



ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

599902 4. vydání	POŽADAVKY NA KONTROLU CHARAKTERISTIK ELEKTROMAGNETICKÉ INTERFERENCE SUBSYSTEMŮ A ZAŘÍZENÍ
---------------------	--

ZAVÁDÍ	Nezavádí žádný STANAG ani AP
NAHRAZUJE	ČOS 599902, 3. vydání POŽADAVKY NA KONTROLU CHARAKTERISTIK ELEKTROMAGNETICKÉ INTERFERENCE SUBSYSTEMŮ A ZAŘÍZENÍ

(VOLNÁ STRANA)

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

POŽADAVKY NA KONTROLU CHARAKTERISTIK ELEKTROMAGNETICKÉ INTERFERENCE SUBSYSTÉMŮ A ZAŘÍZENÍ

Základem pro tvorbu tohoto standardu byl následující originál dokumentu:

MIL-STD-461G REQUIREMENTS FOR THE CONTROL OF ELECTROMAGNETIC
11. 12. 2015 INTERFERENCE CHARACTERISTICS OF SUBSYSTEMS AND
EQUIPMENT

Požadavky na kontrolu charakteristik elektromagnetické interference
subsystémů a zařízení

© Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti

Praha 2020

OBSAH

	Strana
1	Předmět standardu6
2	Nahrazení standardů (norem)6
3	Související dokumenty.....7
3.1	Národní standardizační dokumenty 7
3.2	Standardizační dokumenty NATO 7
3.3	Vládní dokumenty..... 7
3.4	Zahraniční dokumenty 7
4	Zpracovatel ČOS8
5	Použité zkratky, značky a definice.....8
5.1	Zkratky a značky..... 8
5.2	Definice 10
6	Všeobecná ustanovení 11
6.1	Rozsah použití..... 11
6.2	Sestavení požadavků 11
6.3	Struktura standardu 11
6.4	Označování požadavků na emise a susceptibilitu 11
7	Všeobecné požadavky na provádění zkoušek12
7.1	Všeobecná ustanovení 12
7.2	Všeobecné požadavky 12
7.3	Požadavky na ověřování (verifikaci)..... 14
8	Podrobné požadavky na provádění zkoušek.....26
8.1	Všeobecná ustanovení 26
8.2	Volba požadavků na EMI v závislosti na předpokládané instalaci..... 27
8.3	Požadavky, mezní hodnoty a zkušební postupy pro měření emisí a susceptibilitu..... 28
8.4	CE101, vedené emise, proud audio frekvencí, napájecí vodiče 28
8.5	CE102, vedené emise, napětí na rádiových frekvencích, napájecí vodiče 34
8.6	CE106, vedené emise, anténní vstup, 10 kHz až 40 GHz..... 38
8.7	CS101, susceptibilita na vedené emise, napájecí vodiče 44
8.8	CS103, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, intermodulace 50
8.9	CS104, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, potlačení nežádoucích signálů 50
8.10	CS105, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, křížová modulace 51
8.11	CS109, susceptibilita na vedené emise, únikový proud..... 51
8.12	CS114, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku 54
8.13	CS115, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku, impulzní buzení..... 62

8.14	CS116, susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče	66
8.15	CS117, susceptibilita na vedené emise, přechodové jevy způsobené bleskem, kabely a napájecí vodiče	71
8.16	CS118, elektrostatické výboje způsobené obsluhou	79
8.17	RE101, vyzařované emise, magnetické pole.....	84
8.18	RE102, vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 18 GHz.....	88
8.19	RE103, vyzařované emise, rušivé a harmonické produkty na anténních výstupech	98
8.20	RS101, susceptibilita na vyzařované emise, magnetické pole	103
8.21	RS103, susceptibilita na vyzařované emise, elektrické pole	112
8.22	RS105, susceptibilita na vyzařované emise, elektromagnetické pole přechodových jevů	121
9	Poznámky.....	126
9.1	Předpokládané použití.....	126
9.2	Požadavky na nákup	126
9.3	Dokumenty nutné pro posouzení shody	126

Přílohy

Příloha A (informativní)	Aplikační příručka	128
--------------------------	--------------------------	-----

1 Předmět standardu

ČOS 599902, 4. vydání, stanovuje rozhraní a odpovídající verifikační požadavky pro kontrolu charakteristik elektromagnetické kompatibility (EMC) (emisí a susceptibilitu) elektronických, elektrických a elektromechanických zařízení a subsystémů navržených nebo určených pro použití v ozbrojených silách ČR. Tato zařízení a subsystémy lze používat samostatně nebo jako integrální část dalších subsystémů nebo systémů. Tento standard je nejvhodnější pro položky následujícího charakteru: zakrytované obvody, které nejsou větší než rám celého zařízení, elektrická propojení bloků formou samostatných svazků vodičů a vstup elektrického napájení odvozeného z primárních napájecích zdrojů. Standard se nesmí použít pro položky, jako jsou moduly umístěné uvnitř elektronických bloků nebo celých platforem. Principy uvedené v tomto standardu lze však využít pro stanovení vhodných požadavků pro takové aplikace. Standard zahrnuje také požadavky na datové položky.

Použitelnost požadavků pro emise a susceptibilitu je závislá na typu zařízení nebo subsystému a jeho předpokládané instalaci, jak je uvedeno dále.

Kritéria pro použití ve specifikovaných prostředích se mohou odvodit na základě funkční a projekční analýzy na požadované použití subsystému ve specifikovaných systémech nebo platformách. Pokud se analýzami zjistí, že požadavky tohoto standardu nejsou pro proces zabezpečení vhodné, pak mohou být požadavky uvedeny do shody a uspořádány ve výzvě na nabídku, návrh, specifikaci, kontrakt a podobně. Pro každou aplikaci musí zkušební organizace přizpůsobit zkušební sestavy obsažené v tomto dokumentu. Přizpůsobené zkušební postupy se musí dokumentovat jednotným způsobem dle příslušného standardu pro zkušební postupy EMITP (viz 9.2).

2 Nahrazení standardů (norem)

Tento standard nahrazuje ČOS 599902, 3. vydání.

ČOS 599902, 4. vydání vychází z MIL-STD-461G, z 11. 12. 2015. Tato norma je plně slučitelná s ČOS 051627 „Zkoušky vojenské techniky v elektrickém/elektromagnetickém prostředí“. S ohledem na návaznost na příslušné standardizační dohody NATO, především na STANAG 4370/AECTP-500 „Electromagnetic Environmental Effects Test and Verification“, 4. vydání, je v maximální možné míře zachována i nadnárodní (převážně z angličtiny převzatá) terminologie všeobecně používaná v NATO a jejích závazných materiálech. Konkrétně se jedná např. o termíny *interference*, *emise*, *platforma* a další, které mají často používané české ekvivalenty *vzájemné působení*, *vyzařování*, *nosič/instalace* a další. Tyto české termíny však v řadě případů nemají plně ekvivalentní význam (viz např. emise a vyzařování), čímž může, při snaze o použití výlučně české terminologie, dojít překladem dokonce ke změně významu určitých pasáží originálu.

3 Související dokumenty

3.1 Národní standardizační dokumenty

ČSN EN ISO 10012	SYSTÉMY MANAGEMENTU MĚŘENÍ – POŽADAVKY NA PROCESY MĚŘENÍ A MĚŘICÍ VYBAVENÍ
ČSN EN ISO/IEC 17025	VŠEOBECNÉ POŽADAVKY NA KOMPETENCI ZKUŠEBNÍCH A KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ
ČOS 051625	TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO PRODUKTY URČENÉ K ZAJIŠTĚNÍ OBRANY STÁTU
ČOS 051627	ZKOUŠKY VOJENSKÉ TECHNIKY V ELEKTRICKÉM A ELEKTROMAGNETICKÉM PROSTŘEDÍ

3.2 Standardizační dokumenty NATO

AECTP-500	ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTAL EFFECTS TEST AND VERIFICATION Zkoušky a ověřování účinků elektromagnetického prostředí
-----------	---

3.3 Vládní dokumenty

NV č. 291/2015 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením

3.4 Zahraniční dokumenty

IEEE/ANSI C63.2	SPECIFICATIONS OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE AND FIELD STRENGTH MEASURING INSTRUMENTATION IN THE FREQUENCY RANGE 9 KHZ TO 40 GHZ Norma pro přístroje k měření elektromagnetického šumu a intenzity pole, 9 kHz až 40 GHz, specifikace
IEEE/ANSI C63.4	METHODS OF MEASUREMENT OF RADIO-NOISE EMISSIONS FROM LOW-VOLTAGE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN THE RANGE OF 9 KHZ TO 40 GHZ Norma pro elektromagnetickou kompatibilitu, vf šumové emise nízkonapěťových elektrických a elektronických zařízení ve frekvenčním rozsahu 9 kHz až 40 GHz, metody měření
IEEE/ANSI C63.14	DICTIONARY OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) INCLUDING ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTAL EFFECTS (E3) Slovník pro technologie elektromagnetické kompatibility (EMC), Včetně efektů elektromagnetického prostředí (E3)
ANSI/NCSL Z540-1	CALIBRATION LABORATORIES AND MEASURING AND TEST EQUIPMENTS Kalibrační laboratoře, měřicích a zkušebních zařízení
SAE ARP-958	ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE MEASUREMENT ANTENNAS; STANDARD CALIBRATION METHOD Antény pro měření elektromagnetického rušení; Standardní kalibrační metoda

4 Zpracovatel ČOS

Vojenský technický ústav, s.p., odštěpný závod VTÚPV, Ing. Mgr. František Kudlička,
Ing. Milan Rýdel.

5 Použité zkratky, značky a definice

5.1 Zkratky a značky

Zkratka	Název v originálu	Český název
AMSC	acquisition management system control	system řízení akvizic
ANSI	American National Standards Institute	Americký národní institut pro normalizaci
ASW	anti-submarine warfare	protiponorkový boj
BCI	bulk cable injection	injektáž do kabelových svazků
BIT	built-in test	vestavěný test
CI	commercial items	komerční zařízení
CLF(f)	chamber loading factor	zatěžovací činitel komory pro frekvenci f
ČOS	–	český obranný standard
CW	continuous wave	spojitá vlna
E3	electromagnetic environmental effects	efekty elektromagnetického prostředí
ECM	electronic countermeasures	elektronické protiopatření
EMC	electromagnetic compatibility	elektromagnetická kompatibilita
EME	electromagnetic environment	elektromagnetické prostředí
EMI	electromagnetic interference	elektromagnetická interference
EMICP	electromagnetic interference control procedures	postupy řízení elektromagnetické interference
EMITP	electromagnetic interference test procedures	postupy zkoušek elektromagnetické interference
EMITR	electromagnetic interference test report	protokol o zkoušce elektromagnetické interference
EMP	electromagnetic pulse	elektromagnetický impulz
ERP	effective radiated power	efektivní vyzařovaný výkon
ESD	electrostatic discharge	elektrostatický výboj
EUT	equipment under test	zkoušené zařízení
FCC	Federal Communications Commission	Federální komise pro komunikace (USA)

Zkratka	Název v originálu	Český název
FFT	fast Fourier transform	rychlá Fourierova transformace
FWHM	full width half maximum	šířka impulzu v poloviční výšce
GFE	government furnished equipment	státem poskytovaná zařízení
GPI	ground plane interference	interference zemní plochou
HERO	hazards of electromagnetic radiation to ordnance	nebezpečí elektromagnetického záření pro zbraně
HF	high frequency	vysoká frekvence
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro standardizaci
LISN	line impedance stabilization network	umělá síť (síť pro stabilizaci impedance vedení)
MAD	magnetic anomaly detectors	detektor magnetických anomálií
NDI	non-developmental item	nevyvíjená položka
NOE	nap-of-the-earth	kopírování terénu (za letu)
P_{tPk}	peak transmitter power	špičkový výkon vysílače
REB	electronic warfare (EW)	radioelektronický boj
RF	radio frequency	rádiová frekvence
RFID	radio frequency identification	radiofrekvenční identifikace
RMS	root mean square	efektivní hodnota
STANAG	NATO standardization agreement	standardizační dohoda NATO
TEM	transverse electromagnetic	příčně elektromagnetický
TPD	terminal protection device	svorkový ochranný obvod
UPS	uninterruptible power supply	zdroj nepřerušovaného napájení
VBW	video bandwidth	šířka pásma videosignálu
vf	high frequency (HF)	vysoká frekvence
VFR	visual flight rules	pravidla pro let za viditelnosti
VSWR	voltage standing wave ratio	napěťový poměr stojatých vln
WLAN	wireless local area network	bezdrátová místní síť

5.2 Definice

Český termín	Anglický ekvivalent	Definice
hranice zkoušeného zařízení	test setup boundary	Kryty a okrajové části zkoušeného zařízení a úseky exponovaných propojovacích vodičů délky 2 m (kromě vodičů, které jsou v aktuální instalaci kratší) a napájecí vodiče požadované v článku 7.3.8.6.
systém důležitý z hlediska bezpečnosti	safety critical system	Subsystem nebo zařízení, jehož nesprávná funkce nebo selhání může mít za následek zranění nebo ztráty na životech, ztrátu nebo vážné poškození zařízení a materiálu nebo poškození životního prostředí.
podpurná letecká zařízení	flight-line equipment	Jakákoliv podpurná zařízení určená nebo užívaná pro letadla před letem nebo po letu, například zavádění nebo snímání dat, opravářská diagnostika nebo zařízení pro funkční zkoušky.
platforma	platform	Místo instalace nebo blízké okolí zařízení, přičemž může jít o pevnou instalaci nebo instalaci na lodi, letadle, ponorce nebo jiném prostředku.
vnější instalace	external installation	Umístění zařízení na platformě, které je vystaveno vnějším elektromagnetickým prostředím, jako je letecká kabina, která nemá speciální skla pro útlum elektromagnetického záření nebo elektronický systém instalovaný vně taktické pozemní platformy.
vnitřní instalace	internal installation	Umístění zařízení na platformě, které je zcela uvnitř elektricky vodivé konstrukce, jako je typická palubní avionika v trupu letadla s pláštěm z hliníkových slitin nebo kovový trup taktické pozemní platformy.
na palubě	above deck	Oblast na lodi (nosiči), která není v „podpalubí“, jak je definováno dále.
v podpalubí	below deck	Prostor na lodi (nosiči) krytý kovovou konstrukcí nebo jiný prostor se značným útlumem elektromagnetického záření, např. kovová věž, vnitřní konstrukce lodi, stíněný prostor atd.
odkryté v podpalubí	exposed below deck	Prostory uvnitř vnějšího pláště lodě, s elektricky velkými otvory, které při otevření vystavují zařízení a kabely v těchto prostorech, vnějšímu elektromagnetickému prostředí, včetně prostorů, které jsou obklopeny materiálem, který nemá alespoň stejnou účinnost stínění jako konstrukce.
nevyvíjená položka	non-developmental item	Položka zahrnující materiály ze široké škály zdrojů jak průmyslových, tak státních, které jsou dostupné a nevyžadují žádný nebo minimální vývoj ze strany zabezpečovacího orgánu.

Český termín	Anglický ekvivalent	Definice
anténní port	antenna port	Jakýkoliv konektor, terminál nebo vlnovod vysílače, přijímače nebo zesilovače, který se používá při přenosu a/nebo příjmu vysokofrekvenční energie, a který může být připojen k anténě buď přímo, nebo nepřímo například přes anténní spojku, dělič výkonu, zesilovač atd.
nulový vodič	neutral	Vodič ve střídavém systému napájení označený N.
zpětný vodič	return	Vodič ve stejnosměrném systému napájení označený – nebo L–.

Další termíny a definice jsou uvedeny v IEEE/ANSI C63.14.

6 Všeobecná ustanovení

6.1 Rozsah použití

Tento obranný standard je určen pro využití při zkouškách subsystémů a zařízení, určených pro použití v ozbrojených silách ČR.

6.2 Sestavení požadavků

Kritéria použití specifických prostředí se mohou odvíjet od provozní a konstrukční analýzy provedené na zařízení nebo subsystému, který se bude nakupovat pro použití ve specifických systémech nebo platformách. Pokud analýza prokáže, že požadavky tohoto dokumentu nejsou vhodné pro nákup, mohou se požadavky sestavit a spojit do požadavků pro nákup, specifikaci, smlouvy, objednávky atd. ještě před spuštěním zkušebního programu. Zkušební postupy uvedené v tomto dokumentu se musí přizpůsobit pro jednotlivé aplikace. Upravené zkušební postupy se musí zdokumentovat ve zkušebním postupu elektromagnetické kompatibility (EMITP) (viz článek 9.3).

6.3 Struktura standardu

Standard obsahuje dvě základní části: hlavní část a přílohu A. Hlavní část obsahuje požadavky na rozhraní a verifikační požadavky tohoto standardu. Příloha je informativní, vysvětluje důvody jednotlivých požadavků a poskytuje návod pro jejich interpretaci a používání. Způsob číslování kapitol přílohy je obdobný jako v hlavní části standardu. V názvu některých článků přílohy je v závorce uveden odkaz na článek hlavní části (například A.6.2 (7.2)). V hlavní části standardu jsou odkazy na příslušné články přílohy.

6.4 Označování požadavků na emise a susceptibilitu

Požadavky na emise a susceptibilitu a odpovídající zkušební metody se označují v souladu s alfanumerickým kódovacím systémem. Každá zkušební metoda se označuje kombinací dvou písmen, za kterou následuje třímístné číslo. Číslo slouží pouze pro rozlišovací účely. Význam jednotlivých písmen je vysvětlen v tabulce 1.

TABULKA 1 – Písmenný kód označování zkoušek

1. znak	2. znak	Anglický význam	Český význam
C		Conducted	Vedené (po vedení, po vodičích)
R		Radiated	Vyzařované prostřednictvím elektromagnetického pole nebo ovlivňované elektromagnetickým polem
	E	Emission	Emise
	S	Susceptibility	Susceptibilita

- a) Požadavky na vedené emise (*conducted emissions*) se označují „CE_{xxx}“,
- b) Požadavky na vyzařované emise (*radiated emissions*) se označují „RE_{xxx}“,
- c) Požadavky na susceptibilitu na vedené emise (*conducted susceptibility*) se označují „CS_{xxx}“,
- d) Požadavky na susceptibilitu na vyzařované emise (*radiated susceptibility*) se označují „RS_{xxx}“,
- e) „_{xxx}“ = číselné označení požadavku (od 101 do 199).

7 Všeobecné požadavky na provádění zkoušek

7.1 Všeobecná ustanovení

Elektronická, elektrická a elektromechanická zařízení a subsystémy musí být ve shodě s všeobecnými aplikačními požadavky uvedenými v článku 7.2. Všeobecné požadavky zkoušek musí být ve shodě s článkem 7.3. Tyto všeobecné požadavky jsou více zkonkretizovány detailními požadavky na emise a susceptibilitu v kapitole 8.

7.2 Všeobecné požadavky

7.2.1 Společná opatření

Zařízení a subsystémy zabezpečované jednou armádní složkou pro více uživatelů musí vyhovovat požadavkům všech uživatelů.

7.2.2 Filtrace (pouze pro vojenské námořnictvo)

Použití filtrů pro omezení EMI se musí minimalizovat, neboť vytváří nízkoimpedanční cesty pro nesymetrické (common mode) proudy přes zemní plochu. Mohou být hlavní příčinou rušení v systémech, neboť proudy se mohou vázat s jinými zařízeními, která jsou připojena na stejnou zemní plochu. Pokud se musí filtr použít, pak kapacita mezi každým vodičem a zemí nesmí přesahovat hodnotu 0,1 μF pro napájecí frekvenci 60 Hz nebo 0,02 μF pro 400 Hz. Pro ponorky a letadla při stejnosměrném napájení zařízení mezi vodičem a zemí nesmí žádná kapacita přesáhnout 0,075 $\mu\text{F}/\text{kW}$ připojené zátěže. Pro zátěže menší než 0,5 kW nesmí kapacita filtru přesáhnout hodnotu 0,03 μF . Provedení filtrace musí být popsáno v technické dokumentaci a EMICP (viz 9.3).

7.2.3 Vlastní kompatibilita

Funkční chování zařízení nebo subsystému se nesmí zhoršit nebo se nesmí vyskytnout porucha v případě, že všechny jednotky a obvody zařízení nebo subsystému pracují současně na předepsaných úrovních použití nebo v rámci navržených možností.

7.2.4 Všeobecně dostupné položky (NDI)

Ve shodě s návodem vydaným ministerstvem obrany ČR, ČOS 051625, se musí u položek dodržet požadavky tohoto standardu, jsou-li položky použity a funkčně zaručovány ve shodě s požadavky na zamýšlenou instalaci nebo platformu.

7.2.4.1 Komerční zařízení (CI)

7.2.4.1.1 Vybrané dodavatelem

Pokud se prokáže, že komerční položky vybrané dodavatelem při smluvních požadavcích EMI způsobují poruchy zařízení nebo subsystému, musí se komerční zařízení buď modifikovat, nebo nahradit nebo se musí jeho rušení potlačit tak, aby zařízení nebo subsystém vyhověl smluvním požadavkům na EMI.

7.2.4.1.2 Specifikované pověřeným orgánem

Pokud se prokáže dodavatelem, že komerční zařízení specifikované pověřeným orgánem je příliš citlivé vůči poruchám pro použité zařízení nebo subsystém z hlediska požadavků EMI, pak se údaje prokazující takové poruchy musí zahrnout do protokolu (viz článek 9.3). Žádná úprava nebo náhrada se nesmí provádět bez schválení pověřeným orgánem.

7.2.4.2 Zabezpečení zařízení nebo subsystému s jinými požadavky na EMI

Musí se zabezpečovat pouze taková zařízení nebo subsystémy, které jsou elektricky nebo mechanicky identické se specifikacemi ministerstva obrany nebo jiné příslušné agentury z hlediska požadavků EMI a odpovídajících mezí. Tyto požadavky se stanovují v projektech a nesmí se měnit, pokud to nepovolí příslušný orgán.

7.2.5 Vládou zajišťovaná zařízení (GFE)

Pokud objednatel prokáže, že vládou zajišťovaná zařízení jsou citlivá na poruchy v prostředí specifikovaném pro EMI ve smlouvě, pak se údaje prokazující takový nedostatek musí uvést v protokolu ze zkoušky (viz článek 9.3). Žádná úprava se nesmí provádět bez schválení pověřeným orgánem.

7.2.6 Spínané přechodové jevy

Rušení v důsledku přechodových jevů vznikajících v okamžicích používání ručně ovládaných spínacích funkcí jsou vyjmuta z požadavků tohoto standardu. Jiné typy přechodových jevů, např. automatická posloupnost spínacích funkcí iniciovaná ručně ovládanou spínací funkcí, musí požadavkům tohoto standardu z hlediska emisí vyhovovat.

7.2.7 Vnitřní vyměnitelné moduly

Požadavky tohoto standardu jsou ověřitelné na úrovni jednotek vyměnitelných u dodavatele, nahraditelných nebo integrovaných v rámu. Pokud dojde k výměně nebo nahrazení takových jednotek v sestavě, požadují se dodatečné zkoušky nebo odpovídající posouzení. Způsob posouzení musí určit odbor nákupu materiálu.

7.3 Požadavky na ověřování (verifikaci)

Pro určení shody s použitelnými požadavky na emise a susceptibilitu dle tohoto standardu se musí splnit všeobecné požadavky týkající se zkušebních postupů, zkušebních míst a zařízení spolu s podrobnými zkušebními postupy uvedenými v kapitole 8. Jakékoli odchylky a výjimky povolené zabezpečovací složkou se musí zdokumentovat v příslušném záznamu zkušebních postupů EMI (EMITP), např. v oddíle týkajícím se zkušebního plánu (viz článek 9.3). Kdykoli je to možné, musí se zařízení, které je určeno pro funkci subsystému, zkoušet jako takové dle použitelných požadavků na emise a susceptibilitu. Úředně určené zkoušky nesmí začít bez schválení zkušebních postupů (EMITP) příslušným kompetentním velitelským nebo úředním stupněm. Údaje získané jako výsledek zkoušek prováděných v jedné elektromagnetické disciplíně mohou být dostatečné pro splnění požadavků v jiné disciplíně. Aby se předešlo zbytečným duplicitám, musí se, kdykoliv je to možné, vytvořit jeden program, který obsahuje zkoušky s obdobnými požadavky prováděnými souběžně.

7.3.1 Tolerance měření

Pokud není stanoveno jinak, musí se pro jednotlivá měření dodržet následující tolerance:

- a) vzdálenost: ± 5 %,
- b) frekvence: ± 2 %,
- c) amplituda, měřicí přijímače: ± 2 dB,
- d) amplituda, měřicí systém (zahrnuje měřicí přijímače, převodníky, kabely atd.): ± 3 dB,
- e) čas (tvary průběhů): ± 5 %,
- f) hodnota odporů: ± 5 %,
- g) kapacita kondenzátorů: ± 20 %.

7.3.2 Stíněné prostory

K provádění zkoušek se obvykle požadují stíněné prostory, k zamezení interakce mezi EUT a okolním prostředím. Tyto prostory zabraňují rušení signálů při zkouškách emisí a susceptibility elektrickými a elektronickými zařízeními v blízkosti zkušebního místa. Stíněné prostory musí mít takový adekvátní útlum, že se splní požadavky pro okolí dle článku 7.3.4. Prostory musí být dostatečně velké, aby se splnily požadavky článku 7.3.8 na sestavu EUT a požadavky na umístění antén popsané v jednotlivých zkušebních metodách.

7.3.2.1 Absorpční materiál pro rádiové frekvence (RF)

Absorpční materiál pro rádiové frekvence (uhlíkem nasycené pěnové jehlany, feritové destičky apod.) se musí použít při provádění zkoušek vyzařovaných emisí (RE) a susceptibility na vyzařované emise (RS) uvnitř stíněného prostoru ke snížení odrazů elektromagnetické energie a ke zlepšení přesnosti a opakovatelnosti. Absorpční materiál se musí umístit nad EUT, za EUT, na jeho obě strany a za vysílací nebo přijímací anténu tak, jak je uvedeno na obrázku 1. Minimální parametry materiálu musí odpovídat specifikaci v tabulce 2. Prohlášení výrobce RF absorpčního materiálu je možno akceptovat pouze pro základní neinstalovaný materiál.

TABULKA 2 – Absorpce při normálním použití

Frekvence	Minimální absorpce
80 MHz – 250 MHz	6 dB
nad 250 MHz	10 dB

7.3.3 Jiná zkušební prostředí

Při použití jiného zkušební prostředí se musí dodržet požadavky pro okolí dle článku 7.3.4.

7.3.4 Elektromagnetické úrovně okolí

Pokud se zkouška provádí ve stíněném prostoru, musí být elektromagnetická úroveň okolí nejméně 6 dB pod přípustnými specifikovanými mezemi měřeními při odpojeném EUT a zapnutém veškerém pomocném zařízení. Úrovně okolního rušení (pozadí) na napájecích vodičích se musí měřit s vodiči odpojenými od EUT a připojenými k odporové zátěži, která vyvolá stejné proudy jako EUT. Pokud se zkouška provádí ve stíněném prostoru a EUT je ve shodě s požadovanými mezemi, není potřeba zaznamenávat průběh okolního rušení do protokolu o zkoušce (EMITR). Pokud se měření provádí mimo stíněný prostor, musí se zkouška realizovat v době a za podmínek, kdy úrovně okolí jsou na nejnižší úrovni. Úrovně okolí se musí zaznamenávat do EMITR a nesmí ovlivňovat výsledky zkoušky.

7.3.5 Zemní plocha

EUT se musí instalovat na zemní plochu, která simuluje skutečnou instalaci. Je-li skutečná instalace neznámá nebo se očekává víceúčelová instalace, pak se musí použít kovová zemní plocha. Pokud není uvedeno jinak, musí mít zemní plocha rozměr 2,25 m² nebo větší a kratší strana nesmí být menší než 0,76 m. Pokud se při instalaci EUT zemní plocha nepoužívá, musí se EUT umístit na stůl z nevodivého materiálu (dřevo, pěnový polystyrén).

7.3.5.1 Kovová zemní plocha

Pokud se EUT instaluje na kovové zemní ploše, nesmí mít zemní plocha povrchový odpor větší než 0,1 mΩ/m². Stejnoseměrný odpor mezi kovovou zemní plochou a stíněným prostorem musí být 2,5 mΩ nebo menší. Kovové zemní plochy znázorněné na obrázcích 2 až 5 se musí elektricky spojit s podlahou nebo stěnami základní konstrukce stíněné místnosti nejméně jednou na každý 1 m. Kovové spojovací pásy musí být pevné a mít poměr délky k šířce pět ku jedné nebo méně. Kovové zemní plochy používané mimo stíněný prostor musí v každém směru přesahovat nejméně o 2,5 m vnější hranice zkoušené sestavy.

7.3.5.2 Kompozitní zemní plocha

Pokud se EUT instaluje na vodivé kompozitní zemní ploše, musí mít povrchový odpor hodnotu typické instalace. Kompozitní zemní plocha se musí elektricky propojit s krytem vhodným materiálem.

7.3.6 Impedance napájecího zdroje

Impedance napájecích zdrojů zabezpečujících napájení pro EUT se musí zajistit připojením k LISN při všech měřicích postupech v tomto dokumentu, pokud není

stanoveno jinak v jednotlivé zkušební metodě. LISN se musí umístit na konci požadované délky napájecích vodičů u napájecího zdroje dle specifikace v článku 7.3.8.6.2. LISN musí být elektricky spojeny se zkušební zemní rovinou nebo zemnicí plochou a odpor spoje nesmí překročit 2,5 mΩ. Zapojení LISN musí být provedeno dle schématu na obrázku 6. Impedanční charakteristiky LISN musí odpovídat obrázku 7. Grafy impedance LISN musí být uvedeny v EMITR. Pokud je třeba ověřit impedanci LISN, měří se za následujících podmínek:

- a) impedance se musí měřit mezi výkonovým výstupním vodičem na zatěžovací straně LISN a kovovým krytem LISN,
- b) signálový výstupní konektor LISN se musí zakončit zátěží 50 Ω,
- c) výkonové vstupní svorky na straně napájecího zdroje LISN se nesmí zakončit.

7.3.7 Všeobecná opatření související se zkouškou

7.3.7.1 Propojovací zařízení

Propojovací zařízení použitá ve spojení s měřicím přijímačem nesmí zhoršovat výsledky měření.

7.3.7.2 Nežádoucí osoby a zařízení

V prostoru zkoušky se nesmí vyskytovat osoby, zařízení, kabelové žlaby a desky, které nejsou nutné pro realizaci zkoušky. V prostoru zkoušky nebo vymezeném místě se mohou nacházet pouze zařízení nutná pro realizaci zkoušky. V místě zkoušky smí být pouze osoby provádějící zkoušky. Všechna zařízení a pomocná zařízení, včetně antén, které nejsou aktivně používány pro určitou podmnožinu vyzařovaných zkoušek, musí být odstraněna ze zkušebního prostoru nebo stíněného krytu

7.3.7.3 Saturace (přebuzení)

Měřicí přijímače a převodníky se mohou dostat do saturace, zvláště měřicí přijímače bez preselektorů a aktivní převodníky. K ujištění, že nedochází k saturaci, se musí provádět periodické kontroly. V případě saturace se musí provést změny měřicího řetězce.

7.3.7.4 Nebezpečné RF vyzařování

Některé zkoušky dle tohoto standardu používají elektromagnetická pole, která jsou nebezpečná pro osoby. V prostorech, kde se zdržují osoby, se nesmí překročit přípustné úrovně expozice uvedené v příslušných ustanoveních „Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. – Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením“. K zamezení nebezpečného ozáření osob při vysokofrekvenčním vyzařování se musí použít bezpečné postupy a technické ochranné pomůcky.

7.3.7.5 Úraz elektrickým napětím

Některé zkoušky vyžadují použití potenciálně nebezpečných napětí. Musí se provést maximální opatření pro zajištění bezpečnosti veškerých osob.

7.3.7.6 Omezení Českého telekomunikačního úřadu (ČTÚ)

Některé zkoušky vyžadují vysoké úrovně generovaných signálů, které mohou rušit schválené frekvence přidělené státním koordinačním orgánem. Všechny takové zkoušky se musí provádět ve stíněných prostorech. Zkoušky v otevřeném prostoru

se mohou provádět, pokud se získá předchozí souhlas příslušného koordinačního orgánu.

7.3.8 Uspořádání EUT při zkoušce

EUT se musí uspořádat ve shodě s všeobecnou sestavou zkoušky dle obrázků 1 až 5 dle příslušné aplikace. Toto uspořádání se musí udržovat v průběhu celé zkoušky, pokud nejsou pro jednotlivé zkušební metody uvedeny jiné požadavky.

7.3.8.1 Provedení EUT

Hardware, software a firmware EUT musí představovat reprezentativní vzorek celé výroby. Software se může doplnit odpovídajícími funkcemi, které zajistí možnost diagnostiky při zjišťování funkčnosti EUT.

7.3.8.2 Propojení EUT

K propojení a uchycení jednotlivých součástí jako jsou skříně a instalační základna vzájemně mezi sebou nebo se zemní plochou se musí použít pouze prostředky patřící do výbavy EUT. Pokud jsou pro kompletaci zkušební sestavy potřeba propojovací pásky, musí být identické s pásky specifikovanými v instalační dokumentaci. Propojení EUT s vodivou zemní plochou musí být prověřeno, zda odpovídá instalačnímu schématu a specifikaci zařízení, před připojením kabelů a zkouškami EMI. Ověřovací proces a výsledky musí být zaznamenány do protokolu EMITR.

7.3.8.3 Tlumiče rázů a vibrací

EUT musí být zajištěno vůči instalační základně, pokud je taková základna použita při instalaci, oddělovacími tlumiči. Propojovací pásky patřící k instalační základně musí být spojeny se zemní plochou. Pokud instalační základna nepoužívá propojovací pásky, nesmí být propojovací pásky použity ani ve zkušební sestavě.

7.3.8.4 Ochranné uzemnění

Pokud jsou vnější svorky, konektorové kontakty nebo vodiče určené k uzemnění dostupné pro ochranné uzemnění používané v aktuální instalaci, musí se spojit se zemní plochou. Uspořádání a délky propojení musí být ve shodě s článkem 7.3.8.6.1.

7.3.8.5 Orientace EUT

EUT se musí orientovat tak, že povrchy, které produkují maximální vyzařování a mají nejcitlivější odezvu na vyzařované signály, směřují k měřicím anténám. EUT instalované na stole se musí umístit (10 ± 2) cm od předního okraje zemní plochy, aby se vytvořil odpovídající prostor pro uspořádání kabeláže dle specifikace uvedené níže.

7.3.8.6 Konstrukce a uspořádání kabeláže EUT

Svazek elektrických kabelů musí simulovat skutečnou instalaci a použití. Stíněné kabely nebo stíněné vodiče (včetně napájecích a uzemňovacích vodičů) uvnitř kabelů se musí použít pouze v případě, že jsou specifikovány v instalačních požadavcích. Kabely se musí kontrolovat z hlediska instalačních požadavků, aby byla ověřena správná technologie instalace, jako použití kroucených párů, stínění a stíněných propojení. Podrobnosti o kabeláži použité při zkouškách se musí zahrnout do příslušných zkušebních postupů (EMITP).

7.3.8.6.1 Propojovací vodiče a kabely

Jednotlivé vodiče se musí spojovat do kabelů stejným způsobem jako v aktuální instalaci. Celkové délky propojovacích kabelů ve svazku musí být stejné jako v aktuální instalaci na nosiči. Jsou-li kabely delší než 10 m, musí se použít délka nejméně 10 m. Pokud nejsou délky kabelů pro instalaci specifikovány, musí být kabely dostatečně dlouhé k zabezpečení podmínek specifikovaných níže. Nejméně 2 m (mimo kabelů, které jsou v aktuální instalaci kratší) každého propojovacího kabelu se musí vést paralelně s přední hranicí zkoušené sestavy. Zbývající délky kabelů se musí vést k zadní straně zkoušeného souboru a musí se uspořádat střídavě (cik-cak) s minimalizací překrytí a křížení kabelů. Pokud sestava obsahuje více než jeden kabel, musí se jednotlivé kabely oddělit na vzdálenost 2 cm, měřeno od jejich vnějšího průměru. Pro svazky umístěné na vrchní ploše stolu, používajícího zemní plochu, musí být kabely umístěné nejbližší přední hranice vzdáleny 10 cm od přední hrany zemní plochy. Všechny kabely se musí umístit 5 cm nad zemní plochu na nevodivé podložce (dřevo, polystyrén). Pokud je zkoušeným zařízením vysoká skříň nebo zařízení stojící na zemi a kabely jsou vedeny shora nebo v blízkosti horní části, musí být kabely vedeny dolů ke kovové zemní ploše a pak musí být vedeny 2 m rovnoběžně s její přední hranou. Pokud jsou kabely vyvedeny zdola, musí být spuštěny na kovovou zemní rovinu. Poté musí být vedeny 2 m rovnoběžně s její přední hranou.

7.3.8.6.2 Vstupní (primární) napájecí vodiče

Dva metry vstupních (primárních) napájecích vodičů (včetně nulového a zpětných) se musí vést paralelně s přední hranou zkoušené sestavy stejným způsobem jako propojovací vodiče. Každý napájecí vodič, včetně nulových a zpětných, se musí připojit k LISN (viz článek 7.3.6). Napájecí vodiče, které jsou ve skutečné instalaci součástí propojovacího kabelu, se musí uspořádat stejně v délce 2 m a potom se musí oddělit ze svazku a vést co možná nejkratším způsobem k LISN. Celková délka napájecích vodičů od elektrického konektoru EUT k LISN nesmí přesáhnout 2,5 m, ale musí být minimální pro danou zkušební sestavu. Všechny napájecí vodiče se musí umístit 5 cm nad zemní plochu, na nevodivé podložce (dřevo, polystyren). Pokud jsou napájecí vodiče ve skutečné instalaci kroucené, musí být kroucené až k LISN.

7.3.8.7 Elektrická a mechanická rozhraní

Všechna elektrická vstupní a výstupní rozhraní se musí zakončit buď skutečným zařízením z instalace zkoušeného zařízení nebo zátěžemi, které simulují elektrické vlastnosti (impedance, uzemnění, vyváženost a podobně), které má skutečná instalace. Signálové vstupy se musí připojit ke všem používaným elektrickým rozhraním k ověření obvodů EUT. EUT s mechanickými výstupy se musí vhodně zatížit. Pokud se ve skutečné instalaci vyskytuje proměnné elektrické nebo mechanické zatížení, musí se zkoušky provádět při nejhorsích očekávaných podmínkách. Pokud se používá aktivní elektrická zátěž (jako součást souboru zkoušek), musí se provést předběžná opatření, aby se zajistilo, že aktivní zátěž splňuje požadavky na okolí dle článku 7.3.4, pokud je připojena do zkoušené sestavy a aby aktivní zátěž nereagovala na zkušební signály při zkouškách susceptibility. Anténní vstupy EUT se musí zakončit vhodnou stíněnou zátěží.

7.3.9 Provoz EUT

V průběhu měření emisí se musí EUT nastavit do provozního režimu, při kterém se produkuje maximální úroveň emisí. Při zkouškách susceptibility se musí EUT nastavit do nejcitlivějšího provozního režimu. U EUT s několika možnými provozními

režimy (včetně provozních režimů řízených softwarem/firmwarem) se musí použít dostatečný počet režimů pro emise a susceptibilitu tak, aby se ověřily všechny obvody. Zdůvodnění výběru provozních režimů se musí zaznamenat do plánu zkušebního postupu (EMITP).

7.3.9.1 Pracovní frekvence pro laditelná vysokofrekvenční (RF) zařízení

Měření se musí provést nejméně na třech frekvencích uvnitř každého laděného pásma, ladicí jednotky nebo rozsahu pevných kanálů zahrnujících jednu frekvenci ve středu pásma a frekvence uvnitř $\pm 5\%$ od každého konce každého pásma nebo rozsahu kanálů.

7.3.9.2 Pracovní frekvence pro zařízení s rozprostřeným spektrem

Požadavky na pracovní frekvence pro dva hlavní typy zařízení s rozprostřeným spektrem musí být následující:

- a) Frekvenční skákání (hopping). Měření se musí provádět se zkoušeným zařízením využívajícím množinu skoků obsahující minimálně 30 % všech možných frekvencí. Tato množina skoků musí být stejnoměrně rozdělena do tří segmentů v nízkém, středním a vysokém pásmu pracovních frekvencí zkoušeného zařízení.
- b) Přímá posloupnost. Měření se musí provádět s daty, zpracovávajícími se v EUT v největší možné rychlosti přenosu dat.

7.3.9.3 Monitorování susceptibility

EUT se musí v průběhu zkoušení odolnosti monitorovat, aby se indikovalo zhoršení nebo chyby funkce. Toto monitorování se běžně provádí prostřednictvím vestavěného testu (BIT), vizuální prohlídkou, akustickými výstupy a měřením signálů na výstupech a rozhraních. Monitorování chování EUT pomocí instalace speciálních obvodů je přípustné, avšak tyto úpravy nesmí ovlivnit výsledky zkoušky.

7.3.10 Použitelnost měřicího zařízení

Měřicí zařízení se musí pro jednotlivé zkušební postupy tohoto standardu specifikovat. Pro realizaci zkoušek popsaných v tomto standardu je možno použít jakýkoli frekvenčně selektivní měřicí přijímač, pokud zabezpečuje, že přijímací charakteristiky (tj. citlivost, selektivita pásem, detekční funkce, dynamický rozsah a provozní rychlost) splňují požadavky uvedené v tomto standardu a jsou vhodné k demonstraci shody s použitými mezemi. Typické charakteristiky přístrojového vybavení lze nalézt v ANSI C63.2. Měřicí přijímače využívající techniky měření v časové doméně s rychlou Fourierovou transformací (FFT) jsou pro použití přijatelné, pokud jsou parametry tabulky 3 uživateli přímo přístupné a lze je ověřit.

7.3.10.1 Detektor

Pro všechna měření emisí a susceptibility se musí použít vrcholový detektor. Tento obvod detekuje vrcholovou hodnotu modulační obálky v propustném pásmu přijímače. Měřicí přijímače jsou kalibrovány v jednotkách ekvivalentní efektivní (RMS) hodnoty sinusového signálu, který má stejnou vrcholovou hodnotu. Pokud se použijí pro měření susceptibility jiné měřicí přístroje jako osciloskopy, neselektivní voltmetry nebo širokopásmové snímače intenzity pole, musí se na odečítané hodnoty použít korekční faktory, aby se získaly efektivní hodnoty odpovídající vrcholovým hodnotám modulační obálky.

7.3.10.2 Počítačem řízené přijímače

Ve zkušebních postupech (EMITP) se musí popsat operace prováděné programovým vybavením pro počítačem řízené přijímače. Také se musí popsat ověřovací postupy použité pro demonstraci správné funkce software.

7.3.10.3 Zkoušky emisí (vyzařování)

7.3.10.3.1 Rozlišovací šířka pásma

Při zkouškách emisí se musí použít rozlišovací šířky pásma uvedené v tabulce 3. Tyto šířky pásma jsou specifikovány na bodech poklesu o 6 dB pro celkovou frekvenční závislost citlivosti přijímačů. Z důvodu omezení odezvy přijímače se nesmí používat videofiltr. Pokud není možno videofiltr v měřicím přijímači vyřadit, musí se nastavit na svoji největší hodnotu. Větší šířky pásma se mohou použít, ale mohou způsobit vyšší hodnoty naměřených úrovní.

PŘI POUŽITÍ JINÝCH ŠÍŘEK PÁSMO SE NESMÍ POUŽÍT ŽÁDNÉ KOREKČNÍ FAKTORY.

TABULKA 3 – Rozlišovací šířka pásma a doba měření

Frekvenční rozsah	6 dB šířka pásma	Minimální doba prodlevy		Minimální doba měření pro analogový měřicí přijímač *1
		Krokově přeladovaný přijímač *1 [s]	FFT přijímač *2 [s/šířka pásma měření]	
30 Hz – 1 kHz	10 Hz	0,15	1	0,015 s/Hz
1 kHz – 10 kHz	100 Hz	0,015	1	0,15 s/kHz
10 kHz – 150 kHz	1 kHz	0,015	1	0,015 s/kHz
150 kHz – 10 MHz	10 kHz	0,015	1	1,5 s/MHz
10 MHz – 30 MHz	10 kHz	0,015	0,15	1,5 s/MHz
30 MHz – 1 GHz	100 kHz	0,015	0,15	0,15 s/MHz
nad 1 GHz	1 MHz	0,015	0,015	15 s/GHz

*1 Alternativní skenovací technika. Násobné rychlé rozmítání s použitím funkce záznamu maximální hodnoty se může použít v případě, že celková doba skenování se rovná nebo je vyšší než minimální doba měření uvedená v tabulce 3.

*2 FFT přijímače mohou být použity za předpokladu, že operace FFT je v souladu s ANSI C63.2. Uživatelské rozhraní měřicího přijímače musí umožňovat přímý vstup parametrů v tabulce 3 pro oba režimy měření FFT v časové doméně i s frekvenčním přeladováním stejným způsobem, aniž by bylo nutné přímo nebo přímo ovládat funkce FFT.

7.3.10.3.2 Identifikace emisí

Všechny emise bez ohledu na charakteristiky se musí zaznamenat měřicími přijímači se šířkami pásma specifikovanými v tabulce 3 a porovnat s příslušnými mezními

hodnotami. Identifikace emisí z hlediska kategorizace dělení na úzkopásmové nebo širokopásmové není použitelná.

7.3.10.3.3 Frekvenční skenování

Při měření emisí se musí skenovat přes celý frekvenční rozsah každé použité zkoušky. Minimální doba měření pro analogové měřicí přijímače v průběhu zkoušky emisí musí být v souladu se specifikací v tabulce 3. Měřicí přijímače se syntetizátory se musí přeladovat po krocích o velikosti poloviny šířky pásma nebo menších a doba prodlevy měření musí odpovídat specifikaci v tabulce 3. Pro zařízení, které produkuje možné emise pouze v málo používaných intervalech, se musí doby frekvenčního skenování dle potřeby zvýšit, aby se zachytily všechny emise.

7.3.10.3.4 Prezentace údajů o emisích

Průběh závislosti amplitudy na frekvenci z údajů o emisích se musí vytvářet automaticky a průběžně. Zobrazená informace musí obsahovat všechny použité korekční faktory (převodníky, útlumové členy, útlum v kabelech apod.) a musí obsahovat příslušné mezní hodnoty. Ručně získané údaje není možno použít s výjimkou ověření výstupních hodnot. Zobrazené údaje musí zajišťovat minimální frekvenční rozlišení 1 % nebo dvojnásobnou šířku pásma měřicího přijímače, kdy platí výběr méně přísného kritéria a minimální rozlišení amplitudy 1 dB. Tyto požadavky na rozlišitelnost se musí uvést v protokolu z měření (EMITR).

7.3.10.4 Zkoušky susceptibility

7.3.10.4.1 Frekvenční skenování

Při ověřování susceptibility se musí skenovat celý frekvenční rozsah každé použité zkoušky. Při zkouškách susceptibility rozmitáním frekvence nesmí rychlost skenování a rozsah frekvenčních kroků zdroje signálu překročit hodnoty uvedené v tabulce 4. Rychlosti a velikost kroků se uvádí v násobcích laděné frekvence (f_0) zdroje signálu. Analogové přeladování (skenování) se vztahuje ke zdrojům, které je možno ladit průběžně. Skokové (stupňovité) přeladování se týká zdrojů signálu s postupně laděnými diskretními frekvencemi. Při skokovém přeladování se musí na každé naladěné frekvenci setrvat minimálně 3 s nebo po dobu reakce EUT. Rychlosti skenování a velikost kroku se musí snížit, pokud je to nutné k zajištění pozorování reakce.

TABULKA 4 – Frekvenční skenování

Frekvenční rozsah	Analogové skenování Maximální skenovací rychlosti	Krokové skenování Maximální rozsah kroku
30 Hz – 1 MHz	0,0333 f_0/s	0,05 f_0
1 MHz – 30 MHz	0,00667 f_0/s	0,01 f_0
30 MHz – 1 GHz	0,00333 f_0/s	0,005 f_0
1 GHz – 40 GHz	0,000167 f_0/s	0,0025 f_0

7.3.10.4.2 Modulace signálů při zkouškách susceptibility

Signály při zkouškách susceptibility CS114 a RS103 se musí impulzně modulovat frekvencí 1 kHz se střídou 50 % s poměrem úrovní (maximální/minimální) minimálně 40 dB.

7.3.10.4.3 Prahové hodnoty susceptibility

Reakce EUT, které nejsou ve shodě s požadavky dodavatele, se nesmí akceptovat. I když, zaznamenat se musí všechny projevy susceptibility při zkoušce. Pokud se při zkoušce zaznamená reakce EUT na zkušební signály (změna funkce, nastavených parametrů, režimů apod.), musí se určit prahová hodnota, při které již nejsou splněny požadavky odolnosti. Prahová hodnota susceptibility se musí stanovit následovně a zaznamenat v protokolu ze zkoušky (EMITR):

- a) Pokud se zaznamená susceptibilita, musí se snížit zkušební signál až se reakce EUT neprojeví.
- b) Určí se frekvence nejhoršího případu v rámci šířky pásma poruchy ručním laděním frekvence, iterativním zmenšováním velikosti kroku o faktor dva až do určení nejnižší prahové hodnoty.
- c) Zkušební signál se sníží o dalších 6 dB.
- d) Postupně se zvyšuje úroveň zkušebního signálu až do opětného výskytu projevu susceptibility. Tato úroveň se označí jako prahová úroveň susceptibility.
- e) Zaznamenat se musí frekvenční rozsah reakce, frekvence a úroveň největší susceptibility a další parametry použité při zkoušce.

7.3.11 Kalibrace měřicího zařízení a antén

Zkušební zařízení a příslušenství požadované pro měření ve shodě s tímto standardem se musí kalibrovat dle ČSN EN ISO/IEC 17025, nebo ČSN EN ISO 10012, nebo dle kalibračního programu schváleného úřadem National Institute for Standard and Technology. Po prvotní kalibraci pasivní zařízení (měřicí antény, proudové sondy a LISN) nevyžadují žádnou další formální kalibraci, dokud není zařízení opravováno. Kontrola integrity měřicího systému v postupech je dostatečná pro stanovení přijatelnosti pasivních zařízení. Další přístroje používané v měřicím řetězci se musí kalibrovat nejméně jednou za dva roky, pokud není zplnomocněným orgánem specifikováno jinak, nebo když se objeví porucha.

