

MĚŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÉ INTERFERENCE V MĚŘÍCÍCH A MĚŘENÝCH SYSTÉMECH ELEKTROTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE IN MEASURED AND MEASURING SYSTEMS OF ELECTROTECHNICAL DEVICES

Ján IVANKA¹

Abstrakt

Elektromagnetická kompatibilita technických systémů je progresivně se vyvíjející vědní disciplína, která nachází praktické uplatnění ve všech oblastech průmyslu. Článek popisuje problematiku interferenčního rušení systémů a některých aspektů elektromagnetické kompatibility jako významný bezpečnostní aspekt technických systémů

Klíčová slova: elektromagnetická kompatibilita, elektromagnetická interference, měření, technické systémy.

Abstract

Electromagnetic compatibility of technical systems is relative new progressive science that finds practical usage in all areas of industry. The paper describes problematic of electromagnetic interference of systems and some aspects of electromagnetic compatibility as a relevant part of technical systems' security.

Keywords: electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, technical systems, measurement

ÚVOD

Oblast měření elektromagnetické interference je v současné době velice rozsáhlou subdisciplínou elektromagnetické kompatibility (angl. Electromagnetic Compatibility). Zahnuje zejména metody měření různých parametrů interferenčních napětí a polí, vlastností měřících přístrojů, doplňkových zařízení, uspořádání měřících pracovišť a vlastní měření měřených systémů, např. elektronických zabezpečovacích systémů, systémů kontroly a řízení vstupu, elektrických požárních signalizací a podobně.

Vyhodnocování měření elektrotechnických zařízení

Jednorázové impulsní děje se měří pomocí analyzátorů rušivých impulsů s vyhodnocením podle amplitudy, doby trvání a časového rozložení. Jindy se měří s použitím paměťových osciloskopů nebo rychlých digitálních pamětí.

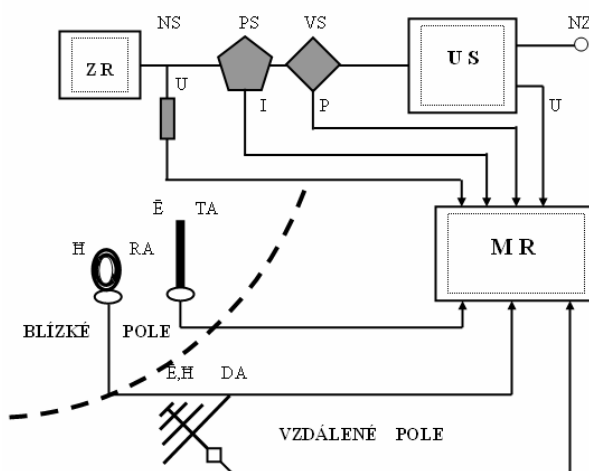
Magnetostatická pole se obvykle vyhodnocují pomocí měřičů intenzity magnetického pole, *elektrostatická pole* různými měřiči elektrického pole. Při měření střídavých elektromagnetických polí se v praxi užívá různých druhů měřících přístrojů. V *nízkofrekvenční*

¹ Ing. Ján IVANKA, Ústav elektrotechniky a měření, FAI, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, jvanka@fai.utb.cz

Lektoroval: prof. Ing. Juraj SMRČEK, CSc., KVTaR, SjF TU v Košiciach, juraj.smrcek@tuke.sk

oblasti (do 10 kHz) jedná se zejména o širokopásmové měřiče úrovně s psfometrickými (zhodnocovacími) filtry, selektivními voltmetry nebo měřiče úrovně, obrazovkové frekvenční analyzátoři, speciální analyzátoři vyšších harmonických síťového kmitočtu aj.

Od 10 kHz je z hlediska interference definována oblast tzv. vysokofrekvenčního rádiového rušení. Původní měřicí metodiky byly vytvořeny na základě ochrany rádiového příjmu a týkaly se měření intenzity elektromagnetického pole nebo jeho složek. První pásmo zahrnuje šířku 10 kHz – 150 kHz, druhé 150 kHz - 30 MHz. V těchto pásmech se měří elektrická nebo magnetická složka elektromagnetického pole, v pásmu nad 30 MHz už jenom elektrická složka. Pro měření se nejčastěji používá tzv. měřičů rušení a přesně definovaných typů antén. Měřiče rušení jsou v podstatě vf. Selektivní měřiče úrovně, cejchované v decibelech ($\text{dB}\mu$) se vztažnou hodnotou rušivého napětí $U_0 = 1 \mu\text{V}$. Uvedené údaje se týkají případů, kdy vyhodnocujeme tzv. *rušení vyzářováním*. Velmi často však potřebujeme měřit tzv. *rušení vedením*. V tomto případě se nepoužívá pro měření antén, ale jsou definována speciální vazební zařízení, pomocí kterých se vyhodnocují účinky elektromagnetického pole prostřednictvím velikosti rušivých napětí mezi přesně definovanými místy (svorkové napětí). Pro měření se používá stejných měřičů rušení jako v předchozím případě. Na obr.1. jsou principiálně zobrazeny a znázorněny měřicí metody vf. Střídavých elektromagnetických polí s použitím měřiče rušení.

