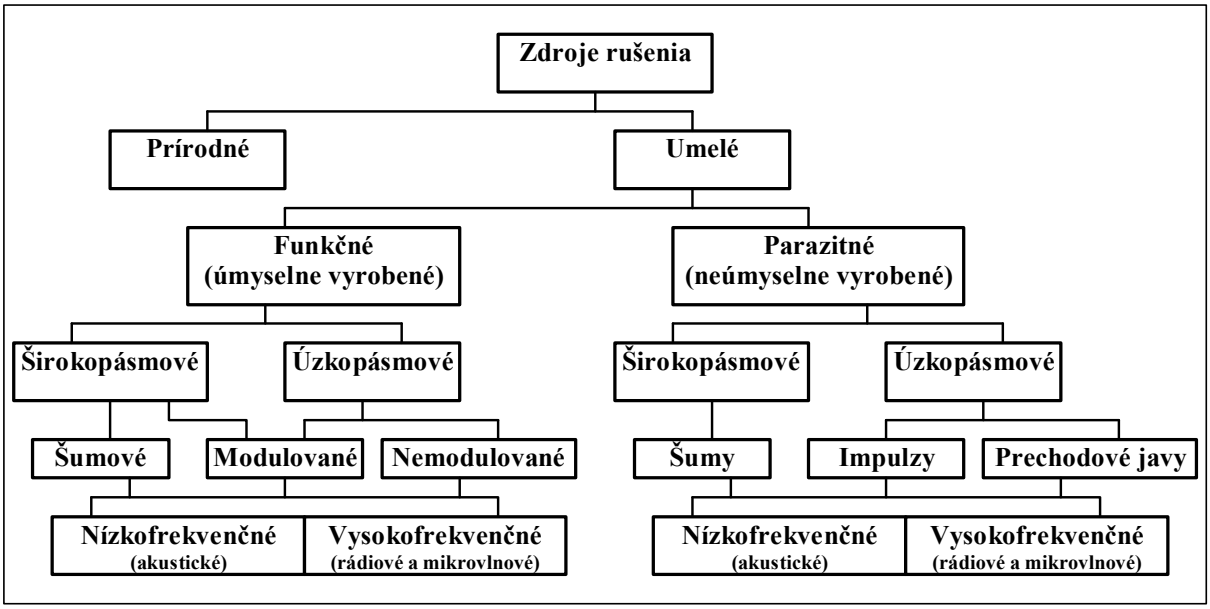
Základné oblasti EMC zahŕňajú pre EMI a EMS celý rad spoločných postupov a riešení. Všeobecne je však možné povedať, že u EMS vystupuje do popredia proces testovania elektromagnetickej odolnosti EZ a ES a u EMI proces merania jednotlivých parametrov rušenia EZ a ES a metodika ich odstraňovania.

V ďalšej časti článku bude pozornosť venovaná najmä spôsobom merania rušivých signálov a jednoduchým spôsobom zisťovania parazitného rušenia EZ a ES. Z hľadiska zisťovania a merania parazitného rušenia EZ a ES je nutné poznať základné parametre a rozdelenie jednotlivých zdrojov rušenia.

1.1 Rozdelenie zdrojov rušenia

Zdroje rušenia je možné deliť podľa viacerých hľadísk. Jedno z možných rozdelení zdrojov rušenia je uvedené na obr. 1. Dôraz je pritom položený na tzv. umelé zdroje rušenia, nakoľko vznik a pôsobenie prírodných zdrojov rušenia (ako napr. slnečné žiarenie, elektrické procesy v atmosfére, kozmické žiarenie, ...) nie je človek schopný ovplyvňovať, vie ich však čiastočne alebo úplne eliminovať.

Umelé zdroje rušenia vznikajú na základe ľudskej činnosti, pričom EZ a ES sa stávajú týmito zdrojmi úmyselne (sú zdrojmi cieleného elektromagnetického žiarenia) alebo neúmyselne (sú zdrojmi parazitného elektromagnetického žiarenia). Medzi úmyselné zdroje rušenia je možné zaradiť napr. rádiostanice, rádiolokátory, prostriedky prenosu dát, základňové stanice GSM a ďalšie EZ a ES, pomocou ktorých sú realizované požadované činnosti týchto prostriedkov. Z hľadiska EMI je nutné u týchto EZ a ES poznať energetické parametre vyrábaných signálov a z hľadiska EMS vedieť o ich možnom vplyve na činnosť iných EZ a ES. Pri prevádzke úmyselných zdrojov rušenia je preto nevyhnutné prijímať účinné organizačné a prevádzkové opatrenia tak, aby sa v maximálnej možnej miere odstránil alebo obmedzil ich vplyv na činnosť ostatných EZ a ES.