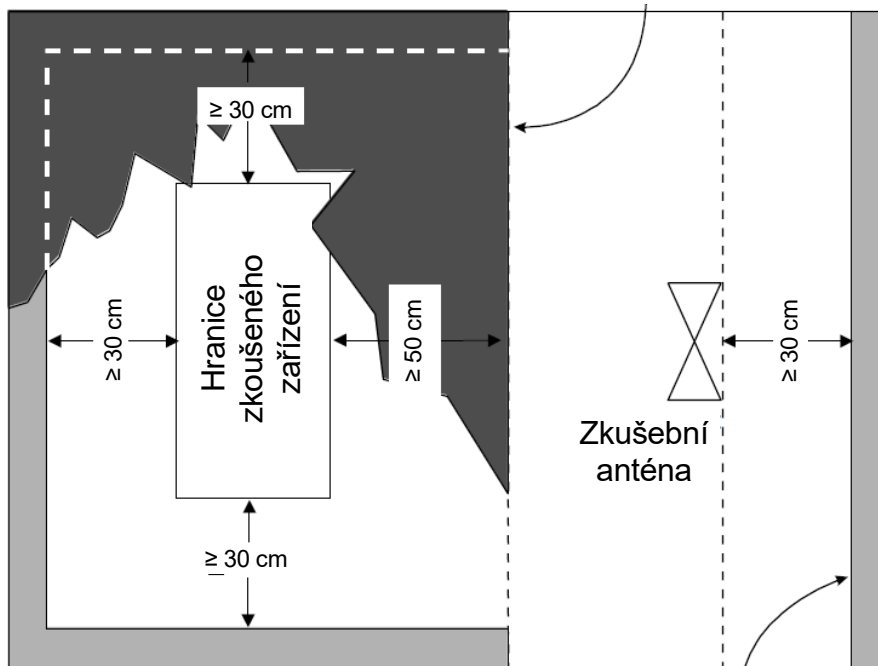
7.3.11.1 Ověření měřicího systému

Před provedením každé zkoušky emisí je třeba provést ověření celého měřicího systému (včetně měřicích přijímačů, kabelů, útlumových a vazebních členů atd.), přivedením známého signálu, jak je uvedeno v každém postupu měření a následným porovnáním výsledků. Pokud se provádějí různé zkoušky vyzařování bez přerušení měřicího řetězce (např. vyhodnocení při různých provozních režimech zkoušeného zařízení) není nutno měřicí systém před každou zkouškou kontrolovat.

7.3.11.2 Anténní faktor

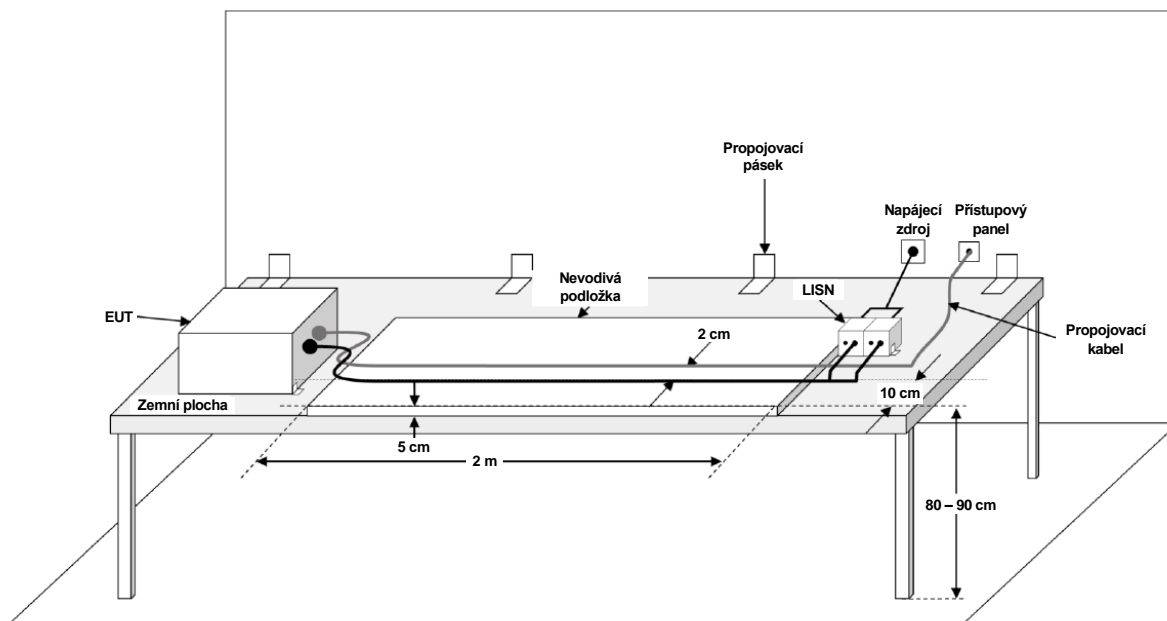
Anténní faktor (k-faktor) se musí určit pomocí SAE ARP-958 nebo jiné vhodné zkušební metody.

Absorpční materiál je umístěn nad, za a po obou stranách EUT od stropu až po zemní plochu

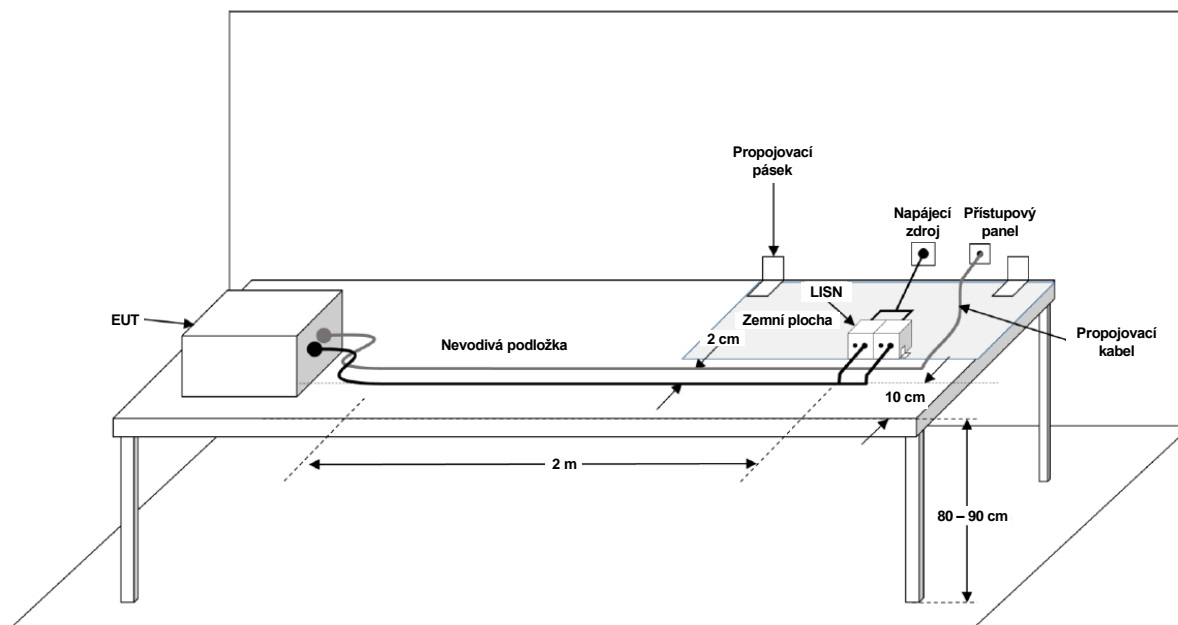


Absorpční materiál je umístěn za zkušební anténou od stropu až po zemní plochu

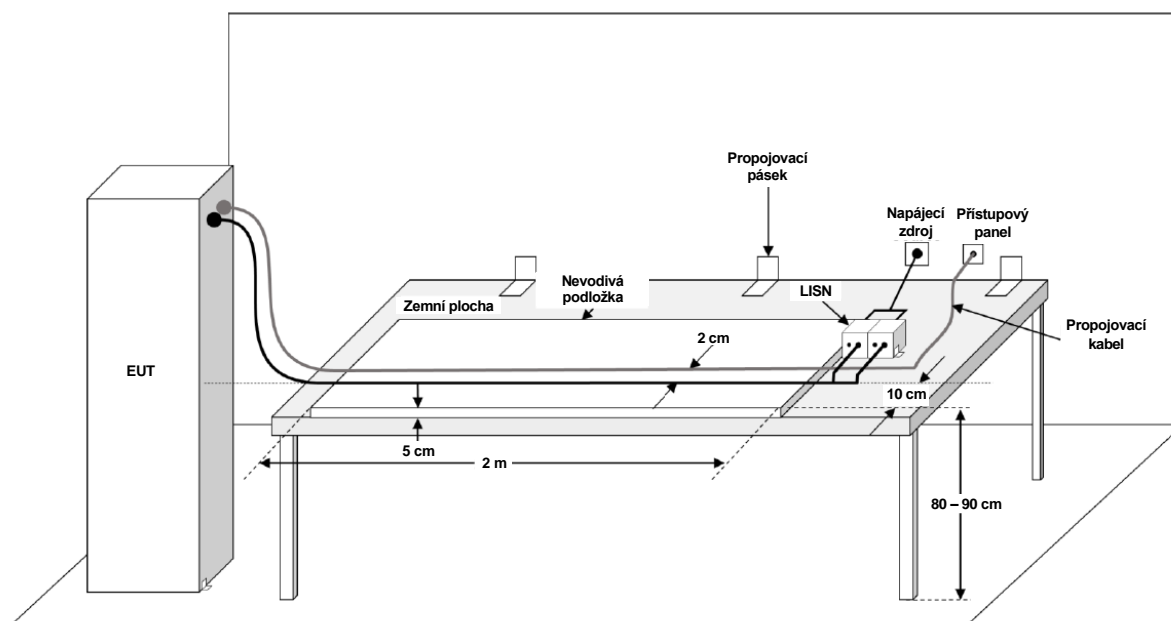
OBRÁZEK 1 – Rozmístění RF absorpčního materiálu při zkoušce



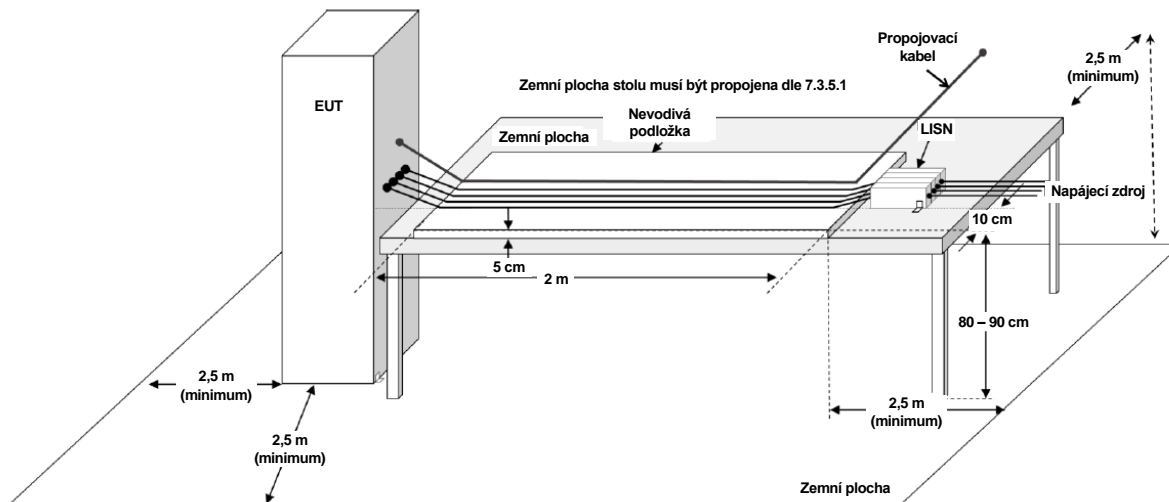
OBRÁZEK 2 – Obecná zkušební sestava



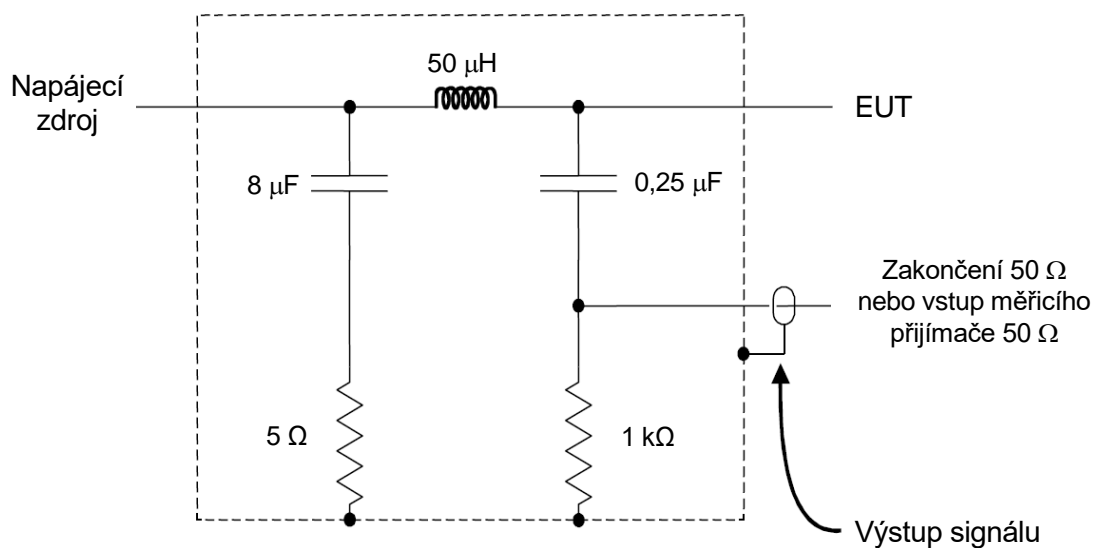
OBRÁZEK 3 – Zkušební sestava pro EUT uchycené na nevodivém povrchu



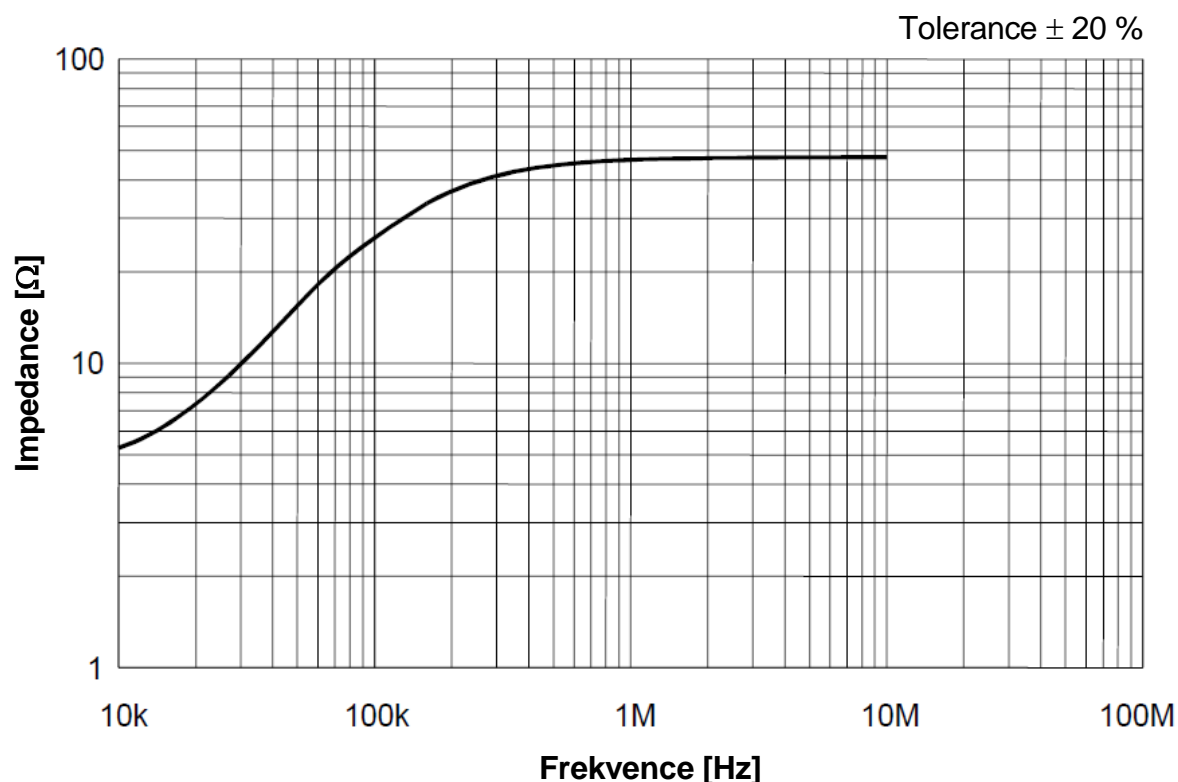
OBRÁZEK 4 – Zkušební sestava pro volně stojící EUT ve stínícím krytu



OBRÁZEK 5 – Zkušební sestava pro EUT na volném prostranství



OBRÁZEK 6 – Schéma LISN



OBRÁZEK 7 – Impedance LISN

8 Podrobné požadavky na provádění zkoušek

8.1 Všeobecná ustanovení

Tento článek udává podrobné požadavky na emise a susceptibilitu a popisuje postup příslušných zkoušek. Tabulka 5 představuje seznam požadavků na emise a susceptibilitu definovaných tímto standardem a identifikovaných číslem požadavku a názvem. V této části jsou zahrnuty obecně použitelné zkušební postupy. Specifické podmínky aplikace jednotlivých zkušebních postupů jsou uvedeny v dalších aplikačních dokumentech jako ČOS 051627, popř. jiných dokumentech stanovených a vyžadovaných odpovědnou (např. akviziční) organizací. Pro tento typ dokumentů se dále ve shodě s originálem standardu používá zkratka EMITP (Electromagnetic Interference Test Procedure). Všechny požadavky na zkoušky jsou uvedeny tak, aby dle nich bylo možné měření provést a aby výsledky zdokumentované v protokolech o zkoušce (EMITR) prokázaly shodu s požadavky. Výsledky zkoušek se potom směřují k zainteresovaným složkám určeným k jejich vyhodnocení (schválení) před nákupem zařízení nebo subsystému. Konstrukční postupy a technologie pro řízení EMI (EMICP) se musí odpovídajícím zavedeným způsobem popsat ve schválené technické dokumentaci. Schválení konstrukčních postupů a technologií uvedených v EMICP nezbavuje zodpovědný orgán pro zavedení za splnění smlouvou uvedených požadavků na emise a susceptibilitu a za konstrukční řešení.

8.1.1 Jednotky pro frekvenční oblast

Všechny mezní hodnoty pro frekvenční oblast se vyjadřují v efektivní hodnotě (RMS) sinusového průběhu, jak se zaznamenávají měřicím přijímačem, který používá detekci vrcholové hodnoty obálky (viz článek 7.3.10.1).

8.2 Volba požadavků na EMI v závislosti na předpokládané instalaci

Tabulka 6 shrnuje požadavky na zařízení a subsystémy určené k instalaci uvnitř nebo vně systémů nebo odpalované z různých vojenských nosičů. Pokud je zařízení nebo systém instalován na více než jednom typu platformy nebo instalace, musí vyhovovat nejpřísnějšímu požadavku nebo mezní hodnotě.

TABULKA 5 – Požadavky na emise a susceptibilitu

Zkouška	Popis
CE101	Vedené emise, proud audio frekvencí, napájecí kabely, 30 Hz až 10 kHz
CE102	Vedené emise, napětí rádiových frekvencí, napájecí kabely, 10 kHz až 10 MHz
CE106	Vedené emise, anténní vstup, 10 kHz až 40 GHz
CS101	Susceptibilita na vedené emise, napájecí vodiče, 30 Hz až 150 kHz
CS103	Susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, intermodulace, 15 kHz až 10 GHz
CS104	Susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, potlačení nežádoucích signálů, 30 Hz až 20 GHz
CS105	Susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, křížová modulace, 30 Hz až 20 GHz
CS109	Susceptibilita na vedené emise, únikový proud, 60 Hz až 100 kHz
CS114	Susceptibilita na vedené emise, injekce do kabelového svazku, 10 kHz až 200 MHz
CS115	Susceptibilita na vedené emise, injekce do kabelového svazku, impulzní buzení
CS116	Susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče, 10 kHz až 100 MHz
CS117	Susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče
CS118	Susceptibilita na vedené emise, přechody vyvolané bleskem, kabely a napájecí vodiče
RE101	Vyzařované emise, magnetické pole, 30 Hz až 100 kHz
RE102	Vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 18 GHz
RE103	Vyzařované emise, rušivé a harmonické produkty na anténních výstupech 10 kHz až 40 GHz
RS101	Susceptibilita na vyzařované emise, magnetické pole, 30 Hz až 100 kHz
RS103	Susceptibilita na vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 40 GHz
RS105	Susceptibilita na vyzařované emise, elektromagnetické pole přechodových jevů

TABULKA 6 – Matice požadavků

Zařízení a subsystémy instalované uvnitř nebo vně následujících systémů nebo odpalované z následujících platform	Použitelnost požadavků																		
	CE101	CE102	CE106	CS101	CS103	CS104	CS105	CS109	CS114	CS115	CS116	CS117	CS118	RE101	RE102	RE103	RS101	RS103	RS105
Hladinové lodě		A	L	A	S	S	S		A	L	A	L	S	A	A	L	A	A	L
Ponorky	A	A	L	A	S	S	S	L	A	L	A	S	S	A	A	L	A	A	L
Letadla pozemních sil včetně zařízení pozemní obsluhy	A	A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A	A	A	L	A	A	L
Letadla vojenského námořnictva	L	A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A	L	A	L	L	A	L
Letadla vzdušných sil		A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A		A	L		A	
Kosmické systémy včetně nosičů		A	L	A	S	S	S		A	A	A	L			A	L		A	
Pozemní prostředky pozemních sil		A	L	A	S	S	S		A	A	A	S	A		A	L	L	A	
Pozemní prostředky vojenského námořnictva		A	L	A	S	S	S		A	A	A	S	A		A	L	A	A	L
Pozemní prostředky vzdušných sil		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A		A	L		A	

A – Použitelný požadavek.
L – Požadavek je omezen v rozsahu uvedeném v příslušném článku u daného požadavku.
S – Použitelnost požadavků a mezí musí specifikovat pověřený orgán.
(Prázdné buňky v tabulce znamenají, že se požadavek nepoužívá.)

8.3 Požadavky, mezní hodnoty a zkušební postupy pro měření emisí a susceptibilitu

Jednotlivé požadavky na emise a susceptibilitu, jejich příslušné mezní hodnoty a zkušební postupy jsou uspořádány do následujících článků. Použitelný frekvenční rozsah a mezní hodnoty pro mnoho požadavků se liší v závislosti na příslušné instalaci nebo provedení. Zkušební postupy zde uvedené jsou platné pro celý frekvenční rozsah uvedený v postupu, samotná zkouška však musí být provedena ve frekvenčním rozsahu, který je uveden v technických podmínkách jednotlivé platformy nebo instalace.

8.4 CE101, vedené emise, proud audio frekvencí, napájecí vodiče

8.4.1 Použití CE101

Požadavek je použitelný od 30 Hz do 10 kHz pro napájecí vodiče, včetně nulových a zpětných, které spojují EUT se zdroji, které nejsou součástí EUT u ponorek, letadel vojenského letectva[&] (včetně zařízení pozemní obsluhy) a letadel vojenského námořnictva^{*&}.

* Pro zařízení instalované na letadlech námořního letectva je tento požadavek použitelný pouze pro nosiče protiponorkových zbraní (ASW). Pokud pracují v pásmu mezi 30 Hz a 10 kHz, jako akustické (bóje) přijímače nebo detektory magnetických anomálií.

- & Pro střídavé napájení je požadavek použitelný počínaje druhou harmonickou složkou napájecí frekvence zkoušeného zařízení.

8.4.2 Meze CE101

Emise na napájecích vodičích nesmí překročit hodnoty vhodné pro lodě a ponorky znázorněné v grafech na obrázcích 8 až 10 nebo hodnoty pro letadla vojenského letectva (včetně zařízení pozemní obsluhy) a protiponorkové zbraně vojenského námořnictva na obrázku 11.

8.4.3 Postup zkoušek pro CE101

8.4.3.1 Účel

Tato zkušební metodika se používá k ověření, zda rušivé elektromagnetické emise z EUT nepřesáhnou specifikované požadavky pro vodiče napájecích vstupů včetně nulových a zpětných.

8.4.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zkušební zařízení:

- a) měřicí přijímače,
- b) proudové sondy,
- c) signálový generátor,
- d) zařízení pro záznam dat,
- e) osciloskop,
- f) rezistor (R),
- g) oddělovací síť, LISN.

8.4.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a v článku 7.3.8 tohoto standardu. LISN se může nahradit alternativním stabilizačním obvodem, pokud to schválí zadavatel.
- b) Kontrola funkce měřicího systému. Zkušební sestava se uspořádá pro ověření měřicího systému, jak je uvedeno na obrázku 12.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Zkušební sestava se uspořádá pro zkoušky EUT, jak je uvedeno na obrázku 13.
 - (2) Proudová sonda se umístí 5 cm od LISN.

8.4.3.4 Zkušební postup

Postup musí být následující:

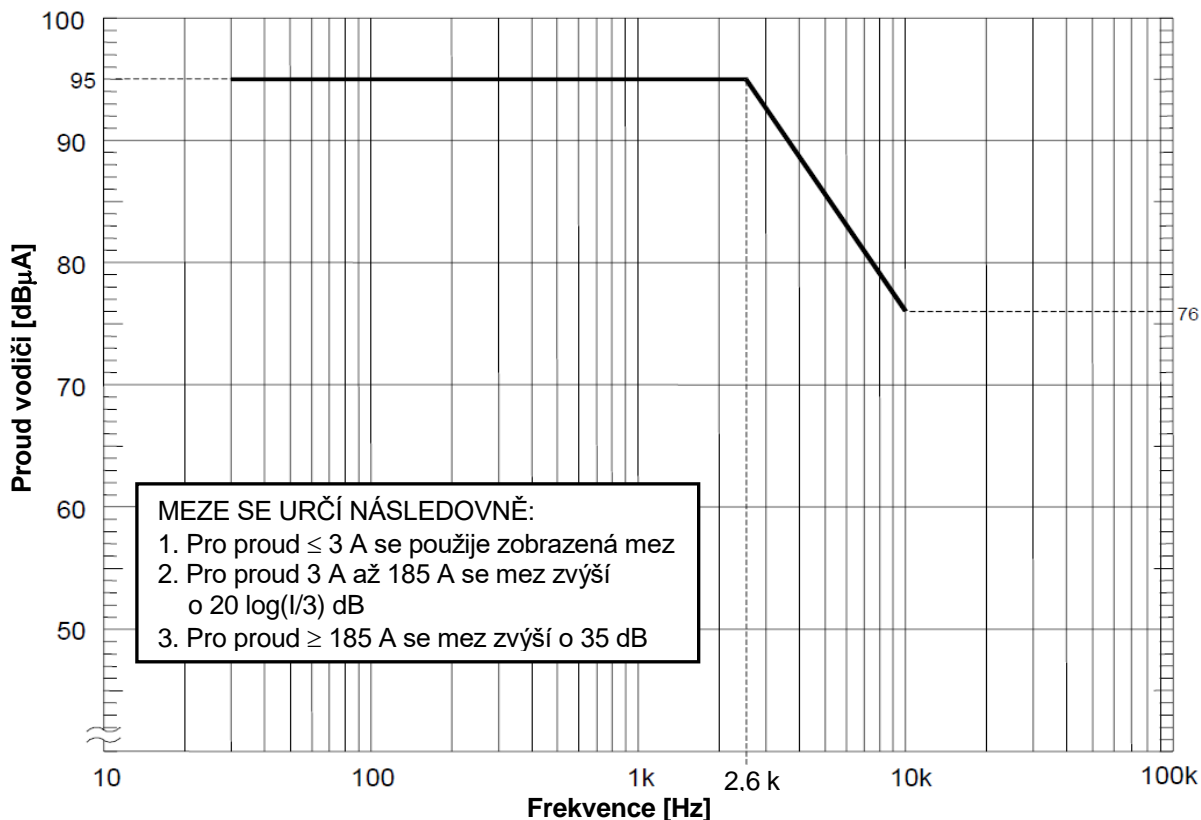
- a) Zkušební a zkoušené zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kontrola funkce měřicího systému. Ověří se celý měřicí řetězec od proudové sondy po záznamové zařízení.

- (1) Na generátoru se nastaví úrovně kalibrovaného signálu, které jsou 6 dB pod mezní hodnotou s frekvencí 1,1 kHz, 3 kHz a 9,9 kHz.
 - (2) Za použití osciloskopu a zatěžovacího rezistoru se zkontrolují úrovně proudu, dále se ověří, že průběh signálu je sinusový.
 - (3) Měřicím přijímačem se skenuje při každé frekvenci stejným způsobem jako při měření. Ověří se, zda záznamové zařízení indukuje úroveň uvnitř intervalu ± 3 dB injektované úrovně.
 - (4) Pokud se získané úrovně odchylují o více než ± 3 dB, lokalizuje se zdroj chyby a nedostatek se koriguje před pokračováním zkoušky.
- c) Zkoušky EUT: Stanoví se rušivé emise na vodičích ze vstupních napájecích vodičů EUT včetně středních a zpětných.
- (1) Zkušební a zkoušené zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Zvolí se vodič pro zkoušku a proudová sonda se umístí do určeného místa.
 - (3) Měřicím přijímačem se skenuje použitý frekvenční rozsah s využitím rozlišovacích šířek pásma a minimálních měřicích dob specifikovaných v tabulce 3.
 - (4) Krok 8.4.3.4 c) (3) se opakuje pro každý napájecí vodič.

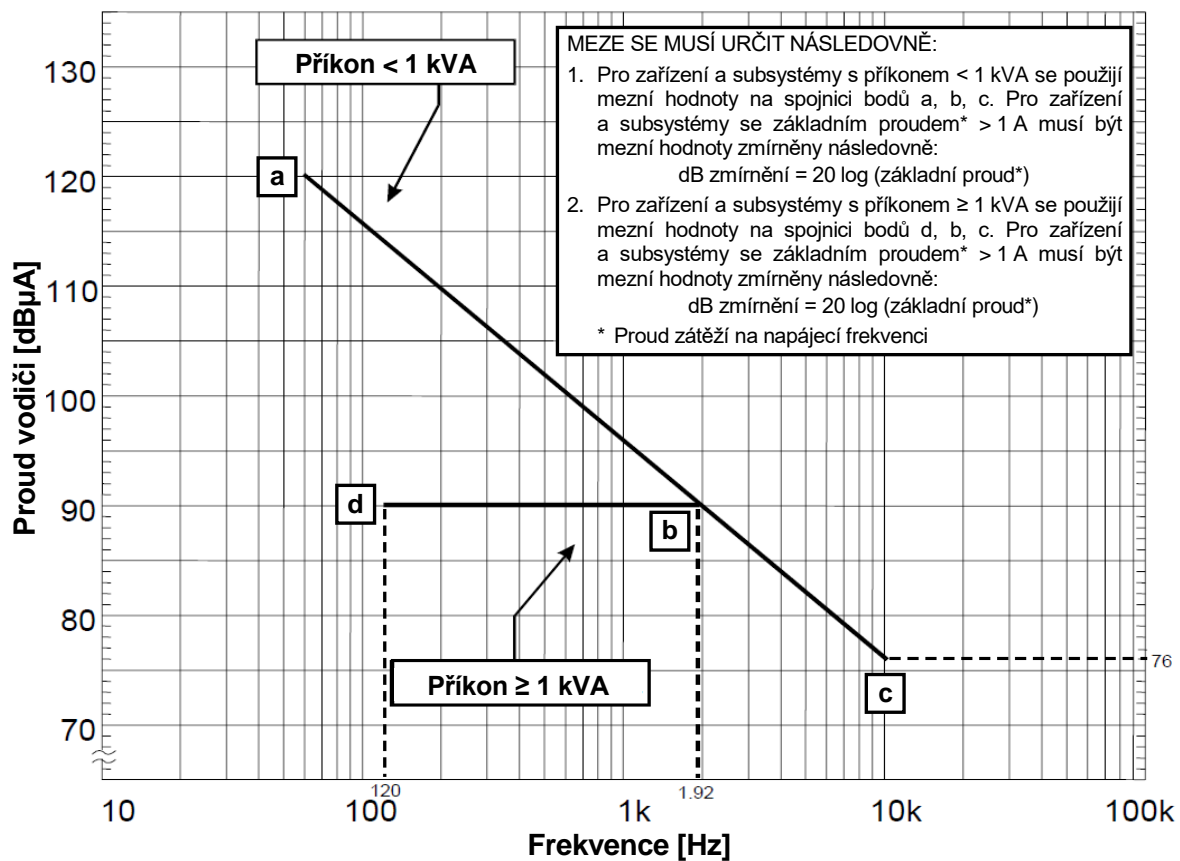
8.4.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

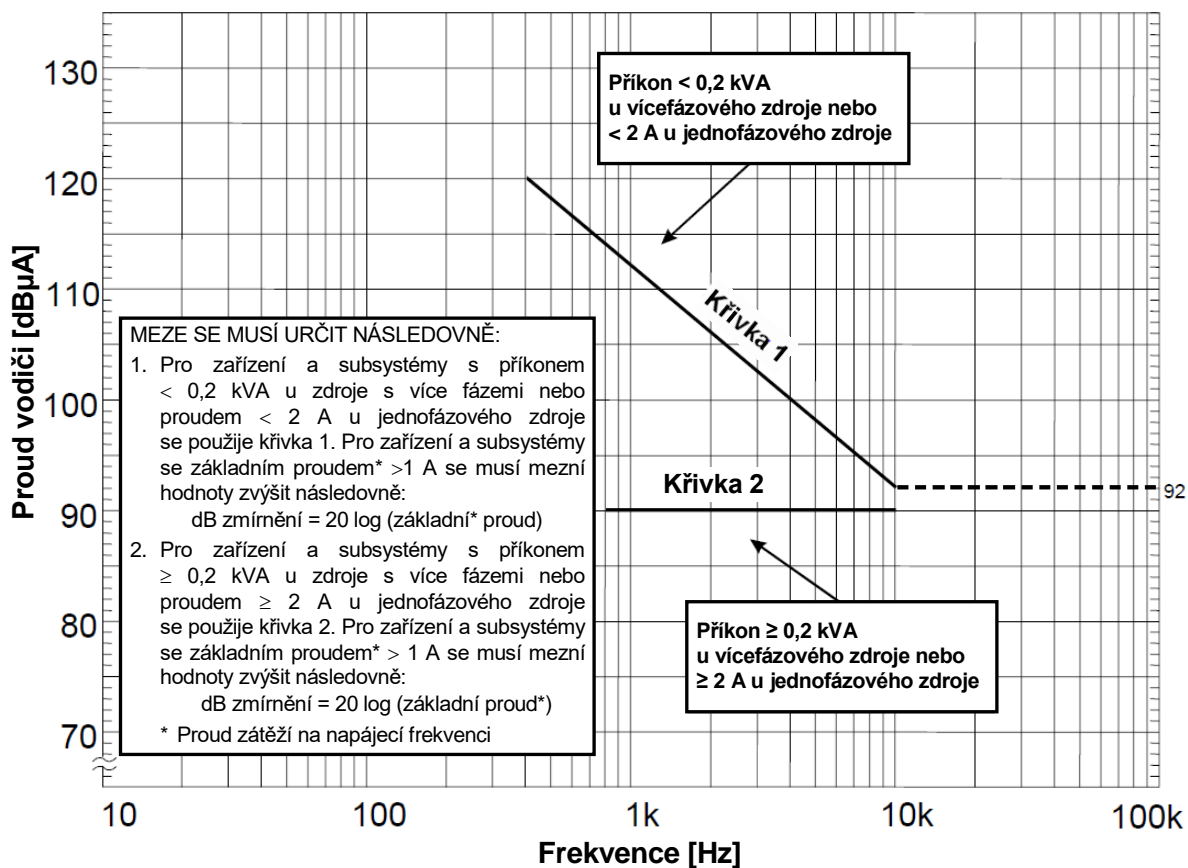
- a) Vytvoří se průběh závislosti výstupní amplitudy na frekvenci.
- b) V každém grafu se musí zakreslit použité mezní hodnoty.
- c) Minimální rozlišitelnost frekvencí musí být 1 % nebo dvojnásobek šířky pásma měřicího přijímače (platí přitom požadavek, který je méně přísný) a minimální rozlišitelnost amplitudy musí být 1 dB.
- d) Uvede se graf průběhu jak pro měřicí, tak kalibrační část postupu.



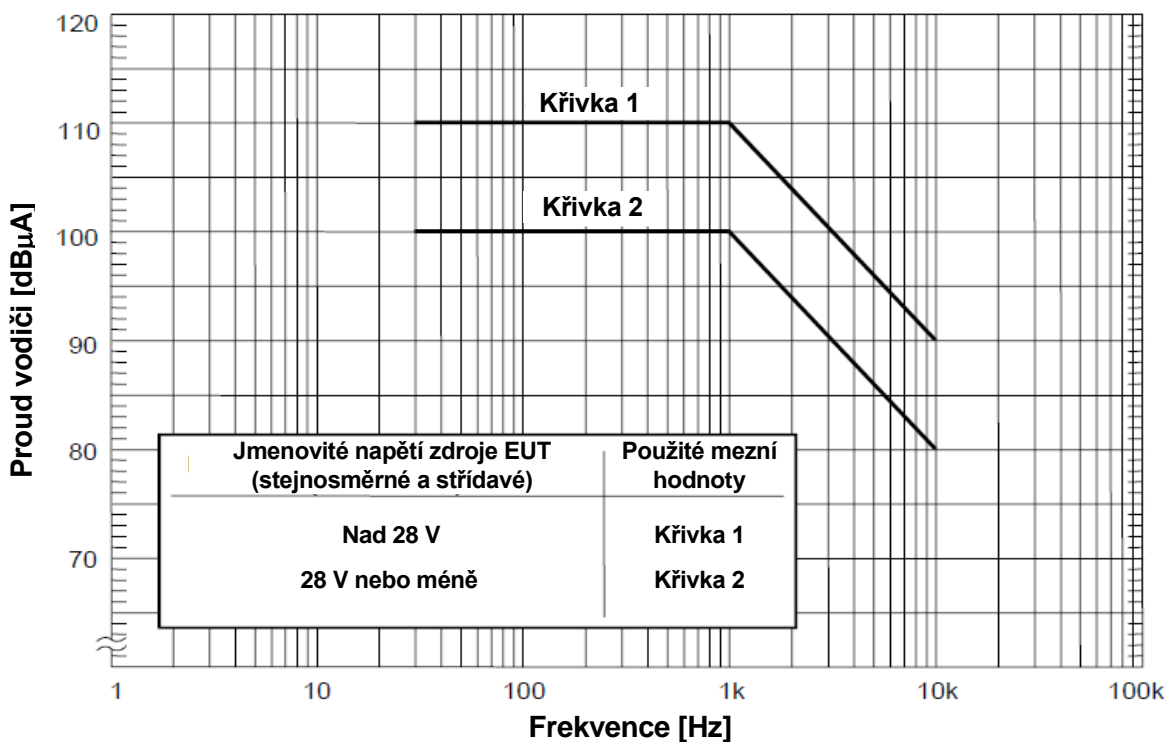
OBRÁZEK 8 – Mezní hodnoty CE101, stejnosměrné napájení, pro ponorky a lodě



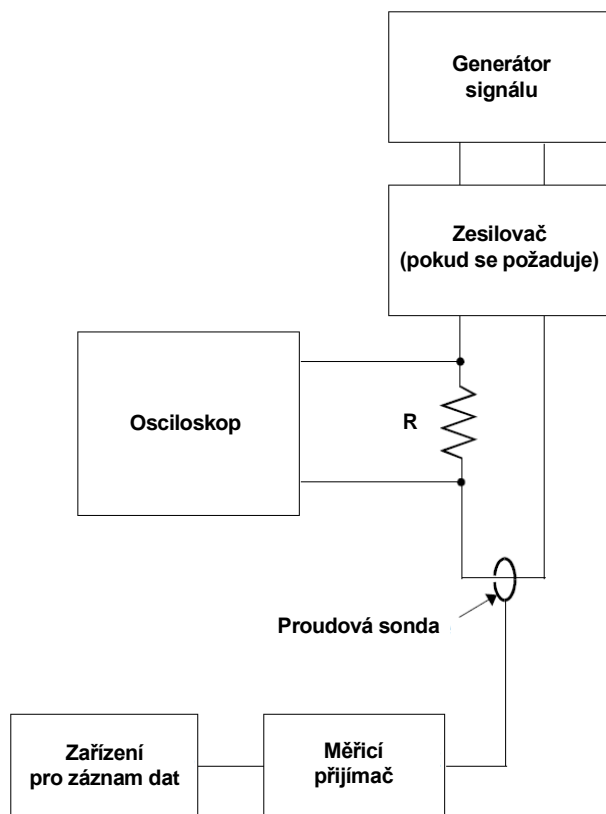
OBRÁZEK 9 – Mezní hodnoty CE101 pro lodě a ponorky, střídavé napájení 60 Hz



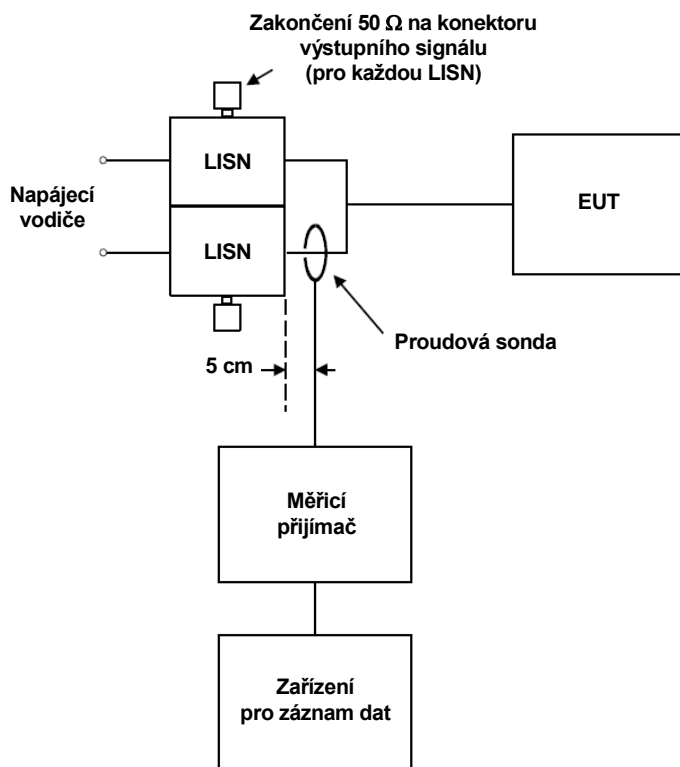
OBRÁZEK 10 – Mezní hodnoty CE101 pro loď a ponorky, střídavé napájení 400 Hz



OBRÁZEK 11 – Mezní hodnoty CE101 pro letadla vojenského námořnictva pro protiponorkový boj a letadla pozemních sil



OBRÁZEK 12 – Kontrola měřicí sestavy (CE101)



OBRÁZEK 13 – Zkušební sestava (CE101)

8.5 CE102, vedené emise, napětí na rádiových frekvencích, napájecí vodiče

8.5.1 Použití CE102

Požadavek je použitelný pro všechny napájecí vodiče v pásmu 10 kHz až 10 MHz, včetně nulových a zpětných, které jsou napájeny ze zdrojů, jež nejsou součástí EUT.

8.5.2 Meze CE102

Emise na napájecích vodičích nesmí překročit mezní hodnoty uvedené na obrázku 14.

8.5.3 Postup zkoušek pro CE102

8.5.3.1 Účel

Tato zkušební metoda se používá k ověření, zda elektromagnetické rušivé emise z EUT nepřesáhnou požadavky specifikované pro napájecí vodiče včetně nulových a zpětných.

8.5.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zkušební zařízení:

- a) měřicí přijímač,
- b) zařízení pro záznam dat,
- c) generátor signálu,
- d) útlumový člen, 20 dB, 50 Ω ,
- e) osciloskop,
- f) oddělovací síť LISN.

8.5.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

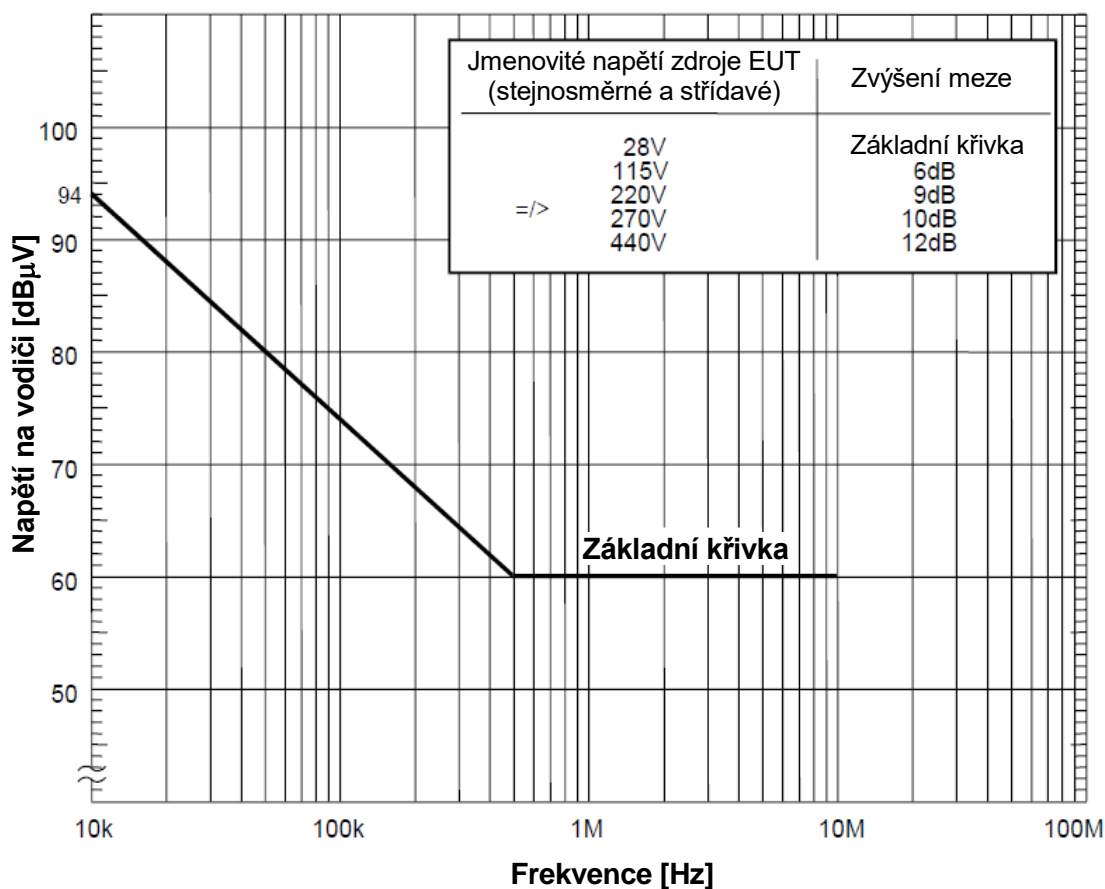
- a) Základní sestava zkoušky se uspořádá, jak uvedeno na obrázcích 2 až 5 a v článku 7.3.8 tohoto standardu.
- b) Kontrola funkce měřicího systému:
 - (1) Zkušební sestava pro kontrolu měřicího systému se uspořádá dle obrázku 15. Odpojí se napájecí zdroj.
 - (2) Měřicí přijímač se připojí k útlumovému členu 20 dB na signálovém výstupu LISN.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Zkušební sestava pro zkoušení shody EUT se uspořádá dle obrázku 16.
 - (2) Měřicí přijímač se připojí k útlumovému členu 20 dB na signálovém výstupu LISN.

8.5.3.4 Zkušební postupy

Zkušební postup musí být následující:

- a) Kalibrace: Proveďte se ověření měřicího řetězce při uspořádání uvedeném na obrázku 15:

- (1) Zapne se měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) K napájecím výstupním svorkám LISN se přivede kalibrovaná úroveň signálu 90 dB μ V na frekvencích 10,5 kHz a 100 kHz. Pomocí osciloskopu v režimu vysoké vstupní impedance se ověří, zda průběh signálu je sinusový. Po nastavení správného signálu na LISN se odpojí LISN a změří výsledné napětí pomocí osciloskopu se vstupní impedancí 50 Ω . Poměr napětí LISN k napětí na impedanci 50 Ω musí být v následujících tolerancích: -14 dB (+1 dB / -2 dB) pro 10,5 kHz a -3 dB (+1 dB / -2 dB) pro 100 kHz.
 - (3) Použije se úroveň signálu, která je alespoň 6 dB pod mezí na frekvencích 10,5 kHz, 100 kHz, 1,95 MHz a 9,8 MHz k výkonovému výstupu LISN. Při 10,5 kHz a 100 kHz se pro kalibraci úrovně signálu použije osciloskop. Při 1,95 MHz a 9,8 MHz se použije kalibrovaná výstupní úroveň přímo z výstupu 50 Ω generátoru signálu.
 - (4) Při každé frekvenci se skenuje měřicím přijímačem stejným způsobem jako při skenování normálních dat. Ověří se, zda záznamové zařízení indikuje úroveň uvnitř intervalu ± 3 dB přivedené úrovně. V případě použití útlumového členu 20 dB a pro napěťový pokles způsobený vazební kapacitou 0,25 μ F se musí použít korekční faktory.
 - (5) Pokud se získané údaje odchylují o více než ± 3 dB, zjistí se zdroj chyby a nedostatek se opraví před pokračováním zkoušky.
 - (6) Kroky 8.5.3.4 a) (2) až 8.5.3.4 a) (4) se opakují pro každou LISN.
- b) Zkouška EUT: Provede se přeladování dat pomocí měřicí sestavy uvedené na obrázku 16:
- (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Zvolí se vhodný vodič pro zkoušku.
 - (3) Měřicím přijímačem se skenuje použité frekvenční pásmo s využitím rozlišovacích šířek pásma a minimálních měřicích dob specifikovaných v tabulce 3.
 - (4) Kroky 8.5.3.4 b) (2) a 8.5.3.4 b) (3) se opakují pro každý napájecí vodič.