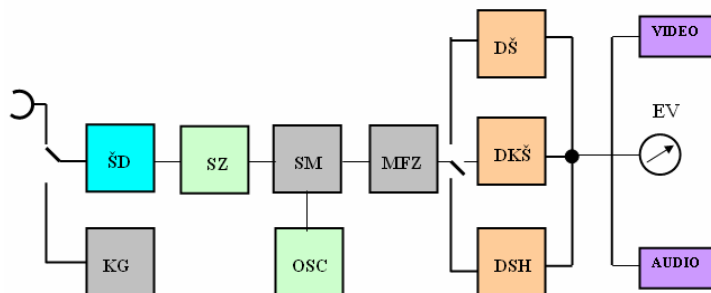


Obr.1 Základní přístupy k měření vf. rušení

Zdroj rušení (ZR), napájený z napájecího zdroje (NZ), obecně produkuje jednak rušení šířící se *vedením* (napájecím) a jednak rušení šířící se *vyzářováním*. Při měření rušení vedením se měřič rušení (MR) připojuje prostřednictvím tzv. umělé sítě (US). Někdy se však toto rušení měří prostřednictvím napěťové sondy (NS), proudové sondy (PS) nebo výkonové (absorpční) sondy (VS). Při měření rušení vyzářováním jsou metody závislé na tom, zda se měří tzv. *blízké* nebo *vzdálené* elektromagnetické pole. Vzdálené elektromagnetické pole je charakterizováno zejména tím, že magnetická a elektrická složka jsou ve vzájemné korelaci. Takto se projevuje ve vzdálenosti $r > \lambda / 2\pi$ od zdroje rušení a měří se pomocí dipólových antén (DA). V blízkém elektromagnetickém poli se jeho elektrická složka E měří pomocí tyčové antény (TA) a jeho magnetická složka H prostřednictvím rámové antény (RA).

Měřič rušení (RFI meter) je speciální selektivní mikrovoltmetr, aplikující *superheterodynní princip*. Jeho vlastnosti jsou definovány doporučením CISPR 16. Typické blokové schéma je zobrazeno na obr.2. Měřený signál se nejprve amplitudově upravuje širokopásmovým děličem (ŠD). Selektivní zesilovač (SZ) je spřažen s oscilátorem (OSC) tak, že měřený signál je ve směšovači (SM) modulován vždy na stejný mezifrekvenční kmitočet, který je

následně zpracován vícestupňovým mezifrekvenčním zesilovačem (MFZ) a přiveden na jeden z detektorů (DŠ, DKŠ, DSH). Detekovaný signál je indikován výstupními indikátory (video, audio a podobně). kalibrační generátor (KG) slouží k provoznímu nastavení citlivosti přístroje. Z hlediska vyhodnocování měření je důležité rozlišovat úzkopásmové a širokopásmové signály.



Obr.2 Blokové schéma měřiče rušení

S ohledem na rozdíly (v pásmovosti) se v měřících rušení užívají různé typy detektorů, mezi které můžeme zařadit špičkové detektory (peak – P), kvazi – špičkové detektory (quasi – peak – QP) a detektory střední hodnoty (average - AV). Šířka měřícího pásma (meze jsou dány poklesem napěťové úrovně o 6 dB), pro jednotlivá pásma definována CISPR podává obr.3.

Pásmo	Kmitočtový rozsah	Šířka pásma	Měř. veličina
A	10 kHz - 150 kHz	200 Hz	U, I, H
B	150 kHz - 30 MHz	9 kHz	U, I, E
C	30 MHz - 300 MHz	120 kHz	E, P
D	300 MHz–1000 MHz	120 kHz	E, P

Obr.3 Šířka měřícího pásma měřičů rušení(zjednodušená varianta)

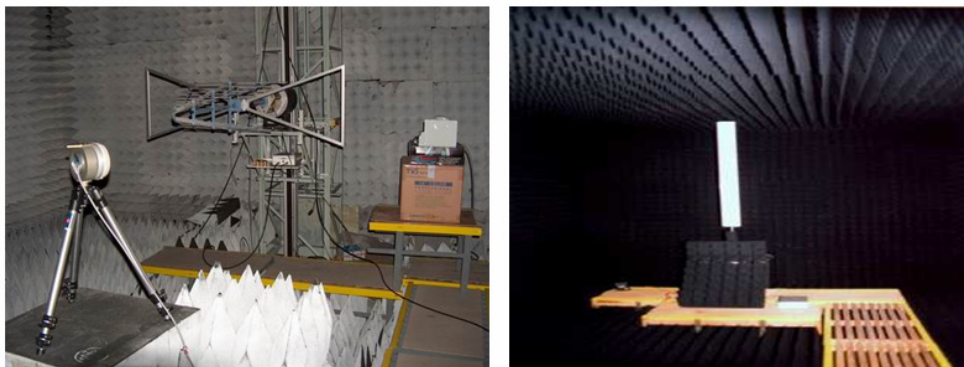
Pro měření interferenční energie, která se šíří vedením se nejčastěji používá tzv. umělé sítě (angl. AMN - Artificial Mail Network). Existuje několik druhů umělých sítí, jejichž konkrétní zapojení je závislé měřícím kmitočtovým pásmu, na typu testovaného objektu a jeho druhu napájení i velikosti příkonu. Umělá síť nezapojuje mezi síťové svorky testovaného objektu a silnoproudovou napájecí síť a má též svorky pro zapojení měřiče rušení. Základní funkci umělé sítě lze shrnout do čtyřech bodů:

- definuje impedanci napájecí energetické sítě
- definuje zatěžovací impedanci pro testovaný objekt
- definuje vazbu pro připojení měřiče rušení, která umožňuje měřit interferenční napětí na síťových svorkách testovaného objektu
- odděluje testovaný objekt od případných rušivých vlivů z napájecí energetické sítě.

V současné době se používají sítě typu **V** v zapojení se zatěžovací impedancí 50 Ω . Zmiňované umělé sítě typu **V** se používají hlavně v pásmech **A** a **B** pro střídavé, ale i stejnosměrné napájecí sítě pro objekty s velikostí nominálního napájecího proudu až 100 A. Kromě toho se pro měření rušivých napětí trojfázových spotřebičů užívá i trojfázových umělých sítí. Dále se používají v pásmu **B** zejména pro testování telekomunikačních a informačních zařízení umělé sítě typu delta.

Z hlediska místa měření přichází v praxi v úvahu několik základních situací. Jde – li o informativní provozní měření rozměrných zařízení a systémů, součástí sítí, technologických komplexů apod. musíme měření provádět přímo na místě zabudování nebo instalování. Jde – li o

měření, která je součástí homologizačního řízení, je nutno měřit v definovaných prostorech. V případě měření rušení vedením musí být dodržena nejen sestava měřících komponentů, ale i jejich prostorové uspořádání a elektromagnetické okolní prostředí se specifickými podmínkami. Standardním prostředím pro měření rušení vedením je tzv. stíněná komora (Shielded Enclosure). Je tvořena jako uzavřený prostor nejčastěji realizovaný pomocí desek z ocelových plechů, který má zajištěnou tzv. elektromagnetickou těsnost, včetně dveří, větracích a přívodních otvorů. Tato komora by měla být v potřebném měřícím pásmu útlum pro vnější signály okolo 100 dB. Měření rušení vyzařováním se nejčastěji provádí na volném rovném prostranství (Open Field Test), které neobsahuje vodivé předměty, ani blízké elektromagneticky odrazivé plochy a je, pokud možno, prosto i silných elektromagnetických polí. V nejhorším případě musí být frekvence i intenzity těchto obklopujících polí velmi přesně zmapovány, aby bylo možno zavádět korekce výsledků měření.



Obr.4 Bezodrazová komora a její technické vybavení

Měřený objekt (např. osobní počítač) v provozním režimu je umístěn v jednom ohnisku pomyslné elipsy na dálkově ovládané otočné desce (nevodivé) v předepsané výšce nad zemí. V druhém ohnisku elipsy je postavena dipólová anténa, u které je možno nastavovat výšku nad zemí a azimut nasměrování. K objektu je po zemi přiveden stíněný napájecí kabel. Od antény je po zemi přiveden stíněný napájecí kabel k měřiči rušení, který je umístěn mimo definovanou elipsu. Měření rušivých interferencí se pro určitý kmitočet vyhodnocuje pro takové nastavení polohy otočné desky, kdy je měřená hodnota maximální. Vzdálenost pro standardní předvedení a měření ohnisk elipsy má být 30 m, resp. 10 m, nouzově 3 m.

Problematikou interferenčních zdrojů rušení se zabývá norma ČSN EN 55014. Pro měřící systémy elektrotechnických zařízení vycházíme z obecných norem EMC (EMC Standards) řady ČSN EN 50081, ČSN EN 50082, ČSN EN 55011 a CISPR 11 a 23. Do obecné skupiny lze zařadit především normy ČSN EN 50081 a ČSN EN 50082. Jde o kmenové normy vycházející ze základních norem a stanovují všeobecné požadavky EMC, které mají splňovat jakékoli elektrotechnické zařízení nebo přístroje určené k provozu v určitém typu prostředí. Do této skupiny pro problematiku rušení a odolnosti systémů řadíme mezinárodní normy řady IEC 801 a IEC 805.

ZÁVĚR

Nalezení vhodného měřícího volného prostranství je v současných podmínkách velmi obtížné a problematické. Z toho důvodu, se v současné době provádějí měření pro vytvoření podmínek, matematickým modelováním. Měření rušení vyzařováním však, z důvodů mnohonásobných vnitřních odrazů, nelze měřit ani ve stíněných komorách, které by měly potřebné rozměry. Z tohoto důvodu se v současné době budují tzv. bezodrazové komory (Anti-reflection or Anechoic Chambers), obr.4.