Obr. 1 Rozdelenie zdrojov rušenia

Neúmyselnými zdrojmi rušenia sú naopak také EZ a ES, ktorých tzv. „nadproduktom“ je nežiaduce (parazitné) rušenie, pričom toto rušenie priamo súvisí s realizáciou iných funkcií EZ a ES. Tieto rušenia je pritom nutné buď úplne eliminovať alebo znížiť ich účinky pod povolenú hranicu tak, aby negatívne nevplývali na ich vlastnú činnosť alebo na činnosť iných EZ a ES.

Vyššie uvedené zdroje rušenia môžu z hľadiska frekvencie nosnej elektromagnetického žiarenia vyžarovať nízkofrekvenčný (NF) alebo vysokofrekvenčný (VF) signál. Vo všeobecnosti je možné povedať, že zdroje NF signálov pracujú vo frekvenčnom pásme, ktorých frekvencia nosnej $f_N \leq 10\,\text{kHz}$. Týmto zdrojom sa hovorí aj akustické zdroje rušenia. Zdroje VF signálov pracujú vo frekvenčnom pásme 10 kHz až 300 GHz. Pokiaľ je ich frekvencia nosnej v rozsahu 10 kHz až 1 GHz, jedná sa o tzv. zdroje rádiových frekvencií (RF). V rozsahu (1 ÷ 300) GHz pracujú tzv. mikrovlnové zdroje elektromagnetického žiarenia.

1.2 Základné parametre zdrojov rušenia

Určovanie hodnôt základných energetických parametrov zdrojov rušenia patrí medzi najdôležitejšie časti problematiky EMC, nakoľko ich porovnaním s povolenými hodnotami je možné posúdiť do akej miery navrhované resp. testované zariadenie vyhovuje z hľadiska jeho rušivého vyžarovania zodpovedajúcim normám EMC. K tomu, aby bolo možné vykonať správne meranie energetických parametrov zdrojov rušenia je však nutné poznať spôsob šírenia rušiacich signálov od rušiacich EZ a ES k rušeným EZ a ES. Z tohto pohľadu je možné rozdeliť spôsoby šírenia rušenia do nasledujúcich skupín:

- prenos rušenia vedením,
- prenos rušenia blízkou elektrickou resp. magnetickou väzbou (tzv. blízkym elektromagnetickým poľom),
- prenos rušenia vyžarovaním elektromagnetických vĺn (tzv. vzdialeným elektromagnetickým poľom).

Pri meraní energetických parametrov zdrojov rušenia na vedení sa vyhodnocuje hodnota rušivého napätia U_R [V] resp. rušivého prúdu I_R [A], prípadne rušivého výkonu P_R [W]. Pri prenose rušenia blízkou elektrickou resp. magnetickou väzbou sa vyhodnocuje hodnota intenzity rušivého elektrického poľa E_R [V/m] resp. hodnota intenzity rušivého magnetického poľa H_R [A/m].

Prenos rušenia medzi vzdialenými EZ a ES je charakterizovaný hodnotou intenzity elektrickej zložky elektromagnetického poľa E_R [V/m], hodnotou intenzity magnetickej zložky elektromagnetického poľa H_R [A/m], prípadne hodnotou hustoty vyžiareného výkonu rušivého signálu ρ_R [W/m^2].

Pre frekvencie nosnej rušiaceho signálu do 150 kHz sa spravidla merajú hodnoty H_R. Výpočet intenzity rušivého elektrického poľa E_R z nameranej intenzity rušivého magnetického poľa H_R je potom vo voľnom priestore možné vykonať pomocou vzťahu [2]

$$E_R = H_R Z_{VP} \qquad \text{[V/m; A/m, Ω]}, \tag{1}$$

kde: Z_{VP} je impedancia voľného priestoru [120π Ω = 377 Ω].