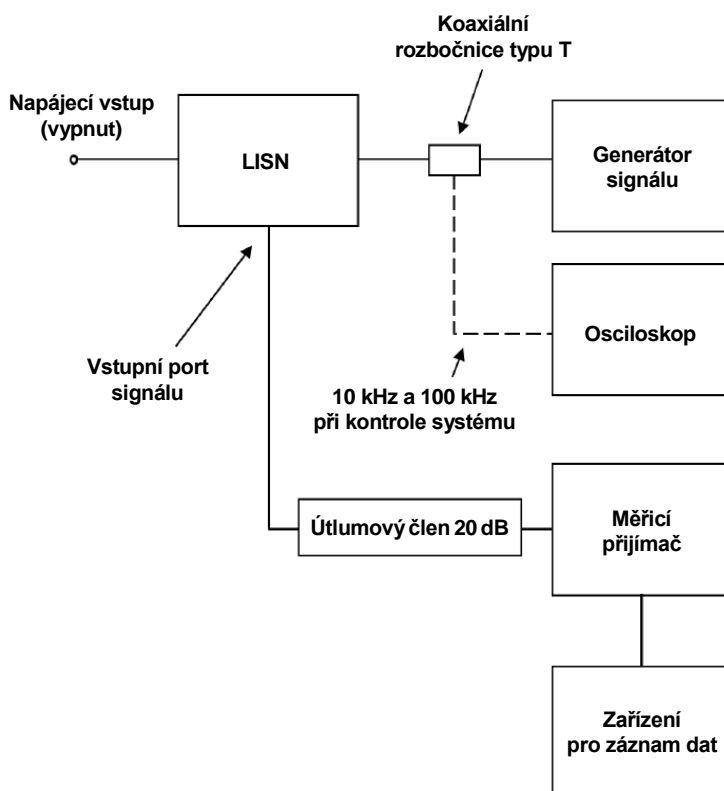


OBRÁZEK 14 – Mezní hodnoty CE102 (napájecí vodiče EUT, stejnosměrné a střídavé) pro všechny aplikace

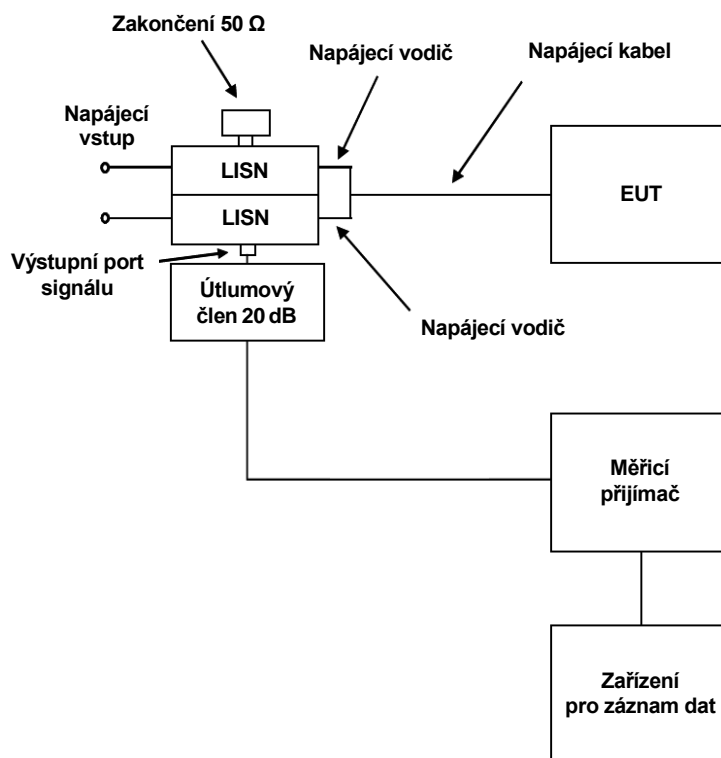
8.5.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

- Vytvoří se graf závislosti výstupní amplitudy na frekvenci.
- V každém grafu se musí zakreslit použité mezní hodnoty.
- Minimální rozlišitelnost frekvencí musí být 1 % nebo dvojnásobek šířky pásma měřicího přijímače (platí přitom požadavek, který je méně přísný) a minimální rozlišitelnost amplitudy musí být 1 dB.
- Uvede se graf průběhu jak pro měřicí, tak kalibrační část postupu.



OBRÁZEK 15 – Sestava pro kontrolu měřicího systému (CE102)



OBRÁZEK 16 – Sestava pro měření (CE102)

8.6 CE106, vedené emise, anténní vstup, 10 kHz až 40 GHz

8.6.1 Použití CE106

Požadavek je použitelný na anténní konektory vysílačů a přijímačů. Požadavky nejsou použitelné na zařízení, která jsou trvale připojena k anténě. Požadavky nejsou použitelné pro vysílací část v pásmu $\pm 5\%$ základní frekvence. U námořních aplikací s maximálním výkonem vysílače vyšším než 1 kW bude 5 % vyloučení frekvenčního pásma zvýšeno o dalších 0,1 % základní frekvence pro každý dB nad 1 kW špičkového výkonu.

$$\text{Vyloučené pásmo} = \pm f \cdot (0,05 + (0,001 [1/\text{dB}]) \cdot (P_{tPK} [\text{dBm}] - 60 [\text{dBm}]))$$

V závislosti na frekvenčním rozsahu EUT jsou počáteční zkušební frekvence následující:

Pracovní frekvenční rozsah EUT	Počáteční frekvence zkoušky
10 kHz – 3 MHz	10 kHz
3 MHz – 300 MHz	100 kHz
300 MHz – 3 GHz	1 MHz
3 GHz – 40 GHz	10 MHz

EUT musí být zkoušeno do nejvyšší frekvence v závislosti na nejvyšší generované nebo přijímané frekvenci EUT. Pro systémy s nejvyšší generovanou nebo přijímanou frekvencí menší než 1 GHz je nejvyšší frekvence zkoušky 18 GHz nebo dvacetinásobek nejvyšší frekvence EUT, dle toho která je vyšší. Pro systémy s generovanými nebo přijímanými frekvencemi ≥ 1 GHz je nejvyšší frekvence zkoušky 40 GHz nebo desetinásobek nejvyšší frekvence EUT, dle toho která je nižší. Pro zařízení používající vlnovody se požadavky nesmí použít pro frekvenci nižší než 0,8 násobek kritické frekvence vlnovodu. Jako alternativa k CE106 pro zkoušení vysílačů s jejich pracovními anténami se může použít zkouška RE103.

Zkouška RE102 se může použít pro vyzařování z antény v režimu příjem a pohotovostním režimu (standby), a to pro zařízení, která mají anténu trvale připojenou (anténa je integrální částí EUT).

8.6.2 Meze CE106

Vedené emise zkoušených anténních konektorů nesmí překročit následující hodnoty:

- Přijímače: 34 dB μ V.
- Vysílače a zesilovače (pohotovostní režim): 34 dB μ V.
- Vysílače a zesilovače (režim vysílání): Harmonické, mimo druhé a třetí, a všechna ostatní rušivá vyzařování musí být nejméně 80 dB pod úrovní základní frekvence. Druhá a třetí harmonická nesmí překročit hodnotu -20 dBm nebo musí být nejméně 80 dB pod úrovní základní frekvence, dle toho, který požadavek je méně přísný. Pro námořní lodní aplikace budou druhé a třetí harmonické frekvence potlačeny na úroveň -20 dBm a všechny ostatní harmonické a rušivé emise budou potlačeny na -40 dBm, s výjimkou případů, kdy je pracovní cyklus emisí nižší než 0,2 %, pak limit může být uvolněn na 0 dBm.

8.6.3 Postup zkoušky CE106

8.6.3.1 Účel

Tento zkušební postup se používá pro ověření, zda elektromagnetické rušivé emise na anténním konektoru EUT nepřesáhnou specifikované požadavky.

8.6.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zkušební zařízení:

- a) měřicí přijímač,
- b) útlumové členy 50 Ω ,
- c) pásmové zádrže,
- d) směrové vazební členy,
- e) umělé zátěže 50 Ω ,
- f) generátory signálů; pro měření zesilovačů se vyžaduje signální generátor pro napájení zesilovače, jež vytváří modulační signál použitelný v dané aplikaci a jehož zkreslení a harmonické výstupy jsou nejméně o 6 dB nižší než použité mezní hodnoty,
- g) záznamové zařízení.

8.6.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Musí se vytvořit základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8. tohoto standardu.
- b) Kontrola funkce měřicího systému: Vytvoří se zkušební sestava se signálním generátorem uvedená na obrázku 17 až 19 dle toho, který je vhodný. Volba obrázku 17 nebo 18 závisí na schopnosti měřicího zařízení dodat potřebný vyzařovaný výkon.
- c) Zkouška EUT: Vytvoří se zkušební sestava s EUT uvedená na obrázcích 17 až 19 dle toho, který je vhodný. Volba obrázku 17 nebo 18 závisí na schopnosti měřicího zařízení dodat potřebný vyzařovaný výkon.

8.6.3.4 Zkušební postupy

8.6.3.4.1 Režim vysílání vysílačů a zesilovačů

Zkušební postup musí být následující:

- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kontrola funkce měřicího systému:
 - (1) Použije se úroveň známého kalibrovaného signálu generátoru signálu s frekvencí (f_0), který představuje střed pásma.
 - (2) Měřicí přijímač se nastaví stejným způsobem jako při normálním skenování dat. Ověří se, zda měřicí přijímač detekuje úroveň v pásmu ± 3 dB od očekávané úrovně signálu.

- (3) Pokud se získané výsledky odchylují o více než ± 3 dB, lokalizuje se zdroj chyby a před pokračováním zkoušky se nedostatek odstraní.
 - (4) Kroky 8.6.3.4.1 b) (1) až 8.6.3.4.1 b) (3) se opakují v krajních bodech frekvenčního rozsahu zkoušky.
- c) Zkoušky EUT:
- (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Pokud se zkouší vysílač, naladí se na požadovanou zkušební frekvenci a použije se příslušná modulace EUT tak, jak je uvedeno v jeho technickém předpisu. Pokud se zkouší zesilovač, přivede se vstupní signál s odpovídající frekvencí, výkonem a modulací, jak je uvedeno v jeho technickém předpisu. U vysílačů a zesilovačů, kde se tyto parametry mění, se musí vybrat nejhorší možný případ z hlediska spektrálního obsahu.
 - (3) Použije se zapojení pro měření EUT.
 - (4) Zkušební zařízení se naladí na měřenou frekvenci EUT (f_0) a nastaví se maximální indikace.
 - (5) Zaznamená se úroveň výkonu pro základní frekvenci (f_0) a rozlišovací šířku pásma měřicího přijímače.
 - (6) Pokud je to možné, vloží se pásmová zadrž pro základní frekvenci.
 - (7) Skenuje se použitý frekvenční rozsah a zaznamenají se úrovně všech harmonických a rušivých emisí. Započtou se všechny korekční faktory pro ztráty v kabelech, útlumových členech zádrží. Použije se stejná rozlišovací šířka pásma měřicího přijímače, která se použila při měření úrovně výkonu základní frekvence (f_0) v kroku 8.6.3.4.1 c) (5).
 - (8) Ověří se, zda jsou rušivé úrovně způsobeny EUT a ne měřicím řetězcem.
 - (9) Kroky 8.6.3.4.1 c) (2) až 8.6.3.4.1 c) (8) se opakují pro další frekvence, které jsou požadovány v článcích 7.3.9.1 a 7.3.9.2.
 - (10) Pro každou rušivou frekvenci se určí ztráty v měřicím řetězci následovně:
 - (a) EUT se nahradí generátorem signálu.
 - (b) V měřicím řetězci se zachovají všechny vazební členy a omezovací prvky.
 - (c) Určí se ztráty signálu v měřicím řetězci. Při použití generátoru s nízkou úrovní je možno snížit hodnotu útlumových členů

8.6.3.4.2 Přijímače a pohotovostní režim vysílačů a zesilovačů

Zkušební postup musí být následující:

- a) Zapne se měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kontrola funkce měřicího systému:

- (1) Na generátoru se nastaví frekvence, která odpovídá středu pásma ve shodě s všeobecnou základní částí tohoto standardu (kapitola 6 a 7) s kalibrovanou úrovní signálu, která je 6 dB pod příslušnou mezní hodnotou.
 - (2) Měřicím přijímačem se skenuje stejným způsobem jako při normálním skenování dat. Ověří se, zda měřicí přijímač detekuje nastavené úrovně v pásmu ± 3 dB použitého signálu.
 - (3) Pokud se získané výsledky odchylují o více než ± 3 dB, lokalizují se zdroje chyb a před pokračováním zkoušky se nedostatky odstraní.
 - (4) Pro kroky 8.6.3.4.2 b) (1) až 8.6.3.4.2 b) (3) se opakuje postup v krajních bodech frekvenčního rozsahu zkoušky.
- c) Zkoušky EUT:
- (1) Zapne se EUT a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) EUT se naladí na požadovanou zkušební frekvenci a zapojení se nastaví pro měření EUT.
 - (3) Měřicím přijímačem se skenuje použitý frekvenční rozsah za použití rozlišovacích šířek pásma a minimálních měřicích dob specifikovaných v tabulce 3.
 - (4) Kroky 8.6.3.4.2 c) (2) až 8.6.3.4.2 c) (3) se opakují pro další frekvence požadované v článcích 7.3.9.1 a 7.3.9.2.

8.6.3.5 Prezentace výsledků

8.6.3.5.1 Vysílací mód vysílačů a zesilovačů

Prezentace výsledků musí být následující:

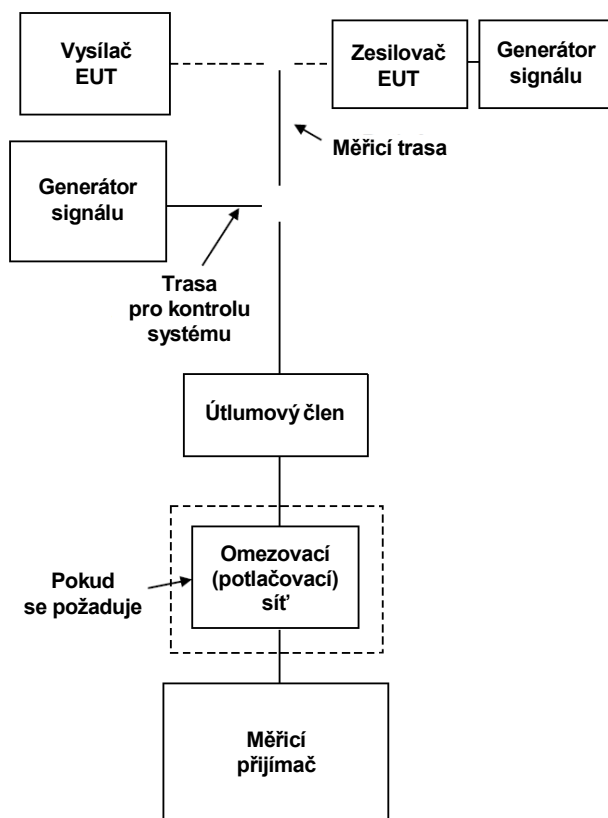
- a) Pro každou naladěnou frekvenci se vytvoří automaticky průběh závislosti amplitudy na frekvenci. Ručně získané údaje se nesmí použít s výjimkou údajů pro ověření měřicího řetězce.
- b) Minimální rozlišitelnost zobrazení frekvencí musí být nejméně 1 % nebo dvojnásobek šířky pásma měřicího přijímače (platí přitom požadavek, který je méně přísný) a minimální rozlišitelnost amplitudy musí být nejméně 1 dB.
- c) Zaznamenají se grafické a tabelární údaje obsahující f_0 a frekvence všech harmonických a rušivých vyzařovaných emisí, které byly naměřeny, úroveň výkonu základní frekvence a všech harmonických a rušivých emisí, úzkopásmové úrovně v dB a všechny korekční faktory včetně útlumu v kabelech, útlumových členech a zádržích.
- d) Relativní dolní úroveň v dB se určí odečtením úrovně získané v kroku 8.6.3.4.1 c) (7) od úrovně získané v kroku 8.6.3.4.1 c) (5).

8.6.3.5.2 Přijímače a pohotovostní režim vysílačů a zesilovačů

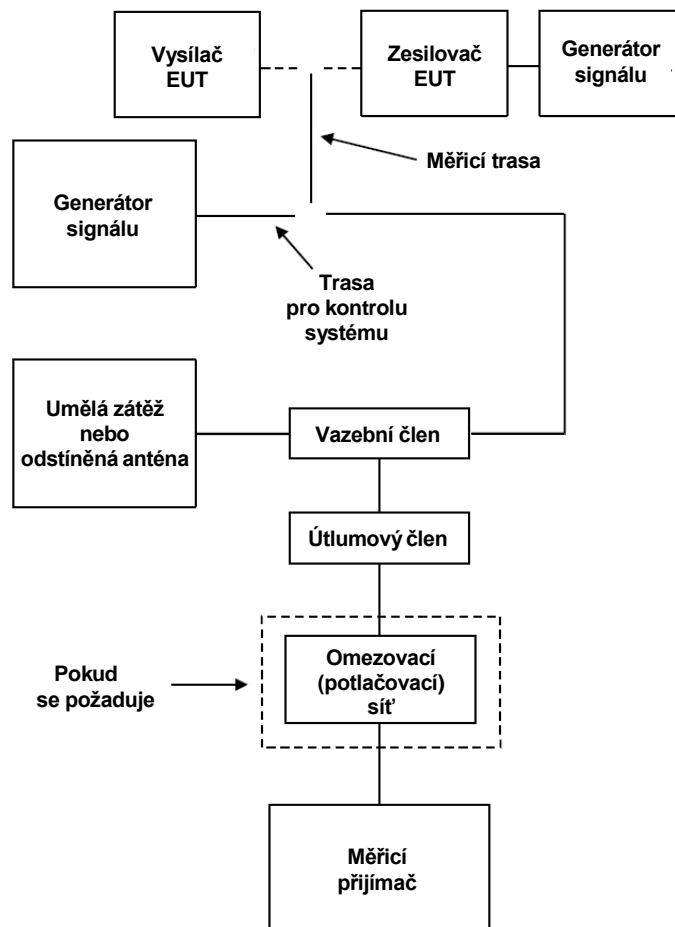
Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Pro každou naladěnou frekvenci se vytvoří automaticky průběh závislosti amplitudy na frekvenci. Ručně získané údaje se nesmí použít s výjimkou údajů pro ověření měřicího řetězce.
- b) V každém grafu se zaznamenají použité mezní úrovně.

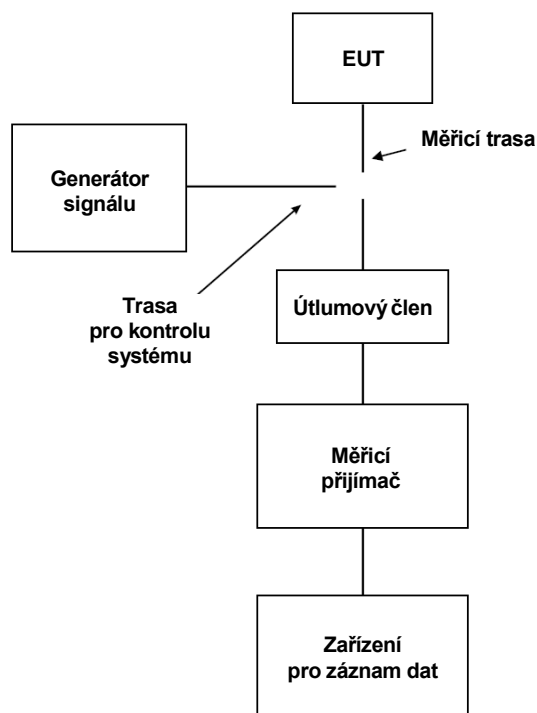
- c) Minimální rozlišitelnost zobrazení frekvencí musí být nejméně 1 % nebo dvojnásobek šířky pásma měřicího přijímače (platí přitom požadavek, který je méně přísný) a minimální rozlišitelnost amplitudy musí být nejméně 1 dB.
- d) Zaznamenají se průběhy jak pro měřicí, tak kalibrační části postupu.



OBRÁZEK 17 – Sestava pro nízkovýkonové vysílače a zesilovače (CE106)



OBRÁZEK 18 – Sestava pro vysílače a zesilovače vysokého výkonu (CE106)



OBRÁZEK 19 – Sestava pro přijímače a pohotovostní režim vysílačů a zesilovačů (CE106)

8.7 CS101, susceptibilita na vedené emise, napájecí vodiče

8.7.1 Použitelnost CS101

Požadavek je použitelný od 30 Hz do 150 kHz pro zařízení a subsystémy napájené střídavým napětím, limitovaný odebíraným proudem ≤ 30 A na fázi a stejnosměrná napájecí vedení mimo zpětných vodičů. Je také aplikovatelný na systémy, které odebírají více než 30 A, pokud tyto systémy mají provozní frekvenci 150 kHz nebo nižší a provozní citlivost 1 μ V nebo lepší (např. 0,5 μ V). Pokud je EUT napájeno stejnosměrným napětím, pak se požadavky používají v pásmu 30 Hz až 150 kHz. Pokud je EUT napájeno střídavým napětím, jsou požadavky použity od druhé harmonické napájecí frekvence do 150 kHz.

8.7.2 Meze CS101

EUT nesmí vykazovat při jeho vystavení zkušebními signálům s napětovými úrovněmi specifikovanými na obrázku 20 žádnou poruchu, zhoršení funkce nebo odchylku od specifikovaných hodnot mimo tolerance definované pro jednotlivá zařízení nebo subsystémy. Požadavky jsou splněny také v případě, kdy se napájecí zdroj nastaví na výkon dle obrázku 21 na zátěži 0,5 Ω a EUT nevykazuje susceptibilitu.

8.7.3 Postup zkoušek pro CS101

8.7.3.1 Účel

Tato zkušební metoda se používá k ověření schopnosti EUT odolat rušivým signálům indukovaným na vstupní napájecí vodiče. Jsou stanoveny dvě metody pro provedení měření aplikovaného signálu. Při první se použije osciloskop s oddělovacím transformátorem na napájecím vstupu. Při druhé metodě se použije měřicí přijímač společně s převodníkem. Převodník elektricky izoluje měřicí přijímač od napájení EUT a chrání přijímač omezením úrovní.

8.7.3.2 Zkušební zařízení

Pro zkoušku se musí použít následující zařízení

- a) generátor signálů,
- b) výkonový zesilovač,
- c) osciloskop,
- d) vazební transformátor,
- e) kondenzátor 10 μ F,
- f) oddělovací transformátor při použití osciloskopu nebo převodník při použití měřicího přijímače,
- g) rezistor 0,5 Ω ,
- h) oddělovací síť LISN.

8.7.3.3 Provedení

Provedení sestavy musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava EUT dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 22. K monitorování napětí na rezistoru $0,5 \Omega$ se použije osciloskop nebo měřicí přijímač s převodníkem.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Pro stejnosměrné (DC) nebo jednofázové střídavé (AC) napájení se použije zkušební sestava dle obrázku 23.
 - (2) Pro třífázové napájení do hvězdy (4 vodiče) se použije zkušební sestava dle obrázku 24.
 - (3) Pro třífázové napájení do trojúhelníku (delta) se použije zkušební sestavu pod obrázku 25.

8.7.3.4 Zkušební postupy

Zkušební postup musí být následující:

- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace:
 - (1) Na generátoru signálu se nastaví nejnižší frekvence zkoušky.
 - (2) Úroveň signálu se zvyšuje až do hodnoty, kdy osciloskop indikuje napětovou úroveň odpovídající výkonové úrovni pro danou mezní hodnotu. Ověří se, zda je výstupní signál sinusový.
 - (3) Zaznamená se nastavení generátoru.
 - (4) Prochází se požadovaný frekvenční rozsah zkoušky a zaznamenají se nastavení generátoru potřebné pro udržení požadované úrovně výkonu.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Zapne se EUT a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů. **VÝSTRAHA:** Při provádění zkoušky je třeba mít na paměti možnost nebezpečí úrazu elektrickým proudem, neboť ochranné uzemnění osciloskopu je při použití oddělovacího transformátoru rozpojeno.
 - (2) Generátor signálu se nastaví na nejnižší frekvenci zkoušky. Úroveň signálu se zvyšuje, dokud se na napájecím vodiči nedosáhne požadovaná úroveň napětí nebo výkonu. (Napětí je omezeno úrovní použitou v kroku 8.7.3.4 b) (2)).
 - (3) Zatímco se udržuje nejnižší požadovaná úroveň signálu, prochází se požadovaný frekvenční rozsah rychlostí, která není vyšší, než je uvedeno v tabulce 4 tohoto standardu.

- (4) Vyhodnocení susceptibility:
- (a) EUT se monitoruje z hlediska zhoršení funkce.
 - (b) Pokud se zaznamená susceptibilita, určí se dle článku úroveň, při které se nežádoucí reakce již nevyskytuje (práh susceptibility).
- (5) Pokud se to požaduje, opakují se kroky 8.7.3.4 c) (2) až 8.7.3.4 c) (4) pro každý napájecí vodič. Pro třífázové napájení do trojúhelníku (delta) se musí měření provést dle následujících údajů.

Vazební transformátor ve fázi	Měření napětí
L ₁	mezi L ₁ a L ₂
L ₂	mezi L ₂ a L ₃
L ₃	mezi L ₃ a L ₁

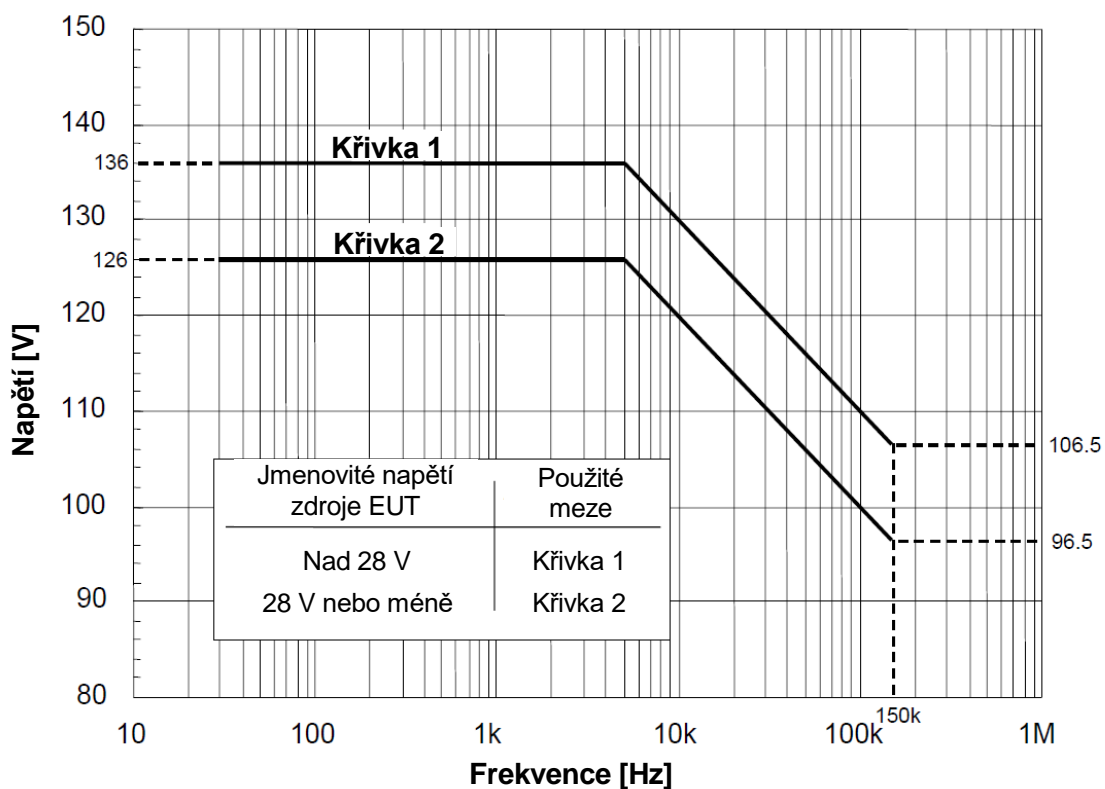
Pro třífázové napájení do hvězdy (Y, čtyři vodiče) se musí měření provést dle následujících údajů.

Vazební transformátor ve fázi	Měření napětí
L ₁	mezi L ₁ a nulovým vodičem
L ₂	mezi L ₂ a nulovým vodičem
L ₃	mezi L ₃ a nulovým vodičem

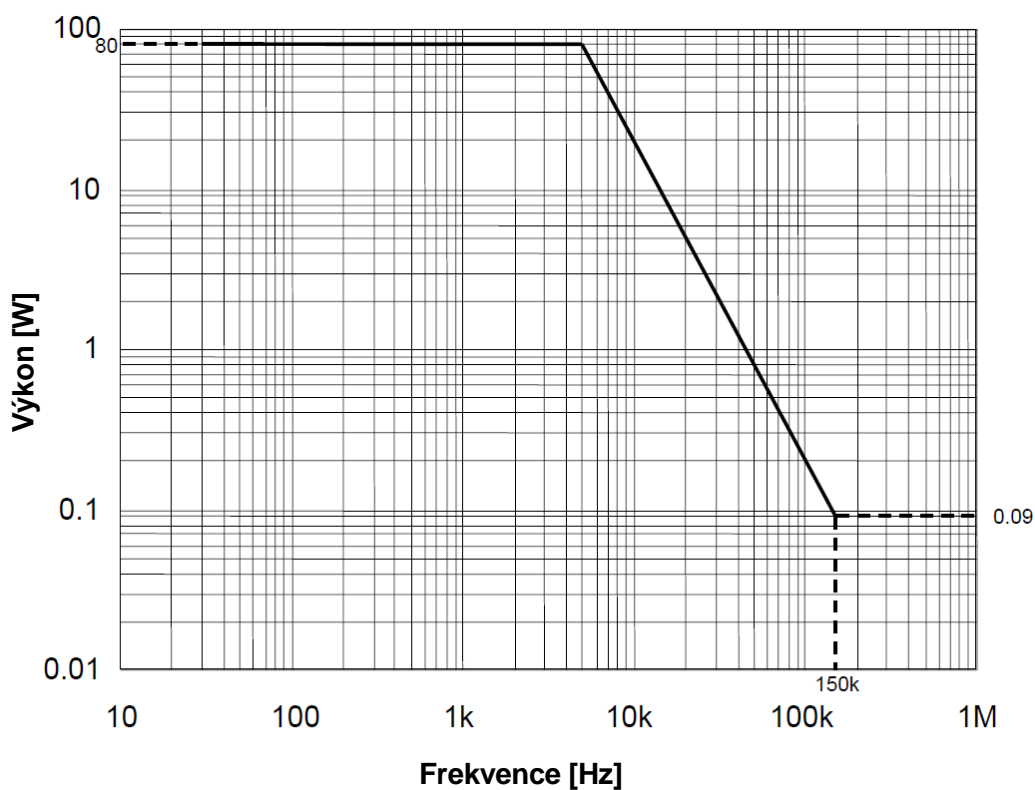
8.7.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

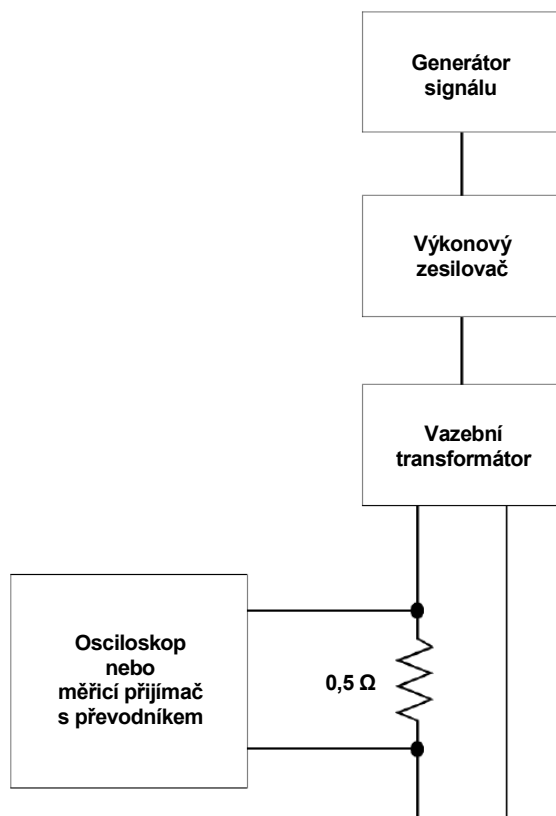
- a) Pro každý vodič se vytvoří grafická a tabelární forma frekvencí a úrovní, při kterých se zkouška prováděla.
- b) Vytvoří se záznam susceptibility a příslušných frekvencí, které se zvolily pro každý napájecí vodič.
- c) Pro každý vodič se vytvoří posouzení shody s použitými požadavky pro hodnocení susceptibility specifikovanými v kroku 8.7.3.4 c).



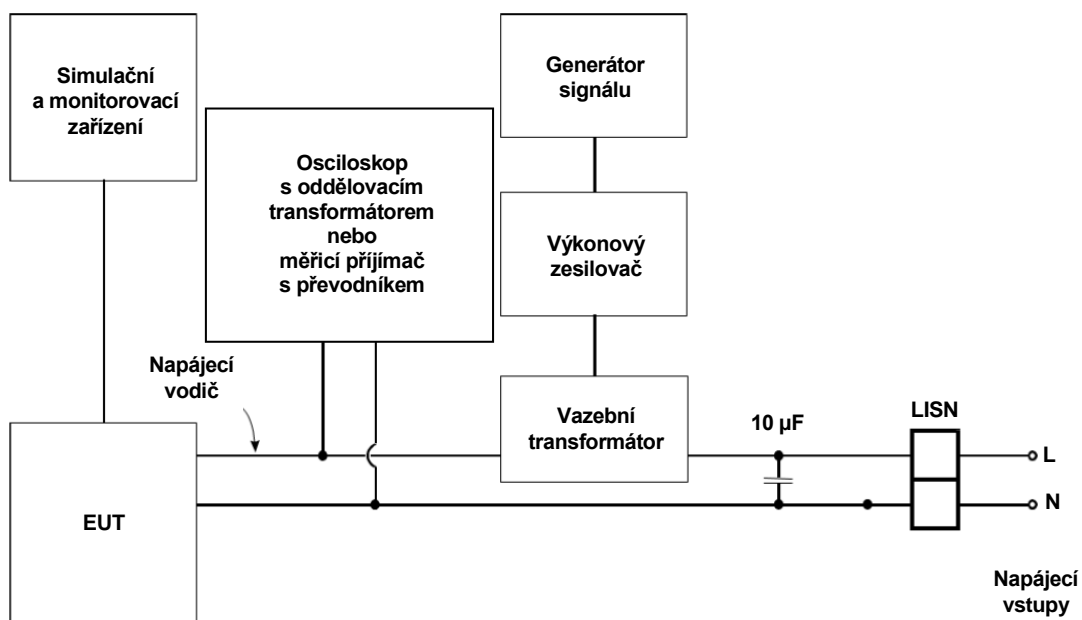
OBRÁZEK 20 – Mezní hodnoty napětí CS101 pro všechny aplikace



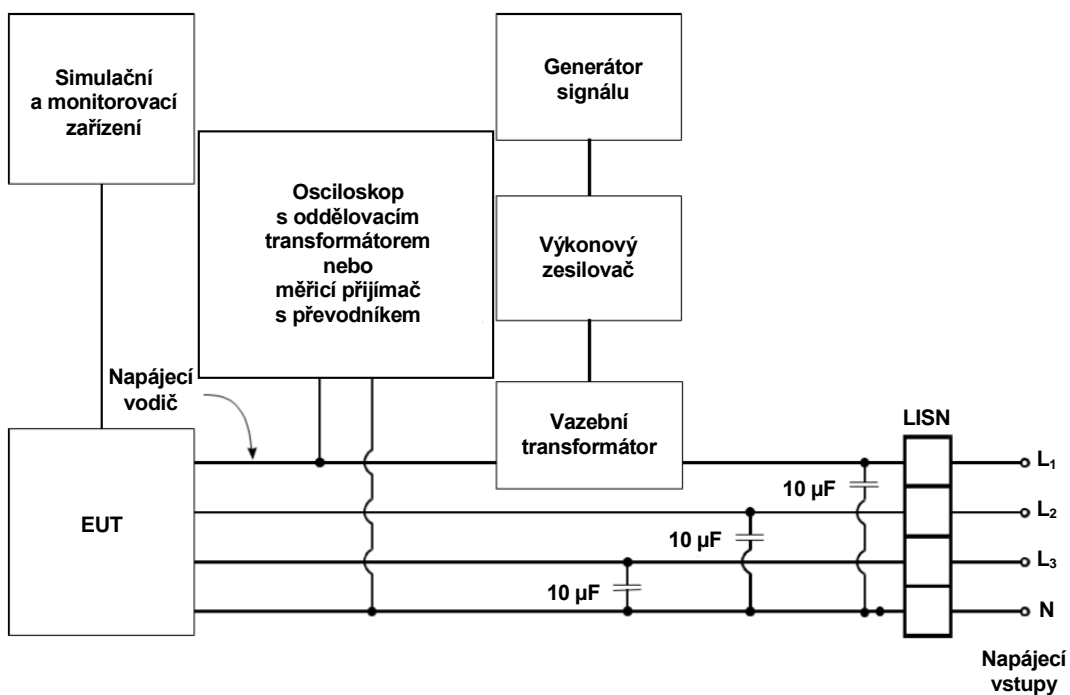
OBRÁZEK 21 – Mezní hodnoty výkonu CS101 pro všechny aplikace



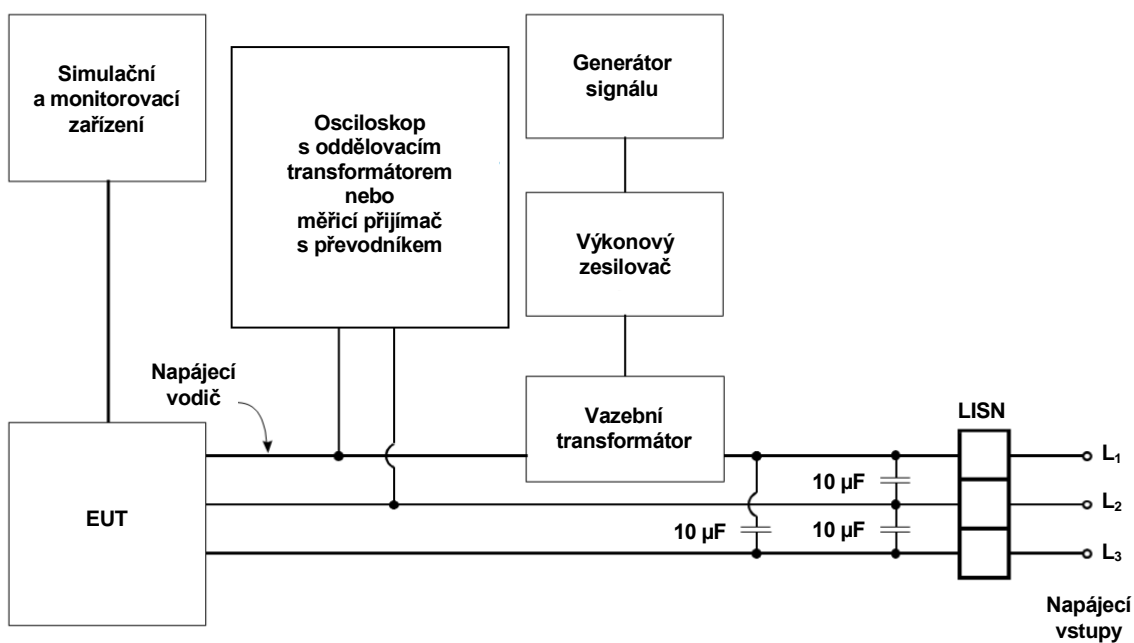
OBRÁZEK 22 – Kalibrace (CS101)



OBRÁZEK 23 – Injektáž signálů, stejnosměrné nebo jednofázové napájení (CS101)



OBRÁZEK 24 – Injektáž signálů, zapojení do hvězdy (CS101)



OBRÁZEK 25 – Injektáž signálů, zapojení do trojúhelníku (CS101)

8.8 CS103, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, intermodulace

8.8.1 Použitelnost CS103

Požadavek na susceptibilitu vstupních obvodů přijímačů je použitelný pro taková zařízení, jako jsou komunikační přijímače, RF zesilovače, vysílače/přijímače, radarové přijímače, akustické přijímače a přijímače REB, jak je specifikováno v jednotlivých požadavcích pro nákup.

8.8.2 Meze CS103

EUT nesmí vykazovat žádné intermodulační produkty mimo specifikovaný toleranční interval, pokud se provozuje za podmínek stanovených v jednotlivých požadavcích pro nákup.

8.8.3 Zkušební postup CS103

8.8.3.1 Účel

Tato zkušební metoda se používá pro určení přítomnosti intermodulačních produktů, které mohou být způsobeny nežádoucími signály na vstupních anténních svorkách EUT.

8.8.3.2 Požadavky zkoušky

Požadované zkušební zařízení, zkušební sestava, zkušební postupy a prezentace výsledků se musí stanovit ve shodě s návodem zařazeným v článku A.5.8 přílohy A tohoto standardu.

8.9 CS104, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, potlačení nežádoucích signálů

8.9.1 Použitelnost CS104

Požadavek na susceptibilitu vstupních obvodů přijímačů je použitelný od 30 Hz do 20 GHz na zařízení a subsystémy jako jsou komunikační přijímače, RF zesilovače, přijímače, vysílače, radarové a akustické přijímače a přijímače REB, jak jsou specifikovány v jednotlivých požadavcích pro nákup. Pro lodě námořnictva a ponorky jsou tyto požadavky použitelné pro všechny přijímače. Použitelné frekvence slouží při počátečním návrhu vyhodnocované jednotky.

8.9.2 Meze CS104

EUT nesmí vykazovat žádné nežádoucí reakce mimo specifikovaný toleranční interval, pokud se provozuje za podmínek stanovených v jednotlivých požadavcích pro nákup.

8.9.3 Zkušební postupy dle CS104

8.9.3.1 Účel

Tato zkušební metoda má určit přítomnost rušivých reakcí, které mohou být způsobeny nežádoucími signály na vstupních anténních svorkách EUT.

8.9.3.2 Požadavky zkoušky

Požadované zkušební zařízení, zkušební sestava, zkušební postupy a prezentace výsledků se musí stanovit ve shodě s návodem zařazeným v článku A.5.9 přílohy A tohoto standardu.

8.10 CS105, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, křížová modulace

8.10.1 Použitelnost CS105

Požadavek na susceptibilitu vstupních obvodů přijímačů je použitelný od 30 Hz do 20 GHz pouze na přijímače, které běžně zpracovávají amplitudově modulovaný RF signál dle specifikovaných požadavků pro nákup.

8.10.2 Meze CS105

EUT nesmí vykazovat žádné nežádoucí reakce v oblasti křížové modulace za hranicemi specifikovaných tolerancí při provozních podmínkách uvedených v jednotlivých požadavcích pro nákup.

8.10.3 Zkušební postupy dle CS105

8.10.3.1 Účel

Tato zkušební metoda má určit přítomnost produktů křížové modulace, které mohou být způsobeny nežádoucími signály na vstupních anténních svorkách EUT.

8.10.3.2 Požadavky zkoušky

Požadované zkušební zařízení, zkušební sestava, zkušební postupy a prezentace výsledků se musí stanovit ve shodě s návodem zařazeným v článku A.5.10 přílohy A tohoto standardu.

8.11 CS109, susceptibilita na vedené emise, únikový proud

8.11.1 Použitelnost CS109

Požadavek je použitelný od 60 Hz do 100 kHz pro zařízení a subsystémy, které mají rozsah pracovních frekvencí 100 kHz nebo menší a provozní citlivost 1 μV nebo lepší (např. 0,5 μV). Tento požadavek se nevztahuje na ruční zařízení.

8.11.2 Meze CS109

EUT nesmí vykazovat žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od specifikovaných údajů mimo toleranční meze uvedené v příslušných specifikacích pro jednotlivá zařízení nebo subsystémy při působení proudů uvedených na obrázku 27.

8.11.3 Zkušební postupy CS109

8.11.3.1 Účel

Tato zkušební metoda se používá pro ověření schopnosti EUT odolávat únikovým proudům.

8.11.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) generátor signálu,
- b) zesilovač (je-li potřebný),
- c) oddělovací transformátory,
- d) proudová sonda,
- e) měřicí přijímač,
- f) rezistor 0,5 Ω ,

- g) vazební transformátor.

8.11.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8 tohoto standardu.
- b) Kalibrace: Žádná speciální kalibrace se nepožaduje.
- c) Zkoušky EUT:
 - (1) Dle obrázku 27 se vytvoří zkušební zapojení (včetně zdroje signálu, zařízení pro měření proudu a zařízení požadovaného pro činnost EUT nebo monitorování zhoršení funkce) tak, aby se vytvořilo jednobodové uzemnění zkušební sestavy s využitím uzemňovacích svorek EUT.
 - (a) Pomocí oddělovacích transformátorů se oddělí všechny střídavé (AC) zdroje. Pro stejnosměrné (DC) napájení nejsou oddělovací transformátory použitelné.
 - (b) Odpojí se ochranné vodiče všech vstupních napájecích kabelů.
 - (c) EUT a zkušební zařízení se umístí na nevodivý povrch tak, aby bylo možno vytvořit jednobodové uzemnění.
 - (2) Zkušební body pro injektované proudy musí být následující:
 - (a) Zařízení, které nebude umístěno v rámu: v nejbližších bodech diagonálně pouze přes montážní povrch.
 - (b) Zařízení, které bude umístěno v rámu: v nejbližších bodech diagonálně přes všechny povrchy zařízení.
 - (c) Zařízení, které přesahuje přes podložku, na které je umístěno: v nejbližších bodech diagonálně přes všechny povrchy zařízení.
 - (d) Zařízení namontované na přepážce: v nejbližších bodech diagonálně přes zadní povrch zařízení.
 - (e) Kabely (všechny způsoby montáže): mezi kryty kabelů, jež jsou ukončeny na EUT a společné uzemnění, které bylo vytvořeno pro účely této zkoušky. Tento požadavek se musí použít také pro stíněné kabely a kabely uložené v trubkách, pokud mají uzemnění v jednom bodě.
 - (3) Zdroj signálu se přes rezistor připojuje k vybranému souboru zkušebních bodů. Kontakt se zkušebními body se musí provádět vodiči, které směřují kolmo ke zkoušenému povrchu v délce nejméně 50 cm.

8.11.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

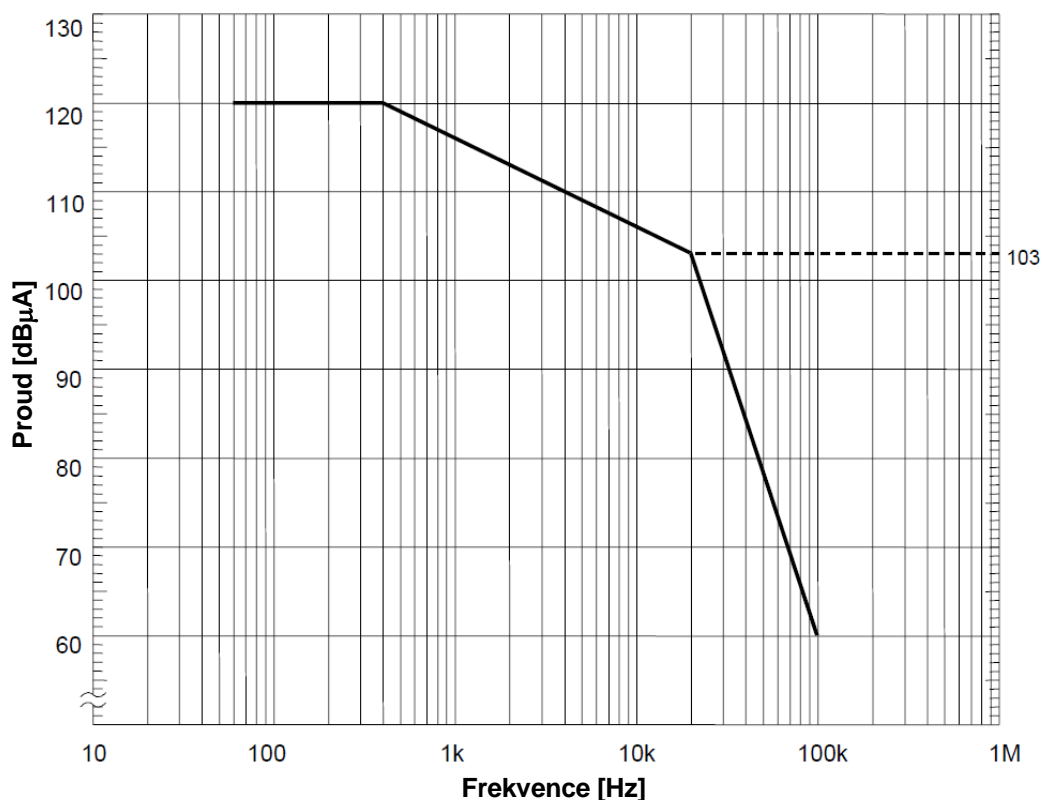
- a) Zapne se měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Generátor signálu se nastaví na nejnižší požadovanou frekvenci a zvolí se nejnižší požadovaná úroveň signálu. Proudovou sondou a měřicím přijímačem se monitoruje proud.

- c) Generátor signálu se přeladuje v požadovaném frekvenčním rozsahu dle tabulky 4 a současně se udržuje úroveň proudu alespoň na použité mezní hodnotě. EUT se sleduje z hlediska susceptibility.
- d) Pokud se zaznamená susceptibilita, určí se dle článku 7.3.10.4.3 úroveň, při které se již nežádoucí reakce neobjevuje.
- e) Kroky 8.11.3.4 b) až 8.11.3.4 d) se opakují pro každý soubor zkušebních bodů na každém zkoušeném povrchu EUT.

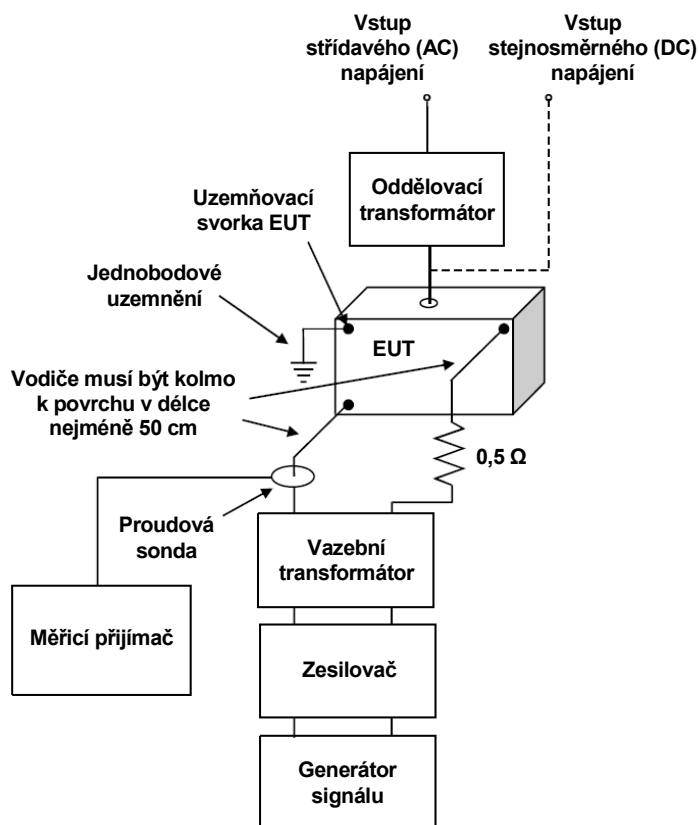
8.11.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Vytvoří se tabulka ukazující funkční režimy a frekvencemi výskyt susceptibility, prahové hodnoty proudu, mezní hodnoty proudu a zkušební body pro zkoušku susceptibility.
- b) Vytvoří se náčrt EUT, na kterém se znázorní umístění jednotlivých zkušebních bodů.



OBRÁZEK 26 – Mezní hodnoty CS109 pro všechny aplikace



OBRÁZEK 27 – Uspořádání zkoušky CS109

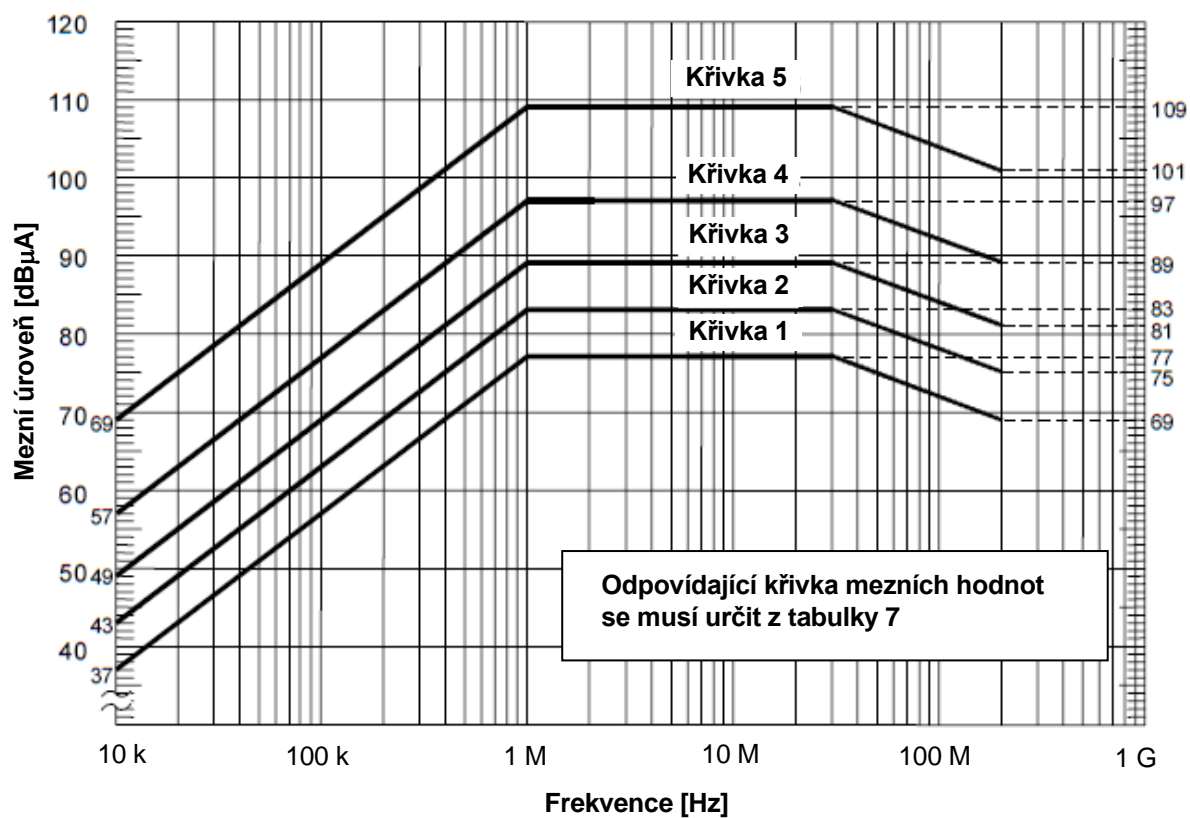
8.12 CS114, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku

8.12.1 Použitelnost CS114

Požadavek je použitelný od 10 kHz do 200 MHz pro všechny propojovací kabely, včetně napájecích. Pro EUT určené k instalaci na lodích nebo ponorkách je navíc použitelná úroveň 77 dB μ A od 4 kHz do 1 MHz nesymetricky (common mode) na kompletní napájecí kabely (hlavní i zpětné – common mode test). Požadavky není možno použít pro koaxiální kabely anténních konektorů přijímačů s připojenými anténami s výjimkou lodí a ponorek.

8.12.2 Meze CS114

V případě, že je EUT podrobena zkušebnímu signálu z injektážní sondy s předem kalibrovanými úrovněmi uvedenými na obrázku 28 a modulovanému dle specifikací uvedených níže, nesmí vykazovat žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od specifikovaných údajů, mimo tolerance uvedené v jednotlivých specifikacích pro zařízení nebo subsystemy. Příslušné meze na obrázku 28 se musí zvolit z tabulky 7. Požadavky jsou také splněny v případě, že EUT nevykazuje susceptibilitu na definovaný přivedený výkon snímaný vazebním členem. Definovaný přivedený výkon má úroveň, které jsou pod úrovněmi určenými v průběhu kalibrace a které zaručují, že skutečný proud indukovaný ve zkoušených kabelech je Křivka 5 = 115 dB μ A, Křivka 4 = 103 dB μ A, Křivka 3 = 95 dB μ A, Křivka 2 = 89 dB μ A a Křivka 1 = 81 dB μ A v celém frekvenčním rozsahu.



OBRÁZEK 28 – Kalibrační mezní hodnoty CS114 pro všechny aplikace

TABULKA 7 – Úrovně mezních hodnot CS114

Číselné označení mezních křivek na obrázku 28									
Prostředky	LETADLA vnější nebo důležité z hlediska bezpečnosti	LETADLA vnitřní	VŠECHNY LODĚ na palubě + PONORKY vnější*	LODĚ kovové pod palubou	LODĚ nekovové pod palubou	PONORKY	POZEMNÍ	KOSMICKÉ	Frekvenční rozsah
10 kHz – 2 MHz	A	5	5	2	2	2	1	3	3
	N	5	3	2	2	2	1	2	3
	AF	5	3	–	–	–	–	2	3
2 MHz – 30 MHz	A	5	5	5	2	4	1	4	3
	N	5	5	5	2	4	1	2	3
	AF	5	3	–	–	–	–	2	3
30 MHz – 200 MHz	A	5	5	5	2	2	2	4	3
	N	5	5	5	2	2	2	2	3
	AF	5	3	–	–	–	–	2	3

A – pozemní síly,
N – vojenské námořnictvo,
AF – vzdušné síly.
* Pro zařízení umístěná mimo trup ponorky, avšak uvnitř hlavní konstrukce, se použije sloupec LODĚ kovové pod palubou.

8.12.3 Zkušební postupy pro CS114

8.12.3.1 Účel

Tato zkušební metoda se používá k ověření schopnosti EUT odolávat RF signálům, které se indukují do EUT připojenou kabeláží.

8.12.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

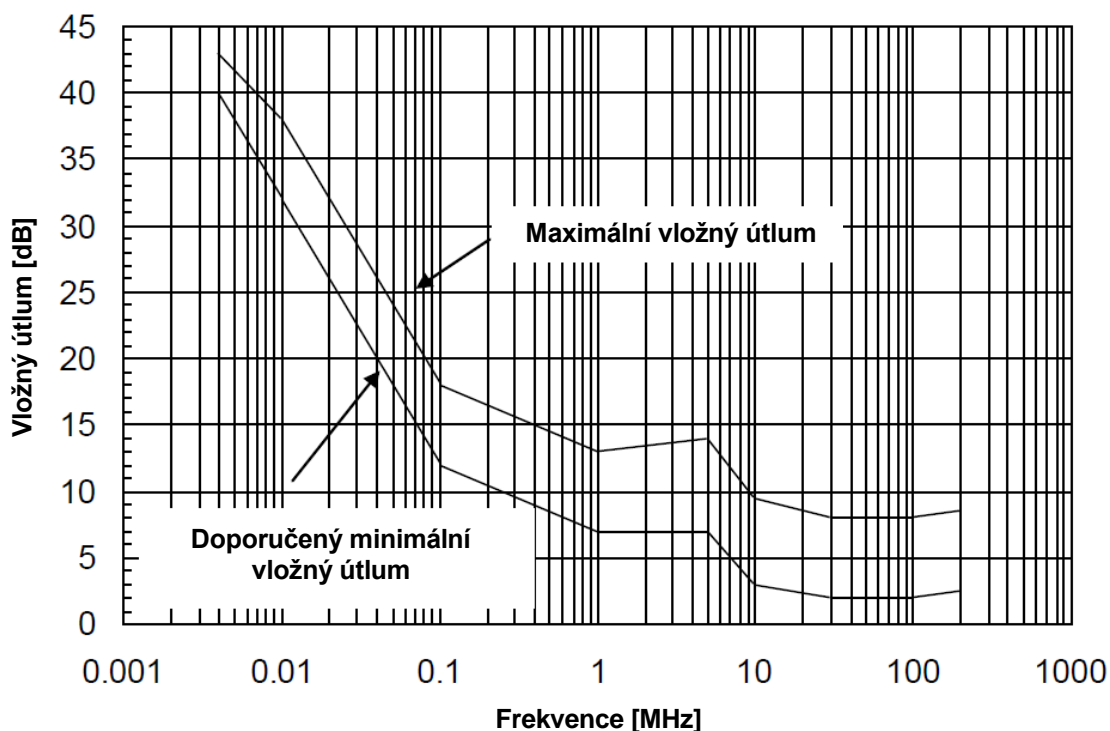
- měřicí přijímače,
- injektační sondy proudu (maximální a doporučená minimální hodnota vložného útlumu je zobrazena na obrázku 29),
- proudové sondy,
- kalibrační příslušenství (přípravek): koaxiální přenosová linka s charakteristickou impedancí 50 Ω, koaxiální spojky na obou koncích a prostor pro injektační sondu kolem středního vodiče,

- e) směrové vazební členy,
- f) generátory signálu,
- g) zapisovač,
- h) útlumové členy 50 Ω ,
- i) koaxiální zátěže 50 Ω ,
- j) výkonové zesilovače,
- k) oddělovací síť LISN.

8.12.3.3 Provedení

Provedení musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 30 pro kalibraci injektážních sond:
 - (1) Injektážní sonda se umístí kolem středního vodiče kalibračního přípravku a snímací sonda kolem středního vodiče druhého kalibračního přípravku. Snímací sonda se zakončí zátěží 50 Ω .
 - (2) Jeden konec kalibračního přípravku se zakončí zátěží 50 Ω a k druhému konci se připojí přes útlumový člen 20 dB měřicí přijímač A.
- c) Zkouška EUT: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 31:
 - (1) Injektážní a monitorovací sondy se umístí kolem kabelového svazku připojeného ke konektoru EUT.
 - (2) Monitorovací sonda se umístí 5 cm od konektoru. Je-li celková délka konektoru, jeho krytu nebo nástavce krytu delší než 5 cm, umístí se monitorovací sonda co nejbliž ke krytu konektoru nebo nástavci krytu.
 - (3) Injektážní sonda se umístí 5 cm od monitorovací sondy.



OBRÁZEK 29 – Maximální vložný útlum injektážní sondy (CS114)

8.12.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

- a) Zapne se měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace: Následující postup se provede s využitím kalibrační sestavy:
 - (1) Na generátoru signálu se nastaví nemodulovaný signál o frekvenci 10 kHz.
 - (2) Úroveň signálu se zvyšuje až měřicí přijímač A indikuje, že středním vodičem kalibračního přípravku prochází proud s požadovanou zkušební úrovní.
 - (3) Zaznamená se výkon přicházející k injektážní sondě indikovaný měřicím přijímačem B.
 - (4) Prochází se frekvenční pásmo 10 kHz až 200 MHz a zaznamená se výkon potřebný k udržení požadované amplitudy proudu.
- c) Kontrola: Sondy z kalibrační sestavy se použijí při kontrole zkušební sestavy v zapojení dle obrázku 31. Provede se sken jako při zkoušce na kabelu EUT.
 - (1) Na generátoru se nastaví signál o frekvenci 10 kHz (modulace je volitelná a neměla by mít vliv).
 - (2) Do injektážní sondy se aplikuje úroveň dopředného výkonu určená v 8.12.3.4 b) (4) a na monitorovací sondě se sleduje indukovaný proud.

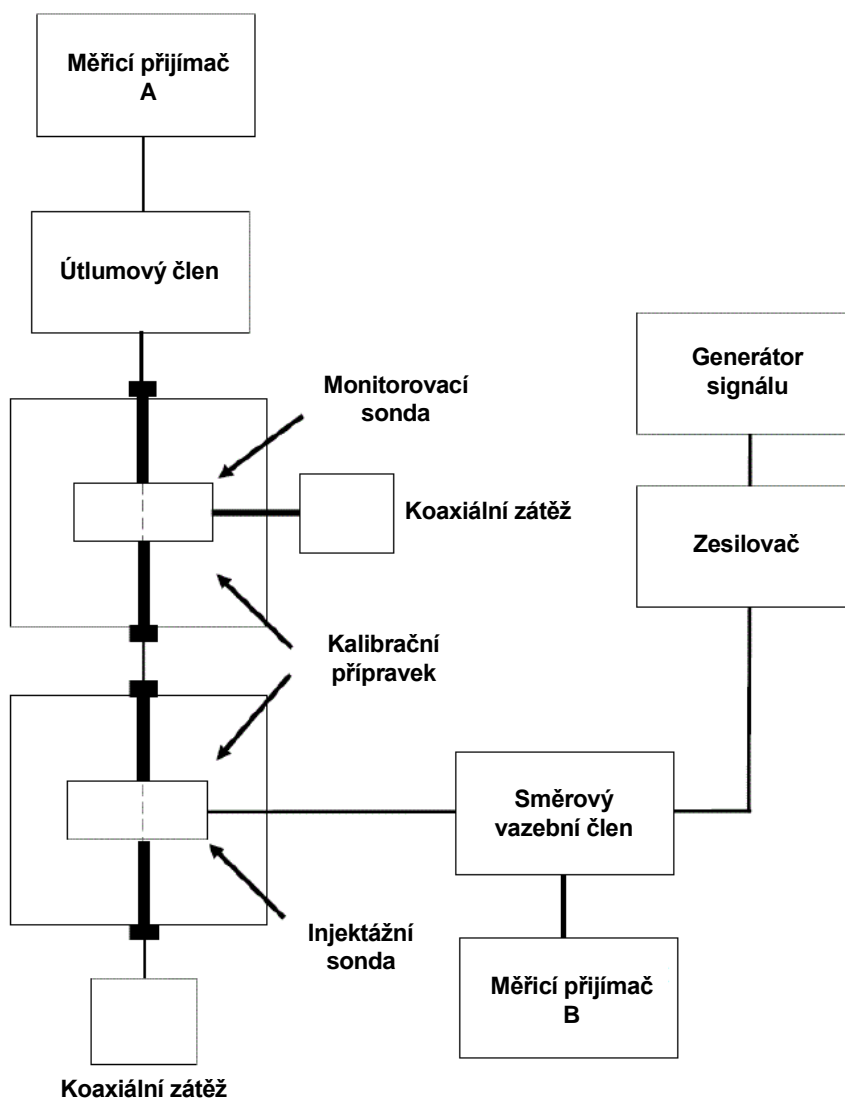
- (3) Prochází se požadovaný frekvenční rozsah s minimálním přelaďovacím časem a dvojnásobným krokem než je uvedeno v tabulce 4 a udržuje se úroveň dopředného výkonu na kalibrační úrovni určené v 8.12.3.4 b)
- (4). Kontroluje se, zda dopředný výkon odpovídá kalibraci a indukovaný proud je v pásmu 3 dB přípustné odchylky od zkušební úrovně proudu.
- d) Zkouška EUT: Zkušební sestava je uvedena na obrázku 32. Následující postup se provede pro každý kabelový svazek propojující každý elektrický konektor EUT včetně všech napájecích kabelů. Tento postup se použije také pro napájecí kabely s nulovým, zpětným a ochranným vodičem (žlutozelená barva) vyjmutými z kabelového svazku. S konektory, které obsahují signálové a současně napájecí vodiče, se zkouška provádí na celém svazku, na napájecích vodičích (včetně nulových, zpětných a ochranných) uspořádaných odděleně a na samostatném svazku napájecích vodičů s oddělenými nulovými, zpětnými a ochrannými vodiči.
- (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- (2) Stanovení susceptibility:
- (a) Na generátoru signálu se nastaví signál o frekvenci 10 kHz s impulzní modulací 1 kHz, se střídou 50 %. Ověří se, že modulace je současně na řídicím signálu každého generátoru signálu/modulátoru. Zajistí se, aby modulační frekvence, průběh vlny a hloubka modulace (minimálně 40 dB mezi špičkovou hodnotou a základní úrovní) byly správné.
- (b) Do injektážní sondy se přivede úroveň výkonu určená dle kroku v 8.12.3.4 b) (4) se současným monitorováním indukovaného proudu. Pro stíněné kabely nebo obvody s nízkou impedancí může být výhodnější postupné zvyšování signálu do mezní hodnoty proudu.
- (c) Prochází se požadovaný frekvenční rozsah dle článku 7.3.10.4.1 a tabulky 4 a současně se udržuje úroveň výkonu dle údajů získaných při kalibraci v kroku 8.12.3.4 b) (4) nebo na maximální úrovni proudu pro příslušnou mezní hodnotu, dle toho co je méně přísné.
- (d) V průběhu zkoušky se sleduje chování EUT.
- (e) Kdykoli se vyskytne susceptibilita, určí se dle článku 7.3.10.4.3 úroveň, při které se již nežádoucí reakce nevyskytuje.
- (f) Pro EUT s redundantní kabeláží, jako je např. mnohonásobná datová sběrnice, důležitá z hlediska bezpečnosti, se použije simultánní injektážní technika pro více kabelů.

8.12.3.5 Prezentace výsledků

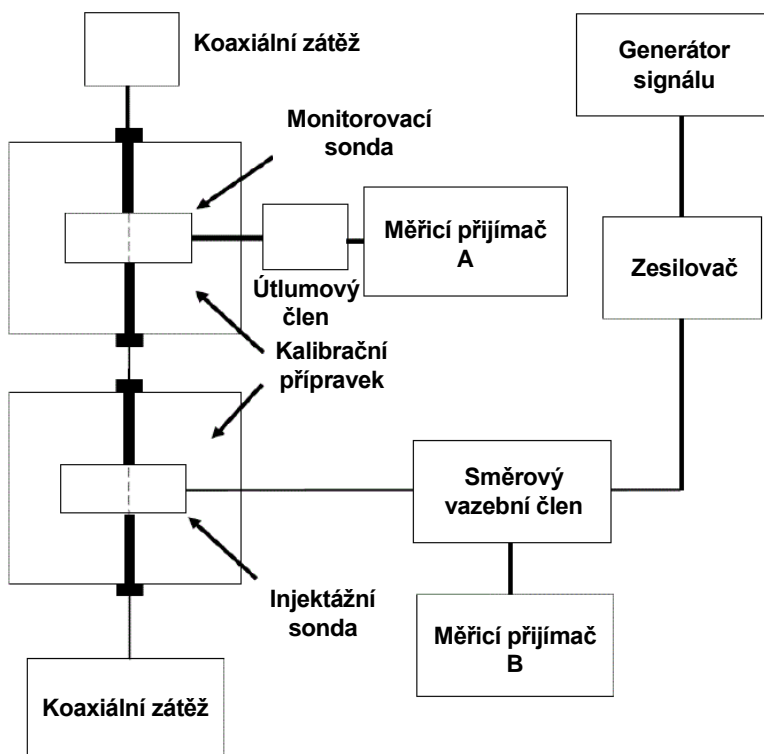
Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Vytvoří se průběh závislosti amplitudy na frekvenci pro použité zkušební úroveň výkonu získané při kalibraci dle kroku 8.12.3.4 b).
- b) Pro každý konektor rozhraní se vytvoří tabulka představující skenované frekvenční rozsahy a potvrzení shody s požadavky pro hodnocení

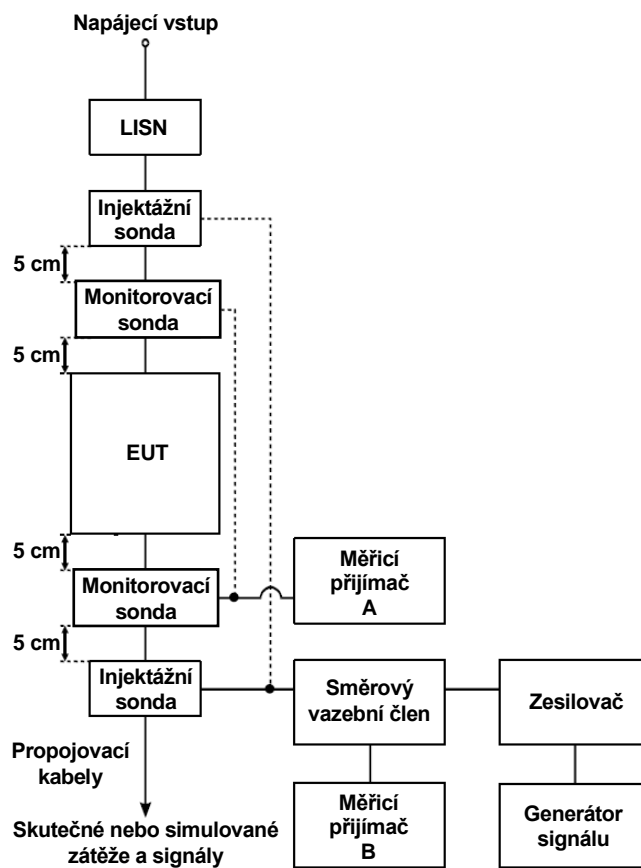
susceptibility dle kroku 8.12.3.4 c) (2). Zaznamenají se všechny prahy susceptibility, které byly určeny, spolu s jejich frekvencemi.



OBRÁZEK 30 – Kalibrační sestava pro CS114



OBRÁZEK 31 – Kontrolní sestava



OBRÁZEK 32 – Injektáž do kabelových svazků (CS114)

8.13 CS115, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku, impulzní buzení

8.13.1 Použitelnost CS115

Tento požadavek je použitelný na všechny propojovací kabely včetně napájecích, v letadlech, kosmických prostředcích a pozemních systémech. Požadavek se může také použít pro subsystémy a zařízení povrchových plavidel a ponorek, pokud to specifikuje zadavatel.

8.13.2 Meze CS115

Pokud na EUT působí kalibrovaný zkušební signál ve tvaru uvedeném na obrázku 33 s opakovací frekvencí 30 Hz po dobu 1 minuty, nesmí EUT vykazovat žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od specifikovaných údajů mimo hranice tolerancí, které jsou uvedeny v jednotlivých specifikacích pro zařízení nebo subsystémy.

8.13.3 Zkušební postupy CS115

8.13.3.1 Účel

Tato metoda se užívá k ověření schopnosti EUT odolávat impulzním signálům přiváděným do EUT připojenou kabeláží.

8.13.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) impulzní generátor, 50 Ω , koaxiální vedení,
- b) injektážní proudová sonda,
- c) budicí kabel, 50 Ω , 2 m, vložené ztráty při 500 MHz 0,5 dB nebo menší,
- d) proudová sonda,
- e) kalibrační přípravek: koaxiální přenosová linka s charakteristickou impedancí 50 Ω , koaxiální přípojky na obou koncích a prostor pro injektážní sondu kolem středního vodiče,
- f) osciloskop, vstupní impedance 50 Ω ,
- g) útlumové členy, 50 Ω ,
- h) koaxiální zátěže, 50 Ω ,
- i) oddělovací síť LISN.

8.13.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 34 pro kalibraci injektážní sondy:
 - (1) Injektážní sonda se umístí kolem středního vodiče kalibračního přípravku.
 - (2) Jeden konec kalibračního přípravku se zakončí koaxiální zátěží a k druhému konci se připojí přes útlumový člen osciloskop se vstupní impedancí 50 Ω .

- c) Zkouška EUT: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 35:
- (1) Injektážní a monitorovací sondy se umístí kolem kabelového svazku připojeného ke konektoru EUT.
 - (2) Monitorovací sonda se umístí 5 cm od konektoru. Pokud celková délka konektoru, jeho krytu nebo nástavce krytu přesahuje 5 cm, umístí se monitorovací sonda co nejbliž ke krytu konektoru nebo nástavci krytu.
 - (3) Injektážní sonda se umístí 5 cm od monitorovací sondy.

8.13.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

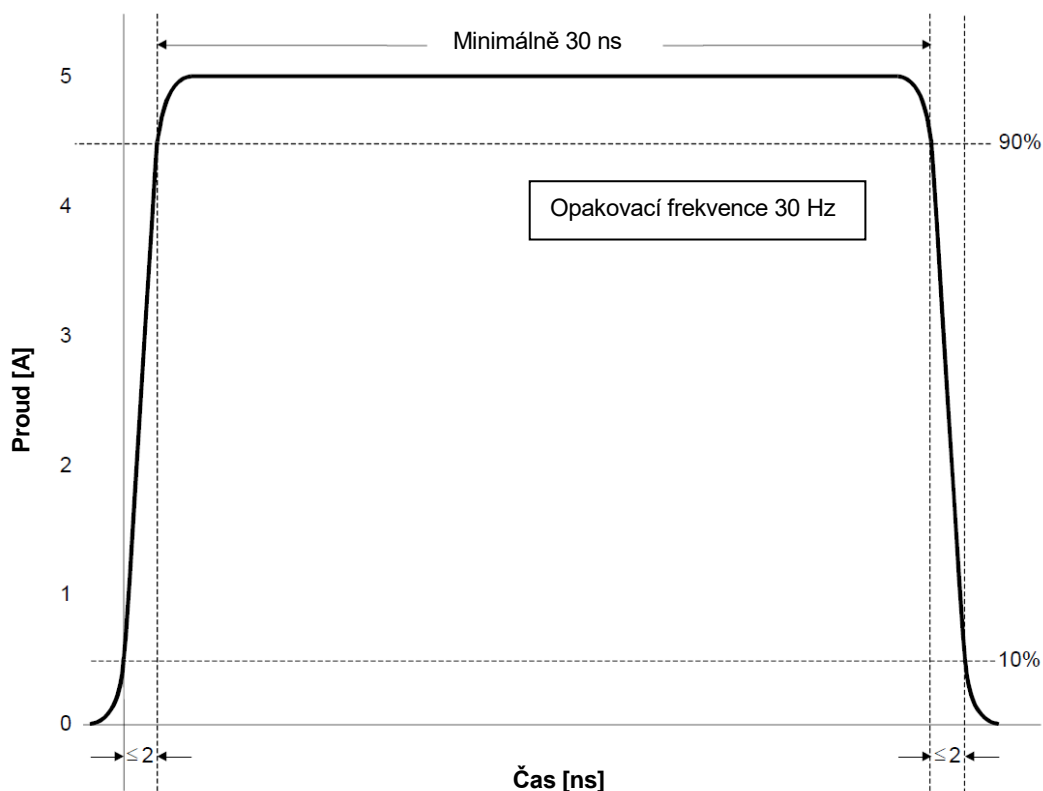
- a) Zkušební zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace: Pomocí kalibrační sestavy se provede následující postup:
 - (1) Na impulzním generátoru se nastaví doba vzestupné hrany, šířka impulzu a opakovací frekvence impulzů dle příslušných požadavků.
 - (2) Úroveň signálu přivedeného ke kalibračnímu přípravku se zvyšuje, až osciloskop indikuje, že středním vodičem kalibračního přípravku prochází proud s požadovanou úrovní.
 - (3) Ověří se, zda doba vzestupné hrany, sestupné hrany a šířka impulzu průběhu mají správné hodnoty a že je správná opakovací frekvence. Vlivem induktivního vazebního mechanismu nebude tvar impulzu přesný.
 - (4) Zaznamená se nastavení amplitudy na impulzním generátoru.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Stanovení susceptibility:
 - (a) Na impulzním generátoru se nastaví hodnota amplitudy získaná v kroku 8.13.3.4 b) (4), jako na minimální úroveň.
 - (b) Použije se tento zkušební signál s opakovací frekvencí impulzů a dobami trvání dle specifikovaných požadavků.
 - (c) Monitoruje se chování EUT v průběhu zkoušení.
 - (d) Kdykoli se zaznamená susceptibilita, určí se dle článku 7.3.10.4.3 úroveň (práh susceptibility), při které se již nežádoucí odezva nevyskytuje.
 - (e) Zaznamená se vrcholový proud indukovaný v kabelu dle údajů osciloskopu.
 - (f) Kroky 8.13.3.4 c) (2) (a) až 8.13.3.4 c) (2) (e) se opakují pro každý kabelový svazek propojený s elektrickým konektorem EUT. Pro napájecí kabely se provedou kroky 8.13.3.4 c) (2) (a) až 8.13.3.4 c) (2) (e) na kompletních kabelech (fázové, nulové a zpětné vodiče) a na napájecích kabelech s nulovými, zpětnými a ochrannými vodiči vyjmutými z kabelového svazku. U konektorů,

kteře obsahují jednak ovládací, jednak napájecí vodiče, se provedou kroky 8.13.3.4 c) (2) (a) až 8.13.3.4 c) (2) (e) na všech napájecích vodičích vyjmutých ze svazku společně (včetně nulových, zpětných a ochranných) a na samostatně oddělených fázových vodičích bez nulových, zpětných a ochranných vodičů.

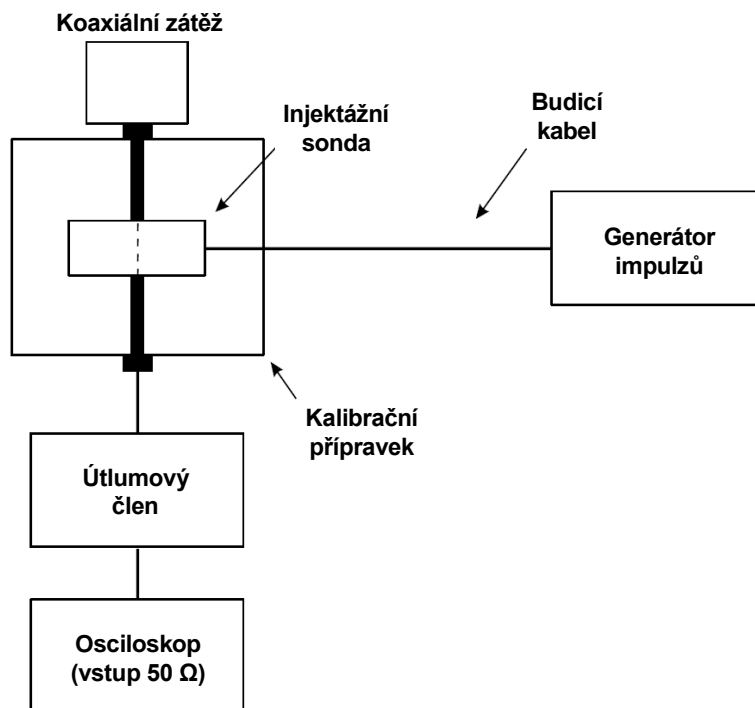
8.13.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

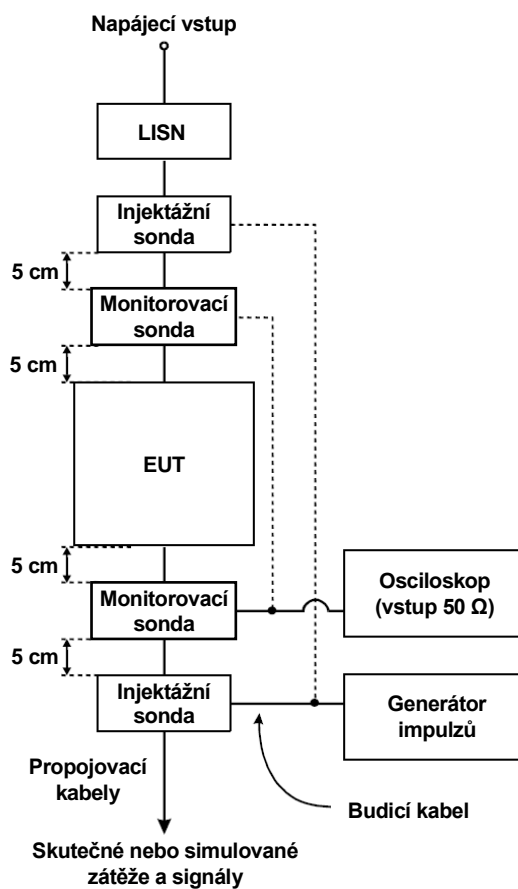
- Sestaví se tabulky, které prokazují shodu s požadavky pro hodnocení susceptibility dle kroku 8.13.3.4 c) (2) a úrovně indukovaného proudu pro každý konektor rozhraní.
- Uvedou se všechny určené prahové hodnoty susceptibility.
- Vytvoří se osciloskopické průběhy injektovaného signálu s údaji o zkoušce.



OBRÁZEK 33 – Charakteristiky signálu pro všechny aplikace (CS115)



OBRÁZEK 34 – Kalibrační sestava pro CS115



OBRÁZEK 35 – Injektáž do svazku kabelů (CS115)

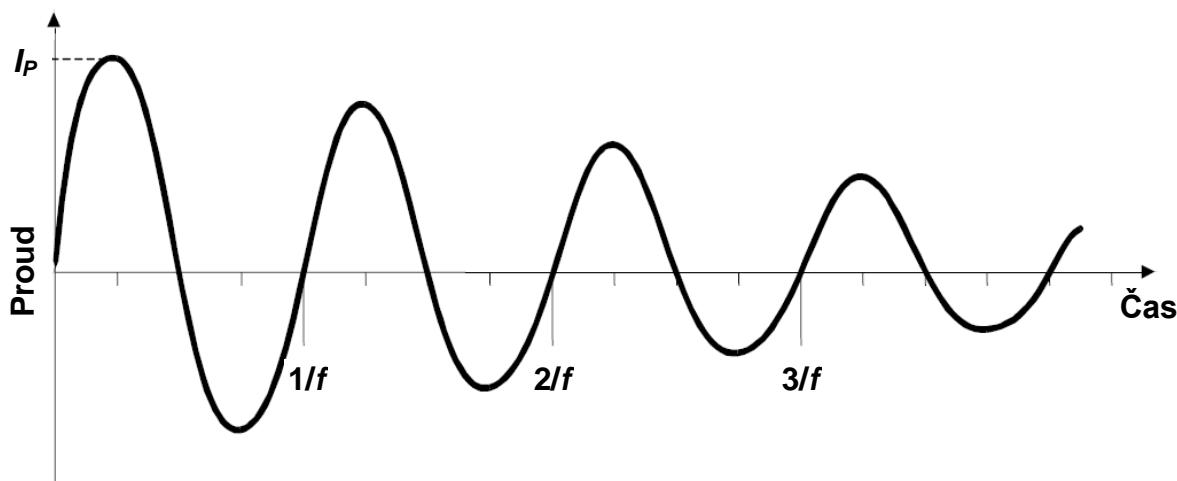
8.14 CS116, susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče

8.14.1 Použitelnost CS116

Tyto požadavky jsou použitelné od 10 kHz do 100 MHz na všechny propojovací kabely včetně napájecích a na jednotlivé napájecí vodiče. Nulové a zpětné napájecí vodiče není třeba zkoušet jednotlivě.

8.14.2 Meze CS116

V případě, že se na EUT působí signálem tvaru, který je uveden na obrázku 36 a který má maximální proud dle obrázku 37, nesmí EUT vykazovat žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od specifikovaných údajů mimo hranice tolerancí uvedených ve specifikacích pro jednotlivá zařízení nebo subsystemy. Mezní hodnoty se používají v celém specifikovaném frekvenčním rozsahu. Zkouška se musí provést minimálně pro následující frekvence: 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz, 30 MHz a 100 MHz. Pokud jsou pro zařízení známy i jiné kritické frekvence, musí se zkouška provádět i na těchto frekvencích. Opakovací frekvence zkušebního signálu nesmí být větší než 1 impuls za sekundu a nesmí být menší než 1 impuls za 2 sekundy. Impulzy se musí aplikovat po dobu 5 minut.



POZNÁMKY

1 Normalizovaný průběh: $e^{-(\pi \cdot f \cdot t) / Q} \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$,
kde f je frekvence [Hz], t je čas [s], Q je činitel tlumení ($Q = 15 \pm 5$).

2 Činitel tlumení (Q) se určí následujícím vztahem:

$$Q = \frac{\pi(N-1)}{\ln(I_p / I_N)}$$

kde je

N počet period ($N = 2, 3, 4, \dots$),

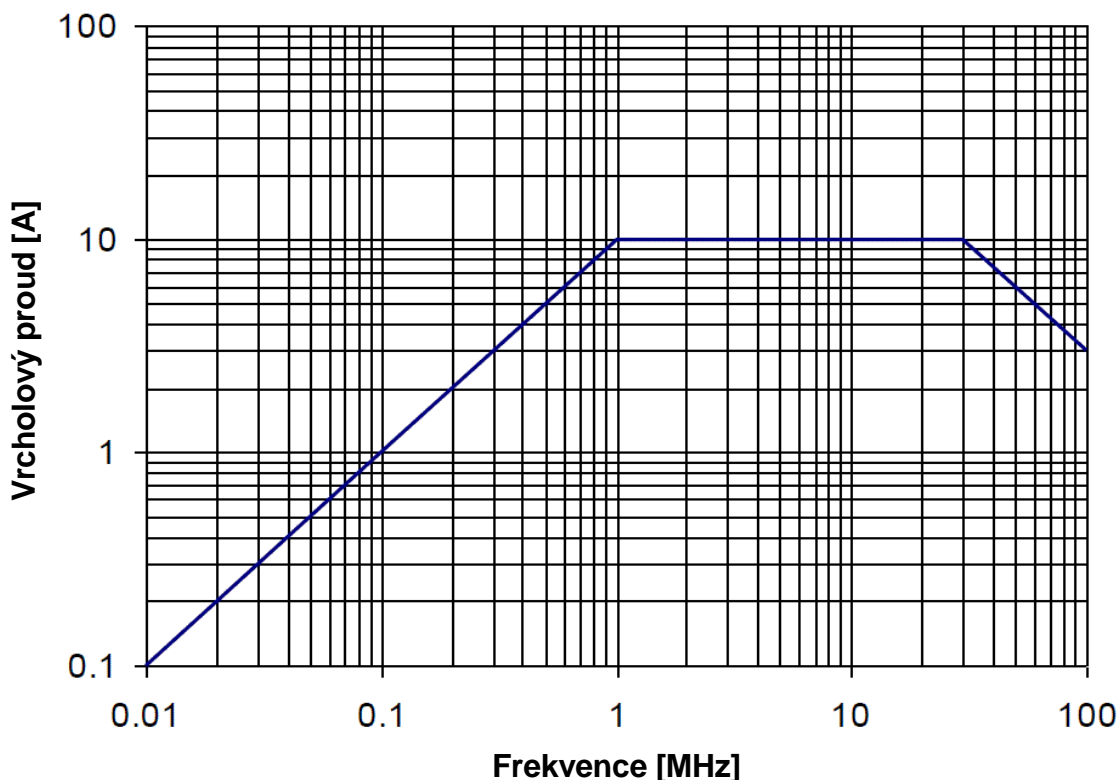
I_p vrcholový proud 1. periody,

I_N vrcholový proud v cyklu nejbližším 50 % útlumu,

\ln přirozený logaritmus.

3 Proud I_p je specifikován na obrázku 36.

OBRÁZEK 36 – Typický tvar tlumené sinusoidy CS116



OBRÁZEK 37 – Mezní hodnoty CS116 pro všechny aplikace

8.14.3 Zkušební postupy pro CS116

8.14.3.1 Účel

Tato metoda se používá k ověření schopnosti EUT odolávat tlumeným sinusovým přechodovým jevům ovlivňující EUT přípojnou kabeláží a napájecími vodiči.

8.14.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- generátor tlumených sinusových přechodových jevů, výstupní impedance $\leq 100 \Omega$
- injektažní proudová sonda,
- osciloskop, vstupní impedance 50Ω ,
- kalibrační přípravek: koaxiální přenosová linka s charakteristickou impedancí 50Ω , koaxiální konektory na obou koncích a prostor pro injektažní sondu kolem středního vodiče,
- proudové sondy,
- záznamové zařízení průběhů přechodových jevů,
- útlumové členy, 50Ω ,
- měřicí přijímače,
- koaxiální zátěže, 50Ω ,
- oddělovací síť LISN.

8.14.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 38 pro ověření tvaru průběhu.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 39.
 - (2) Injektážní a monitorovací sondy se umístí kolem kabelového svazku připojeného ke konektoru EUT.
 - (3) Monitorovací sonda se umístí 5 cm od konektoru. Pokud celková délka konektoru, jeho krytu nebo nástavce krytu přesahuje 5 cm, umístí se monitorovací sonda co nejbliž ke krytu konektoru nebo nástavci krytu.
 - (4) Injektážní sonda se umístí 5 cm od monitorovací sondy.

8.14.3.4 Zkušební postupy

Zkušební postupy musí být následující:

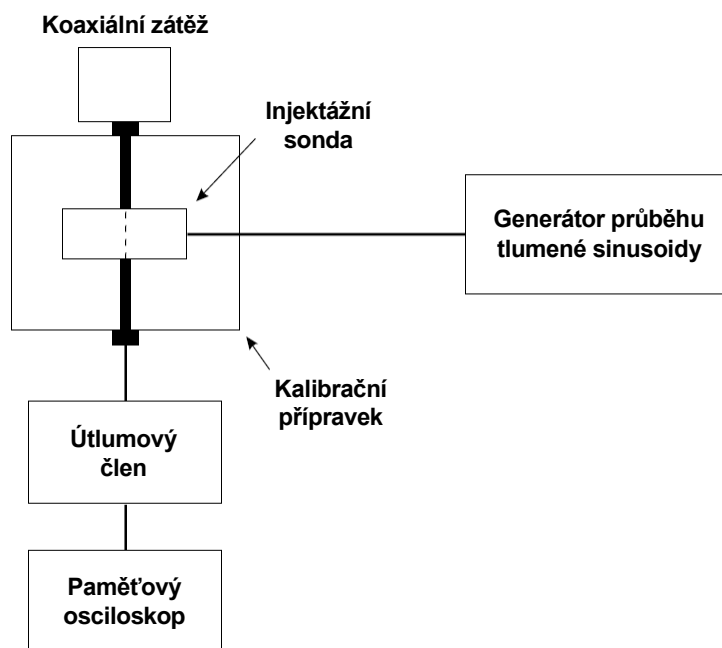
- a) Zapne se měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace: Následující postup se provede s využitím kalibrační sestavy pro ověření tvaru průběhu:
 - (1) Na generátoru tlumených sinusových přechodových jevů se nastaví frekvence 10 kHz.
 - (2) Amplituda generátoru tlumených sinusových přechodových jevů se nastaví na požadovanou úroveň.
 - (3) Zaznamená se nastavení generátoru tlumených sinusových přechodových jevů.
 - (4) Ověří se, zda tvar průběhu odpovídá příslušným požadavkům. Vypočte se a zaznamená činitel útlumu (Q).
 - (5) Kroky 8.14.3.4 b) (2) až 8.14.3.4 b) (4) se opakují pro každou frekvenci specifikovanou příslušným požadavkem.
- c) Zkoušky EUT: Následující kroky se provedou s využitím zkušební sestavy EUT na každém kabelovém svazku, který je připojen k libovolnému konektoru na EUT včetně kompletních napájecích kabelů. Zkouška se provede také na každém jednotlivém napájecím vodiči (zkoušky na jednotlivých nulových, zpětných a ochranných vodičích se nevyžadují). Pro napájecí vedení v zapojení do trojúhelníku (delta) se navíc zkouší každý napájecí vodič zvlášť.
 - (1) Zapne se EUT a měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Generátor tlumených sinusových přechodových jevů se nastaví na zkušební frekvenci.

- (3) Postupně se aplikují zkušební signály na každý kabel nebo napájecí vodič EUT. Pomalu se zvyšuje výstupní úroveň generátoru tlumených sinusových přechodových jevů tak, aby se dosáhl specifikovaný proud, ale nesmí se překročit kalibrovaná výstupní úroveň generátoru. Získaný vrcholový proud se zaznamená.
- (4) EUT se sleduje z hlediska výskytu zhoršení funkce.
- (5) Pokud se zaznamená susceptibilita, určí se dle článku 7.3.10.4.3 prahová úroveň, na které se již nežádoucí odezva nevyskytuje.
- (6) Kroky 8.14.3.4 c) (2) až 8.14.3.4 c) (5) se opakují pro každou stanovenou zkušební frekvenci. Krok 8.14.3.4 c) se opakuje ve vypnutém stavu.

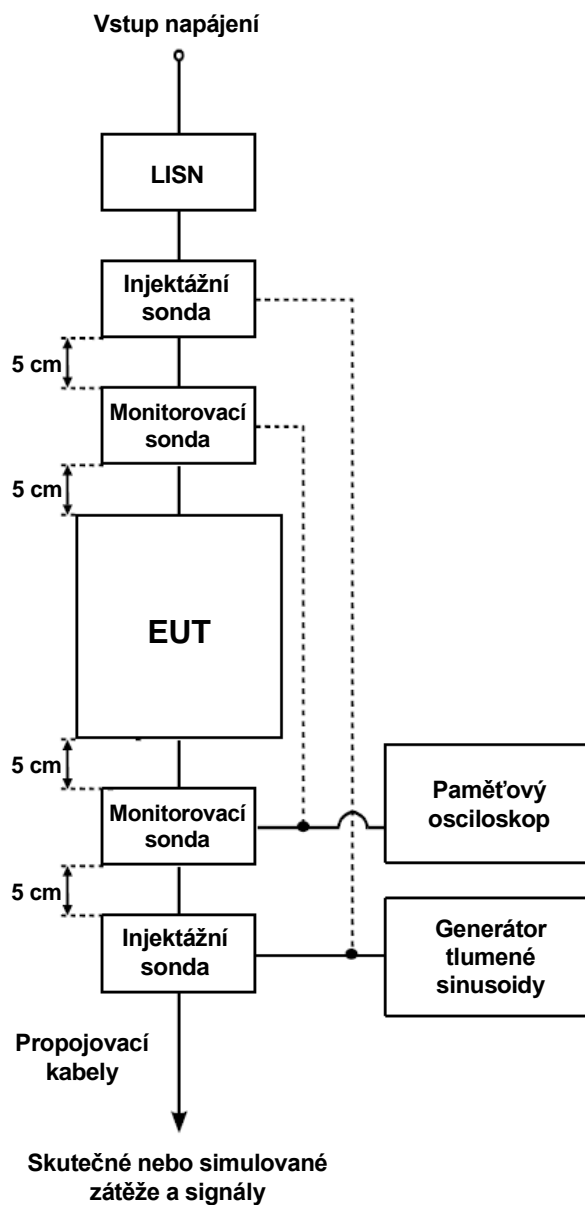
8.14.3.5 Presentace výsledků

Presentace výsledků musí být následující:

- a) Pro každý kabel a vodič se sestaví tabulka frekvencí a amplitud, při kterých se zkouška prováděla.
- b) Zaznamenají se údaje o mezích susceptibility a jim příslušejících frekvencích, které se určily pro každý konektor a napájecí vodič.
- c) Pro každý konektor rozhraní se vytvoří prokázání shody s požadavky pro hodnocení susceptibility specifikované v kroku 8.14.3.4 c).
- d) Vytvoří se grafické průběhy kalibračních (s hodnotami Q) a injektovaných signálů s údaji o zkoušce.



OBRÁZEK 38 – Typická sestava pro kalibraci tvaru průběhu (CS116)



OBRÁZEK 39 – Typická sestava pro injektáž do kabelových svazků (CS116)

8.15 CS117, susceptibilita na vedené emise, přechodové jevy způsobené bleskem, kabely a napájecí vodiče

8.15.1 Použitelnost CS117

Tento požadavek je použitelný na všechny propojovací kabely zařízení, která jsou důležitá z hlediska bezpečnosti, včetně napájecích a na jednotlivé napájecí vodiče. Jsou také použitelné pro propojovací kabely/elektrická rozhraní přístrojů, které jsou součástí nebo jsou připojeny na přístroje vykonávající bezpečnostně kritické funkce. Může být použitelný pro zařízení, která provádějí funkce, které nejsou kritické z hlediska bezpečnosti, pokud je to specifikováno zadavatelem. Tento požadavek má také omezenou použitelnost na vybavení hladinových lodí, které mají kabely vedené nad palubou.

8.15.2 Meze CS117

EUT nesmí vykazovat žádnou závadu, zhoršení výkonu nebo odchylku od specifikovaných údajů, kromě tolerancí uvedených v jednotlivých specifikacích zařízení nebo subsystému, pokud jsou vystaveny úrovním a přechodovým jevům blesku uvedeným v tabulce 7 a doplněným o definice časových průběhů znázorněných na obrázcích 40 až 47. Použitelné přechodové děje uvedené v tabulce 8 se považují za výchozí hodnoty a průběhy na základě předchozích zkušeností a použijí se pro definovanou funkčnost zařízení, pokud neexistují data přechodových dějů blesku z hostitelské platformy. V případě, že jsou k dispozici data přechodových dějů blesku z platformy, mohou být tato data použita k přizpůsobení požadavků různým vybraným úrovním nebo průběhům, pokud to bude schváleno zadavatelem. Všimněte si, že napájecí kabely jsou zkoušeny odděleně, stejně jako v rámci kabelového svazku, jak je definováno v oddíle zkušebních postupů, a zkouší se na úrovních definovaných v tabulce 8.