Pre frekvencie nosnej rušiaceho signálu od 150 kHz do 30 MHz je možné merať pri použití vhodných antén hodnoty E_R a H_R samostatne. Hodnota hustoty vyžiareného výkonu rušivého signálu ρ_R vo voľnom priestore sa určí zo vzťahu [2]

$$\rho_R = H_R E_R \qquad \text{[W/m}^2\text{; A/m, V/m]}. \tag{2}$$

Od frekvencie nosnej 30 MHz stačí merať len intenzitu elektrickej zložky elektromagnetického pola E_R. Výpočet nemeraných parametrov rušivého signálu vo voľnom priestore je potom možné vyjadriť uskutočniť pomocou vzťahov [2]

$$H_R = \frac{E_R}{Z_{VP}} \quad \text{resp.} \quad \rho_R = \frac{E_R^2}{Z_{VP}}. \tag{3}$$

2. SPÔSOBY MERANIA ENERGETICKÝCH PARAMETROV ZDROJOV RUŠENIA

S ohľadom na vyššie uvedené spôsoby šírenia rušiacich signálov od rušiacich EZ a ES k rušeným EZ a ES je nutné voliť aj zodpovedajúce spôsoby (metódy) merania ich parametrov. Všetky merania pritom musia byť reprodukovateľné a ich výsledky vzájomne porovnateľné. Z tohto dôvodu sú všetky druhy meraní v oblasti EMC jednoznačne predpísané a špecifikované medzinárodnými príp. národnými normami a predpismi.

Pri ohodnocovaní zdrojov rušenia šírených vedením sa v praxi využívajú najmä nasledujúce spôsoby merania ich parametrov:

- ***Meranie s umelou sieťou*** (meranie na napájacích svorkách testovaných EZ a ES, pričom sa vyhodnocuje úroveň rušivých signálov šíriacich sa z rozvodnej elektrickej siete po napájacom vedení).
- ***Meranie napäťovou sondou*** (meranie rušivého napätia mimo napájacích svoriek a tam, kde sa nedajú využiť merania s umelou sieťou. Tieto merania sú výhodné najmä na diagnostiku pri vývoji nových EZ a ES).
- ***Meranie prúdovou sondou*** (meranie hodnoty rušivých prúdov tečúcich vedením a to bez prerušení týchto vedení).

Pri meraní parametrov rušiaceho signálu šíriaceho sa blízkou elektrickou resp. magnetickou väzbou sa v praxi využívajú najmä nasledujúce spôsoby merania:

- ***Meranie špeciálnymi meracími sondami*** (meranie hodnôt E_R resp. H_R rušivých signálov, ktoré sú vyžarované jednotlivými elektronickými súčiastkami, obvodmi a blokmi, čím sa dá objektívne zistiť zdroj rušenia vo vnútorných častiach EZ a ES).
- ***Meranie absorpčnými kliešťami*** (meranie výkonu rušivého signálu vyžarovaného cez kabeláž a vedenie EZ a ES v pásme 30 ÷ 1000 MHz).

Meranie parametrov rušiaceho signálu spôsobeného vyžarovaním elektromagnetických vĺn v tzv. vzdialenej zóne sa vykonáva rôznymi druhmi antén pracujúcich vo frekvenčnom pásme 9 kHz až 300 GHz. Anténa je pritom definovaná ako zariadenie, ktoré slúži na premenu VF prúdov (VF napätí) na elektromagnetické vlnenie pri vysielaní resp. na premenu elektromagnetického vlnenia na VF prúdy (VF napätie) pri príjme. Z hľadiska priestoru, v ktorom sa meranie parametrov rušenia EZ a ES vykonáva, je možné tzv. anténové merania rozdeliť do nasledujúcich skupín:

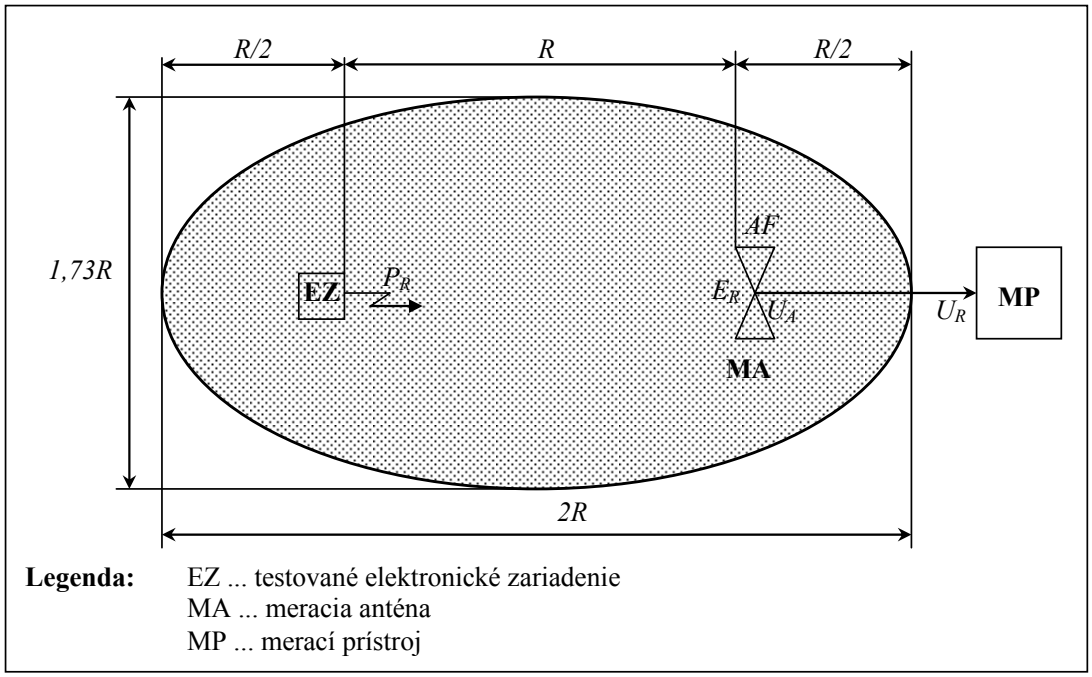
- ***Merania vo voľnom priestore*** (jedná sa o merania v neodtienených plochých rovných priestoroch, ktoré sa štandardne vykonávajú na vzdialenosti R = 3 m, R = 10 m, R = 30 m príp. R = 100 m. Najpresnejšie sú merania vykonané pre R = 100 m. Hlavnou nevýhodou týchto meraní je existencia vonkajších rušivých polí rôznych vysielačov, čím sa znižuje možnosť reprodukovateľnosti a porovnateľnosti výsledkov jednotlivých meraní).
- ***Merania v elektromagneticky odtienených priestoroch*** (u týchto meraní je pracovisko konštruované ako tzv. „Faradayova klietka“, čím sa odstraňuje vyššie uvedená nevýhoda meraní vo voľnom priestore. Dobre odtienený priestor pritom zabezpečuje tlmenie vonkajších rušivých signálov v rozsahu (100 ÷ 120) dB. Štandardne sa v takýchto priestoroch v závislosti od ich rozmerov vykonávajú merania na vzdialenosti R = 3 m a 10 m).
- ***Merania v bezodrazových (absorpčných) priestoroch*** (merania parametrov rušivých signálov sa v tomto prípade vykonáva v elektromagneticky odtienených priestoroch, ktorých steny, strop príp. aj podlahy sú obložené elektromagnetickým absorpčným materiálom, čím sa zamedzuje vnútorným odrazom elektromagnetického vlnenia. Merania sa tu štandardne vykonávajú na vzdialenosti R = 3 m, R = 10 m popr. R = 30 m).

Vyššie uvedené merania sa odporúča (pokiaľ to podmienky umožňujú) vykonávať v priestoroch, ktorých pôdorys má eliptický tvar, pričom testované EZ a ES sa umiestňujú do jedného ohniska elipsy a meracia anténa do ohniska druhého. U meracej antény je pritom nutné podľa vzdialenosti R zabezpečiť možnosť výškového nastavenia 1 ÷ 3 m resp. 2 ÷ 6 m. Pôdorys takéhoto meracieho pracoviska je uvedený na obr. 2.

Minimálna vzdialenosť medzi testovaným EZ a ES $R_{\min}$ musí zodpovedať tzv. vzdialenej zóne, ktorá je pre dipólové antény (v praxi frekvencie do 300 MHz) daná podmienkou

$$R_{\min} \geq \frac{\lambda}{2\pi}, \tag{4}$$

kde: λ je vlnová dĺžka elektromagnetickej vlny rušiaceho signálu [m].



Obr. 2 Pôdorys pracoviska na meranie parametrov rušivých signálov EZ a ES

Pre merania parametrov rušiaceho signálu plošnými anténami (v praxi frekvencie vyššie ako 1 GHz) je minimálna vzdialenosť vzdialenej zóny $R_{\min}$ daná vzťahom

$$R_{\min} \geq \frac{2D^2}{\lambda}, \tag{5}$$

kde: D je najväčší rozmer apertúry plošnej antény [m].