8.15.3 Zkušební postup pro CS117

8.15.3.1 Účel

Tento zkušební postup se používá k ověření schopnosti EUT odolávat přechodovým jevům způsobenými blesky navázanými na kabely a napájecí vedení, které jsou připojeny k EUT.

8.15.3.2 Zkušební zařízení

Pro zkoušku se musí použít následující zařízení:

- a) generátor přechodových dějů způsobených bleskem
- b) injektážní transformátory,
- c) osciloskop,
- d) proudové sondy,
- e) útlumové členy s impedancí 50 Ω , dle potřeby pro proudové sondy,
- f) vysokoimpedanční napěťové sondy,
- g) snímací smyčka s nízkou impedancí,
- h) kalibrační smyčka s nízkou impedancí,
- i) kondenzátory, $\geq 28\ 000\ \mu\text{F}$ pro vstupy stejnosměrného napájení a 10 μF pro vstupy střídavého napájení,

- j) oddělovací síť LISN.

8.15.3.3 Provedení

Provedení musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a části 7.3.8. Na vstupní straně LISN musí být připojen kondenzátor $\geq 28\ 000\ \mu\text{F}$ mezi fázovým a zpětným vodičem pro stejnosměrná napájecí vedení a kondenzátor $10\ \mu\text{F}$ mezi fázový vodič a zemní rovinu a mezi zpětný vodič a zemní rovinu pro střídavé napájení.
- b) Kalibrace: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 48 pro ověření tvaru vlny, zkratového proudu a napětí v otevřeném obvodu.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Zkušební zařízení se nakonfiguruje dle obrázku 49, 50 nebo 51.
 - (2) Injektážní transformátor a proudová sonda (sondy) se umístí kolem svazku kabelů propojujících konektor EUT.
 - (3) Proudová sonda se umístí 5 cm – 15 cm od konektoru. Pokud celková délka konektoru a zadního krytu přesahuje 15 cm, umístí se proudová sonda co nejbližší k zadnímu krytu konektoru.
 - (4) Injektážní transformátor se umístí 5 cm – 50 cm od proudové sondy.
 - (5) Snímací smyčka se umístí do injektážního transformátoru a připojí se sonda pro snímání napětí.

8.15.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace: Následující postup se provede s využitím kalibrační sestavy pro ověření tvaru vlny:
 - (1) Generátor přechodových dějů se připojí do primárního vstupu injektážního transformátoru.
 - (2) Pro každý tvar vlny, na určené zkušební úrovni (V_T nebo I_T), se zaznamená dle potřeby průběh napětí s otevřenou kalibrační smyčkou nebo průběh proudu se zkratovanou kalibrační smyčkou. Ověří se, zda každý průběh vlny odpovídá příslušným parametrům tvaru vlny uvedených na obrázcích 40 až 45. Není nutné, aby generátor přechodových dějů vytvářel příslušnou mezní úroveň napětí nebo proudu (V_L a I_L) a průběh vlny. Je-li však generátor přechodových dějů schopen dosáhnout stanovené mezní úrovně (V_L nebo I_L), ověří se a zaznamená mezní průběh vlny při tomto nastavení generátoru.
 - (3) Při zkouškách opakovaným impulzem a opakovanými skupinami impulzů, se ověří také tvary a časové průběhy příslušných impulzů uvedených na obrázku 46 a 47.
 - (4) Polarita generátoru se změní a opakují se kroky 8.15.3.4 b) (2) až 8.15.3.4 b) (3).

c) Zkouška EUT:

- (1) Zapne se EUT a měřicí zařízení a vyčká se odpovídající dobu pro ustálení parametrů.
- (2) Při aplikaci přechodových jevů se zvýší nastavení generátoru, až se dosáhne určené zkušební úrovně (V_T nebo I_T) nebo mezní úrovně (V_L nebo I_L). Úpravy v nastavení generátoru a/nebo konfigurace injektážního transformátoru se provedou dle potřeby tak, aby bylo možné ve zkoušeném kabelu dosáhnout požadované úrovně zkoušky (V_T nebo I_T), pokud není jako první dosaženo odpovídající mezní hodnoty (V_L nebo I_L). Kalibrace se pak opakuje, pokud dojde ke změnám konfigurace injektážního transformátoru. Zaznamenají se získané průběhy a úrovně amplitudy. Pokud je mezní hodnota (V_L nebo I_L) dosažena před zkušební úrovní (V_T nebo I_T), musí být zkouška přehodnocena, aby se určilo, zda je zkouška přijatelná a to takto:
 - (a) Jestliže generátor přechodových jevů během kalibrace vytvořil vyhovující mezní průběh (amplitudu a tvar vlny), je zkouška přijatelná.
 - (b) Je-li v průběhu zkoušky dosaženo stanoveného mezního průběhu a je v mezích tolerancí parametrů vlny uvedených na obrázcích 40 až 45, je výsledek zkoušky přijatelný.
 - (c) Pokud jedno z výše uvedených kritérií není splněno, zkouška se opakuje pro tento svazek kabelů pomocí jiného generátoru přechodových jevů, který může splňovat požadavky na mezní průběh. V tomto případě se nyní příslušná mezní úroveň (V_L nebo I_L) stává zkušební úrovní (V_T nebo I_T) a úroveň zkoušky se nyní stává mezní úrovní. Kalibrace se opakuje s použitím náhradního generátoru přechodových jevů.

Pokud se měří úroveň napětí nebo proudu průběhu, potom je třeba zanedbat krátkodobé špičky nebo vysokofrekvenční šum způsobený šumem přístroje, spínacími přechodovými jevy nebo účinky zatížení.

- (3) Při zkoušce opakovaným impulzem, při nastavení generátoru stanoveném v bodě 8.15.3.4 c) (2), se aplikuje minimálně deset skupin opakovaných impulzů a přitom se monitoruje provoz EUT. Maximální doba mezi aplikací každé skupiny opakovaných impulzů nesmí být delší než 5 minut.
- (4) V případě zkoušky opakovanou skupinou impulzů při nastavení generátoru dle 8.15.3.4 c) (2) se aplikuje skupina impulzů každé 3 s (3 s mezi začátkem každé série tří skupin impulzů) nepřetržitě po dobu minimálně 5 minut.
- (5) Polarita generátoru se změní a opakují se kroky 8.15.3.4 c) (2) až 8.15.3.4 c) (4).
- (6) Kroky 8.15.3.4 c) (2) až 8.15.3.4 c) (5) se opakují na každém svazku kabelů, který je propojen s každým elektrickým konektorem na EUT. Pro napájecí kabely se provedou kroky 8.15.3.4 c) (2) až 8.15.3.4 c) (5) na kompletních napájecích kabelech (fázové i zpětné vodiče)

a na napájecích kabelech s vyjmutými zpětnými vodiči a uzemněním skříně (zelenožluté vodiče) z kabelového svazku. Pro konektory, které obsahují jak propojovací vodiče, tak i napájení, se provedou kroky 8.15.3.4 c) (2) až 8.15.3.4 c) (5) na celém svazku, na napájecích vodičích (včetně zpětných a zemnicích vodičů) a na napájecích vodičích s vyjmutými zpětnými a zemnicími vodiči.

8.15.3.5 Prezentace výsledků

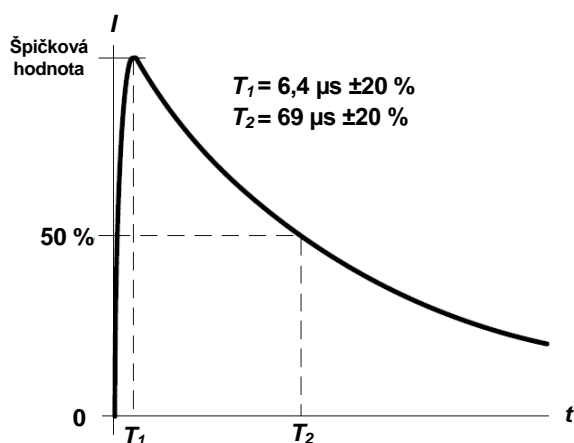
Prezentace výsledků musí být následující:

- Uvede se seznam průběhů a amplitud, při kterých byla zkouška provedena pro každý kabel a vedení.
- Uvede se grafické znázornění kalibračních průběhů.
- Uvede se grafické znázornění zkušebních průběhů pro každý zkoušený kabel a vedení; jeden vzorek pro každou polaritu.
- Uvedou se údaje o všech prahových hodnotách susceptibility a souvisejících zkušebních průbězích, které byly určeny pro každý konektor a napájecí kabel.
- Uvedou se korekční faktory sondy a údaje útlumového členu (pokud jsou použity), jestliže nejsou automaticky aplikovány na zobrazované průběhy.
- Uvedou se údaje o shodě s požadavky na hodnocení susceptibility uvedené v 8.15.3.4 c) pro každý konektor rozhraní.

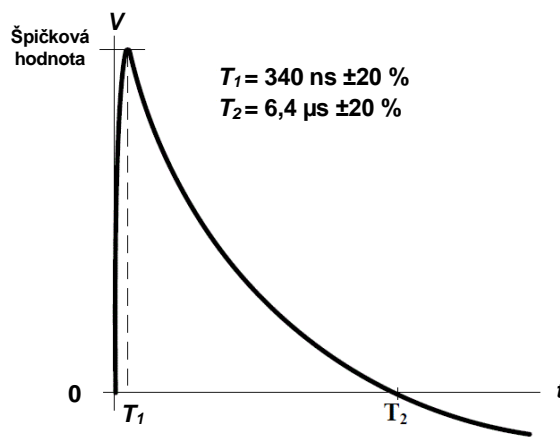
TABULKA 8 – CS117 – mezní úrovně a zkoušky opakovaným impulzem a opakovanou skupinou impulzů přechodových jevů způsobených bleskem

Opakovaný impulz			
Použitelnost	Popis zkoušky	Úrovně pro vnitřní zařízení ²⁾	Úrovně pro vnější zařízení ²⁾
Všechny instalace zařízení	Průběh 2 (WF2)/ Průběh 1 (WF1)	<u>První impulz</u> $V_L = 300 \text{ V (WF2)}$ $I_T = 600 \text{ A (WF1)}$ $I_T = 60 \text{ A}^{1)}$ <u>Následující impulz</u> $V_L = 150 \text{ V (WF2)}$ $I_T = 150 \text{ A (WF1)}$ $I_T = 30 \text{ A}^{1)}$	<u>První impulz</u> $V_L = 750 \text{ V (WF2)}$ $I_T = 1\,500 \text{ A (WF1)}$ $I_T = 150 \text{ A}^{1)}$ <u>Následující impulz</u> $V_L = 375 \text{ V (WF2)}$ $I_T = 375 \text{ A (WF1)}$ $I_T = 75 \text{ A}^{1)}$
Všechny instalace zařízení	Průběh 3 (WF3) – 1 MHz a 10 MHz	<u>První impulz</u> $V_T = 600 \text{ V (WF3)}$ $I_L = 120 \text{ A (WF3)}$ $I_L = 24 \text{ A}^{1)}$ <u>Následující impulz</u> $V_T = 300 \text{ V (WF3)}$ $I_L = 60 \text{ A (WF3)}$ $I_L = 12 \text{ A}^{1)}$	<u>První impulz</u> $V_T = 1\,500 \text{ V (WF3)}$ $I_L = 300 \text{ A (WF3)}$ $I_L = 60 \text{ A}^{1)}$ <u>Následující impulz</u> $V_T = 750 \text{ V (WF2)}$ $I_L = 150 \text{ A (WF1)}$ $I_L = 30 \text{ A}^{1)}$

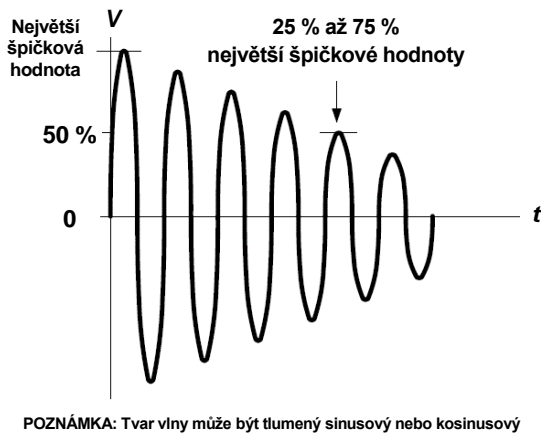
Opakovaný impuls			
Použitelnost	Popis zkoušky	Úrovně pro vnitřní zařízení ²⁾	Úrovně pro vnější zařízení ²⁾
Instalace zařízení je vedena v místech s kompozitním povrchem	Průběh 4 (WF4)/ Průběh 5A (WF5A)	<u>První impuls</u> $V_L = 300 \text{ V (WF4)}$ $I_T = 1\,000 \text{ A (WF5A)}$ $I_T = 300 \text{ A}^{1)}$ <u>Následující impuls</u> $V_L = 75 \text{ V (WF4)}$ $I_T = 200 \text{ A (WF5A)}$ $I_T = 150 \text{ A}^{1)}$	<u>První impuls</u> $V_L = 750 \text{ V (WF4)}$ $I_T = 2\,000 \text{ A (WF5A)}$ $I_T = 750 \text{ A}^{1)}$ <u>Následující impuls</u> $V_L = 187,5 \text{ V (WF4)}$ $I_T = 400 \text{ A (WF5A)}$ $I_T = 375 \text{ A}^{1)}$
Opakovaná skupina impulsů			
Použitelnost	Popis zkoušky	Úrovně pro vnitřní zařízení ²⁾	Úrovně pro vnější zařízení ²⁾
Všechny instalace zařízení	Průběh 3 (WF3) – 1 MHz a 10 MHz	$V_T = 360 \text{ V (WF3)}$ $I_L = 6 \text{ A (WF3)}$	$V_T = 900 \text{ V (WF3)}$ $I_L = 15 \text{ A (WF3)}$
Instalace zařízení využívající krátkých kabelových svazků s nízkou impedancí.	Průběh 6 (WF6)	$V_L = 600 \text{ V (WF6)}$ $I_T = 30 \text{ A (WF6)}$	$V_L = 1\,500 \text{ V (WF6)}$ $I_T = 75 \text{ A (WF6)}$
POZNÁMKY			
<p>¹⁾ Tyto úrovně proudu jsou určeny pro jednotlivé napájecí kabely nebo svazky s nízkým počtem vodičů. Pokud se zkouší více vodičů společně, musí být tento proud zvýšen na úroveň pro celý svazek nebo na násobek počtu vodičů a příslušného zkušebního proudu nebo mezní úroveň, dle toho, která hodnota je menší.</p> <p>²⁾ Tolerance amplitudy je +20 %, -0 % pro všechny průběhy s výjimkou tolerance pro následující impulsy, která je +50 %, -0 %. V_T [V] představuje úroveň zkušebního napětí a I_T [A] představuje úroveň zkušebního proudu. V_L [V] a I_L [A] představují limity určené k zabránění nadměrnému namáhání EUT nad rámec požadavků.</p>			



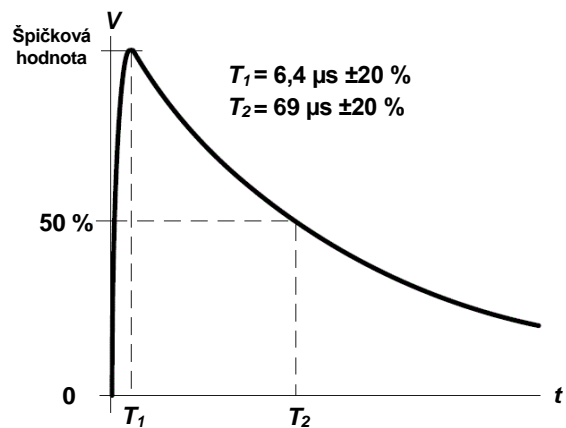
OBRÁZEK 40 – Tvar průběhu proudu 1



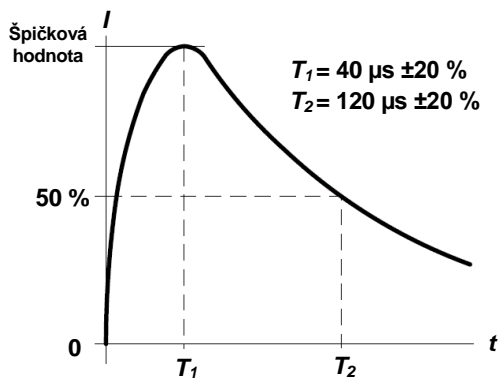
OBRÁZEK 41 – Tvar průběhu napětí 2



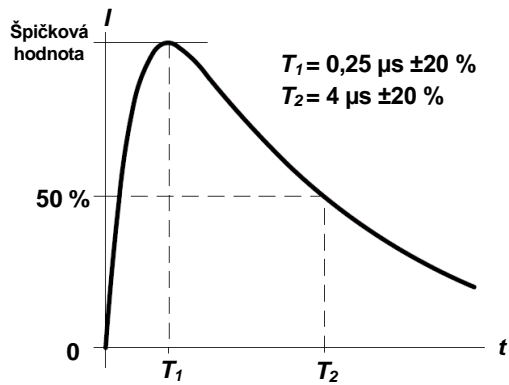
OBRÁZEK 42 – Tvar průběhu napětí 3



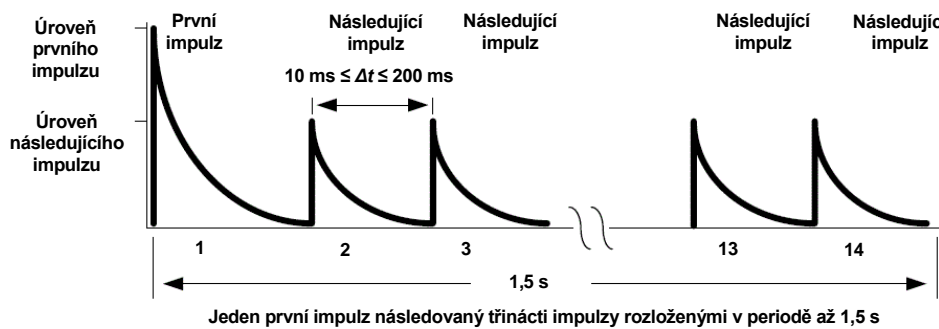
OBRÁZEK 43 – Tvar průběhu napětí 4



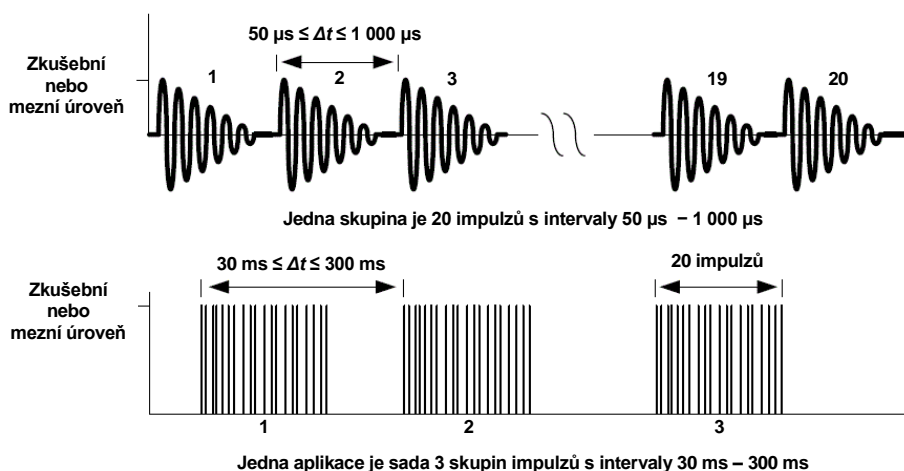
OBRÁZEK 44 – Tvar průběhu proudu 5A



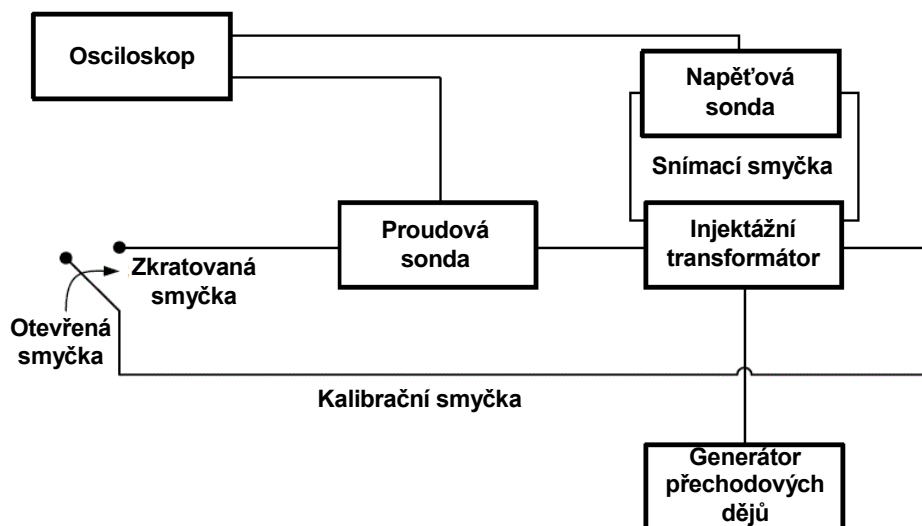
OBRÁZEK 45 – Tvar průběhu proudu 6



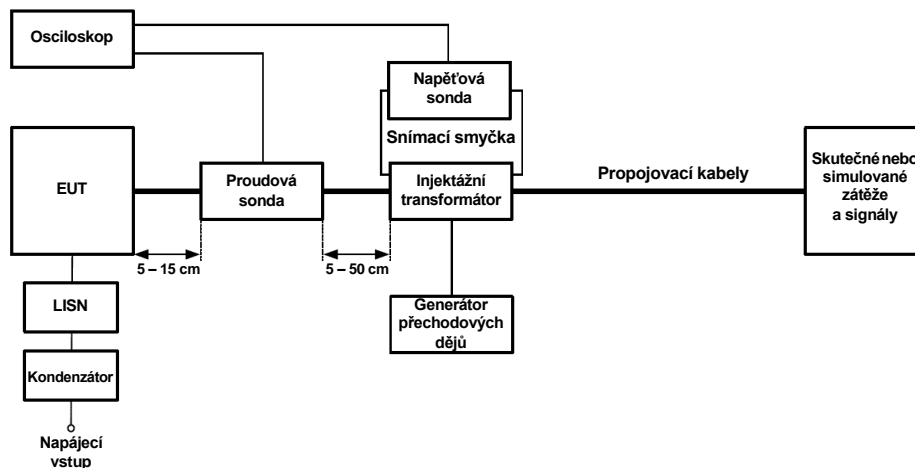
OBRÁZEK 46 – Aplikace jednotlivých impulzů



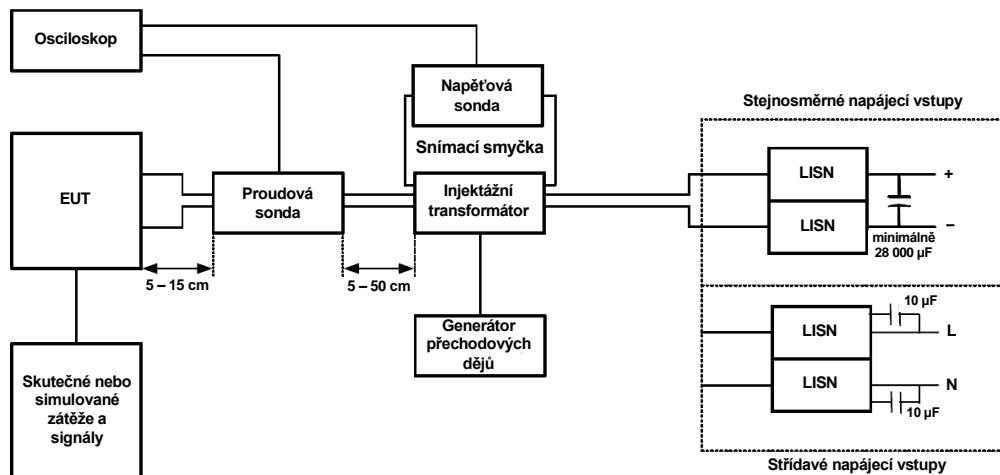
OBRÁZEK 47 – Aplikace opakovaných skupin impulzů



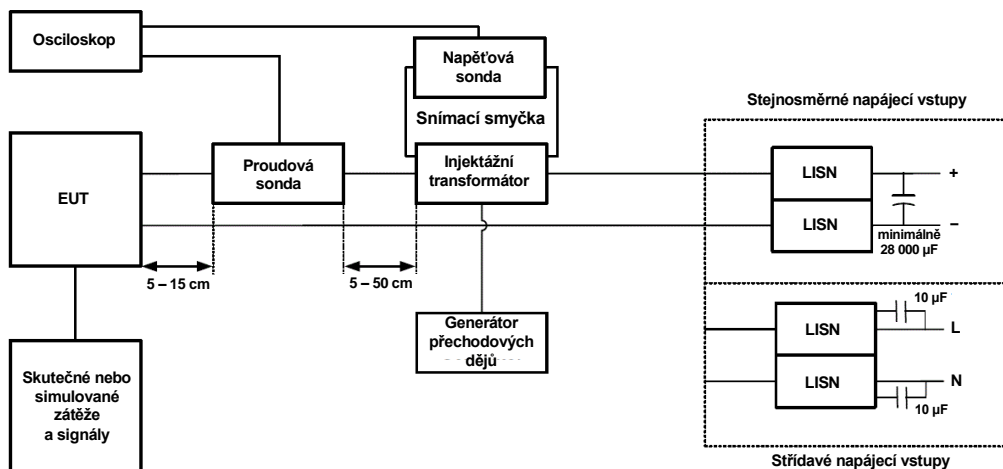
OBRÁZEK 48 – Sestava pro kalibraci zkušebních impulzů



OBRÁZEK 49 – Sestava pro aplikaci přechodových jevů způsobených bleskem do completních propojovacích svazků kabelů



OBRÁZEK 50 – Sestava pro aplikaci přechodových jevů způsobených bleskem do completních napájecích kabelů (fázové i zpětné vodiče)



OBRÁZEK 51 – Sestava pro aplikaci přechodových jevů způsobených bleskem do napájecích kabelů s vyjmutými zpětnými a zemnicími vodiči

8.16 CS118, elektrostatické výboje způsobené obsluhou

8.16.1 Použitelnost CS118

Tento požadavek je použitelný pro elektrické, elektronické a elektromechanické subsystémy a zařízení, které mají rozhraní člověk–stroj. Požadavek nelze použít pro municí.

8.16.2 Meze CS118

EUT nesmí vykazovat žádnou poruchu, zhoršení výkonu nebo odchylku od specifikovaných údajů, kromě tolerancí uvedených v jednotlivých specifikacích zařízení nebo subsystému, když jsou vystaveny hodnotám uvedeným v tabulce 9 při vybíjení kondenzátoru 150 pF přes rezistor 330 Ω , indukčnost obvodu nesmí překročit 5 μ H. Pro vodivé povrchy je vyžadován kontaktní výboj při 8 kV. Výboj vzduchem je vyžadován pouze tam, kde nelze použít kontaktní výboj.

8.16.3 Zkušební postup pro CS118

8.16.3.1 Účel

Tento zkušební postup se používá k ověření schopnosti EUT, v konfiguraci s napájením, odolávat elektrostatickému výboji (ESD) způsobenému obsluhou.

8.16.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) Generátor ESD, nastavitelný od ± 2 kV do ± 15 kV (minimální rozsah), viz obrázek 52 a tabulka 11 pro zjednodušené charakteristiky generátoru ESD.
- b) ESD síť – kondenzátor 150 pF a vybíjecí rezistor 330 Ω .
- c) Elektroda pro kontaktní výboj (viz obrázek 53).
- d) Elektroda pro výboj vzduchem (viz obrázek 53).
- e) Elektrostatický voltmetr.
- f) Osciloskop s šířkou pásma ≥ 1 GHz.
- g) Proudový převodník pro ESD, vstupní odpor 2 $\Omega \pm 5$ % (viz obrázek 54).
- h) Útlumový člen 20 dB.
- i) Koaxiální kabel, impedance 50 Ω , délka ≤ 1 m.
- j) Kovová zemní rovina.
- k) Ionizátor nebo rezistor 1 M $\Omega \pm 10$ %.

8.16.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a části 7.3.8.
- b) Výběr zkušebního bodu. Elektrostatické výboje musí být aplikovány na ty body a povrchy EUT, které jsou přístupné obsluze/údržbě během normálního používání. Uvažované zkušební body zahrnují dle potřeby tato místa: všechny vodivé nebo nevodivé body v oblasti ovládání nebo klávesnice a v jakémkoli jiném bodě, kde dochází k dotyku obsluhy, jako

jsou spínače, tlačítka, ovládací prvky, indikátory LED, štěrby, mřížky, kryty konektorů a další přístupná místa. Minimálně musí být zahrnuta každá plocha.

- c) Kalibrace. Postup kalibrace musí být následující:
- (1) Na generátor ESD se nainstaluje ESD síť 150 pF/330 Ω a elektroda pro výboj vzduchem.
 - (2) Zapne se měřicí zařízení a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (3) Ověření napětí ESD generátoru:
 - (a) Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 56. Elektrostatický voltmetr se nastaví pro monitorování napětí z generátoru ESD.
 - (b) Výstupní napětí generátoru ESD se nastaví na 2 kV.
 - (c) Pomocí elektrostatického voltmetru se zkontroluje, zda je výstupní napětí generátoru ESD v rozsahu ± 10 % požadované úrovně napětí.
 - (d) Krok 8.16.3.3 c) (3) se opakuje pro každou úroveň zkoušky ESD uvedenou v tabulce 9.
 - (4) Ověřování proudu výboje. Tato kontrola měřicího zařízení se provede před zkoušením a výsledky se zaznamenají.
 - (a) Proudový převodník pro ESD, útlumový člen a osciloskop se sestaví dle obrázku 57.
 - (b) Generátor ESD se nastaví do režimu kontaktního výboje.
 - (c) Hrot vybíjecí elektrody generátoru ESD se umístí na proudový převodník a změří se průběh pomocí osciloskopu. Ověří se, zda jsou splněny všechny parametry z tabulky 10 a z obrázku 55.

8.16.3.4 Zkušební postupy

Zkušební postupy musí být následující:

- a) Je třeba dodržet délku zemnicího pásu ESD generátoru použitého v 8.16.3.3 c), uzemnění ESD generátoru se připojí k uzemňovacímu bodu EUT ve zkušební sestavě.
- b) EUT musí být během této zkoušky napájeno a provozováno způsobem, který je dostatečný k ověření jeho činnosti.
 - (1) Napětí elektrody generátoru ESD se nastaví na zvolenou zkušební úroveň, jak je uvedeno v tabulce 9.
 - (2) Aplikuje se 5 kladných výbojů a 5 záporných výbojů pro každý zkušební bod EUT, dle výběru popsaného v bodě 8.16.3.3 b).
 - (3) Výboje se aplikují následujícími způsoby:
 - (a) U kontaktních výbojů se umístí elektrodu generátoru ESD přímo na zkušební bod a aplikuje se výboj.
 - (b) Pro výboje vzduchem se začne ve vzdálenosti od zkušebního bodu, kde nedochází k vybíjení generátoru ESD pod napětím a pomalu

se pohybuje elektrodou kolmo ke zkušebnímu bodu rychlostí nejvýše 0,3 m/s, až do okamžiku, kdy nastane výboj nebo se elektroda dotkne zkušebního bodu. Mezi výboji se odstraní zbytkový náboj ze zkušebního bodu krátkým uzemněním zkušebního bodu rezistorem $1\text{ M}\Omega \pm 10\%$, použitím ionizátoru nebo vyčkááním do rozptýlení náboje.

POZNÁMKA: Ne všechny úrovně napětí mohou vést k výboji na dielektrickém povrchu. Nedojde-li ve zkušebním bodě k výboji napětí, je pro tento bod požadavek splněn.

- (4) EUT se sleduje z hlediska výskytu zhoršení funkce.
- (5) Postup se opakuje pro každou použitelnou úroveň uvedenou v tabulce 9.

8.16.3.5 Prezentace výsledků

Data musí být prezentována s podrobnými informacemi o každém místě výboje, použité elektrodě, aplikovaném napětí působícím na EUT v daném bodě (včetně polarit), typu výboje (vzduchem nebo kontaktní), výsledku aplikace (výboj ano/ne) a výsledném chování EUT.

TABULKA 9 – Zkušební úrovně ESD

Úroveň	Zkušební napětí [kV]	Typ výboje
1	± 2	Vzduchem
2	± 4	Vzduchem
3	± 6	Kontaktní/Vzduchem
4	± 8	Vzduchem

TABULKA 10 – Kontrolní hodnoty proudu kontaktního výboje generátoru ESD

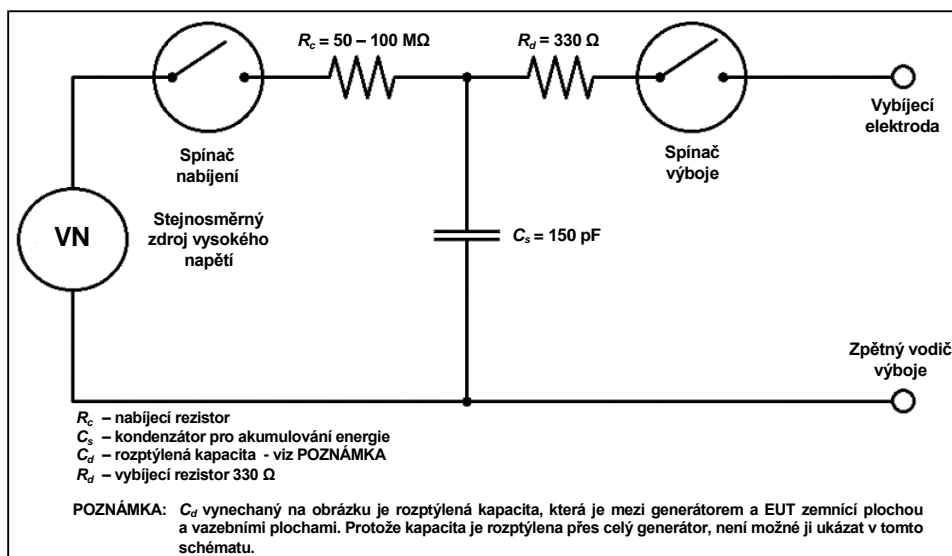
Indikované napětí [kV]	První špička proudu, $\pm 15\%$ [A]	Doba náběhu ¹⁾ [ns]	Proud I_1 , $\pm 30\%$ při $t_1 = 30\text{ ns}$ [A]	Proud I_2 , $\pm 30\%$ při $t_2 = 60\text{ ns}$ [A]
± 8	30	$0,6 \leq t_r \leq 1,0$	16	8

¹⁾ – Doba náběhu je definována jako doba od 10 % do 90 % špičkové hodnoty průběhu proudu.

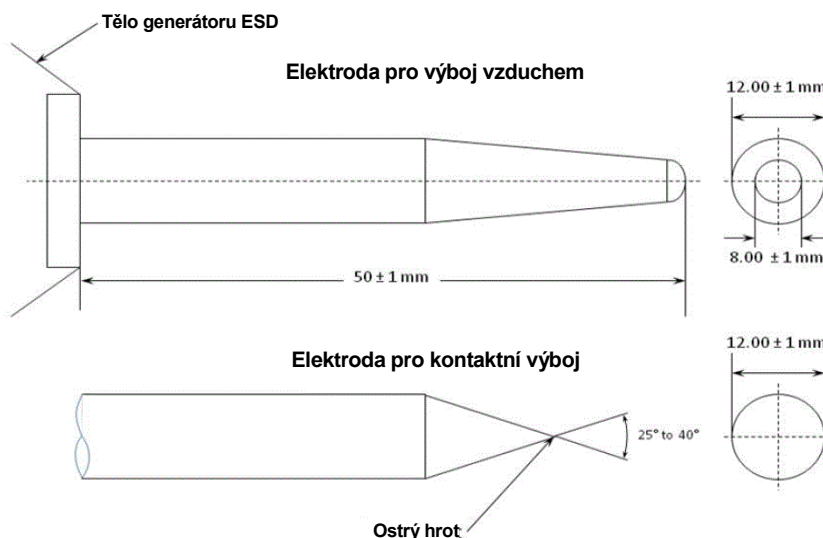
TABULKA 11 – Obecné specifikace generátoru ESD

Parametry	Hodnoty
Výstupní napětí, kontaktní výboj ¹⁾	Minimálně 2 kV až 8 kV, nominálně
Výstupní napětí, výboj vzduchem ¹⁾	Minimálně 2 kV až 15 kV, nominálně
Tolerance výstupního napětí	±5 %
Polarita výstupního napětí	Kladná a záporná
Doba udržení náboje	≥ 5 s
Provozní režim výboje	Jednotlivý výboj ²⁾

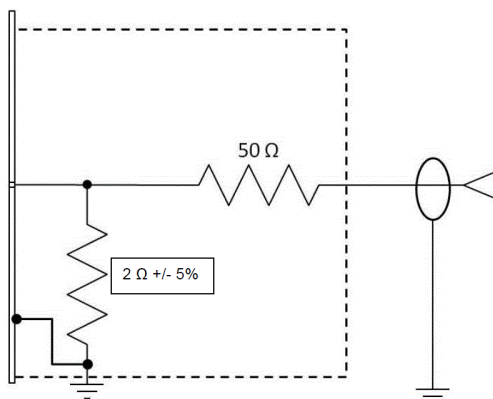
¹⁾ – Napětí naprázdno měřené na vybíjecí elektrodě generátoru ESD.
²⁾ – Generátor by měl být schopen generovat periodicky alespoň 20 výbojů za sekundu pro ověřovací účely.



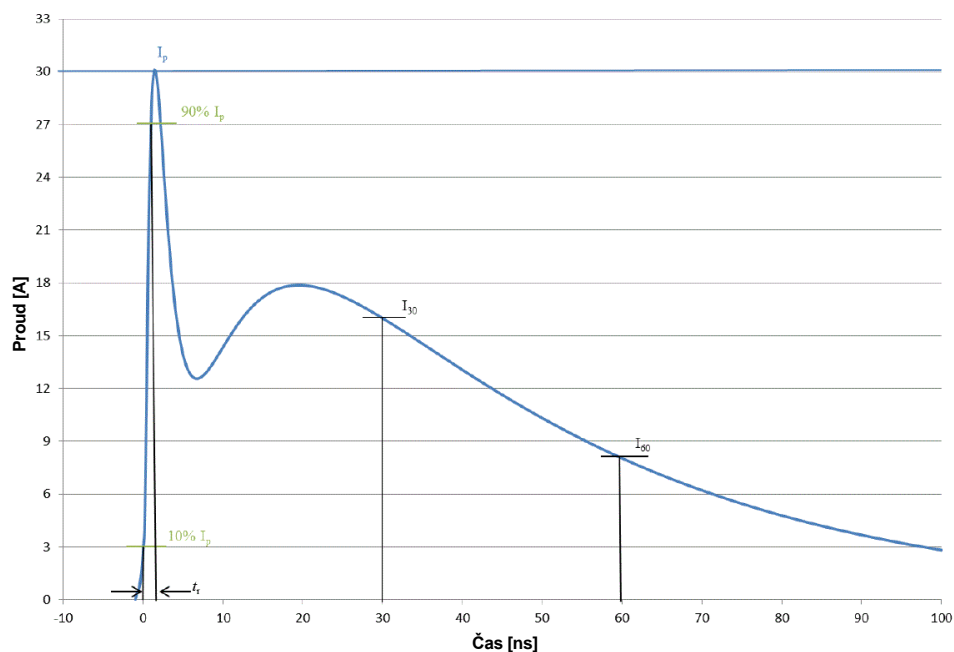
OBRÁZEK 52 – Zjednodušené schéma generátoru ESD



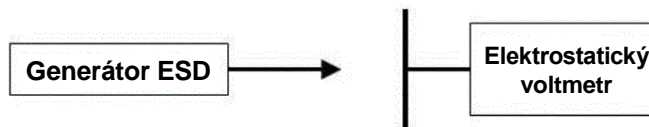
OBRÁZEK 53 – Vybíjecí elektrody generátoru ESD



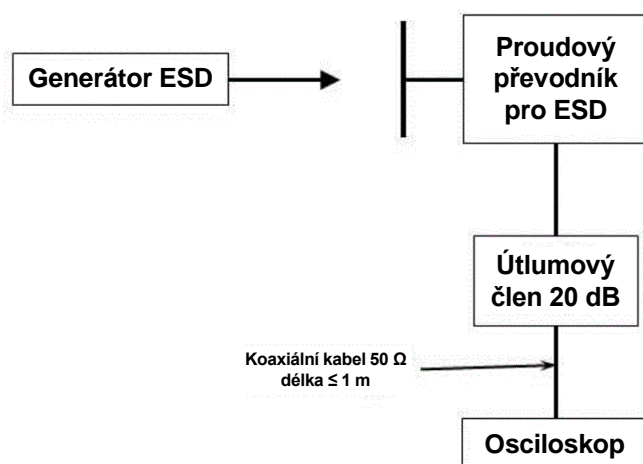
OBRÁZEK 54 – Schéma proudového převodníku pro ESD



OBRÁZEK 55 – Ideální průběh proudu kontaktního výboje při 8 kV



OBRÁZEK 56 – Měřicí sestava pro ověření napětí na elektrodě



OBRÁZEK 57 – Měřicí sestava pro ověření proudu výboje

8.17 RE101, vyzařované emise, magnetické pole

8.17.1 Použitelnost RE101

Tento požadavek je použitelný od 30 Hz do 100 kHz pro zařízení a subsystémy pro emise krytem, včetně všech propojovacích kabelů. Požadavek se nepoužívá pro vyzařování z antén. U námořního letectva je použitelný pouze pro letadla s protiponorkovými prostředky, pracujícími v pásmu 30 Hz – 10 kHz jako akustické bóje, přijímače a detektory magnetických anomálií.

8.17.2 Meze RE101

Emise magnetické složky pole ve vzdálenosti 7 cm od EUT nesmí překročit úroveň uvedené na obrázcích 58 a 59.

8.17.3 Zkušební postupy RE101

8.17.3.1 Účel

Tato metoda má ověřit, zda emise magnetického pole z EUT a její připojovací kabeláže nepřesahují specifikované požadavky.

8.17.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) měřicí přijímače,
- b) zařízení pro záznam dat,
- c) smyčkový snímač s následujícími parametry:
 - (1) průměr: 13,3 cm,
 - (2) počet závitů: 36,
 - (3) použitý vodič: stejnosměrný odpor mezi 5 Ω a 10 Ω ,
 - (4) stínění: elektrostatické,
 - (5) korekční faktor: hodnota stanovená výrobcem pro převod údajů snímače na hodnoty dBpT.

- d) oddělovací síť LISN,
- e) ohmmetr,
- f) generátor signálu.

8.17.3.3 Provedení

Provedení musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace: Měřicí sestavu se uspořádá dle obrázku 60.
- c) Zkouška EUT: Měřicí přijímací smyčka a EUT se uspořádá dle obrázku 61.

8.17.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

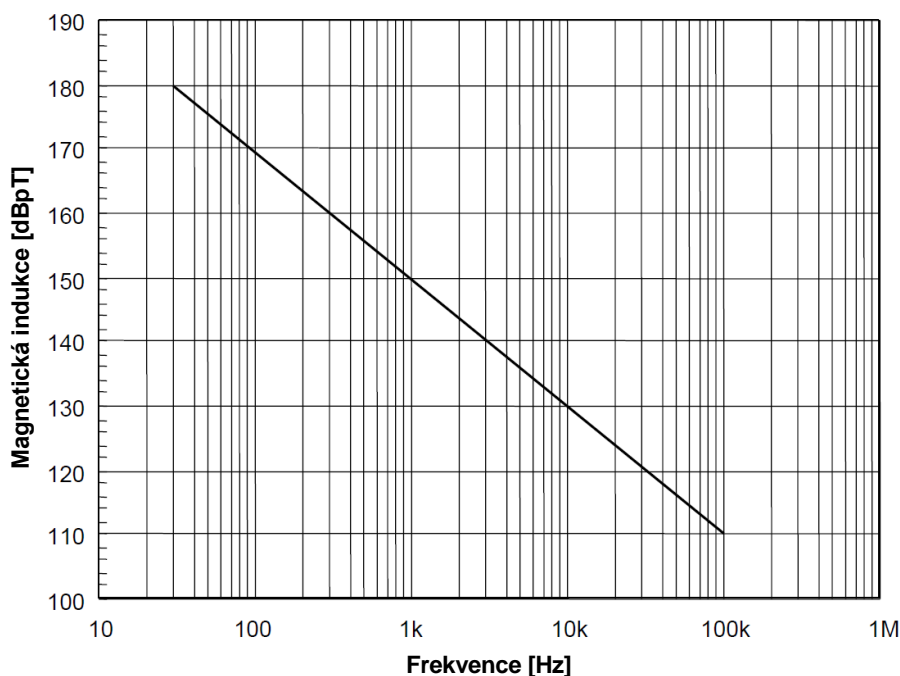
- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kontrola funkce měřicího systému:
 - (1) Použije se kalibrovaný signál s úrovní, která je nejméně 6 dB pod mezí (mez zmenšená o korekční faktor smyčkového senzoru) a má frekvenci 50 kHz. Měřicí přijímač se naladí na střední frekvenci 50 kHz. Naměřená úroveň se zaznamená.
 - (2) Ověří se, zda měřicí přijímač indikuje úroveň uvnitř ± 3 dB pásma od úrovně injektovaného signálu.
 - (3) Pokud se objeví hodnota, která se odchyluje o více než ± 3 dB, lokalizuje se zdroj chyby a nedostatek se odstraní před dalším prováděním zkoušky.
 - (4) Pomocí ohmmetru se zjistí, zda je odpor vinutí snímače smyčky mezi 5Ω a 10Ω .
- c) Zkoušky EUT:
 - (1) EUT se zapne a ponechá se dostatečnou dobu stabilizovat.
 - (2) Snímač se umístí 7 cm od povrchu EUT nebo od zkoušených kabelů. Plocha smyčky se orientuje paralelně s povrchem EUT a paralelně s osou konektorů.
 - (3) Měřicím přijímačem se skenuje použitý frekvenční rozsah, pro lokalizaci frekvencí s maximální úrovní vyzařování, přičemž se musí použít rozlišovací šířky pásma a minimální doby měření dle tabulky 3.
 - (4) Měřicí přijímač se naladí na jednu z frekvencí nebo frekvenční pásmo identifikované v kroku 8.17.3.4 c) (3).
 - (5) Sleduje se výstup měřicího přijímače při současném pohybování smyčkovým snímačem (musí se dodržet vzdálenost 7 cm) přes povrch EUT nebo podél konektoru. Zaznamená se místo s maximální úrovní vyzařování pro každou frekvenci identifikovanou v kroku 8.17.3.4 c) (4).

- (6) Ve vzdálenosti 7 cm od místa s maximální úrovní vyzařování se orientuje plocha smyčkového snímače tak, aby se na měřicím přijímači získala maximální hodnota úrovně, a údaj se zaznamená.
- (7) Kroky 8.17.3.4 c) (4) až 8.17.3.4 c) (6) se opakují pro nejméně dvě frekvence s maximálními úrovněmi vyzařování na oktávu pro frekvence do 200 Hz a pro nejméně tři frekvence s maximálními úrovněmi vyzařování na oktávu pro frekvence nad 200 Hz.
- (8) Kroky 8.17.3.4 c) (2) až 8.17.3.4 c) (7) se opakují pro každý povrch EUT a pro každý kabel připojený k EUT.

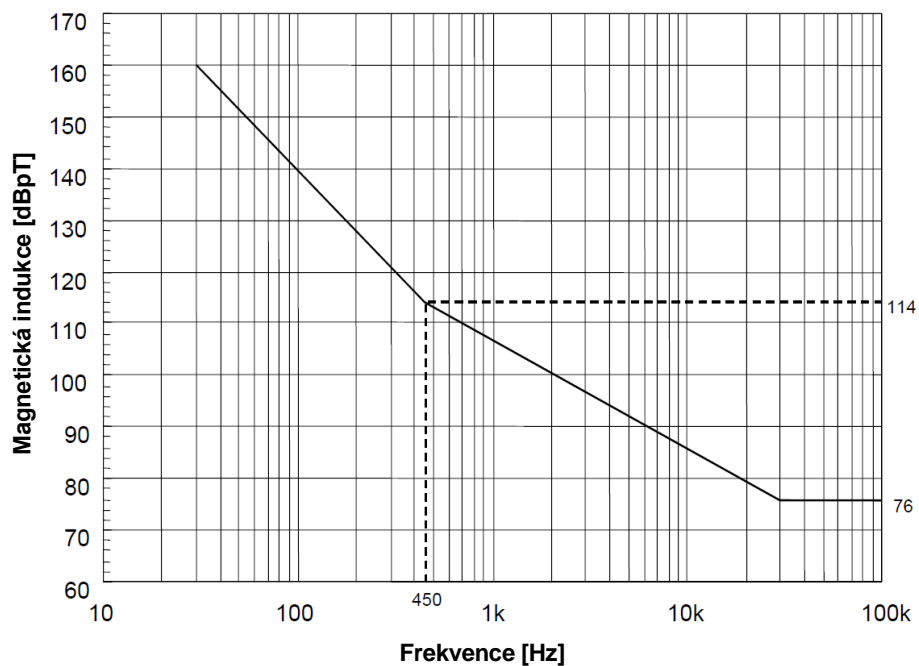
8.17.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

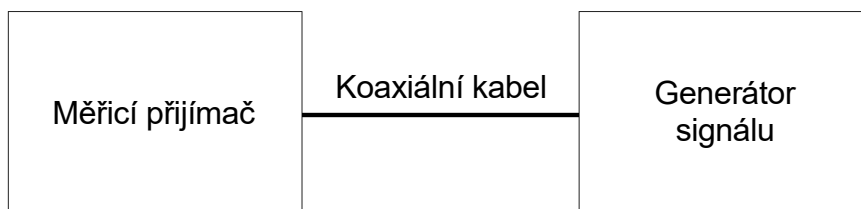
Pro každý frekvenční rozsah a provozní režim se vytvoří grafy průběhu skenování a tabulky naměřených hodnot magnetického pole a mezních úrovní.



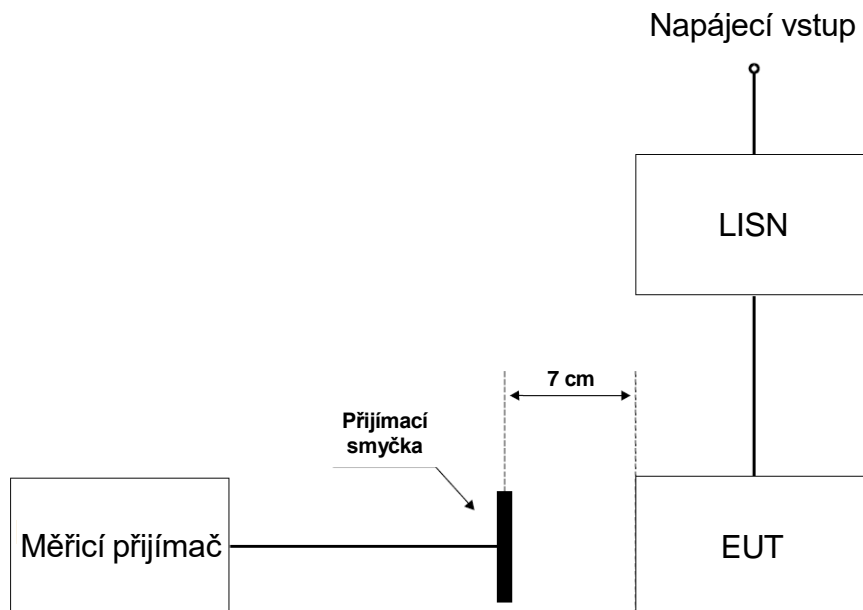
OBRÁZEK 58 – Mezní hodnoty RE101 pro všechny armádní aplikace



OBRÁZEK 59 – Mezní hodnoty RE101 pro všechny námořní aplikace



OBRÁZEK 60 – Kontrola funkce měřicího systému, konfigurace (RE101)



OBRÁZEK 61 – Základní zkušební sestava (RE101)

8.18 RE102, vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 18 GHz

8.18.1 Použitelnost RE102

Tento požadavek je použitelný pro emise vyzařované přes kryt zařízení nebo subsystémů, všech připojených kabelů a z antén trvale připojených k EUT (vysílače a přijímače v pohotovostním režimu (standby)). Nevztahuje se na základní nosné frekvence vysílačů. Požadavky jsou použitelné dle následujících druhů zařízení:

- | | |
|---|------------------|
| a) pozemní | 2 MHz – 18 GHz, |
| b) hladinové lodě | 10 kHz – 18 GHz, |
| c) ponorky | 10 kHz – 18 GHz, |
| d) letadla pozemních sil | 10 kHz – 18 GHz, |
| e) letadla vzdušných sil a vojenského námořnictva | 2 MHz – 18 GHz, |
| f) kosmické aplikace | 10 kHz – 18 GHz. |

8.18.2 Meze RE102

Úrovně vyzařování elektrického pole nesmí překročit hodnoty uvedené na obrázcích 62 až 65. Při měření frekvencí nad 30 MHz se musí použít obě polarizace pole (horizontální a vertikální).

8.18.3 Zkušební postupy pro RE102

8.18.3.1 Účel

Tato metoda se používá k ověření, zda vyzařované emise elektrického pole z EUT a jeho přípojné kabeláže nepřekračují specifikované požadavky.

8.18.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) měřicí přijímače,
- b) zařízení pro záznam dat,
- c) antény,
 - (1) 10 kHz – 30 MHz, 104 cm prutová anténa s impedančně přizpůsobovacím obvodem – konektor výstupního signálu musí být připojen ke krytu přizpůsobovacího obvodu,
 - (a) pokud anténa obsahuje předzesilovač (aktivní prutová anténa), bere se v úvahu opatření pro zamezení saturace v článku 7.3.7.3,
 - (b) použije se čtvercová protiváha se stranou nejméně 60 cm,
 - (2) 30 MHz – 200 MHz, bikónická anténa, 137 cm od špičky ke špičce,
 - (3) 200 MHz – 1 GHz, hřebenová trychtýřová anténa, apertura 69,0 cm · 94,5 cm,
 - (4) 1 GHz – 18 GHz, hřebenová trychtýřová anténa, apertura 24,2 cm · 13,6 cm,
- d) generátory signálů,
- e) pahýlový zářič,
- f) kondenzátor 10 pF,
- g) oddělovací síť LISN.

8.18.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava dle obrázků 1 až 5 a článku 7.3.8. EUT se orientuje tak, že povrch, který produkuje maximální vyzařované emise je nasměrován k přední hranici zkoušené sestavy.
- b) Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 66 a zkontroluje se funkce měřicího systému.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Při měření prutovou anténou je elektrické spojení protiváhy zakázáno. Požadované zapojení je uvedeno na obrázku 67. Stínění koaxiálního kabelu prutové antény se musí elektricky spojit s podlahou v co nejkratší délce (maximálně 10 cm). Do středu vzdálenosti kabelu mezi anténu a podlahu se musí na kabel umístit feritový kroužek s impedancí 20 Ω až 30 Ω při frekvenci 200 MHz.
 - (2) Nastavování antény:
 - (a) Určí se hranice zkušební sestavy EUT a propojovací kabeláže pro použití při nastavování antén.
 - (b) Při vyměřování výšek antén a vzdáleností antén od hranice zkušební sestavy se použijí fyzické referenční body na anténách dle obrázku 67.

- 1 Pro všechna uspořádání se umístí antény 1 m od přední hrany hranice zkušební sestavy.
 - 2 Antény se umísťují 120 cm nad zemní plochu. U volně stojících EUT se výšky antén stanoví dle požadavků v 8.18.3.3 c) (2) (c) 2 a 8.18.3.3 c) (2) (c) 3.
 - 3 Zajistí se, aby žádná část kterékoli antény nebyla blíže než 1 m od stěny a 0,5 m od stropu stíněného prostoru.
- (c) Počet požadovaných měřicích míst závisí na hranici zkoušené sestavy a počtu krytů, zahrnutých do zkušební sestavy.
- 1 Pro zkoušku do 200 MHz se použijí následující kritéria k určení jednotlivých měřicích míst.
 - a Pro sestavu s délkou 3 m nebo kratší se požaduje jedno měřicí místo, které je situováno uprostřed měřené strany.
 - b Pro sestavu, jejíž délka je větší než 3 m použijte více měřicích bodů, které se určí dle obrázku 68. Počet měřicích míst (M) se získá dělením vzdálenosti mezi krajními body strany (v metrech) třemi a zaokrouhlením nahoru na celé číslo.
 - 2 Pro zkoušku od 200 MHz do 1 GHz se zvolí dostatečný počet měřicích bodů tak, že celková šířka každého krytu EUT a prvních 35 cm kabelů a vodičů vytvářejících rozhraní s krytem EUT je uvnitř 3 dB šířky paprsku antény.
 - 3 Pro zkoušku nad 1 GHz se zvolí odpovídající počet měřicích míst takových, že celková šířka každého krytu EUT a prvních 7 cm kabelů a vodičů patřících do rozhraní krytu EUT je uvnitř 3 dB šířky paprsku antény

8.18.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

- a) Ověří se, zda jsou splněny požadavky na okolní prostředí specifikované v článku 7.3.4. Vytvoří se záznamy o okolním prostředí, jak se to požaduje v uvedeném článku.
- b) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- c) Pomocí kontrolního zapojení na obrázku 66 se provedou následující ověření celého měřicího systému od každé antény k výstupnímu zařízení na frekvencích 10,5 kHz (pouze pro měření v pásmu 10 kHz až 2 MHz), 2,1 MHz, 12 MHz a 29,5 MHz pro aktivní prutovou anténu, 197 MHz pro bikónickou anténu, 990 MHz pro velkou trychtýřovou anténu a 17,5 GHz pro malou trychtýřovou anténu. Pro pasivní prutovou anténu se musí ověření provést na střední frekvenci každého pásma. Kontrola musí být provedena také tehdy, pokud se změní měřicí trasa pro konkrétní anténu, jako je koaxiální kabel, přidání nebo odebrání předzesilovačů nebo použití jiného vstupu měřicího přijímače. Ověření měřicí trasy se provede v blízkosti horního konce příslušného frekvenčního pásma.

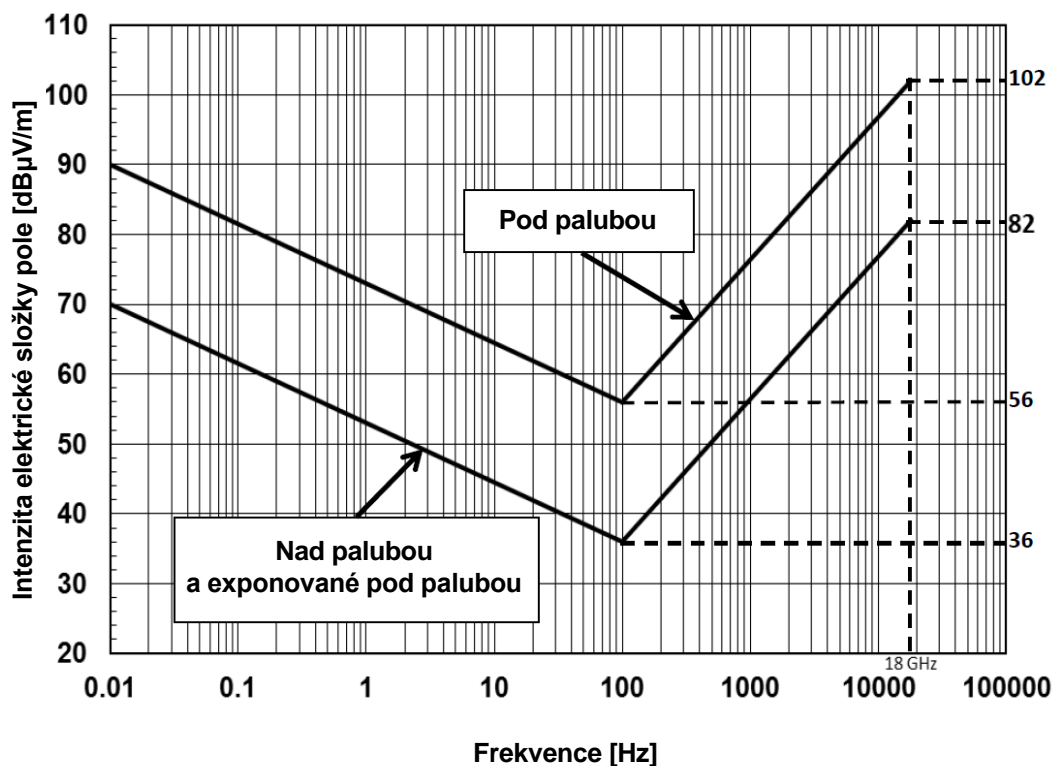
- (1) Ke koaxiálnímu kabelu v bodě připojení antény se přivede signál s kalibrovanou úrovní, která je 6 dB pod mezní hodnotou (mez minus anténní faktor).
 - (2) Skenování měřicím přijímačem se provádí stejným způsobem jako při normálním měření. Ověří se, zda záznamové zařízení indikuje úroveň v pásmu ± 3 dB úrovně použitého signálu.
 - (3) V případě prutové antény se odpojí prut a na jeho místo se přivede přes kondenzátor 10 pF zkušební signál dle obrázku 69. Komerční kalibrační přípravky a injektážní sítě se nesmí použít.
 - (4) Pokud se získané výsledky liší o více než ± 3 dB, lokalizuje se zdroj chyby a před pokračováním zkoušky se provede úprava.
- d) Pomocí měřicího zapojení z obrázku 66 se provede ověření každé antény, aby se prokázaly jejich elektrické vlastnosti.
- (1) Zkontroluje se, zda anténa není fyzicky poškozena. Na anténu nebo pahýlový zářič se přivede signál o nejvyšší měřicí frekvenci odpovídající dané anténě.
 - (2) Měřicí přijímač se naladí na frekvenci použitého signálu a ověří se, zda je přítomen přijímaný signál s odpovídající amplitudou.
- POZNÁMKA Tento postup je určen k získání přibližné představy o tom, zda anténa pracuje správně. Proto se nepožaduje přesné měření signálu.
- e) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- f) Pomocí měřicího zapojení na obrázku 66 se určí vyzařované emise z EUT a přípojné kabeláže.
- (1) Měřicím přijímačem se skenují všechna použitá frekvenční pásma s použitím rozlišovacích šířek pásma a minimálních dob měření uvedených v tabulce 3.
 - (2) U frekvencí nad 30 MHz se orientují antény pro horizontálně i vertikálně polarizované pole.
 - (3) Měření se provede v každém měřicím místě určeném v kroku 8.18.3.3 c) (2) c.

8.18.3.5 Prezentace výsledků

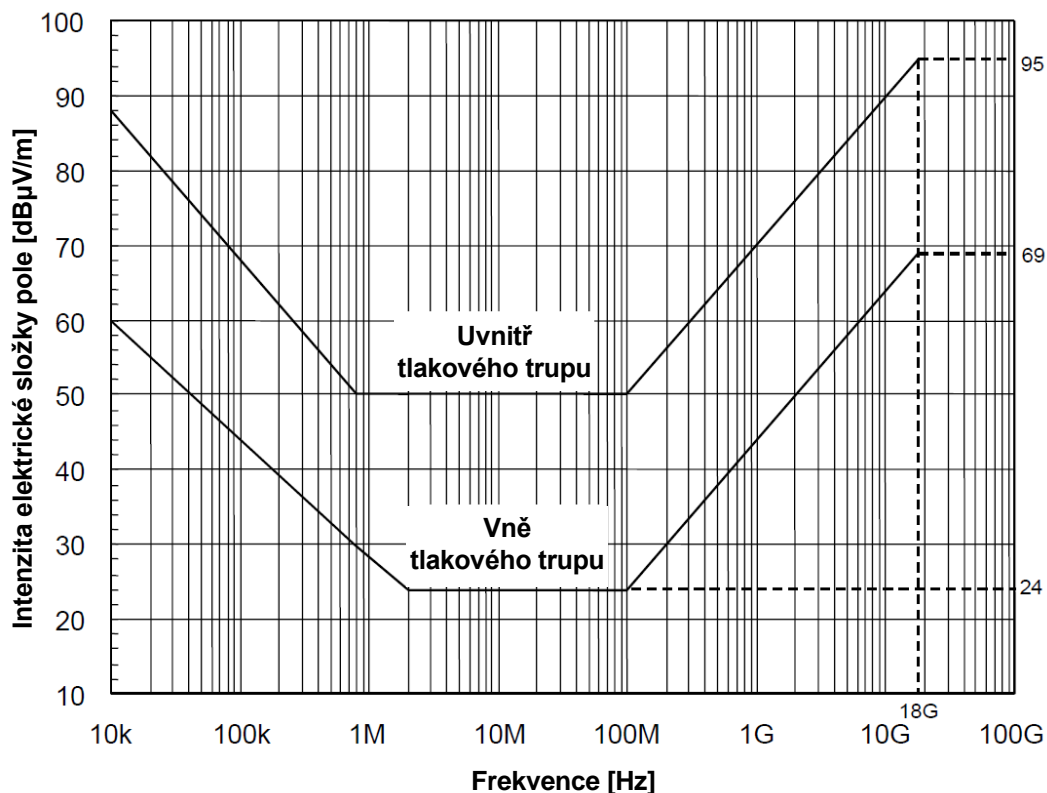
Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Vytvoří se automatický průběh závislosti amplitudy na frekvenci. Ručně získané údaje nejsou s výjimkou ověření měřicího řetězce přijatelné. Údaje získané při měření na jednotlivých frekvencích při vertikální a horizontální polarizaci se musí zobrazit na samostatných grafech nebo v případě zobrazení ve společném grafu se musí údaje získané pro příslušnou polarizaci zřetelně rozlišit.
- b) V každém grafu se zobrazí použité mezní hodnoty.

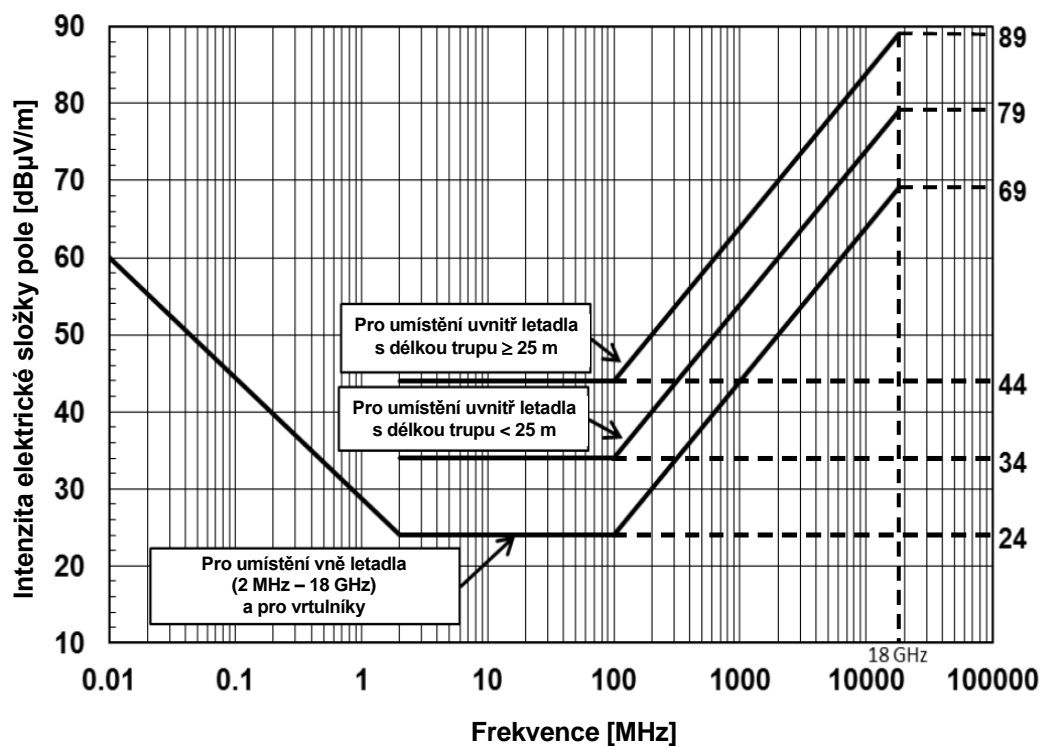
- c) Zajistěte minimální rozlišitelnost frekvencí 1 % nebo dvojnásobek šířky pásma měřicího přijímače dle toho, co je méně přísné a rozlišitelnost amplitud minimálně 1 dB.
- d) Průběhy se vytvoří jak pro měřicí, tak ověřovací postup zkoušky.
- e) Vytvoří se záznam z postupu ověření antén uvedeného v kroku 8.18.3.4 d).



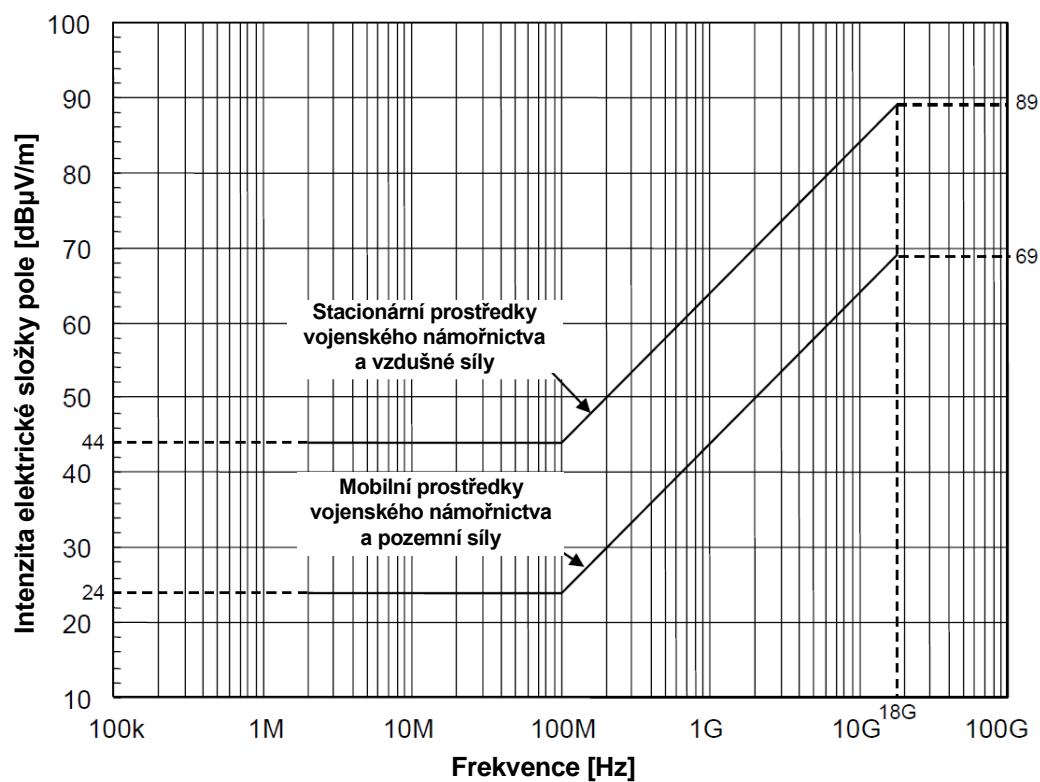
OBRÁZEK 62 – Mezní hodnoty RE102 pro hladinové lodě



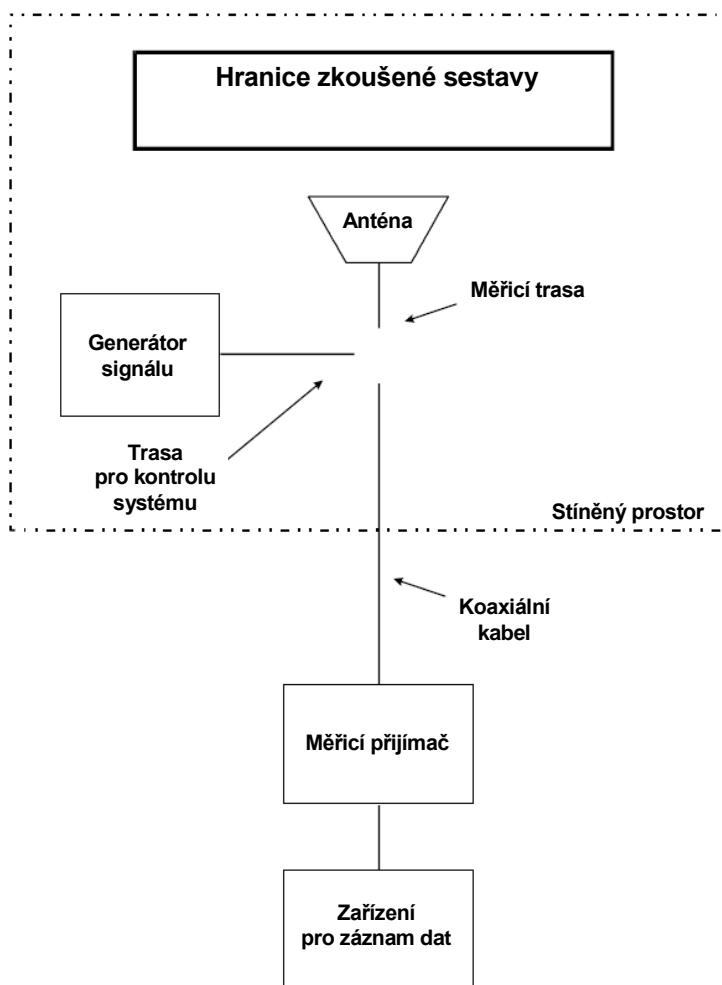
OBRÁZEK 63 – Mezní hodnoty RE102 pro ponorky



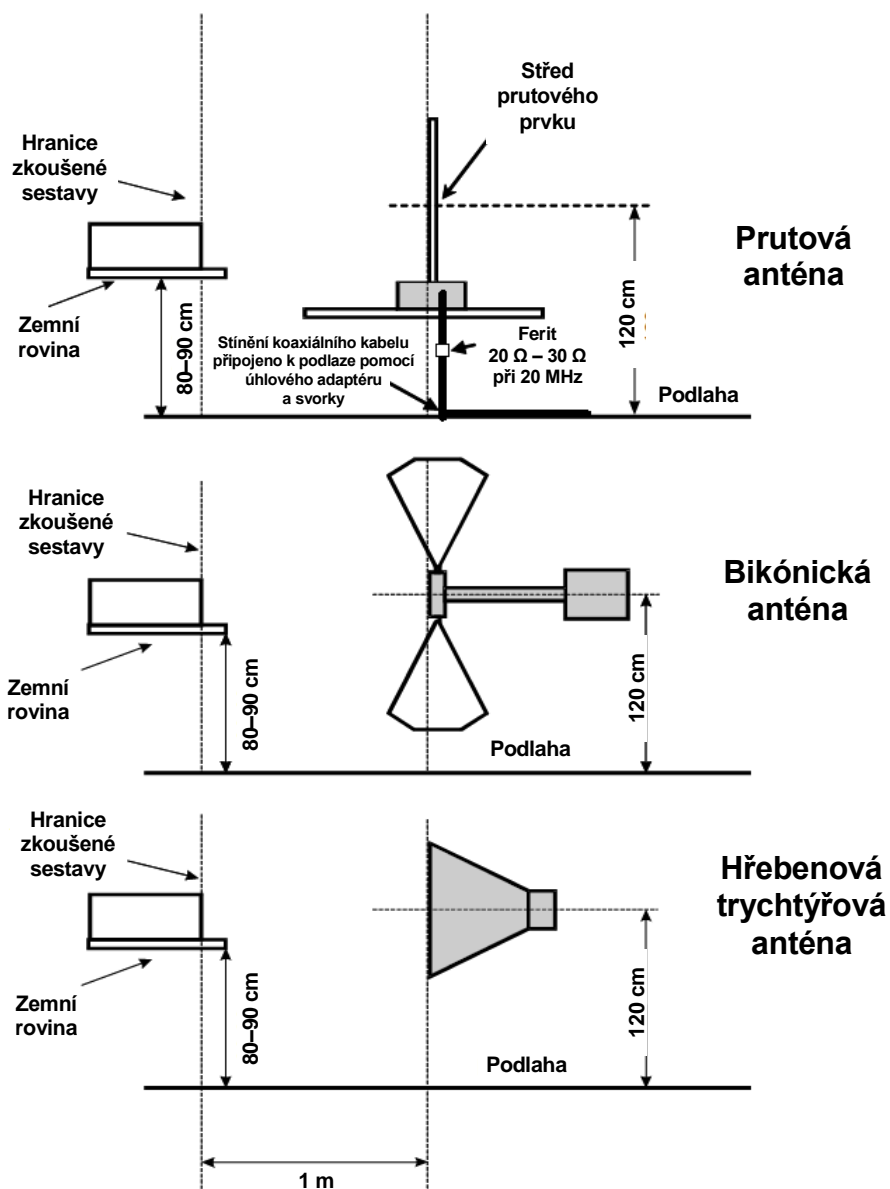
OBRÁZEK 64 – Mezní hodnoty RE102 pro letadla a kosmické systémy



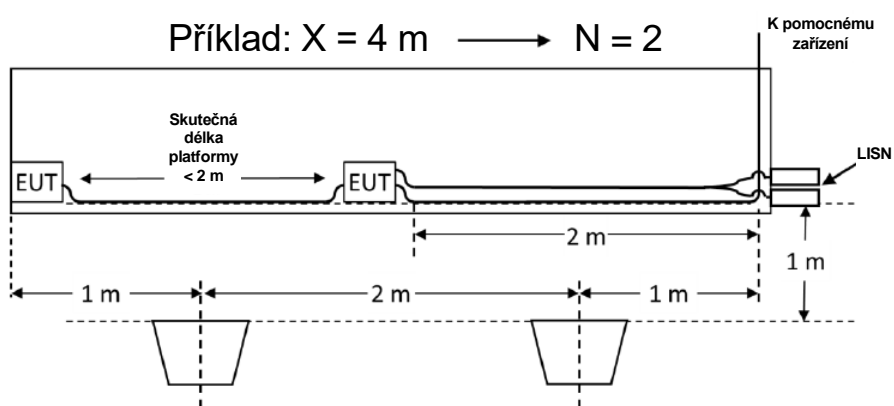
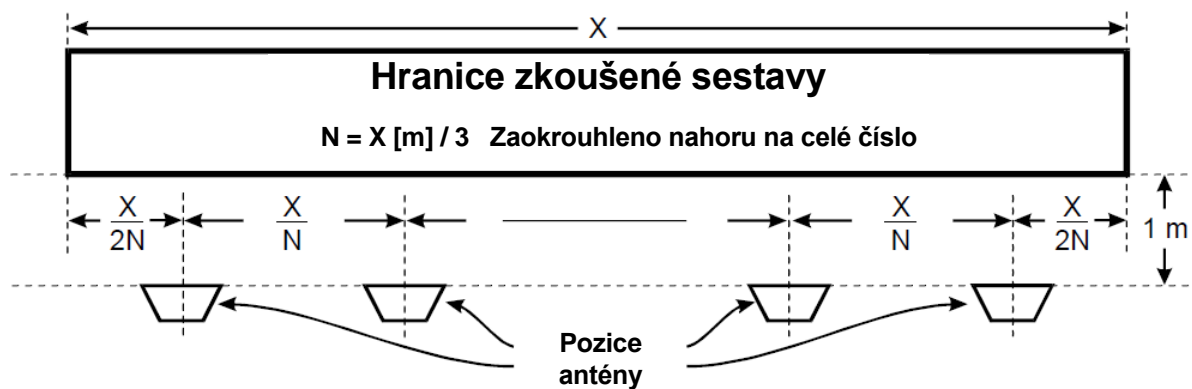
OBRÁZEK 65 – Mezní hodnoty RE102 pro pozemní aplikace



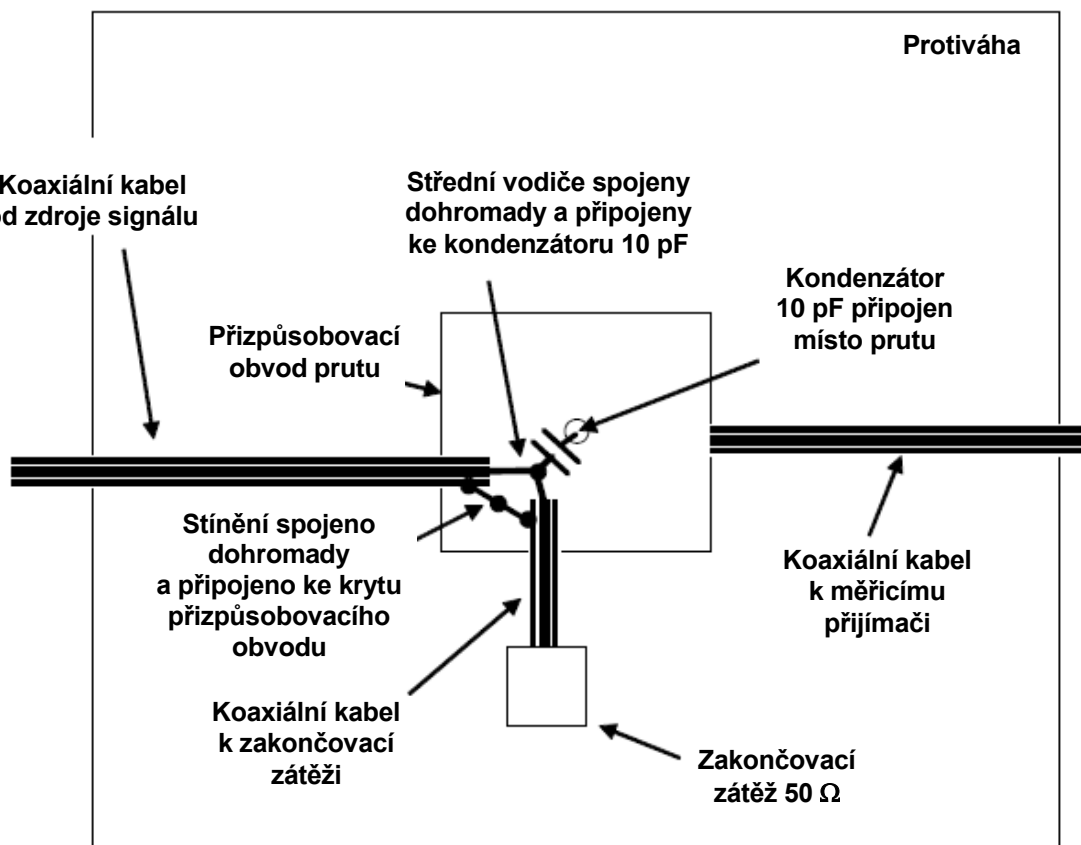
OBRÁZEK 66 – Základní zkušební sestava (RE102)



OBRÁZEK 67 – Umíst'ování antén (RE102)



OBRÁZEK 68 – Vícenásobné pozice antény (RE102)



POZNÁMKY

- 1 Žádný spoj nesmí být delší než 5 cm.
- 2 Při ověřování úrovně injektovaného signálu se musí zátěž 50 Ω nahradit měřicím přijímačem 50 Ω .
- 3 U některých antén se musí použít přizpůsobovací kondenzátor 10 pF.

OBRÁZEK 69 – Kalibrace prutové antény

8.19 RE103, vyzařované emise, rušivé a harmonické produkty na anténních výstupech

8.19.1 Použitelnost RE103

Tento požadavek se může použít jako alternativní pro metodu CE106, kdy se zkoušejí vysílače s jejich vlastními anténami. Tento požadavek je splněn, pokud emise nepřesahují použitelný limit RE102 ve vysílacím režimu. CE106 se preferuje, pokud není zkouška RE103 proveditelná z důvodu konstrukčních charakteristik zařízení nebo subsystému. Požadavek je aplikovatelný v pásmu 10 kHz až 40 GHz a není použitelný v pásmu pracovních frekvencí nebo v intervalu $\pm 5\%$ základní frekvence EUT. U námořních aplikací se špičkovým výkonem vysílače (P_{tPK}) vyšším než 1 kW bude 5% vyloučené frekvenční pásmo zvýšeno o dalších 0,1 % základní frekvence pro každý dB nad 1 kW špičkového výkonu.

$$\text{Vyloučené pásmo} = \pm f \cdot (0,05 + (0,001 [1/\text{dB}]) \cdot (P_{tPK} [\text{dBm}] - 60 [\text{dBm}]))$$

V závislosti na rozsahu pracovních frekvencí EUT se volí následující počáteční zkušební frekvence:

Pracovní frekvenční rozsah (EUT)	Počáteční frekvence zkoušky
10 kHz – 3 MHz	10 kHz
3 MHz – 300 MHz	100 kHz
300 MHz – 3 GHz	1 MHz
3 GHz – 40 GHz	10 MHz

EUT musí být zkoušeno do nejvyšší frekvence v závislosti na nejvyšší generované nebo přijímané frekvenci EUT. Pro systémy s nejvyšší generovanou nebo přijímanou frekvencí < 1 GHz je nejvyšší frekvence zkoušky 18 GHz nebo dvacetinásobek nejvyššího frekvence EUT dle toho, která je vyšší. Pro systémy s generovanými nebo přijímanými frekvencemi ≥ 1 GHz je nejvyšší frekvence zkoušky 40 GHz nebo desetinasobek nejvyšší frekvence EUT dle toho, která je nižší. Pro zařízení používající vlnovody se požadavky nesmí použít pro frekvenci nižší než je kritická frekvence vlnovodu.

8.19.2 Meze RE103

Harmonické, s výjimkou druhé a třetí, a další rušivé vyzařování musí být nejméně 80 dB pod úrovní základní frekvence. Druhá a třetí harmonická nesmí být vyšší než -20 dBm nebo musí být o 80 dB nižší než základní složka frekvence, dle toho, která hodnota vyžaduje menší potlačení. Pro námořní lodní aplikace budou druhé a třetí harmonické frekvence potlačeny na úroveň -20 dBm a všechny ostatní harmonické a rušivé emise budou potlačeny na -40 dBm, s výjimkou případů, kdy je pracovní cyklus emisí nižší než 0,2 %, pak limit může být uvolněn na 0 dBm.

8.19.3 Zkušební postupy pro RE103

8.19.3.1 Účel

Tato metoda se používá k ověření, zda vyzařované rušivé a harmonické emise z vysílačů nepřesahují specifikované požadavky.

8.19.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) měřicí přijímač,
- b) útlumové členy 50 Ω ,
- c) antény,
- d) pásmové zádrže,
- e) generátory signálu,
- f) monitor výkonu.

8.19.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Je nutno vytvořit základní zkušební sestavu dle obrázků 1 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kontrola funkce měřícího systému: Vytvoří se zkušební sestava pro kalibraci signálu dle obrázku 70 nebo 71.

- c) Zkouška EUT: Vytvoří se zkušební sestava pro měření dle obrázku 70 nebo 71.

8.19.3.4 Zkušební postupy

Zkušební postupy musí být následující:

- a) Měření se musí provádět ve vzdáleném poli vysílací frekvence. Proto se před provedením zkoušky musí určit zkušební vzdálenost pro vzdálené pole pomocí vztahů uvedených dále:

R = vzdálenost mezi vysílací a přijímací anténou,

D = maximální fyzický rozměr vysílací antény,

d = maximální fyzický rozměr přijímací antény,

λ = délka vlny pro frekvenci vysílače.

Všechny rozměry jsou v metrech.

Pro vysílací frekvence $\leq 1,24$ GHz, se použije větší ze vzdáleností určená z následujících vztahů:

$$R = 2 \cdot D^2 / \lambda, \quad R = 3 \cdot \lambda.$$

Pro vysílací frekvence $> 1,24$ GHz se vypočte měřicí vzdálenosti ze vztahů:

$$R = 2 \cdot D^2 / \lambda \quad \text{pro } 2,5 D < d,$$

$$R = (D + d)^2 / \lambda \quad \text{pro } 2,5 D \geq d.$$

- b) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- c) Kontrola funkce měřicího systému:
- (1) Na generátoru signálu se nastaví známá kalibrovaná úroveň a aplikuje se do kontrolní trasy měřicího systému na frekvenci středu základního pásma (f_0).
 - (2) Měřicím přijímačem se skenuje stejným způsobem jako při režimu měření. Zkontroluje se, zda úroveň detekované měřicím přijímačem jsou v intervalu ± 3 dB očekávaného signálu.
 - (3) Pokud se získané údaje liší o více než ± 3 dB, lokalizuje se zdroj chyby a před pokračováním zkoušky se chyba opraví.
 - (4) Kroky 8.19.3.4 c) (1) až 8.19.3.4 c) (3) se opakují pro další dvě frekvence rozsahu zkoušky.
- d) Zkouška EUT:
- (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Při zapojení měřicího řetězce pro měření se naladí na EUT požadovaná zkušební frekvence.
 - (3) Zkušební zařízení se naladí na měřenou frekvenci (f_0) a nastaví se maximální úroveň zobrazení.
 - (4) Pro vysílače, kde lze vložit měřič výkonu, se změří hodnota výstupního výkonu modulovaného vysílače při jeho zaklíčování. Tato výkonová

úroveň se převede na jednotky dB vztažené k 1 W (dBW). Připočtením zisku antény EUT k této hodnotě se vypočte efektivní vyzařovaný výkon (*ERP*). Tato hodnota se zaznamená pro porovnání s hodnotou získanou v kroku 8.19.3.4 d) (6).

- (5) Vysílač se zaklíčuje s požadovanou modulací. Měřicí přijímač se naladí na maximální zobrazení výstupu vysílané frekvence. Pokud má jedna nebo obě antény směrovost, nastavte azimut a elevaci na maximální úroveň. Tento proces usnadní verbální komunikace mezi obsluhou na obou místech pomocí mobilního telefonu nebo vysílaček. Zaznamená se výsledná maximální úroveň na měřicím přijímači a rozlišovací šířka pásma měřicího přijímače.
- (6) Vypočte se *ERP* vysílače v dBW, dle údajů odečtených z přijímače pomocí následující rovnice:

$$ERP = V + 20 \log R + AF - 135,$$

kde:

V je hodnota odečtená z měřicího přijímače v dB μ V,

R je vzdálenost mezi vysílací a přijímací anténou v m,

AF je anténní faktor přijímací antény v dB (1/m).

Tato vypočtená úroveň se porovná s naměřenou úrovní zaznamenanou v kroku 8.19.3.4 d) (4). Porovnané výsledky musí souhlasit s přesností ± 3 dB. Pokud rozdíl překročí ± 3 dB, překontroluje se zkušební sestava z hlediska chyb při určení vzdálenosti měření, kalibrace amplitudy, monitorování výkonu vysílače, ladění frekvence nebo posunu a sesouhlasení osy antény. Za předpokladu, že výsledky jsou v tolerančním pásmu ± 3 dB, je *ERP* referenční hodnotou, se kterou budou porovnávány rušivé a harmonické signály, aby se určila shoda s mezemi standardu.

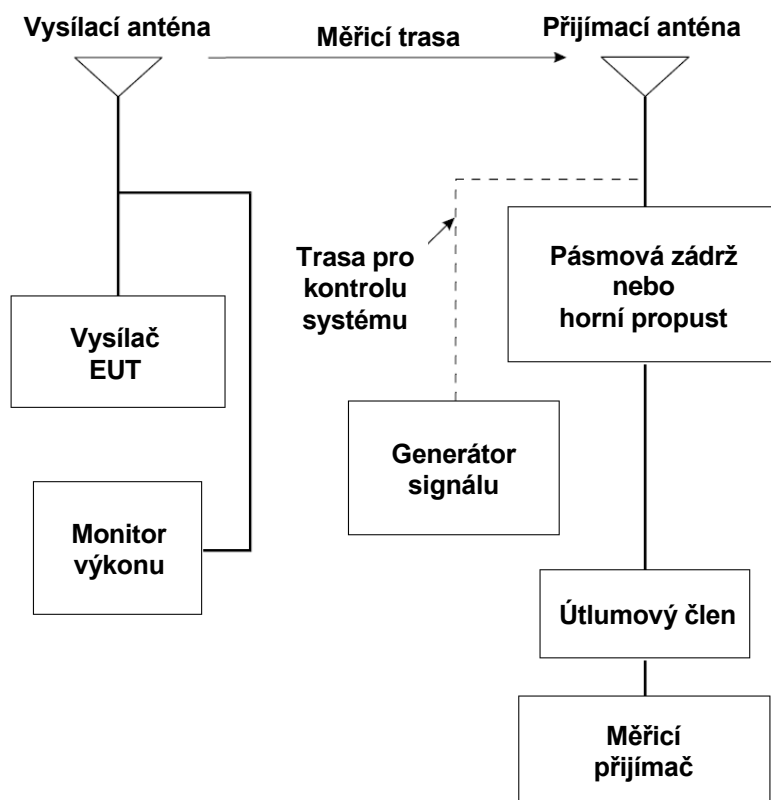
- (5) S filtrem typu pásmová zadrž připojeným a naladěným na f_0 se skenuje měřicím přijímačem frekvenční pásmo zkoušky a sledují se rušivé a harmonické signály. Na každém rušivém nebo harmonickém signálu je třeba nastavením elevace a azimutu antény zjistit maximální úroveň. Rozlišovací šířka pásma měřicího přijímače musí být stejná jako v případě měření základní frekvence v kroku 8.19.3.4 d) (5).
- (6) Zkontroluje se, zda jsou rušivé úrovně způsobeny EUT a ne reakcí měřicího systému nebo okolním prostředím.
- (7) Pro každou rušivou frekvenci se vypočte hodnota *ERP*. Započtou se všechny korekční faktory pro ztráty v kabelech, zisk zesilovače, ztráty ve filtrech a útlumových členech.
- (8) Kroky 8.19.3.4 d) (2) až 8.19.3.4 d) (9) se opakují pro další nosnou frekvenci f_0 EUT.

8.19.3.5 **Prezentace výsledků**

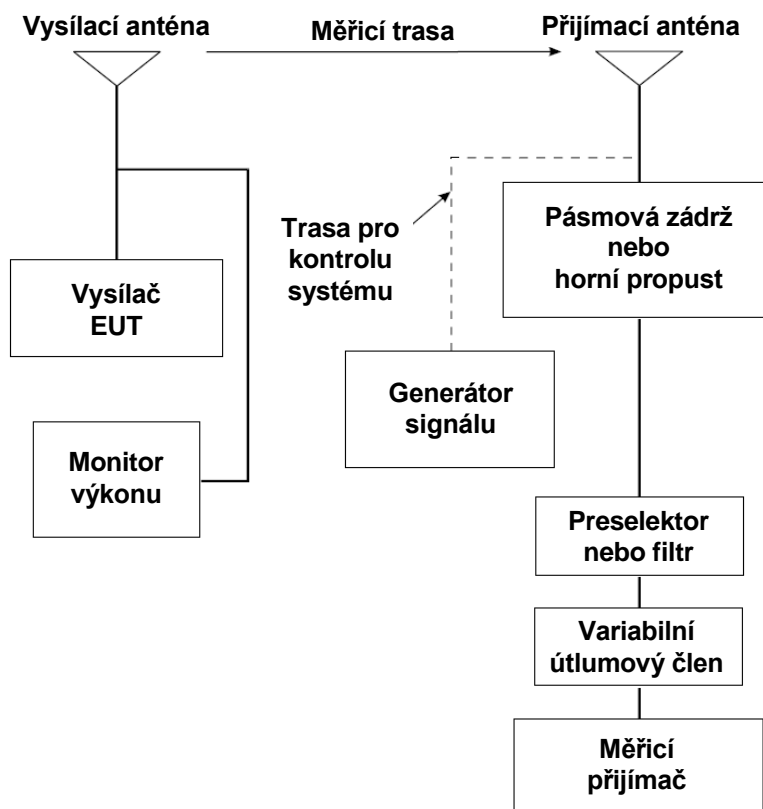
Prezentace výsledků musí být následující:

Vytvoří se tabulka, která bude obsahovat základní frekvence (f_0) a frekvence všech harmonických a rušivých vyzařovaných emisí, naměřenou úroveň monitoru výkonu a vypočtenou hodnotu *ERP* základní frekvence, hodnotu *ERP* všech rušivých a harmonických vyzařovaných emisí, úroveň poklesů v dB a všechny korekční faktory včetně ztrát v kabelech, útlumových členech, zisky zesilovačů, vložených ztrát pásmové zadržky a zisku antény.

Relativní úroveň poklesů v dB se určují odečtením úrovně získané v kroku 8.19.3.4 d) (6) od úrovně zaznamenané v kroku 8.19.3.4 d) (9).



OBRÁZEK 70 – Kalibrace a zkušební sestava (RE103) pro vyzařované harmonické a rušivé emise, 10 kHz – 1 GHz



OBRÁZEK 71 – Kalibrace a zkušební sestava (RE103) pro vyzařované harmonické a rušivé emise, 1 GHz – 40 GHz

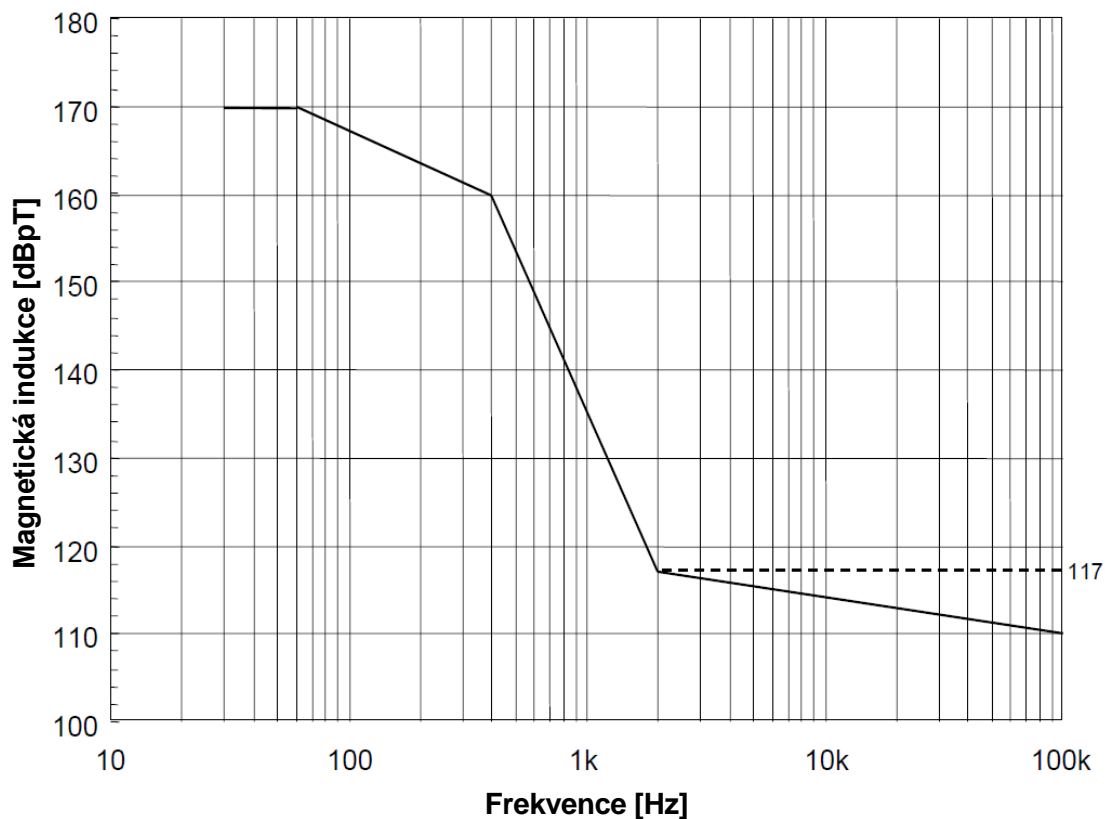
8.20 RS101, susceptibilita na vyzařované emise, magnetické pole

8.20.1 Použitelnost RS101

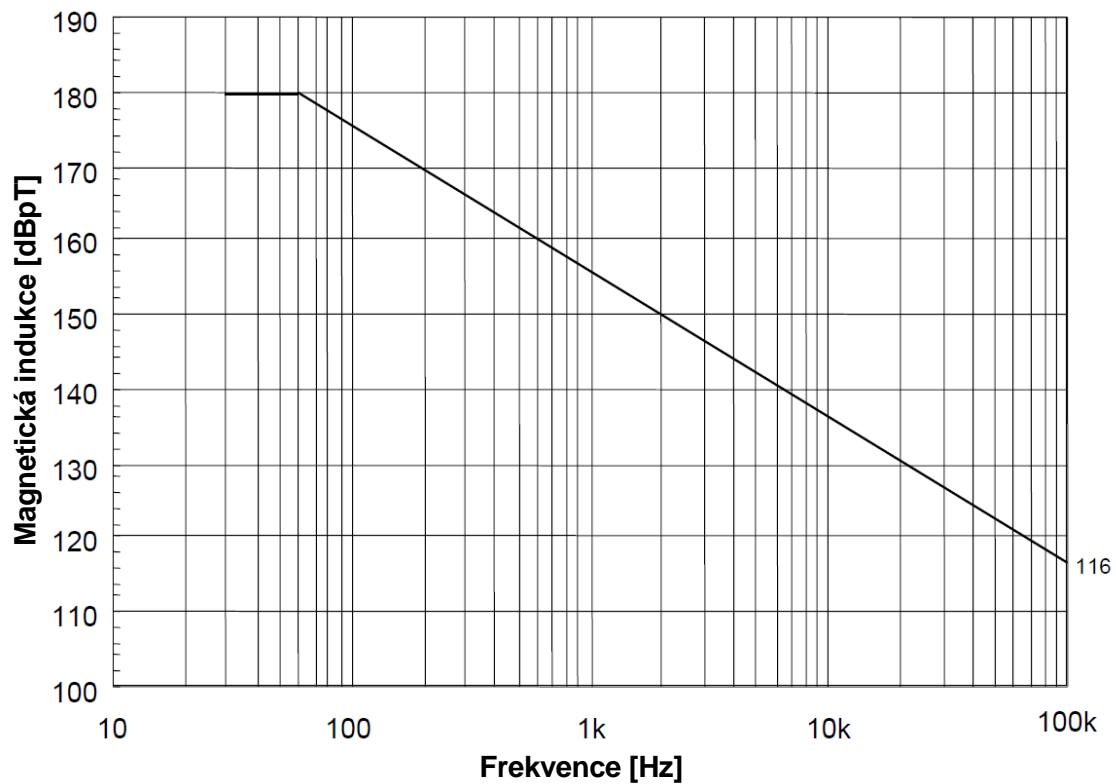
Požadavek je použitelný od 30 Hz do 100 kHz pro kryty zařízení a subsystémů a pro všechny propojovací kabely. Není použitelný pro elektromagnetické vazby přes antény. Pro zařízení pozemních sil a vojenského námořnictva jsou požadavky použitelné pouze u vozidel, které mají schopnost detekce min nebo odminování. V případě lodí vojenského námořnictva a ponorek je možno tyto požadavky použít pouze pro zařízení a subsystémy, které mají provozní frekvence 100 kHz nebo nižší a provozní citlivost 1 μV nebo lepší (jako např. 0,5 μV). Pro zařízení určené k instalaci do letadel vojenského námořnictva je požadavek použitelný pouze u letadel s protiponorkovými zbraněmi a pro externí zařízení na letadlech, která jsou schopná startovat pomocí elektromagnetických startovacích systémů.