Základným parametrom meracej antény, ktorý sa využíva pri meraní parametrov rušivých signálov EZ a ES je anténový faktor AF [m^{-1}]. AF je pritom definovaný ako pomer intenzity elektrickej zložky elektromagnetického poľa E_R v mieste prijímacej antény k napätiu na jej výstupe U_A. Hodnota meranej elektrickej intenzity elektromagnetického poľa E_R je potom v zmysle obr. 2 vyjadrená vzťahom

$$E_R = AF.U_A = AF.U_R.\eta \tag{6}$$

kde: η je činiteľ strát vplyvom útlmu a neprispôsobenia VF vedenia.

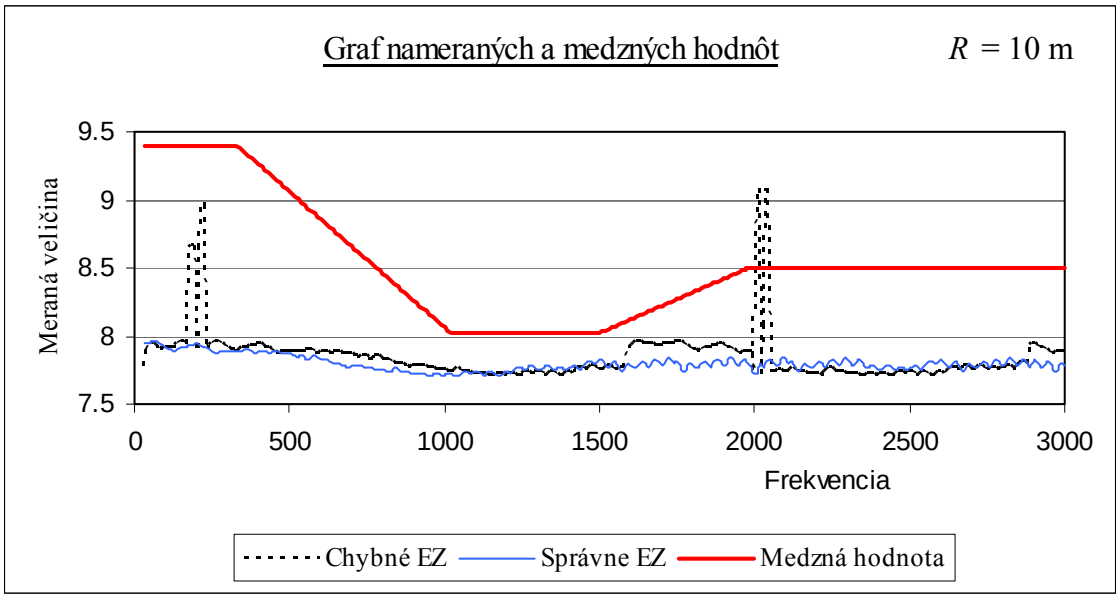
AF je pritom možné vyjadriť jednak pomocou vlnovej dĺžky rušiaceho signálu λ [m] alebo pomocou frekvencie nosnej rušiaceho signálu f_{MHz} [MHz] vzťahmi [3]

$$AF = \frac{9{,}73}{\lambda\sqrt{G_{MA}}} \quad \text{resp.} \quad AF = 32{,}44.10^{-3}\,\frac{f_{MHz}}{\sqrt{G_{MA}}}. \tag{7}$$

kde: G_{MA} je absolútny zisk meracej antény vztiahnutý k izotropnému žiariču.

Výstupom pre všetky uvedené spôsoby merania energetických parametrov zdrojov rušenia je protokol merania, ktorého súčasťou je grafická závislosť meranej veličiny od frekvencie nosnej (príp. frekvenčného pásma) v ktorom bolo meranie vykonané. Príklad uvedenej grafickej závislosti pre vzdialenosť R = 10 m je uvedený na obr. 3.

Pokiaľ namerané parametre rušiacich signálov testovaných EZ a ES neprevyšujú medzné hodnoty stanovené zodpovedajúcou normou pre EMC, je možné tieto v praxi bez obmedzenia prevádzkovať. Keď sú však namerané parametre rušiacich signálov minimálne pre jednu frekvenciu nosnej vyššie ako medzné hodnoty, je nutné dané EZ a ES z činnosti odstaviť a zodpovedajúci zdroj rušenia opraviť resp. eliminovať jeho parazitné vyžarovanie pod medznú hodnotu.