8.20.2 Meze RS101

V případě, že na EUT působí elektromagnetické pole o úrovních znázorněných na obrázcích 72 a 73, nesmí EUT vykazovat žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od specifických údajů (TTP) mimo tolerance uvedené pro zařízení nebo subsystémy.



OBRÁZEK 72 – Mezní hodnoty RS101 pro všechny aplikace u vojenského námořnictva



OBRÁZEK 73 – Mezní hodnoty RS101 pro všechny aplikace u pozemních sil

8.20.3 Zkušební postupy pro RS101

8.20.3.1 Účel

Tato metoda má ověřit schopnost EUT odolávat vyzařovanému magnetickému poli.

8.20.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) zdroj signálu,
- b) vyzařovací smyčka, která má následující specifikace:
 - (1) průměr: 12 cm,
 - (2) počet závitů: 20,
 - (3) vodič: izolovaná měď (plný vodič),
 - (4) magnetická indukce: $9,5 \cdot 10^7$ pT/A použitého proudu ve vzdálenosti 5 cm od roviny smyčky.
- c) smyčkový snímač, který má následující parametry:
 - (1) průměr: 4 cm,
 - (2) počet závitů: 51,
 - (3) vodič: 7-41 Litz (lanko ze 7 vodičů o průměru 0,07 mm),
 - (4) stínění: elektrostatické,
 - (5) korekční faktor: Převod hodnot měřicího přijímače vyjádřených v dB μ V na dBpT dle údajů výrobce,
- d) měřicí přijímač nebo úzkopásmový voltmetr,
- e) proudová sonda,
- f) oddělovací síť LISN.

8.20.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestavu dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace: Měřicí zařízení, vyzařovací smyčka a smyčkový snímač se uspořádá dle obrázku 74.
- c) Zkouška EUT: Vytvoří se zkušební sestava dle obrázku 75.

8.20.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace:
 - (1) Zdroj signálu se nastaví na frekvenci 1 kHz a výstupní úroveň se nastaví tak, aby se vytvořila magnetická indukce 110 dBpT, která se určuje z údajů získaných měřicím přijímačem A a údaje uvedeného v kroku 8.20.3.2 b) (4).

- (2) Pomocí měřicího přijímače B se změří napěťový výstup ze smyčkového snímače,
 - (3) Ověří se, zda údaj měřicího přijímače B je v intervalu ± 3 dB od očekávané hodnoty včetně korekčního faktoru a tato hodnota se zaznamená.
- c) Zkouška EUT:
- (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Zkušební frekvence se vyberou dle následujícího postupu:
 - (a) Vyzařovací smyčka se umístí 5 cm od předního povrchu EUT nebo elektrického propojovacího konektoru dle toho, co se zkouší. Plocha smyčky musí být paralelní s plochou povrchu EUT. Plochu smyčkového snímače se orientuje paralelně s povrchy EUT a paralelně s osami konektorů.
 - (b) Vyzařovací smyčka se napájí odpovídajícím proudem, aby se vytvořila intenzita magnetického pole nejméně o 10 dB větší než požadovaná mezní hodnota, ale nepřesahující 15 A (183 dBpT).
 - (c) Prochází se použitý frekvenční rozsah. Použitelná je trojnásobná rychlost přeladování než se uvádí v tabulce 4.
 - (d) Pokud se zaznamená susceptibilita, vyberou se nejméně tři zkušební frekvence na oktávu, na kterých se zaznamenala největší reakce zkoušeného zařízení.
 - (e) Vyzařovací smyčka se umístí postupně proti místům rozdělujícím každý povrch EUT na čtverce 30 cm · 30 cm a proti každému elektrickému konektoru rozhraní a kroky 8.20.3.4 c) (2) (c) a 8.20.3.4 c) (2) (d) se opakují pro určení míst a frekvencí, kde se vyskytuje susceptibilita.
 - (f) Ze všech frekvencí, při kterých se v krocích 8.20.3.4 c) (2) (c) až 8.20.3.4 c) (2) (e) objevila susceptibilita, se vyberou tři frekvence na oktávu z použitého frekvenčního rozsahu.
 - (3) Na každé frekvenci určené v kroku 8.20.3.4 c) (2) (f) se použije takový proud vyzařovací smyčky, který odpovídá použité mezní hodnotě. Smyčkou se pohybuje tak, aby se prozkoumala možná ovlivnitelná místa se zvláštní pozorností věnovanou místům určeným v kroku 8.20.3.4 c) (2) (e), přičemž smyčka musí být stále 5 cm od povrchu EUT, kabelů nebo konektoru. Ověří se, zda se nevyskytuje susceptibilita.

8.20.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Vytvoří se tabulka s kalibračními údaji vyzařovací smyčky získanými v kroku 8.20.3.4 b).
- b) Vytvoří se tabulky, grafy nebo fotografie prokazující použité zkušební frekvence a místa určená v krocích 8.20.3.4 c) (2) (e) až 8.20.3.4 c) (2) (f).
- c) Sestaví se grafy nebo tabulky obsahující frekvence, na kterých se projevila susceptibilita a prahové úrovně susceptibility.

8.20.4 Alternativní zkušební postupy pro RS101 – Helmholtzovy cívky pro střídavý proud

Tyto zkušební postupy se mohou použít jako náhrada za postupy dle článku 8.20.3, za předpokladu, že se vyhoví omezením, která vyplývají z poměru velikostí EUT a cívek dle článku 8.20.4.3 b).

8.20.4.1 Účel

Tato metoda je alternativou pro ověření schopnosti EUT odolávat vyzařovanému magnetickému poli.

8.20.4.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) zdroj signálu,
- b) sériově navinuté Helmholtzovy cívky pro střídavý proud,
- c) smyčkový snímač, který má následující specifikace (stejně jako v RE101):
 - (1) průměr: 4 cm,
 - (2) počet závitů: 51,
 - (3) vodič: 7-41 Litz (lanko ze 7 vodičů o průměru 0,07 mm),
 - (4) stínění: elektrostatické,
 - (5) korekční faktor: Převod hodnot měřicího přijímače vyjádřených v dB μ V na dBpT dle údajů výrobce,
- d) měřicí přijímač nebo úzkopásmový voltmetr,
- e) proudová sonda,
- f) oddělovací síť LISN.

8.20.4.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní zkušební sestava pro EUT dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Kalibrace:
 - (1) Vyzařovací systém se uspořádá dle obrázku 76. Rozměry cívky se zvolí dle fyzických rozměrů krytu EUT.
 - (2) Pro EUT s rozměry menšími než je poloměr cívky se použije standardní Helmholtzova konfigurace (cívky vzdáleny o poloměr jedné cívky). Smyčka pro monitorování pole se umístí do středu zkušebního prostoru.
 - (3) Pro EUT s rozměry většími než je poloměr cívky se použije volitelná konfigurace. Vybere se vzdálenost cívky tak, že rovina přední části EUT je nejméně 5 cm od roviny cívky a současně vzdálenost mezi cívkami nepřesahuje 1,5násobek jejich poloměru. Sonda pro monitorování pole se umístí do středu plochy jedné cívky.
- c) Zkouška EUT:

- (1) Zkušební sestava se uspořádá dle obrázku 77 se stejným uspořádáním prostoru cívek, jak je uvedeno v článku 8.20.4.3 b).
- (2) Cívky se umístí tak, aby rovina čelní strany EUT byla paralelně s rovinou cívek.

8.20.4.4 Zkušební postupy

Zkušební postupy musí být následující:

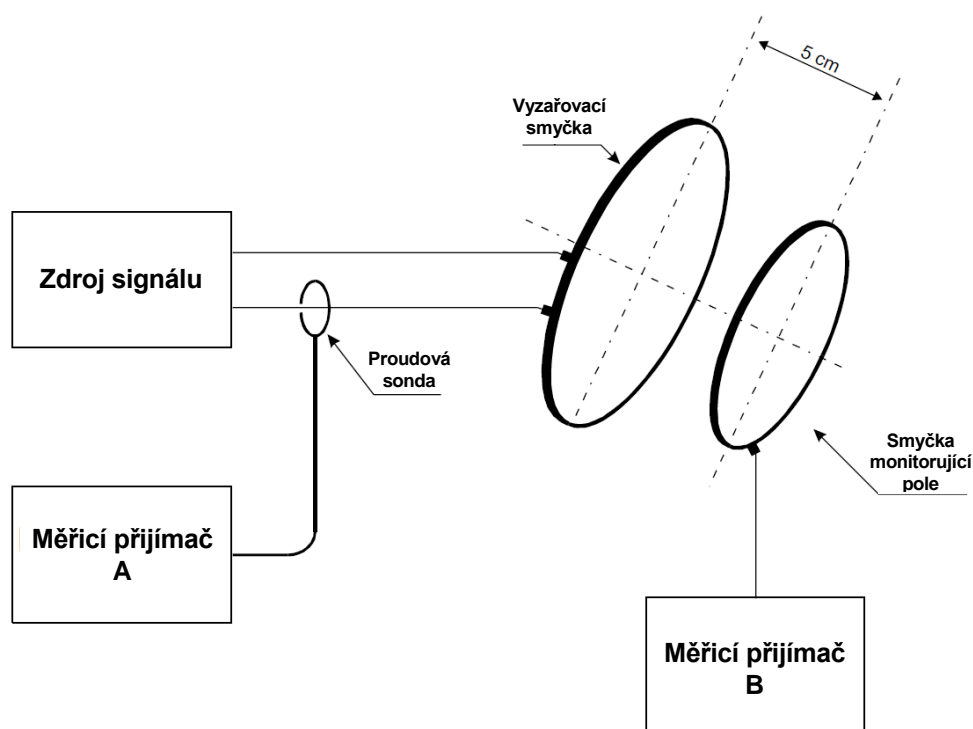
- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace:
 - (1) Na zdroji signálu se nastaví frekvence 1 kHz a výstupní úroveň se upraví tak, aby vytvářel magnetickou indukci 110 dBpT, která se určuje z údajů měřicího přijímače A.
 - (2) Změří se napěťový výstup ze smyčkového snímače pomocí měřicího přijímače B.
 - (3) Ověří se, zda údaj na měřicím přijímači B je v tolerančním pásmu ± 3 dB od očekávané hodnoty včetně korekčního faktoru a tato hodnota se zaznamená.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Zkušební frekvence se vyberou dle následujícího postupu:
 - (a) Helmholtzovy cívky se musí napájet dostatečně velkým proudem tak, aby vytvářela magnetické pole nejméně o 6 dB větší než je příslušná mezní hodnota.
 - (b) Prochází se požadovaný frekvenční rozsah. Použitelná je trojnásobná rychlost přeladování než hodnota uvedená v tabulce 4.
 - (c) Pokud se zaznamená susceptibilita, vyberou se nejméně tři zkušební frekvence na oktávu, při kterých se projevila nejvyšší susceptibilita.
 - (d) Helmholtzovy cívky se přemisťují po všech místech na každé ploše (ve všech třech osách) a na každém elektrickém konektoru rozhraní a opakují se kroky 8.20.4.4 c) (2) (b) a 8.20.4.4 c) (2) (c) pro určení míst a frekvencí, při kterých se vyskytuje susceptibilita.
 - (e) Ze všech frekvencí, při kterých se vyskytla susceptibilita v krocích 8.20.4.4 c) (2) (b) až 8.20.4.4 c) (2) (d) se vyberou tři frekvence na oktávu z požadovaného frekvenčního rozsahu.
 - (3) Při každé frekvenci určené v kroku 8.20.4.4 c) (2) (e) se aplikuje do Helmholtzovy cívky takový proud, který odpovídá požadovaným mezním hodnotám zkoušky RS101. Cívkou se pohybuje tak, aby se vyšetřily možná místa s výskytem susceptibility se zvláštní pozorností věnovanou místům určeným v kroku 8.20.4.4 c) (2) (d). Zajistí se, aby EUT zůstalo ve středu mezi cívkami nebo cívky zůstaly

5 cm od povrchu EUT, kabelů nebo konektorů dle toho, co je předmětem zkoušky. Ověří se, zda se nevyskytuje susceptibilita.

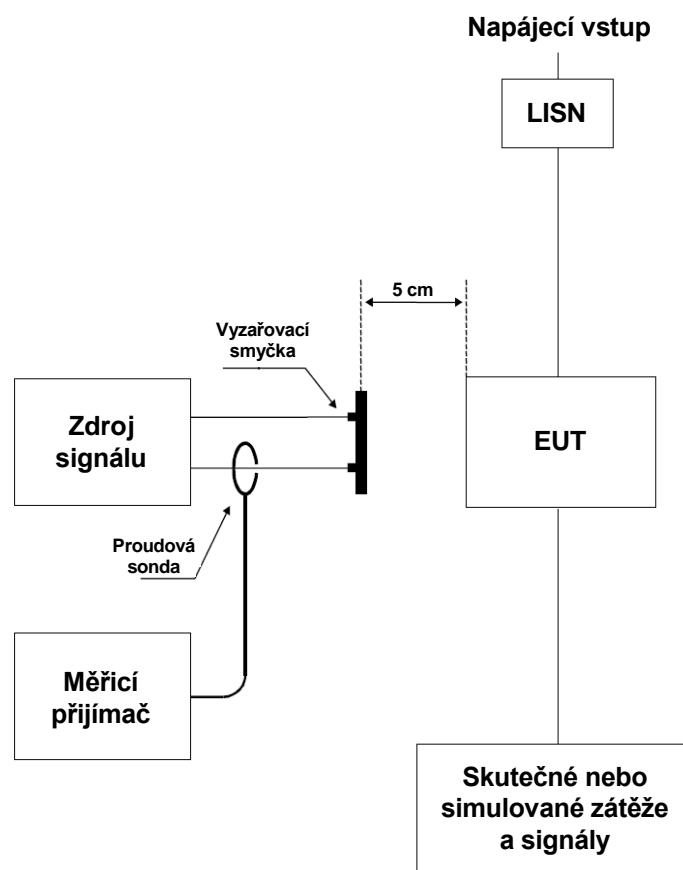
8.20.4.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

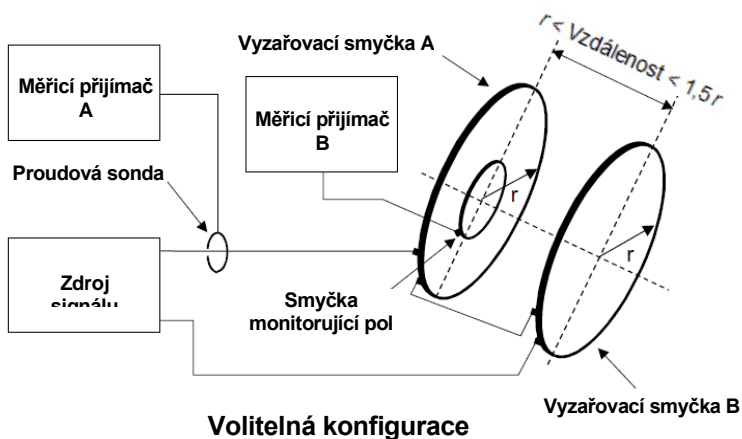
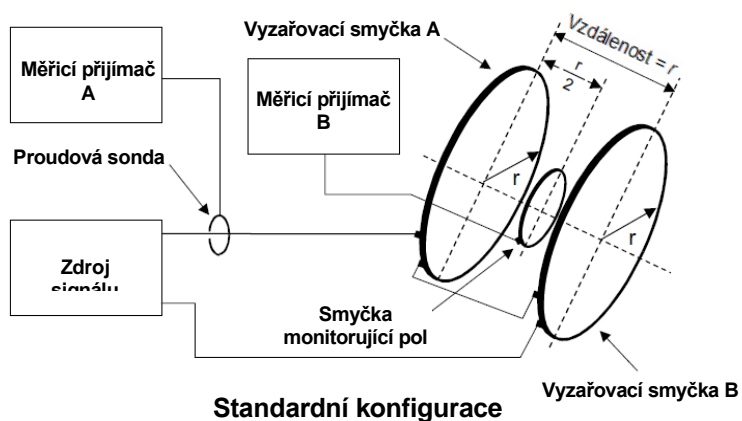
- Vytvoří se tabulka s kalibračními údaji vyzařovací smyčky získanými v kroku 8.20.4.4 b).
- Vytvoří se tabulky, grafy nebo fotografie prokazující použité zkušební frekvence a místa určená v krocích 8.20.4.4 c) (2) (d) až 8.20.4.4 c) (2) (e).
- Sestaví se grafy nebo tabulky obsahující frekvence, na kterých se projevila susceptibilita a prahové úrovně susceptibilita.



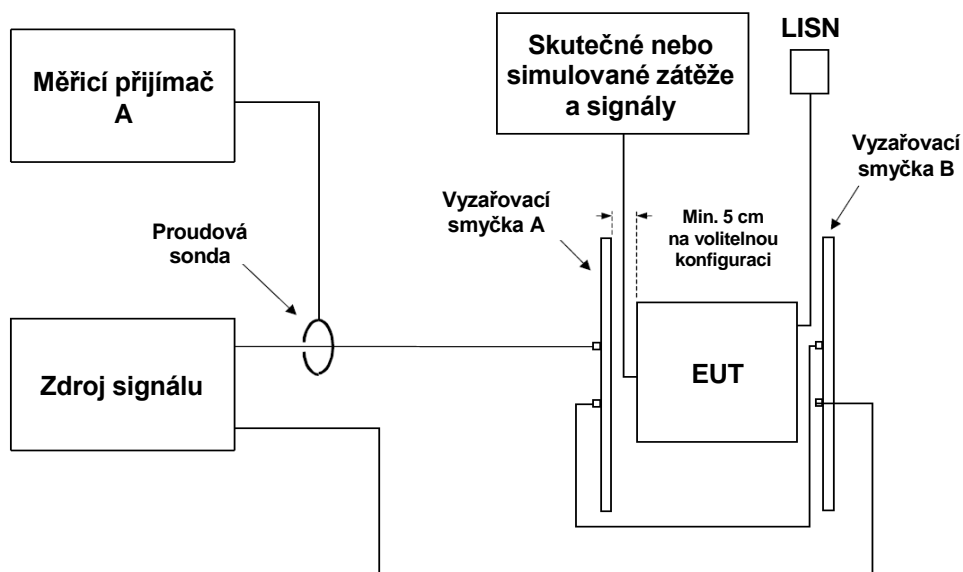
OBRÁZEK 74 – Kalibrace vyzařovacího systému (RS101)



OBRÁZEK 75 – Základní zkušební sestava (RS101)



OBRÁZEK 76 – Kalibrace Helmholtzových cívek (RS101)



POZNÁMKA Je zobrazena pouze jedna ze tří požadovaných

OBRÁZEK 77 – Zkušební sestava pro Helmholtzovy cívký (RS101)

8.21 RS103, susceptibilita na vyzařované emise, elektrické pole

8.21.1 Použitelnost RS103

Tento požadavek je použitelný na kryty zařízení a subsystémů a na všechny propojovací kabely. Požadavek je použitelný následujícím způsobem:

- a) 2 MHz – 30 MHz pro pozemní síly, vojenské námořnictvo a volitelné* pro všechny další,
- b) 30 MHz – 18 GHz pro všechny aplikace,
- c) 18 GHz – 40 GHz volitelné* pro všechny aplikace.

*Požaduje se pouze v případě, že je to specifikováno ve zvláštních požadavcích.

Pro pozemní síly a vzdušné síly: neuplatňují se žádné požadavky pro frekvence, na které jsou naladěny přijímače připojené k anténám.

U přijímačů EUT, které mají pouze trvale připojené antény, není-li ve specifikaci systému uvedeno jinak, jsou povoleny nižší technické parametry oproti zamýšlenému pásmu provozu přijímače. Přijímač musí splňovat požadavky na technické parametry po ukončení expozice vyzařovaným polem v daném pásmu.

8.21.2 Meze RS103

V případě, že je EUT vystaveno působení elektrického pole specifikovaného v tabulce 12 a je modulováno, jak je uvedeno dále, nesmí se na EUT projevit žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od TTP zařízení a subsystémů.

Do 30 MHz se zařízení musí zkoušet vertikálně polarizovaným polem. Nad 30 MHz se požaduje jak vertikálně, tak horizontálně polarizované pole. Kruhově polarizované pole se nepřipouští.

8.21.3 Zkušební postup pro RS103

8.21.3.1 Účel

Tato metoda se používá pro ověření schopnosti EUT a připojovací kabeláže odolávat elektrickému poli.

8.21.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) generátory signálu,
- b) zesilovače výkonu,
- c) vysílací antény,
- d) snímače elektrického pole (fyzicky malé – elektricky krátké),
- e) měřicí přijímač,
- f) měřič výkonu,
- g) směrový vazební člen,
- h) útlumový člen,
- i) zařízení pro záznam dat,
- j) oddělovací síť LISN.

8.21.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) Vytvoří se základní sestava pro EUT dle obrázků 1 až 5 a článku 7.3.8.
- b) Zkušební zařízení se uspořádá dle obrázku 78.
- c) Rozmístění vysílacích antén:
 - (1) Antény se musí umístit 1 m od hranice zkušební sestavy dle následujících požadavků:
 - (a) 2 MHz – 200 MHz:
 - 1 Hranice zkušební sestavy ≤ 3 m. Anténa se umístí uprostřed mezi okraje hranice zkušební sestavy. Hranice zahrnuje všechny prostory EUT a 2 m exponovaných propojovacích a napájecích vodičů požadovaných v článku 7.3.8.6. Propojovací vodiče kratší než 2 m jsou přípustné, pokud představují skutečnou instalaci na platformě.
 - 2 Hranice zkušební sestavy > 3 m. Použije se více poloh antény (N) dle obrázku 80. Počet poloh antény (N) se musí určit dělením vzdálenosti hranice od kraje ke kraji (v metrech) třemi a zaokrouhlením nahoru na celé číslo.
 - (b) 200 MHz a více. Je nutné umísťování antény do více poloh, dle obrázku 79. Počet poloh antény (N) se určí dle následujícího postupu:
 - 1 Při zkouškách od 200 MHz do 1 GHz se umístí anténa v dostatečném počtu poloh tak, aby celková šířka každého krytu EUT a prvních 35 cm kabelů a vodičů tvořících rozhraní s krytem EUT byly uvnitř vyzařovacího úhlu antény ohraničeného poklesem o 3 dB.
 - 2 Při zkoušení na frekvenci 1 GHz a vyšší se umístí anténa v dostatečném počtu poloh tak, aby celková šířka každého krytu EUT a prvních 7 cm kabelů a vodičů tvořících rozhraní s krytem EUT byly uvnitř vyzařovacího úhlu antény ohraničeného poklesem o 3 dB.
 - (2) Umístění snímačů elektrického pole: Snímače jsou umístěny ve stejné vzdálenosti od vysílací antény jako EUT a rovinně hraniční hrany zkoušené sestavy nejbližší k anténě. Snímače se umístí přímo naproti vysílací anténě, jak je znázorněno na obrázcích 79 a 80, a minimálně 30 cm nad zemnicí rovinou pro frekvence ≤ 1 GHz. Pro frekvence nad 1 GHz se umístí snímače ve výšce odpovídající ozařované oblasti EUT. Snímače se neumísťují přímo na rohy nebo hrany částí EUT.

8.21.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

- a) Měřicí zařízení a EUT se zapnou a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.

- b) Zkušební prostor se vymezí z hlediska potenciálního ohrožení vyzařovanou vlnou energií a provedou se nezbytná předběžná opatření k zabezpečení bezpečnosti osob podílejících se na zkoušce.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) Zkouška se provede v požadovaném frekvenčním pásmu s vertikální polarizací vysílací antény:
 - (a) Na generátoru signálu se nastaví impulzní modulace 1 kHz se střídou 50 %. Ověří se, že modulace je současně na řídicím signálu každého generátoru signálu/modulátoru. Zajistí se, aby modulační frekvence, průběh vlny a hloubka modulace (minimálně 40 dB mezi špičkovou hodnotou a základní úrovní) byly správné. Pomocí vhodného zesilovače a vysílací antény se vytvoří elektrické pole pro počáteční zkušební frekvenci. Postupně se zvyšuje úroveň elektrického pole, dokud se nedosáhne požadovaná mezní hodnota.
 - (b) Prochází se požadované frekvenční rozsahy s rychlostí přeladování a dobou setrvání specifikovanou v tabulce 4. Udržují se požadované úrovně intenzity pole. Monitoruje se chování EUT z hlediska výskytu susceptibility.
 - (c) Zajistí se, aby snímač elektrického pole indikoval pole od základní frekvence a ne od harmonických.
 - (2) Pokud se projeví susceptibilita, určí se úroveň, při které se nežádoucí reakce již nevyskytuje, a ověří se, zda je vyšší, než požadovaná mezní hodnota.
 - (3) Zkouška na frekvencích vyšších než 30 MHz se provede také s vysílací anténou polarizovanou horizontálně.
 - (4) Krok 8.21.3.4 c) se opakuje pro každou polohu vysílací antény požadovanou v kroku 8.21.3.3 b).

8.21.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Vytvoří se graf nebo tabulka zkušebních frekvencí a příslušné intenzity pole.
- b) Uvedou se korekční faktory nezbytné pro převod výstupních údajů snímačů na odpovídající vrcholovou úroveň modulovaného průběhu.
- c) Vytvoří se grafy nebo tabulky prahových úrovní susceptibility, které byly určeny, spolu s příslušnými frekvencemi.
- d) Vytvoří se nákresy nebo fotografie zobrazující skutečnou zkušební sestavu a její rozměry.

8.21.4 Alternativní zkušební postup pro RS 103 – odrazová komora (laděné režimy)

Tento postup může nahradit postup uvedený v článku 8.21.3 ve frekvenčním pásmu od 200 MHz do 40 GHz. Počáteční frekvence zkoušky závisí na rozměrech komory. Pro danou komoru se frekvence určí pomocí následujícího vzorce tak, že se vypočítá množství možných módů (N) které mohou pro danou frekvenci existovat. Pokud

je pro určitou frekvenci N menší než 100, potom se komora nemůže pro tuto a nižší frekvenci použít.

$$N = \frac{8 \cdot \pi}{3} \cdot a \cdot b \cdot d \cdot \frac{f^3}{c^3}, \text{ kde}$$

- a, b, d jsou vnitřní rozměry komory v metrech,
 f je pracovní frekvence v Hz,
 c je rychlost šíření ($3 \cdot 10^8$ m/s).

8.21.4.1 Účel

Tato metoda se používá k ověření schopnosti EUT a připojovací kabeláže odolávat elektrickému poli.

8.21.4.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) generátory signálu,
- b) zesilovače výkonu,
- c) přijímací antény:
 - (1) 200 MHz – 1 GHz, logaritmicko-periodická anténa nebo hřebenová trychtýřová anténa,
 - (2) 1 GHz – 18 GHz, hřebenová trychtýřová anténa,
 - (3) 18 GHz – 40 GHz, jiné antény schválené zadavatelem,
- d) vysílací antény,
- e) snímače elektrického pole (fyzicky malé – elektricky krátké), každá osa samostatně,
- f) měřicí přijímač,
- g) měřič výkonu,
- h) směrový vazební člen,
- i) útlumový člen 50 Ω ,
- j) zařízení pro záznam dat,
- k) oddělovací síť LISN.

8.21.4.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující:

- a) EUT se nainstaluje v odrazové komoře dle obrázků 2 až 5 a článku 7.3.8. EUT musí být vzdáleno nejméně 1 m od stěn komory, od ladicího zařízení a od antén.
- b) Pro kalibraci elektrického pole od 200 MHz do 1 GHz se požadují snímače elektrického pole (8.21.4.2 e)). Nad 1 GHz se mohou použít buď snímače pole, nebo přijímací antény.
- c) Zkušební zařízení se uspořádá dle obrázků 81 a 82. Stejně uspořádání se použije pro kalibraci i pro zkoušky EUT. V komoře musí být při kalibraci

i při zkoušce EUT vysílací i přijímací antény, včetně zařízení pro snímání elektrického pole. Nepoužité antény se musí zakončit zátěží 50 Ω.

8.21.4.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

- a) Kalibrace: Následující postup se použije pro stanovení intenzity elektrického pole, které se vytvoří v komoře, pokud se do ní přivádí pevné množství vf energie.

(1) Postup pro přijímací antény (> 1 GHz):

- (a) Na zdroji vf signálu se nastaví výstupní úroveň (nemodulovaná) pro počáteční frekvenci zkoušky.
- (b) Měřicím přijímačem se změří úroveň na přijímací anténě.
- (c) Ladicí zařízení se otáčí postupně o 360 stupňů. Minimální počty kroků dle zkoušených frekvencí jsou uvedeny v tabulce 13. Ladicí zařízení musí zůstat v každé pozici po dobu, která odpovídá 1,5násobku doby odezvy měřicího přijímače.
- (d) Zaznamená se maximální amplituda přijímaného signálu a pro odvození kalibračního faktoru pro intenzitu vytvořeného pole v komoře se použije následující vzorec. (P_{r-max} a $P_{forward}$ [W] a λ [m]).

$$\text{Kalibrační faktor} = \frac{8 \cdot \pi}{\lambda} \cdot \sqrt{5 \cdot \left(\frac{P_{r-max}}{P_{forward}} \right)}, \text{ [V/m na 1 W].}$$

- (e) Postup se opakuje ve frekvenčních krocích ne větších než 2 % předchozí frekvence, dokud se nedosáhne 1,1násobku počáteční frekvence. Poté se pokračuje v krocích nejvýše 10 % předchozí frekvence.

(2) Postup pro snímače elektrického pole.

- (a) Zdroj vf signálu se nastaví tak, aby se injektovala přivedená ($P_{forward}$) úroveň výkonu (nemodulovaná) pro počáteční frekvenci zkoušky.
- (b) Ladicí zařízení se otáčí postupně o 360 stupňů. Minimální počty kroků v závislosti na frekvenci jsou uvedeny v tabulce 13. Ladicí zařízení musí zůstat v každé pozici po dobu, která odpovídá 1,5násobku doby odezvy měřicího přijímače.
- (c) Zaznamená se maximální amplituda přijímací antény (P_{r-max}) a každého prvku snímače a použije se následující vzorec, kterým se zjistí kalibrační faktor pro intenzitu pole vytvořeného uvnitř komory (odečet snímače je ve V/m a $P_{forward}$ ve W).

$$\text{Kalibrační faktor} = \sqrt{\frac{\left(\frac{E_{x-max} + E_{y-max} + E_{z-max}}{3} \right)^2}{P_{forward}}}, \text{ [V/m na 1 W].}$$

- (d) Postup se opakuje ve frekvenčních krocích ne větších než 2 % předchozí frekvence, dokud se nedosáhne 1,1násobku počáteční

frekvence. Poté se pokračuje v krocích nejvýše 10 % předchozí frekvence.

b) Zkouška EUT:

- (1) Měřicí přístroj se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- (2) Na zdroji signálu se nastaví impulzní modulace 1 kHz se střídou 50 %.
- (3) Vypočte se množství vf výkonu nutného pro vytvoření požadované intenzity pole stanovením rozdílu (v dB – rozdíly v dB jsou stejné pro intenzitu i výkon, závislost mezi intenzitou a výkonem je kvadratická) mezi požadovanou intenzitou pole a intenzitou zjištěnou při kalibraci. Na tuto hodnotu se nastaví vrcholová hodnota přivedeného výkonu v komoře. Mezi kalibračními body se provádí interpolace.
- (4) Měřicí přijímač se nastaví tak, aby zobrazoval signál přijímaný anténou. Tím se ověří přítomnost elektrického pole.
- (5) Ladicí zařízení se otáčí postupně o 360 stupňů. Minimální počty kroků v závislosti na frekvenci jsou uvedeny v tabulce 13. Ladicí zařízení musí zůstat v každé pozici po dobu, která odpovídá době (prodlevě) dle tabulky 4. Po celou dobu otáčení se udržuje budicí výkon tak, aby vyvolané úrovně pole dosahovaly požadované meze určené při kalibraci.
- (6) Požadovaný frekvenční rozsah se prochází ve shodě s tabulkou 4. Činnost EUT se sleduje z hlediska výskytu susceptibility.
- (7) Pokud se zaznamená susceptibilita, určí se dle článku 7.3.10.4.3 úroveň, na které se nežádoucí reakce již nevyskytuje.

8.21.4.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

- a) Vytvoří se graf nebo tabulka zkušebních frekvencí a příslušné intenzity pole.
- b) Vytvoří se graf nebo tabulka kalibračních údajů (pouze u metody s anténou) pro porovnání požadavků výstupních úrovní generátoru pro jednotlivé frekvence s výsledky kalibrace měřicího systému dle kroků 8.21.4.4 a) (1) (d) a 8.21.4.4 a) (2) (c).
- c) Uvedou se korekční faktory nezbytné pro převod výstupních údajů snímačů na odpovídající vrcholovou úroveň modulovaného průběhu.
- d) Vytvoří se grafy nebo tabulky prahových úrovní susceptibility, které byly určeny, spolu s příslušnými frekvencemi.
- e) Vytvoří se nákresy nebo fotografie zobrazující skutečnou zkušební sestavu a její rozměry.
- f) Uvedou se údaje, které potvrzují základní parametry stíněné komory jako správně fungující odrazové komory pro definovaný frekvenční rozsah.

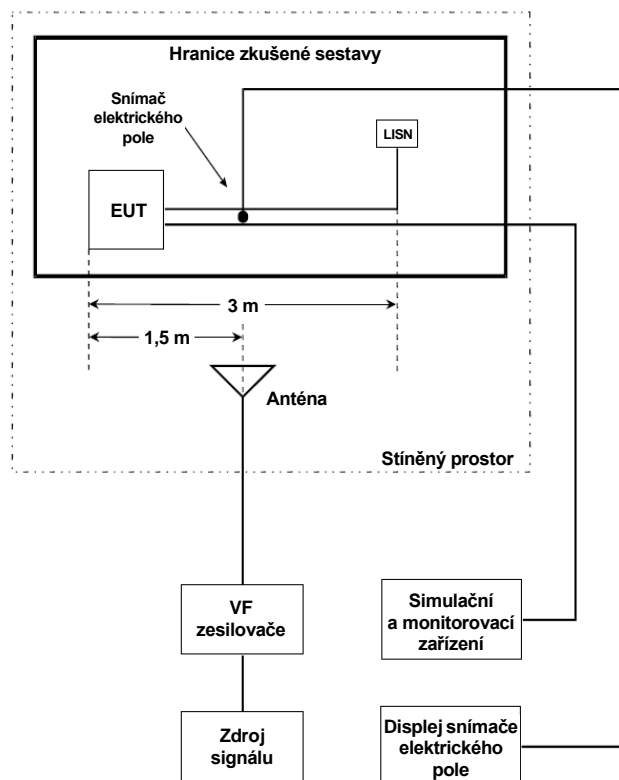
TABULKA 12 – Meze RS103

Mezní úroveň [V/m]									
Prostředky	LETADLA vnější nebo důležité z hlediska bezpečnosti	LETADLA vnitřní	VŠECHNY LODĚ na palubě + PONORKY vnější*	LODĚ kovové pod palubou	LODĚ nekovové pod palubou**	PONORKY	POZEMNÍ	KOSMICKÉ	Frekvenční rozsah
									2 kHz – 30 MHz
	N	200	200	200	10	50	5	10	20
	AF	200	20	–	–	–	–	10	20
30 MHz – 1 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	200	200	10	10	10	10	20
	AF	200	20	–	–	–	–	10	20
1 GHz – 18 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	200	200	10	10	10	50	20
	AF	200	60	–	–	–	–	50	20
18 MHz – 40 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	60	200	10	10	10	50	20
	AF	200	60	–	–	–	–	50	20

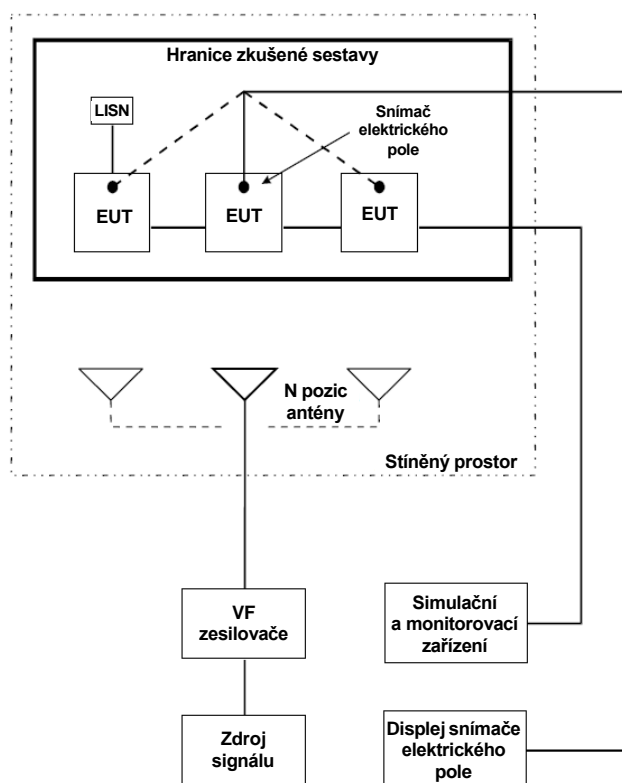
A – pozemní síly,
N – vojenské námořnictvo,
AF – vzdušné síly.
* Pro zařízení umístěná mimo trup ponorky, avšak uvnitř hlavní konstrukce, se použije sloupec LODĚ kovové pod palubou.
** Pro zařízení umístěné na hangárové palubě letadlových lodí

TABULKA 13 – Požadovaný počet pozic ladicího zařízení pro odrazovou komoru

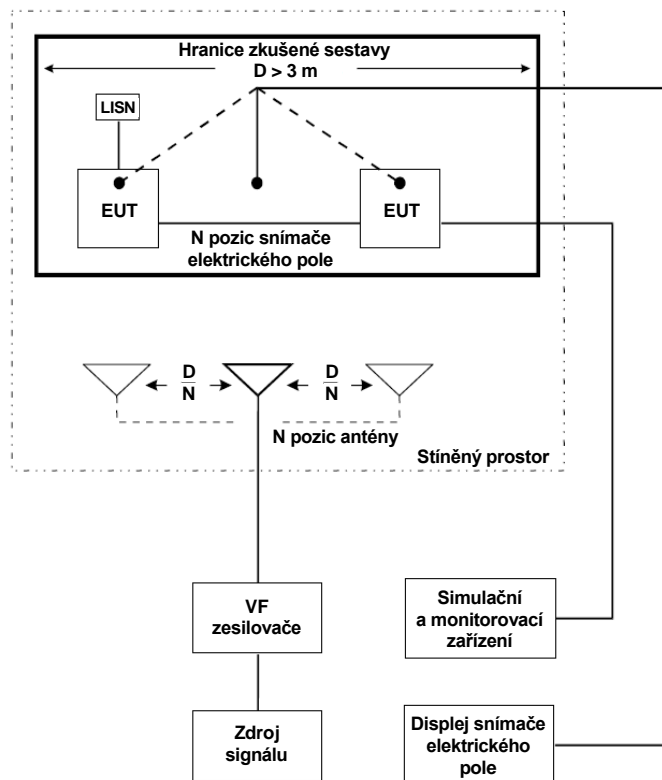
Frekvenční rozsah [MHz]	Počet poloh ladicího zařízení
200 – 300	50
300 – 400	20
400 – 600	16
nad 600	12



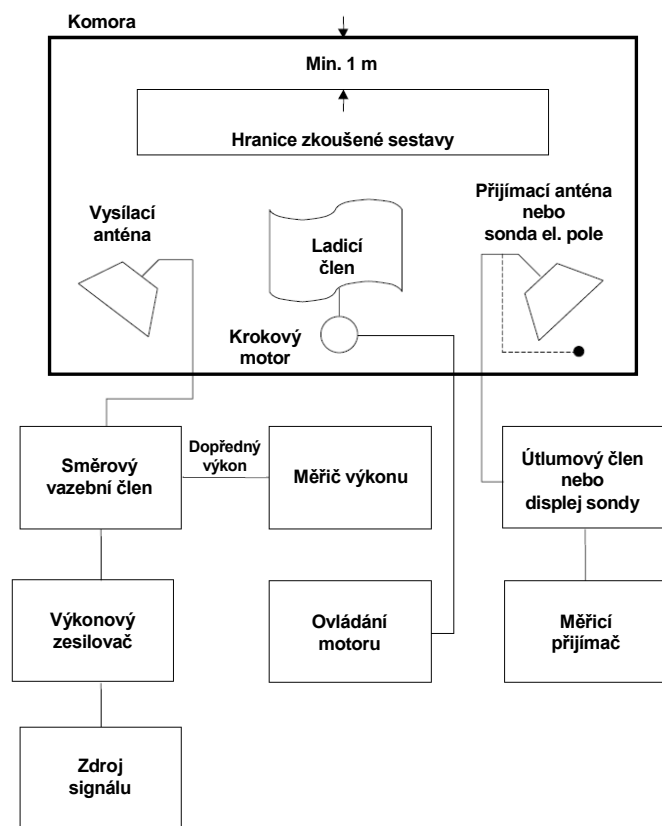
OBRÁZEK 78 – Uspořádání zkušebního zařízení (RS103)



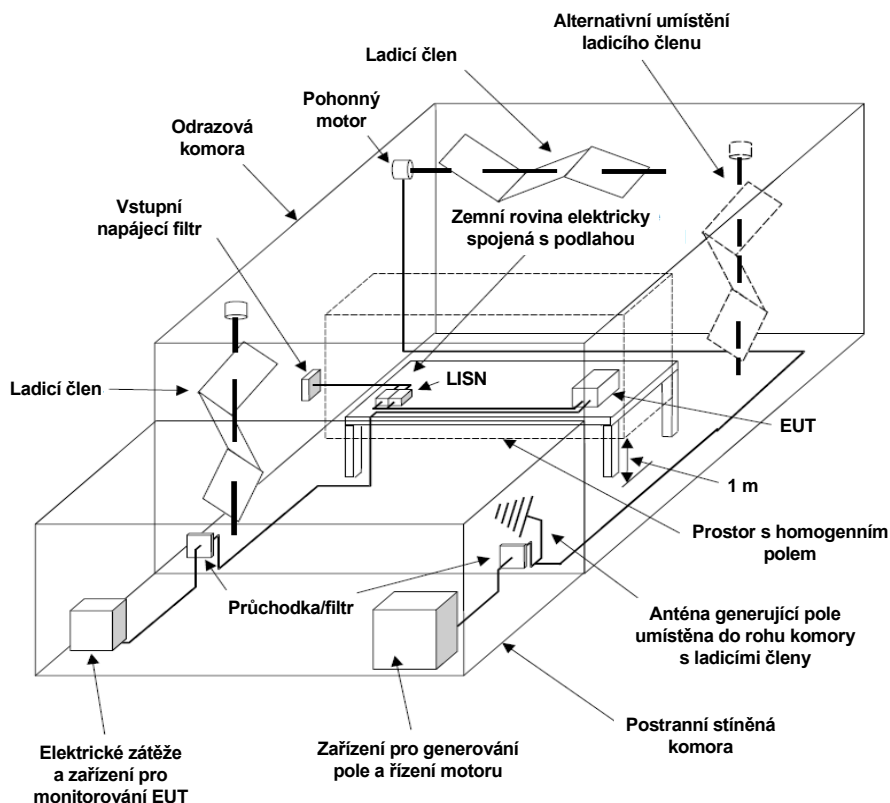
OBRÁZEK 79 – Mnohonásobná umístění zkušební antény pro frekvence > 200 MHz (RS103)



OBRÁZEK 80 – Mnohonásobné umístění zkušební antény pro N poloh, $D > 3\text{ m}$ (RS103)



OBRÁZEK 81 – Sestava v odrazové komoře (RS103)



OBRÁZEK 82 – Celkový pohled na odrazovou komoru (RS103)

8.22 RS105, susceptibilita na vyzařované emise, elektromagnetické pole přechodových jevů

8.22.1 Použitelnost RS105

Tento požadavek je použitelný na kryty zařízení a subsystémů, které jsou vystaveny elektromagnetickým jevům vnějšího prostředí. Pro hladinové lodě to zahrnuje vnější povrch, zařízení na palubě a vnějším vlivům vystavené podpalubní zařízení. Požadavek je použitelný pro letadla pozemních sil, pro zařízení důležitá z hlediska bezpečnosti nebo subsystémy umístěné ve vnějším prostředí.

8.22.2 Meze RS105

Při vystavení EUT zkušebnímu signálu s tvarem a amplitudou dle obrázku 83, nesmí zařízení vykazovat žádné poruchy, zhoršení funkce nebo odchylky od specifikovaných hodnot větší, než je uvedená tolerance ve specifikaci pro jednotlivé zařízení nebo subsystém. Musí se použít nejméně 5 impulzů s četností ne větší než 1 impulz za minutu.

8.22.3 Zkušební postupy pro RS105

8.22.3.1 Účel

Tato metoda se používá k ověření schopnosti krytů EUT odolávat přechodovým elektromagnetickým polím.

8.22.3.2 Zkušební zařízení

Provedení zkoušky vyžaduje následující zařízení:

- a) buňka s příčným elektromagnetickým polem (TEM cell), páskové paralelní vedení (parallel plate transmission line) nebo podobné,
- b) generátor přechodových jevů, monoimpulzní výstup, polarita plus a minus,
- c) paměťový osciloskop, minimální šířka pásma systému 700 MHz a proměnná rychlost vzorkování do 1 gigavzorku za sekundu (1 Gsa/s),
- d) ochranné obvody (TDS),
- e) vysokonapěťová sonda, šířka pásma minimálně 1 GHz,
- f) bodový snímač magnetické indukce (B-Dot snímač),
- g) bodový snímač elektrické indukce (D-Dot snímač),
- h) oddělovací sítě LISN,
- i) integrátor, časová konstanta desetkrát větší než celková šířka impulsu.

8.22.3.3 Provedení

Provedení zkoušky musí být následující (VÝSTRAHA: Při zkouškách s vyzařovanou energií věnujte pozornost bezpečnostním opatřením):

- a) Kalibrace: Zkušební zařízení se sestaví dle obrázku 84.
 - (1) Před instalací EUT se umístí snímače B-Dot a D-Dot do středu pětibodové mřížky ve vertikální rovině, kde bude umístěna přední strana EUT (viz obrázek 84).
 - (2) Vysokonapěťová sonda se umístí na vstup vyzařovacího systému v místě výstupu generátoru přechodového jevu. Sonda se připojí k paměťovému osciloskopu.
- b) Zkoušky EUT: Zkušební zařízení se uspořádá dle obrázku 85:
 - (1) EUT se umístí tak, aby přímka procházející jeho středem ležela na ose vyzařovacího systému. EUT přitom nesmí přesahovat vyzařovací úhel systému ($h/3$, $B/2$, $A/2$) / (x , y , z), jak je uvedeno na obrázku 85 (h je maximální vertikální vzdálenost rovin). Jestliže je EUT při skutečné instalaci umístěno na zemní ploše, musí se EUT umístit na zemní plochu vyzařovacího systému. EUT se musí připojit k zemní ploše způsobem, který se používá ve skutečné instalaci. Jinak se musí EUT oddělit dielektrickým materiálem, který vytváří minimální deformaci elektromagnetického pole.
 - (2) EUT se musí být orientovat tak, aby se simulovala co nejtěsnější vazba elektrického a/nebo magnetického pole. To může vyžadovat při zkoušce více než jednu orientaci.
 - (3) Kabele pro napájení a pro monitorování EUT se musí umístit tak, aby se do nich indukovalo co nejmenší napětí a proud. Kabeláž musí být orientována ve směru kolmice k vektoru elektrického pole a tak, aby se minimalizovala plocha smyček ve směru kolmice k vektoru magnetického pole. Kabele, které jsou umístěny mimo pracovní objem paralelních ploch, se musí instalovat kolmo k vektoru elektrického pole minimálně do vzdálenosti rovné dvojnásobku h .
 - (4) Dolní plochu vyzařovacího systému se připojí k referenční zemi.