Obr. 3 Grafická závislosť meranej veličiny od frekvencie nosnej zdrojov rušenia

3. JEDNODUCHÉ METÓDY ZISŤOVANIA ZDROJOV PARAZITNÝCH RUŠENIA

Medzi veľmi dôležitú úlohu, ktorá je plnená v rámci činností vyplývajúcich z jednotlivých noriem pre EMC patrí identifikácia zdrojov rušenia v EZ a ES, u ktorých bolo meraním zistené prekročenie medzných hodnôt parazitného rušenia (tzv. chybné EZ a ES). Ako už bolo uvedené vyššie, je nutné takéto EZ a ES odstaviť z činnosti a zdroj rušenia identifikovať.

Identifikáciu takýchto zdrojov rušenia je možné vykonávať rôznymi spôsobmi a metódami, medzi ktoré patria aj už spomínané merania špeciálnymi sondami a absorpčnými kliešťami. Pokiaľ však nemáme k dispozícii tieto špeciálne meracie zariadenia, je možné využiť aj niektorú z nasledujúcich jednoduchých metód identifikácie zdrojov parazitných rušenia EZ a ES [4]. Aj keď sa jedná o metódy nekalibrované, môžu v mnohých prípadoch viesť k úspešnej identifikácii nielen zdroja parazitných rušenia, ale priamo aj súčiastky, ktorá toto rušenie spôsobuje.

3.1 Metóda rovinnej a stojatej vlny

Jedná sa o veľmi jednoduchú, ale pritom účinnú metódu, pri ktorej sa využíva vlastností ľudského tela ako sú špecifická rezonančná frekvencia a impedancia (činný odpor a parazitná kapacita). Práve táto parazitná kapacita umožňuje previesť parazitné vyžarovanie testovaných EZ a ES na nulový potenciál ľudského tela.

V praxi sa táto skutočnosť prejaví v skutočnosti, že vložením ľudského tela (napr. ruky) medzi zdroj parazitného vyžarovania a rušené EZ (ES) dochádza k výraznému poklesu úrovne rušenia. Týmto spôsobom je možné veľmi jednoducho identifikovať zdroj parazitného vyžarovania testovaného EZ a ES.

3.2 Metóda vyradenia systému z prevádzky

Táto metóda je veľmi dobre využiteľná na identifikáciu vybraných častí testovaných EZ a ES, u ktorých sa tieto dajú vypnúť alebo sa dá jednoducho odpojiť ich kabeláž. Zdrojom parazitného rušenia je potom tá časť EZ a ES resp. ich kabeláže, po ktorej vypnutí (odpojení) prestane pôsobiť alebo sa obmedzí úroveň rušenia. Metódu vyradenia systému z prevádzky je možné využiť až do úrovne jednotlivých súčiastok vrátane. Záleží však od konkrétnej konštrukcie EZ a ES.

3.3 Metóda navlhčeného prstu

Táto metóda sa využíva na identifikáciu jednotlivých súčiastok u EZ a ES, ktoré boli testované ako zdroje parazitného rušenia. Priložením navlhčeného prstu na danú súčiastku môže dôjsť k značnej zmene amplitúdy rušivého signálu, resp. k zmene jeho frekvencie.

Metóda navlhčeného prstu je však využiteľná len u EZ a ES pracujúcich s bezpečným napätím resp. bezpečným prúdom. Aby nedošlo k zničeniu (poškodeniu) citlivých častí EZ a ES elektrostatickým výbojom medzi palcom a testovanou súčiastkou, je nutné sa pred dotykom na súčiastku dokonale vybiť cestou potenciálu kostry daného EZ a ES.

3.4 Metóda zaostrenej ceruzky

Jedná sa o metódu, ktorá je vhodná na presné zistenie časti alebo súčiastky EZ a ES, ktoré boli identifikované ako zdroj parazitného vyžarovania predchádzajúcimi metódami. Priložením uhlíkového hrotu ceruzky sa zmení zaťažovací odpor danej súčiastky, čo privodí zmenu amplitúdy resp. frekvencie rušiaceho signálu. Takto je napr. možné zistiť integrovaný obvod (jeho vývod), ktorý je zapojený v obvode zdroja parazitného rušenia.

3.5 Metóda použitia chladiaceho spreja

Túto metódu je výhodné používať napr. pri testovaní EZ a ES, v ktorých je osadených viacej oscilátorov (napr. generátory hodinových impulzov) a jeden z nich je zdrojom parazitného rušenia. Pokiaľ nie je možné tieto oscilátory postupne odpájať (vypínať) je vhodné ich postupne ochladzovať chladiacim sprejom. Pri ochladení súčiastok zdroja parazitného rušenia je vytvorený predpoklad, že dôjde k okamžitej zmene frekvencie rušivého signálu, čo sa prejaví na posune zodpovedajúcej časti spektra na spektrálnom analyzátore.

3.6 Metóda kus drôtu

Princíp tejto metódy je založený na vytvorení prídavnej antény k tej časti EZ a ES, ktorá je zdrojom parazitného rušenia. Priložením kusu drôtu dĺžky niekoľko desiatok centimetrov na vodivú časť rušiaceho zariadenia sa budú v drôte indukovať rušiace prúdy čím sa drôt vlastne stane vysielacou anténou pre tento rušiaci signál. Pokiaľ tento drôt nasmerujeme napr. k meracej anténe, prejaví sa táto skutočnosť vo zvýšení amplitúdy rušiaceho signálu. Postupným prikladaním tohto drôtu k jednotlivým častiam EZ a ES je takto možné priamo identifikovať zdroj rušiaceho signálu.

Ako bolo uvedené vyššie, sú tieto jednoduché metódy identifikácie zdrojov parazitného rušenia EZ a ES nekalibrované, tzn., že umožňujú identifikovať tieto zdroje bez presného určenia ich energetických parametrov. Cez tento fakt je ale možné konštatovať, že sú použiteľné najmä v tzv. amatérskych podmienkach a pri testovaní tých častí EZ a ES, kde sa nedajú vykonať merania uvedené v kapitole 2 tohto článku.

ZÁVER

Niektoré výskumy uvádzajú, že rozvoj technickej civilizácie priniesol najmä v husto obývaných aglomeráciách zväčšenie výkonovej hustoty pozadia elektromagnetického poľa približne 1 milión krát oproti stavu pred 100 rokmi. Jednou z hypotéz, ktorú môžeme vysloviť je teda fakt, že technologický pokrok v oblasti využívania elektrotechniky a elektroniky je veľmi výrazný a rýchly a že sa biologické systémy vrátane človeka nestačia adaptovať na pôsobenie stále nových zdrojov elektromagnetických polí.

Z uvedeného dôvodu je nanajvýš aktuálne, aby sme sa venovali problematike efektívneho využívania všetkých EZ a ES, u ktorých je nutné znižovať intenzitu tak funkčného, ako i parazitného vyžarovania. Skúmanie EMC je z uvedeného pohľadu nanajvýš aktuálnym problémom, pričom dodržiavanie jej jednotlivých noriem je základným predpokladom správnej koexistencie všetkých biologických systémov a elektronických zariadení.

POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] SVAČINA, J.: *Encyklopedie EMC.* Ústav radioelektroniky FEKT VUT v Brne, Brno, 2004, uverejnené na IA: http://www.urel.feec.vutbr.cz/EncyklopedieEMC/index.php

[2] MATOUŠEK, Z. – JAKUB, J. – ŠOSTRONEK, M.: Vplyv elektromagnetického žiarenia mobilných telefónov na ľudský organizmus. In *17. Odborný seminár „Bezpečnosť práce na elektrických inštaláciách a elektrických zariadeniach“,* Liptovský Mikuláš, február 2009, s. 73 – 84, ISBN 978-80-969282-8-6.

[3] MATOUŠEK, Z. – OCHODNICKÝ, J. – ŠOSTRONEK, M.: Antenna parameters measuring by electric field intensity. In *Proc. of 14th International Conf. Applied Electronics 2009*, WBU Plzeň, Sept. 9 – 10, 2009, p. 177-179, ISBN 987-80-7043-781-0.

[4] MONTROSE, M. I. – NAKAUCHI, E. M.: *Testing for EMC Compilance. Approaches and Techniques.* IEEE Press, Willey-Interscience, 2004, ISBN 0-471-43308-X.

Recenzent článku: Ing. Václav KRÁLÍK, PhD., Katedra Elektroniky,
AOS gen. M. R. Štefánika, Liptovský Mikuláš, dňa 19. 1. 2010.