- (5) Horní plocha vyzařovacího systému se umístí ve vzdálenosti nejméně $2h$ od nejbližších kovových konstrukcí (příčemž h je maximální vertikální vzdálenost oddělených ploch), za něž se považují kovové výztuže stropu, nosníky budov, kovová potrubí, kovové roury vzduchotechniky, stěny stíněné místnosti apod.
- (6) V případě použití volného zářiče se umístí skutečná nebo simulovaná zátěž EUT a signály pro elektrická rozhraní v elektricky stíněném prostoru.
- (7) K ochraně napájecího zdroje se zařadí v jeho blízkosti do napájecího vedení EUT ochranné prvky proti přechodovým jevům (TPD).
- (8) Generátor přechodového jevu se připojí k vyzařovacímu systému.

8.22.3.4 Zkušební postup

Zkušební postup musí být následující:

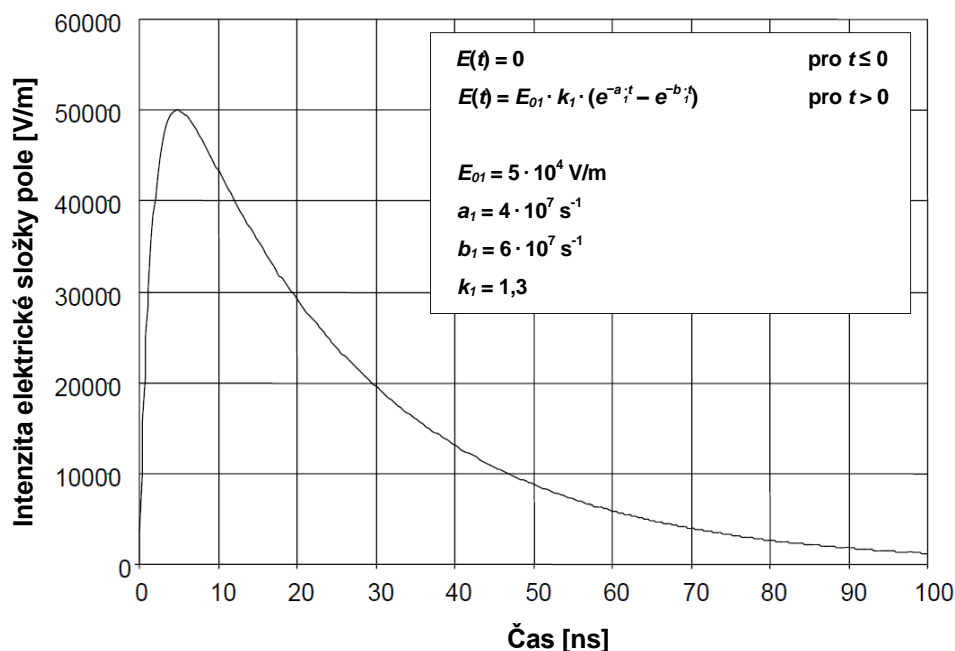
- a) Měřicí zařízení se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
- b) Kalibrace: Při použití kalibračního uspořádání se provede následující postup:
 - (1) Vygeneruje se takový přechodový jev (impulz) který vytvoří impulzní pole, které splňuje požadavky na vrcholovou hodnotu, dobu náběhu a dobu trvání impulzu (měřeno snímači B-Dot a D-Dot). VÝSTRAHA: Při zkoušce se používá vysoké napětí, které je životu nebezpečné. Zaznamená se tvar zkušebního impulzu osciloskopem.
 - (2) Tolerance a charakteristiky mezních zkušebních hodnot RS105 jsou následující:
 - (a) doba vzestupu (mezi 10 % a 90 %) od 1,8 ns do 2,8 ns (elektrické pole průběžně roste),
 - (b) doba sestupu na polovinu z maxima se rovná 23 ns \pm 5 ns,
 - (c) vrcholová hodnota elektrického nebo magnetického pole pro každé nastavení: 0 dB \leq amplituda \leq 6 dB nad mezní hodnotou.
 - (3) Kroky 8.22.3.4 b) (1) a 8.22.3.4 b) (2) se opakují pro všechny další zkušební body dle obrázku 84.
 - (4) Stanoví se nastavení impulzního generátoru a amplitudy impulzního průběhu, které zajišťují požadavky na intenzitu pole ve všech pěti bodech mřížky.
- c) Zkouška EUT:
 - (1) EUT se zapne a vyčká se odpovídající doba pro ustálení parametrů.
 - (2) Pokud je to možné, EUT se ověří v jeho ortogonálních orientacích.
 - (3) Úroveň amplitudy se nastaví na 10 % požadované hodnoty se specifikovaným průběhem v kroku 8.22.3.4 b) (4). Amplituda impulzu se zvyšuje ve dvou nebo třech krocích, dokud se nedosáhne požadovaná úroveň.
 - (4) Zkontroluje se, aby měl tvar impulzu požadované úrovně dle kroku 8.22.3.4 b) (2).

- (5) Použije se požadovaný počet impulzů s rychlostí ne větší než 1 impuls za minutu.
- (6) V průběhu a po každém impulsu se monitoruje EUT z hlediska susceptibility nebo zhoršení funkce.
- (7) Pokud se objeví porucha EUT při zkušební úrovni nižší, než je specifikovaná vrcholová hodnota, ukončí se zkouška a zaznamená se úroveň.
- (8) Pokud se zjistí susceptibilita, určí se dle článku 7.3.10.4.3 úroveň, při které se již nežádoucí reakce nevyskytuje.

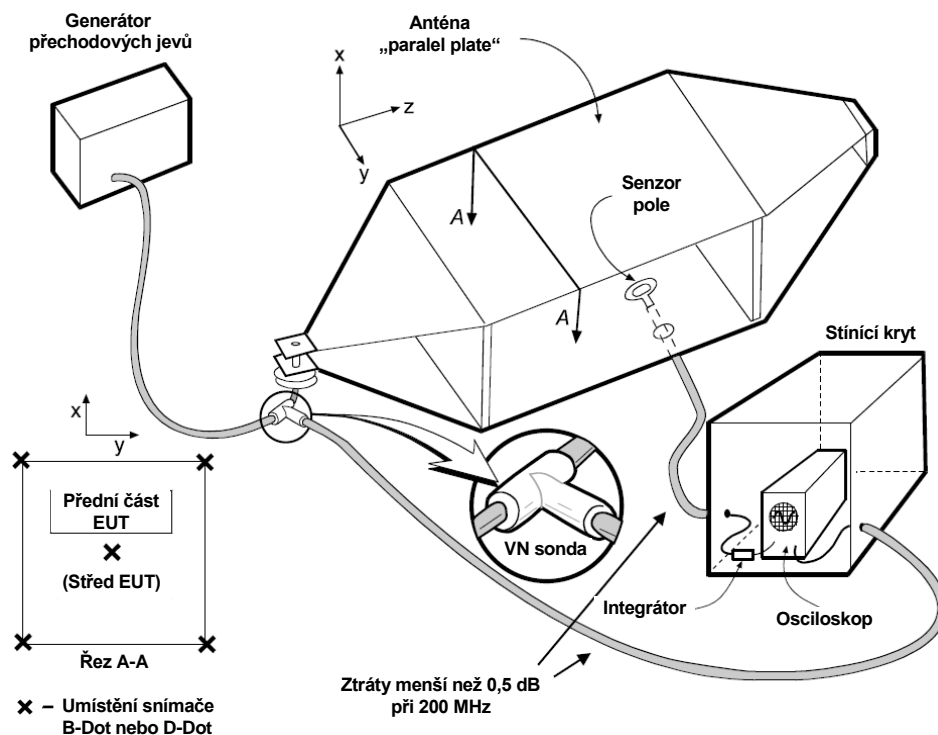
8.22.3.5 Prezentace výsledků

Prezentace výsledků musí být následující:

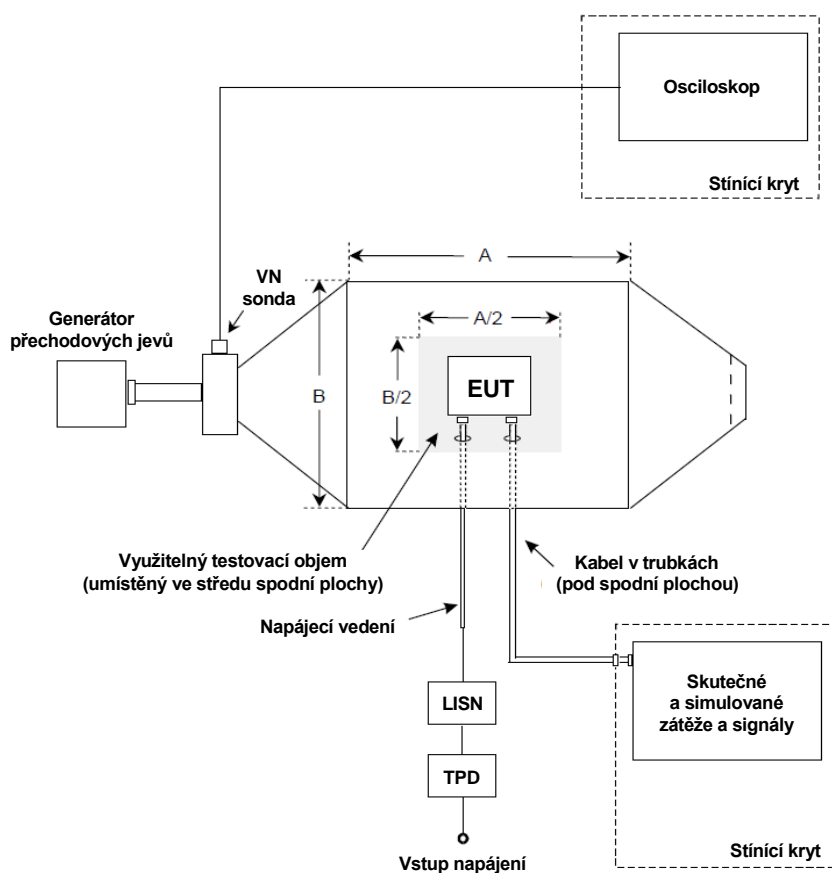
- a) Vytvoří se fotografie orientace EUT včetně kabelů.
- b) Vytvoří se podrobný písemný popis konfigurace EUT.
- c) Zaznamená se průběh každého použitého zkušebního přechodového jevu osciloskopem, který obsahuje vrcholovou hodnotu, vzestupnou hranu a šířku impulsu.
- d) Vytvoří se číslování impulzů, s prvním impulzem označeným číslo 1, pro každý zaznamenaný průběh.
- e) Pokud je to možné, pro každou poruchu EUT se zaznamená zotavovací doba.



OBRÁZEK 83 – Mezní hodnoty RS105 pro všechny aplikace



OBRÁZEK 84 – Typická kalibrační sestava používající vyzařovací systém s paralelními plochami (RS105)



OBRÁZEK 85 – Typická zkušební sestava používající vyzařovací systém s paralelními plochami (RS105)

9 Poznámky

Tato kapitola obsahuje všeobecné informace rozšiřujícího charakteru, které mohou být použitelné, ale nejsou závazné.

9.1 Předpokládané použití

Tento standard je určen pro použití v procesu nákupu zařízení nebo subsystémů k určení požadavků na elektromagnetické vyzařování a odolnost při kontrole EMI.

9.2 Požadavky na nákup

Požadavky musí uvádět název, číslo a datum použité normy.

9.3 Dokumenty nutné pro posouzení shody

Údaje, které jsou nutné pro posouzení shody s požadavky je možno získat z následujících dokumentů, které musí být součástí výrobní dokumentace:

EMICP	Electromagnetic interference control procedures	Řídící program ověřování elektromagnetické kompatibility
EMITP	Electromagnetic interference test procedures	Zkušební program ověřování elektromagnetické kompatibility
EMITR	Electromagnetic interference test report	Zkušební protokol elektromagnetické kompatibility

Kritéria, která jsou specifická pro danou aplikaci, se mohou získat provozní a vývojovou analýzou prostředku nebo subsystému. Pokud analýza ukáže, že požadavky tohoto standardu nejsou vhodné nebo odpovídající pro daný případ, musí se požadavky přizpůsobit a zahrnout do příslušné dokumentace. Příloha A tohoto standardu poskytuje návod k takové činnosti.

PŘÍLOHY

Aplikační příručka

OBSAH

	Strana
A.1	Předmět přílohy 130
A.2	Struktura přílohy 130
A.3	Související dokumenty..... 130
A.4	Všeobecné požadavky na provádění zkoušek 133
A.4.1	(7.1) Všeobecná ustanovení 133
A.4.2	(7.2) Všeobecné požadavky 134
A.4.2.1	(7.2.1) Společná opatření 134
A.4.2.2	(7.2.2) Filtrace (pouze námořnictvo) 134
A.4.2.3	(7.2.3) Vlastní kompatibilita..... 135
A.4.2.4	(7.2.4) Všeobecně dostupné položky (nevyvíjené položky) – NDI 135
A.4.2.5	(7.2.5) Vládou zajišťovaná zařízení 138
A.4.2.6	(7.2.6) Přechodové jevy způsobené spínáním..... 138
A.4.2.7	(7.2.7) Výměnné modulární zařízení..... 139
A.4.3	(7.3) Požadavky na ověřování 139
A.4.3.1	(7.3.1) Tolerance měření 141
A.4.3.2	(7.3.2) Stíněné prostory 142
A.4.3.3	(7.3.3) Jiná zkušební prostředí 143
A.4.3.4	(7.3.4) Elektromagnetické úrovně okolí 143
A.4.3.5	(7.3.5) Zemní plocha..... 144
A.4.3.6	(7.3.6) Impedance napájecího zdroje 146
A.4.3.7	(7.3.7) Všeobecná opatření souvisící se zkouškou..... 148
A.4.3.8	(7.3.8) Uspořádání EUT při zkoušce..... 151
A.4.3.9	(7.3.9) Provoz zkoušeného zařízení 157
A.4.3.10	(7.3.10) Použití měřicího zařízení 159
A.4.3.11	(7.3.11) Kalibrace měřicího zařízení a antén 176
A.5	Podrobné požadavky 177
A.5.1	(8.1) Všeobecná ustanovení 177
A.5.1.1	(8.1.1) Jednotky pro měření ve frekvenční oblasti 179
A.5.2	(8.2) Volba požadavků na EMI v závislosti na předpokládané instalaci..... 179
A.5.3	(8.3) Požadavky, mezní hodnoty a zkušební postupy pro měření emisí a susceptibility 180
A.5.4	(8.4) CE101, vedené emise, napájecí kabely, 30 Hz až 10 kHz 180
A.5.5	(8.5) CE102, vedené emise, napájecí kabely 183
A.5.6	(8.6) CE106, vedené emise, anténní vstup, 10 kHz až 40 GHz..... 187
A.5.7	(8.7) CS101, susceptibilita na vedené emise, napájecí vodiče 190
A.5.8	(8.8) CS103, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, intermodulace 192

A.5.9	(8.9) CS104, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, potlačení nežádoucích signálů.....	195
A.5.10	(8.10) CS105, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, křížová modulace.....	197
A.5.11	(8.11) CS109, susceptibilita na vedené emise, únikový proud.....	200
A.5.12	(8.12) CS114, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku	201
A.5.13	(8.13) CS115, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku, impulzní buzení.....	207
A.5.14	(8.14) CS116, susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče.....	210
A.5.15	(8.15) CS117, susceptibilita na vedené emise, přechodové jevy způsobené bleskem, kabely a napájecí vodiče	213
A.5.16	(8.16) CS118, elektrostatické výboje způsobené obsluhou	219
A.5.17	(8.17) RE101, vyzařované emise, magnetické pole.....	221
A.5.18	(8.18) RE102, vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 18 GHz	222
A.5.19	(8.19) RE103, vyzařované emise, rušivé a harmonické produkty na anténních výstupech 10 kHz až 40 GHz	227
A.5.20	(8.20) RS101, susceptibilita na vyzařované emise, magnetické pole	228
A.5.21	(8.21) RS103, susceptibilita na vyzařované emise, elektrické pole.....	230
A.5.22	(8.22) RS105, susceptibilita na vyzařované emise, elektromagnetické pole přechodových jevů	237

Příloha A
(informativní)

A.1 Předmět přílohy

Tato příloha poskytuje podrobnější informace pro každý požadavek v základní části standardu. Informace obsahují základní pravidla vztahující se k požadavkům na realizaci zkoušek, které jsou podstatné pro aplikaci požadavků. Informace by měla pomoci uživateli porozumět zámyslu požadavků zkoušek a přizpůsobit je ve zkušebním postupu v nezbytné míře pro zvláštní použití. Příloha je určena jako návod a neměla by se pokládat za dokument.

A.2 Struktura přílohy

Tato příloha má v kapitolách A.6 a A.7 podobné členění článků a kapitol jako základní část standardu. Všeobecné požadavky kapitoly 7 ze základní části se v této příloze (kapitola A.6) opakují. Články přílohy doplňují články hlavní části. Číslo článku v hlavní části je uvedeno v názvech článků přílohy v závorce. Nadpis „A.6.1 (7.1) Všeobecná ustanovení“ např. znamená, že článek A.6.1 doplňuje článek 7.1 v hlavní části. Pro každý požadavek je uvedena „Diskuse“. Požadavky kapitoly 8 se zde neopakují, ale uvádí se diskuse k článkům „Použitelnost a meze“ a „Zkušební postupy“.

A.3 Související dokumenty

Následující standardy, specifikace a příručky mají za účel podat doplňkové informace a nejsou uvedeny v hlavní části ČOS.

47 CFR 2	FREQUENCY ALLOCATIONS AND RADIO TREATY MATTERS; GENERAL RULES AND REGULATIONS Tabulka frekvencí a záležitosti rádiového spektra; Obecná pravidla a předpisy
47 CFR 15	RADIO FREQUENCY DEVICES Rádiová zařízení
47 CFR 18	INDUSTRIAL, SCIENTIFIC, AND MEDICAL EQUIPMENT Průmyslové, vědecké a zdravotnické vybavení
ADS-37A-PRF	ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTAL EFFECTS (E3) PERFORMANCE AND VERIFICATION REQUIREMENTS Elektromagnetické vlivy prostředí (E3). Požadavky na výkon a ověření
AFSC DH 1-4	AIR FORCE SYSTEMS COMMAND DESIGN HANDBOOK 1-4, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY Příručka pro návrh systémů řízení vzdušných sil, elektromagnetická kompatibilita
AIR6236	IN-HOUSE VERIFICATION OF EMI TEST EQUIPMENT Vlastní ověřování zkušebního zařízení EMI
AMCP 706-410	ENGINEERING DESIGN HANDBOOK, EMC Konstrukční příručka EMC
ČSN EN 61000-4-2 ed. 2	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-2: Zkušební a měřicí technika - Elektrostatický výboj – Zkouška odolnosti

ČSN EN 61000-4-21 ed. 2	Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-21: Zkušební a měřicí technika - Měřicí metody pro odrazové komory
ČSN EN ISO 10012	Systém managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení
DEF STAN 59-411: PART 3	ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY PART: 03 : TEST METHODS AND LIMITS FOR EQUIPMENT AND SUB SYSTEMS Elektromagnetická kompatibilita Část 3: Zkušební metody a meze pro zařízení a subsystémy
IEEE/ANSI C63.12	AMERICAN NATIONAL STANDARD RECOMMENDED PRACTICE FOR ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY LIMITS AND TEST LEVELS Americká národní norma, doporučené praktické postupy pro elektromagnetickou kompatibilitu, meze a zkušební úrovně
IEEE/ANSI C63.4	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR METHODS OF MEASUREMENT OF RADIO-NOISE EMISSIONS FROM LOW-VOLTAGE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN THE RANGE OF 9 KHZ TO 40 GHZ Americká národní norma pro elektromagnetickou kompatibilitu, vř šumové emise nízkonapěťových elektrických a elektronických zařízení ve frekvenčním rozsahu 9 kHz až 40 GHz, metody měření
ISO 10605:2008	ROAD VEHICLES – TEST METHODS FOR ELECTRICAL DISTURBANCES FROM ELECTROSTATIC DISCHARGE Silniční vozidla – Zkušební metody pro elektrické rušení způsobené elektrostatickým výbojem
MIL-HDBK-235-1	MILITARY OPERATIONAL ELEKTROMAGNETIC ENVIROMENT PROFILES PART 1D GENARAL QUIDANCE Vojenská provozní (pracovní) elektromagnetické prostředí – část 1D – Všeobecné pokyny
MIL-HDBK-237	GUIDANCE FOR CONTROLLING ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTAL EFFECTS AND SPECTRUM SUPPORTABILITY GUIDANCE FOR THE ACQUISITION PROCESS Návod pro přezkoušení vlivů elektromagnetického prostředí a přijatelnost spektra pro akviziční proces.
MIL-HDBK-423	HEMP PROTECTION FOR FIXED AND TRANSPORTABLE GROUND-BASED C4I FACILITIES Ochrana proti HEMP pro pevná a pohyblivá pozemní C4I zařízení

Příloha A
(informativní)

MIL-STD-188-125-1	HEMP PROTECTION FOR GROUND-BASED C4I FACILITIES PERFORMING CRITICAL, TIME-URGENT MISSIONS – PART 1 – FIXED FACILITIES Ochrana proti HEMP pro pozemní zařízení C4I provádějící důležité časově naléhavé úkoly – část 1 – pevná zařízení
MIL-STD-461D	REQUIREMENTS FOR THE CONTROL OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE EMISSIONS AND SUSCEPTIBILITY Požadavky na kontrolu elektromagnetické interference emisí a susceptibilitu
MIL-STD-461E MIL-STD-461F MIL-STD-461G	REQUIREMENTS FOR THE CONTROL OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE CHARACTERISTICS OF SUBSYSTEMS AND EQUIPMENT Požadavky na kontrolu charakteristik elektromagnetické interference subsystémů a zařízení
MIL-STD-462D	MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE CHARACTERISTICS Měření elektromagnetických interferenčních charakteristik
MIL-STD-464C	ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTAL EFFECTS, REQUIREMENTS FOR SYSTEMS Elektromagnetické účinky prostředí, požadavky na systémy
MIL-STD-704	AIRCRAFT ELECTRIC POWER CHARACTERISTICS Charakteristiky elektrických zdrojů letadel
MIL-STD-1275	CHARACTERISTIC OF 28 VOLT DC ELECTRICAL SYSTEMS IN MILITARY VEHICLES Charakteristiky elektrických stejnosměrných napájecích systémů 28 V ve vojenských vozidlech
MIL-STD-1399, SECTION 300, PART 1	LOW VOLTAGE ELECTRIC POWER, ALTERNATING CURRENT Elektrické napájení nízkého napětí, střídavý proud
MIL-STD-1399 (SECTION 300) PART 2	MEDIUM VOLTAGE ELECTRIC POWER, ALTERNATING CURRENT Elektrické napájení středního napětí, střídavý proud
MIL-STD-1539	ELECTRIC POWER, DIRECT CURRENT, SPACE VEHICLE DESIGN REQUIREMENT Elektrické napájení, stejnosměrný proud, požadavky na vesmírná vozidla
NFPA 70	NATIONAL ELECTRICAL CODE (DOD ADOPTED) Národní elektrotechnické kódy
RTCA/DO-160 D	ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT Podmínky prostředí a zkušební postupy pro palubní zařízení

SAE ARP1972	RECOMMENDED MEASUREMENT PRACTICES AND PROCEDURES FOR EMC TESTING Doporučené praktické postupy při měření EMC
SAE ARP5412	(R) AIRCRAFT LIGHTNING ENVIRONMENT AND RELATED TEST WAVEFORMS (R) Blesk – prostředí letadla a související zkušební postupy
SAE ARP5414	AIRCRAFT LIGHTNING ZONE Oblast letadla ohrožená bleskem
SAE ARP5415	USER'S MANUAL FOR CERTIFICATION OF AIRCRAFT ELECTRICAL/ELECTRONIC SYSTEMS FOR THE INDIRECT EFFECTS OF LIGHTNING Uživatelská příručka pro certifikaci elektrických/elektronických systémů letadel pro nepřímé účinky blesku
SAE ARP5416	AIRCRAFT LIGHTNING TEST METHODS Metody zkoušení letadel bleskem
Technical Note 1092	DESIGN, EVALUATION, AND USE OF A REVERBERATION CHAMBER FOR PERFORMING ELECTROMAGNETIC SUSCEPTIBILITY/VULNERABILITY MEASUREMENTS Návrh, hodnocení a použití odrazové komory pro měření elektromagnetické susceptibility/zranitelnosti
Technical Note 1508	EVALUATION OF THE NASA LANGLEY RESEARCH CENTER MODE-STIRRED CHAMBER FACILITY Vyhodnocení režimu odrazové komory – NASA výzkumné centrum NTIA MANUAL OF REGULATIONS AND PROCEDURES FOR FEDERAL RADIO FREQUENCY MANAGEMENT (REDBOOK) NTIA Příručka předpisů a postupů Federální správy rádiových frekvencí (červená kniha)

A.4 Všeobecné požadavky na provádění zkoušek

A.4.1 (7.1) Všeobecná ustanovení

Elektronická, elektrická a elektromechanická zařízení a subsystémy musí být ve shodě s všeobecnými požadavky dle článku 7.2. Všeobecné požadavky zkoušek musí být ve shodě s článkem 7.3. Tyto všeobecné požadavky jsou více zkonkretizovány podrobnými požadavky na emise a susceptibilitu v kapitole 8.

Diskuse: Požadavky zde uvedené jsou obecně použitelné pro všechny subsystémy a zařízení. V ostatních částech tohoto standardu jsou samostatně uvedeny požadavky na emise a susceptibilitu vyjadřující samostatně specifické podmínky souvisící s různými třídami zařízení a subsystémů.

Tento dokument se zaměřuje pouze na specifikaci technických požadavků pro ověřování emisí a susceptibilitu v oblasti EMI na úrovni subsystémů a zařízení. Nepředpokládá se, že požadavky uvedené v tomto dokumentu se budou používat přímo při instalaci zařízení, např. v modulech nebo částech obvodů. Základní koncepce

Příloha A

(informativní)

mohou být implementovány na úrovni dílčích bloků, avšak musí se provést důkladné upřesnění požadavků z hlediska specifické aplikace. Požadavky zde zahrnuté se zamýšlejí jako základní linie. Uplatnění mezí je založeno na demonstraci provedení typicky požadovaného pro použití na existujících platformách tak, aby bylo dosaženo elektromagnetické kompatibility (EMC). Systém úrovní týkající se integrace subsystémů a zařízení je obsažen v dokumentech jako MIL-STD-464, MIL-STD-188-125 a MIL-STD 3023. Požadavky MIL-STD-464 zahrnují intrasystémovou kompatibilitu uvnitř systému, intersystémovou kompatibilitu s vnějšími vysokofrekvenčními poli, ochranu proti blesku a ohrožení výzbroje, paliva a osob elektromagnetickým zářením. Akviziční orgány a dodavatelé systémů musí mít přehled o zde obsažených požadavcích k upřesnění požadavků založených na konstrukci systému a očekávaném operačním použití.

Kvalifikační status zařízení nebo subsystému se stane nejistým, když se do hardware a software zanášejí změny vyvolané modernizací nebo poruchami při zkoušce, včetně poruch při zkouškách jiných požadavků, než jsou požadavky EMC. Aby se udržela při těchto zásazích jistota certifikace dle tohoto standardu, je nutno buď provést analýzu dokazující, že změny jsou z hlediska shody nepodstatné, nebo se musí demonstrovat vhodně vybranými zkouškami hodnocení změn. Postup použitý pro udržení certifikátu musí schválit příslušný zabezpečovací orgán.

A.4.2 (7.2) Všeobecné požadavky**A.4.2.1 (7.2.1) Společná opatření**

Zařízení a subsystémy zabezpečované jednou složkou pro více uživatelů musí vyhovovat požadavkům všech uživatelů.

Diskuse: *Když vláda zabezpečuje zařízení tak, že jej bude používat více než jedna složka nebo uživatel, dílčí aplikátor má odpovědnost jako aplikátor pro všechna použití. Odpovědný zabezpečovací orgán musí brát v úvahu zájmy všech uživatelů. Mezi dotýcnými součástmi mohou existovat rozpory. Také zadání více přísných navrhovaných požadavků na jedné straně může nepříznivě ovlivnit plnění požadovaných parametrů na straně druhé. Například vysoké úrovně zkušebních signálů při zkouškách susceptibility optoelektronického snímače mohou vyžadovat ochranu štěrbinou stínicí vrstvou, která způsobuje snížení susceptibility snímače. Je proto důležité, aby se tyto problémy vyřešily ke spokojenosti všech stran a tak se zajistily všechny oprávněné požadavky.*

A.4.2.2 (7.2.2) Filtrace (pouze námořnictvo)

Použití filtrů pro omezení EMI se musí minimalizovat, neboť vytváří nízkoimpedanční cesty pro nesymetrické (common mode) proudy přes zemní plochu. Mohou být hlavní příčinou interference v systémech, neboť proudy se mohou vázat s jinými zařízeními, která jsou připojena na stejnou zemní plochu. Pokud se musí filtr použít, pak kapacita mezi každým vodičem a zemí nesmí přesahovat hodnotu 0,1 μF pro 60 Hz nebo 0,02 μF pro 400 Hz. Pro ponorky a letadla při stejnosměrném napájení zařízení nesmí žádná kapacita mezi vodičem a zemí přesáhnout 0,075 μF na 1 kW připojené zátěže. Pro zátěže menší než 0,5 kW nesmí kapacita filtru přesáhnout hodnotu 0,03 μF . Provedení filtru se musí popsat v technické dokumentaci a EMICP (viz článek 9.3).

Diskuse: *Napájecí systémy pro námořní lodě a ponorky jsou uzemněny. Kapacitní reaktance síťových filtrů vůči zemi určuje cestu pro vodivý proud do konstrukce trupu (lodi). Námořnictvo používá velmi citlivé nízkofrekvenční a ultrazvukové přijímače. Na nízkých frekvencích pronikají proudy, které tečou přes montážní konstrukce a přes*

povrchy elektronických krytů dovnitř přes stínění. Magnetická pole vzniklá vlivem těchto proudů mohou vytvořit vazby mezi elektrickými obvody a zhoršit jejich parametry. Na vyšších frekvencích (vyšších než 100 kHz) kombinace síťového filtru (omezení kapacitní reaktance filtru vůči zemi), stínicího krytu (skinefekt) a snížení harmonických proudů vytváří předpoklady k minimalizaci problémů spojených s proudy procházejícími konstrukcí.

Tento požadavek je použit pro omezení celkové kapacity mezi vodiči a zemní plochou u neuzemněné elektrické sítě pro plnění obvodu detekce poruch zemního spojení a pro omezení proudů do konstrukce trupu (lodi) a napětí mezi vodiči a zemí. Nadměrná kapacita vedení vůči zemi může znecitlivět detektory zemního spojení a v některých případech může způsobit chybné indikace zemního spojení. Nevyváženost kapacit vedení může vést k nežádoucím proudům do konstrukce trupu (lodi) a v případě vzniku rezonančního obvodu L-C v kombinaci s indukčnostmi z motorů, transformátorů a kabeláží, může dojít nežádoucímu přepětí. Tento požadavek je použitelný pro všechna vedení s kapacitou proti zemi, pokud nejsou izolována transformátorem od primárního napájení.

A.4.2.3 (7.2.3) Vlastní kompatibilita

Funkční chování zařízení nebo subsystému nesmí být degradováno nebo se nesmí vyskytnout porucha v případě, že všechny jednotky a obvody zařízení nebo subsystému pracují současně na předepsaných úrovních použití nebo v rámci navržených možností.

Diskuse: Řízení EMI, které je předmětem tohoto standardu, se vztahuje k úrovním subsystémů s cílem zajištění slučitelnosti v případě záměru použít subsystémy v rámci jednoho systému. V tomto smyslu se může systém považovat za integraci různých bloků, desek s plošnými spoji a elektronických skříní. Přestože se mohou uplatňovat specifické požadavky na řízení rušivých charakteristik jednotlivých položek, tento standard se zabývá pouze celkovými charakteristikami subsystémů po integraci. Proto samotný subsystém musí vykazovat kompatibilitu mezi svými různými dílčími částmi a bloky.

A.4.2.4 (7.2.4) Všeobecně dostupné položky (nevyvíjené položky) – NDI

Ve shodě s návodem vydaným ministerstvem obrany, se musí u NDI položek dodržet požadavky tohoto standardu, jestliže se položky používají a funkčně vyhovují požadavkům na zamýšlenou instalaci nebo platformu.

Diskuse: Všeobecně dostupné položky jsou libovolná již vyvinutá zařízení připravená k použití, mohou to být společné obchodní a vojenské položky. MO stanoví výklad otázek EMC vztahujících se k použití všeobecně dostupných položek. Dále stanoví podmínky pro vlastní funkci v prostředí a kompatibility s existujícím pracovním zařízením. Dokument obsahuje upozornění, že přijetí v obchodní fázi neznamená splnění požadavků EMC, že změny vyvolané požadavky EMC mohou být drahé a časově náročné a že EMC problémy mohou být příčinou potenciálních poruch. MO stanoví množinu EMC požadavků, které se musí řešit, a které údaje se musí získat při průzkumu trhu za účelem provedení analýzy pro stanovení vhodnosti NDI (všeobecně dostupných položek). V případě, že jsou údaje nedostatečné, je nutné provést zkoušky. Pro výběr různých výrobců se doporučuje konzultační centrum EMC.

Je běžné, že MO používá komerčně dostupná lékařská zařízení umístěná na palubě evakuačních lékařských letadel. Tato zařízení se musí podrobit vyhodnocení vhodnosti,

Příloha A

(informativní)

kteří umožňuje určit charakteristiky prostředí a EMI zařízení úřadem pro letectví. Základní metoda se vytvořila pro hodnocení EMI pro použití v pozemních a vzdušných silách, jak je uvedeno dále. Při nákupu se nevyžaduje smluvní shoda s tímto standardem. Hodnocení se provádí dle zkoušek CE102, CS101, CS114, CS115, CS116, RE102 a RE103 pro výše zmíněné armádní složky a pro pozemní síly navíc ještě CE101. Skutečnost, zda se napájení provádí z palubní sítě nebo vlastních baterií a na typech elektrických rozhraní, pokud zařízení nějaké obsahuje, ovlivňuje, zda jsou zkoušky CE101, CE102, CS101, CS114, CS115 a CS116 nutné. Pokud ano, pak se pro všechna zařízení v případě zkoušky CS114 používá křivka 3 a v případě RS103 se použije požadavek 20 V/m ve frekvenčním pásmu 2 MHz až 1 000 MHz a 60 V/m ve frekvenčním pásmu 1 GHz až 18 GHz. Prahové hodnoty reakce se vztahují k těmto úrovním a ostatním vyhodnocením susceptibility. V případě hodnocení některých vrtulníků pozemních sil se používá pro zkoušku CS114 křivka 5 a 200 V/m v případě zkoušky RS103. I když výsledky se posuzují za použití analýzy rizik s ohledem na bezpečnost pacienta, neočekává se absolutní funkce a často se nehodnotí v celém použitém frekvenčním pásmu. Vyhledávání prahových hodnot se na těchto úrovních neprovádí, pouze se zapisují výsledky. Používá se také impulzní modulace 1 kHz se střídou 50 % uvedená v tomto standardu. Jiný typ modulace, někdy používané pro letectvo pozemních sil, se v tomto případě nepoužívá.

Protože lékařská zařízení často ne úplně vyhovují požadavkům, technické posouzení výsledků určuje, zda je možno zařízení použít bez rizika ohrožení letadla nebo s přehnanou opatrností vůči pacientovi. Posouzení úrovní pro letadla se někdy používá pro doplnění výsledků EMI. Pozemní síly např. běžně posuzují spojení mezi leteckými anténami na vrtulnicích pro určení, zda se emise naměřené při zkoušce RE102, které překračují meze, zhoršují vlivem přijímačů.

A.4.2.4.1 (7.2.4.1) Komerční položky (CI)

Diskuse: Použití zařízení komerčního charakteru vyvolává dilema mezi potřebou řízení EMI implementací vhodných konstrukčních opatření a přáním použít výhody již existujících návrhů, které mohou vykazovat nežádoucí vlastnosti EMI. Články 7.2.4.1.1 a 7.2.4.1.2 ukazují specifické požadavky pro dva samostatné případy volby dodavatele oproti specifikacím komerčního zařízení dle zabezpečovací organizace.

Pro některé aplikace vyvinutých obchodních produktů, jako je např. komerční přepravní letadlo, jsou EMI požadavky podobné těm, které jsou obvykle obsaženy ve standardu pro daný výrobek. Požaduje se, aby většina komerčních leteckých zařízení splňovala požadavky standardu RTCA DO-160 nebo ekvivalentní národní dokument. Nynější revize v RTCA DO-160 dělají tento dokument více slučitelný s tímto standardem. Zařízení spadající do skupin „C“ a pozdější dle RTCA DO-160 jsou často vhodná pro vojenské letecké aplikace. Nicméně musí být prokázáno, že zařízení splňuje příslušné požadavky.

EMI požadavky na většinu obchodních zařízení jsou různorodější a častokrát neexistují. Český telekomunikační úřad (ČTU) je odpovědný za regulaci provozu bezdrátových zařízení bez licencí v obchodním a obytném prostředí za účelem kontroly rušení rádiového příjmu. Požadavky jsou obsaženy ve všeobecných oprávněních pro jednotlivé typy zařízení.

Tyto požadavky jsou typicky méně náročné než vojenské požadavky na podobná zařízení. Také je těžší srovnání úrovní mezi komerčními a vojenskými zkouškami způsobené rozdíly v měřicí vzdálenosti, typech antén a podmínkách blízkého pole.

Komerční společnosti směřují ke standardům odolnosti. Základ pro řízení odolnosti je zdokumentován v IEEE/ANSI C63.12 a je také v mezinárodních aktivitách. Evropská unie soustavně zavádí povinné standardy a Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) soustavně realizuje normotvornou činnost. Všechny normy EU se přebírají do legislativy ČR jako ČSN EN.

A.4.2.4.1.1 (7.2.4.1.1) Výběr dodavatelem

Pokud se prokáže, že komerční položky vybrané dodavatelem způsobují poruchy zařízení nebo subsystému při smluvních požadavcích EMI, musí se komerční zařízení buď modifikovat, nahradit, nebo se musí potlačit jeho emise tak, aby zařízení nebo subsystém vyhověl smluvním požadavkům na EMI.

***Diskuse:** Zákaznická smluvní strana je zodpovědná za dodržování požadavků EMI bez ohledu na výběr komerčního nakupovaného zařízení. Dodavatel může požadovat vybrané komerční položky, u kterých se prokazují v případě potřeby požadované parametry.*

A.4.2.4.1.2 (7.2.4.1.2) Výběr pověřeným orgánem

Pokud se prokáže, že komerční zařízení specifikované pověřeným orgánem je příliš náchylné vůči poruchám pro použité zařízení nebo subsystém z hlediska požadavků EMI, pak se údaje prokazující takové poruchy musí zahrnout do protokolu (viz článek 9.3). Žádná úprava nebo náhrada se nesmí provádět bez schválení pověřeným orgánem.

***Diskuse:** Pověřený orgán nese odpovědnost za parametry EMI komerčních položek v případě, kdy vymezuje jejich použití jako části subsystému nebo zařízení. Pověřený orgán řeší rozpor mezi potenciálními systémovými problémy a přínosem při použití nemodifikovaného komerčního zařízení. Když se ukáže, že je nezbytná modifikace, je třeba realizovat specifický způsob kontraktu cestou pověřeného orgánu.*

A.4.2.4.2 (7.2.4.2) Nákup zařízení nebo subsystémů s jinými požadavky na EMI

Musí se nakupovat pouze taková zařízení nebo subsystémy, která jsou elektricky nebo mechanicky identická se specifikacemi ministerstva obrany nebo jiné příslušné agentury z hlediska požadavků na EMI a odpovídajících mezí. Tyto požadavky jsou stanoveny v projektech a nesmí se měnit, pokud to neschválí příslušná agentura.

***Diskuse:** Vláda obvykle očekává takový proces kontroly jakosti, který zajistí kvalifikované posouzení výrobního procesu zařízení a subsystému z hlediska splnění finálních požadavků EMI. Tento standard odráží nejvíce používaná specifikovaná prostředí a odpovídající okolnosti. Protože původní požadavky na EMI se mohou podstatně lišit od požadavků tohoto standardu, nemusí být vhodné z hlediska aktuální instalace. Tento případ nastává nejčastěji při zkouškách susceptibility na okolní elektromagnetické pole. Pověřený orgán musí vzít v úvahu souhrn dodatečných požadavků na dodavatele, které zajišťují odpovídající ohodnocení předmětu.*

Zkoušky výrobků mají prokázat, zda nedošlo ke zhoršení chování zařízení oproti předpokladům v průběhu vývoje. Jednou oblastí problému jsou změny technologie realizované pro usnadnění výroby, které nejsou dostatečně prověřené z hlediska vlivů na EMI. Specifické problémy se obvykle týkají realizace kabeláže, stínění, uzemnění, spojování a záměny zastaralých částí novými typy.

Příloha A
(informativní)

A.4.2.5 (7.2.5) Vládou zajišťovaná zařízení

Pokud objednatel prokáže, že vládou zajišťovaná zařízení jsou náchylná na poruchy v prostředí specifikovaném pro EMI ve smlouvě, pak data prokazující takový nedostatek musí být uvedena v protokolu (viz článek 9.3). Žádná modifikace se nesmí provádět bez autorizace pověřeným orgánem.

Diskuse: *V případě vládou zajišťovaného zařízení se postupuje stejně jako v případě obchodních položek specifikovaných pověřeným orgánem.*

A.4.2.6 (7.2.6) Přejímové jevy způsobené spínáním

Interference v důsledku přechodových jevů vznikající při ručním spínání je vyjmuta z požadavků tohoto standardu. Jiné typy přechodových jevů, např. automatická posloupnost spínacích funkcí spouštěná ručně, musí požadavkům tohoto standardu na emise vyhovovat.

Diskuse: *Jevy, které vznikají v důsledku ručního spínání různých zátěží, jsou poměrně dlouho známé stejně jako problémy, které způsobují. Zkušenosti ukazují, že spínání elektronických zařízení pouze výjimečně způsobuje problémy z hlediska požadavků na EMC. Proto na tomto základě nejsou požadavky ve standardu zahrnuty. Zapínání a vypínání techniky (přepínání) si pozornost zasluhuje. Občas způsobí řadu problémů při napájení. Tyto problémy jsou spojeny s regulací napětí, zejména při spínání velkých zátěží připojených na napájecí sběrnici. Avšak parametry kvality napájení nejsou předmětem tohoto standardu.*

Problémy na platformách lze také pozorovat při spínání zátěží, které normálně nespádají do oblastí požadavků na EMI, jsou to např. neošetřené prvky (elektronky, relé, atd.), motory a odporové zátěže s velkými proudy. Tyto problémy se vztahují k vazbám přechodových jevů do kabeláže a vodičů cestou elektrických a magnetických polí více než přímou galvanickou vazbou. Na ochranu proti působení přechodových dějů jsou ve standardu uvedeny zásadní požadavky. Toto tvrzení vede k závěrům, že indukční obvody a jiné prvky produkující přechodové jevy se musí ošetřit dle běžných konstrukčních zvyklostí. Například někteří dodavatelé celků pravidelně požadují, aby subdodavatelé realizovali na induktorech diodové potlačení přechodových jevů.

V dřívějších vydáních standardů o EMI se ručně ovládané funkce měřily s využíváním techniky ve frekvenční oblasti. Ačkoliv měřené úrovně vyzařovaných emisí byly často od 40 dB do 70 dB nad mezními hodnotami, nepozorovaly se žádné problémy. Od tohoto způsobu se v pozdějších verzích upustilo ve prospěch požadavků na měření v časové oblasti, viz např. požadavky na napájecí vodiče (metoda CE07). S výjimkou některých zvláštních podmínek, spojených s funkcemi zapínání a vypínání, má zařízení zřídka problémy se splněním požadavků. Zkoušky funkcí zapínání a vypínání se často rozporovaly kvůli potřebě sepnout zařízení vnějším spínačem. Mnoho otázek vzniká v oblasti měření v místě instalace spínače, když se má rozhodnout, zda přechodový děj vyvolává spínač nebo spínané zařízení a zda může být spínač ošetřen obvodem pro potlačení přechodového jevu.

Výjimkou jsou přechodové jevy, které nastanou pouze v okamžiku ručního sepnutí. Mnoho dalších typů přechodových jevů vzniká během funkce elektronických zařízení. Příkladem může být působení mikroprocesorem řízených elektronických zařízení produkujících nepřetržité přechodové jevy při každé změně stavu. Existují určité přechodové jevy, které vznikají nepravidelně, a proto se mohou odpovědnému orgánu

prezentovat jako jevy podobné činnosti ručního sepnutí, pro které platí výjimka. Například vytápěcí obvod, jehož funkce je závislá na nepravidelných změnách teploty.

Některé další dokumenty požadují regulaci úrovní přechodových jevů na úrovni systému.

A.4.2.7 (7.2.7) Výměnné modulární zařízení

Požadavky této normy jsou použitelné pro jednotky výměnné na úrovni obchodu, výrobní linky nebo integrovaného stojanu. Pokud dojde k výměně modulu na výše uvedených úrovních, požadují se dodatečné zkoušky a hodnocení, které musí být schváleny odpovědným orgánem.

Diskuse: *Různá zařízení se stejným tvarem, účelem a funkcemi mohou mít různé vlastnosti z hlediska EMI a mají tedy vliv na možnost výměny. Na výrobě mnoha subsystémů a zařízení se navíc podílí více než jeden výrobce. Mnozí výrobci mají své zvyklosti např. při umísťování filtrů na základové desce nebo modulu, návrhu desek plošných spojů/rozložení součástek, kompatibility vstupních/výstupních konektorů pro vysoké frekvence, tolerance součástek, umístění desek atd., které ovlivňují elektromagnetickou kompatibilitu zařízení. Vyžadují se tedy zkoušky všech možných uspořádání nebo podrobná analýza změn uspořádání.*

A.4.3 (7.3) Požadavky na ověřování

Pro určení shody s použitými požadavky emisí a susceptibilitu dle tohoto standardu se musí splnit všeobecné požadavky týkající se zkušebních postupů, zkušebních míst a zařízení spolu s podrobnými zkušebními postupy uvedenými v kapitole 8. Jakékoli odchylky a výjimky povolené zabezpečovací složkou se musí dokumentovat v příslušném seznamu zkušebních postupů EMI (EMITP), např. v článku týkajícím se zkušebního plánu (viz článek 9.3). Kdykoli je to možné, musí se zařízení, které je určeno pro funkci subsystému, zkoušet jako takové dle aplikovatelných požadavků na emise a susceptibilitu. Úředně formalizované zkoušky nesmí začít bez schválení zkušebních postupů (EMITP) příslušným kompetentním velitelským nebo úředním stupněm. Údaje shromážděné jako výsledek prováděných zkoušek v jedné elektromagnetické disciplíně mohou být dostatečné pro splnění požadavků v jiné disciplíně. Aby se předešlo zbytečným duplicitám, musí se vytvořit jeden program se zkouškami obdobných požadavků prováděnými souběžně, kdykoliv je to možné.

Diskuse: *Tato část dokumentu stanoví všeobecné požadavky, které lze použít při zkouškách jednotlivých požadavků na emise a susceptibilitu. Dále specifikuje požadavky, které jsou použitelné u různých zkušebních metod. Podrobné zkušební metody zahrnují požadavky, které jsou pro danou metodu unikátní. Jiné zdroje informací týkající se zkoušek elektromagnetické interference jsou dostupné v průmyslových dokumentech jako RTCA DO-160.*

Elektromagnetické disciplíny, jako elektromagnetická kompatibilita (EMC), elektromagnetický impulz (EMP), atmosférický výboj (blesk), vysokofrekvenční kompatibilita, přidělování frekvencí atd., jsou sloučeny na rozdílných úrovních v různých vládních a kontraktačních organizacích. Disciplíny mají často společné základní požadavky. Je ekonomičtější mít účelné a jednotné požadavky a stručné, jednoduché zkušební metody. Např. EMC, EMP a atmosférický výboj jsou děje, které všechny patří do oblasti odolnosti elektroniky proti přechodovým jevům. Požadavky na přechodové jevy uvedené v tomto standardu musí vyhovovat většině dodavatelů nebo musí být v případě nezbytnosti přizpůsobeny dané aplikaci.

Příloha A

(informativní)

Zkoušky integrovaných zařízení na úrovni subsystémů jsou výhodnější, protože je k dispozici skutečné elektrické rozhraní a nemusí se dodatečně simulovat elektrická zátěž. Pokud se zátěž simuluje, vždy vzniknou pochybnosti o správnosti simulace a vyvstanou pochybnosti, zdali problémy s vyzařováním a susceptibilitou způsobeny EUT nebo simulovanou zátěží.

Zkušební postupy dodavatele stanoví mechanismus pro interpretaci a přizpůsobení tomuto standardu, pokud je to možné, z hlediska specifických subsystémů nebo zařízení a z hlediska podrobností týkajících se zkušebních prostředí a vybavení a jejich použití. Je to důležité proto, aby zkušební postupy mohl schválit odpovědný orgán ještě před zahájením zkoušení. Je třeba, aby existovala dohoda mezi odpovědným orgánem a dodavatelem, která bude obsahovat postup a výklad požadavků zkoušky a tím se minimalizovala nutnost opakování zkoušek.

Při zkouškách velkých zařízení, zařízení, která vyžadují zvláštní obsluhu nebo u zařízení velkého výkonu se mohou požadovat odchylky od tohoto standardu. Velká zařízení nemusí projít běžnými vstupy do stíněné komory nebo mohou být tak těžká, že je nelze do komory dopravit. Jiná zařízení mohou mít velká otočná ramena nebo zařízení vyžadující speciální prostředky pro ohřev nebo chlazení. Tato zařízení lze zkoušet přímo u výrobce nebo na místě instalace. Následující příklady mohou sloužit jako vodítko. Jestliže dojde k odchylkám od standardních zkušebních postupů vlivem charakteristik EUT, musí se použít osvědčené inženýrské postupy a vysvětlit je podrobně ve zkušebním postupu (EMITP). Nejdůležitější hledisko návrhu zkoušky je, aby údaje zaznamenané při zkoušce co nejvíce odrážely podmínky v místě konečné instalace.

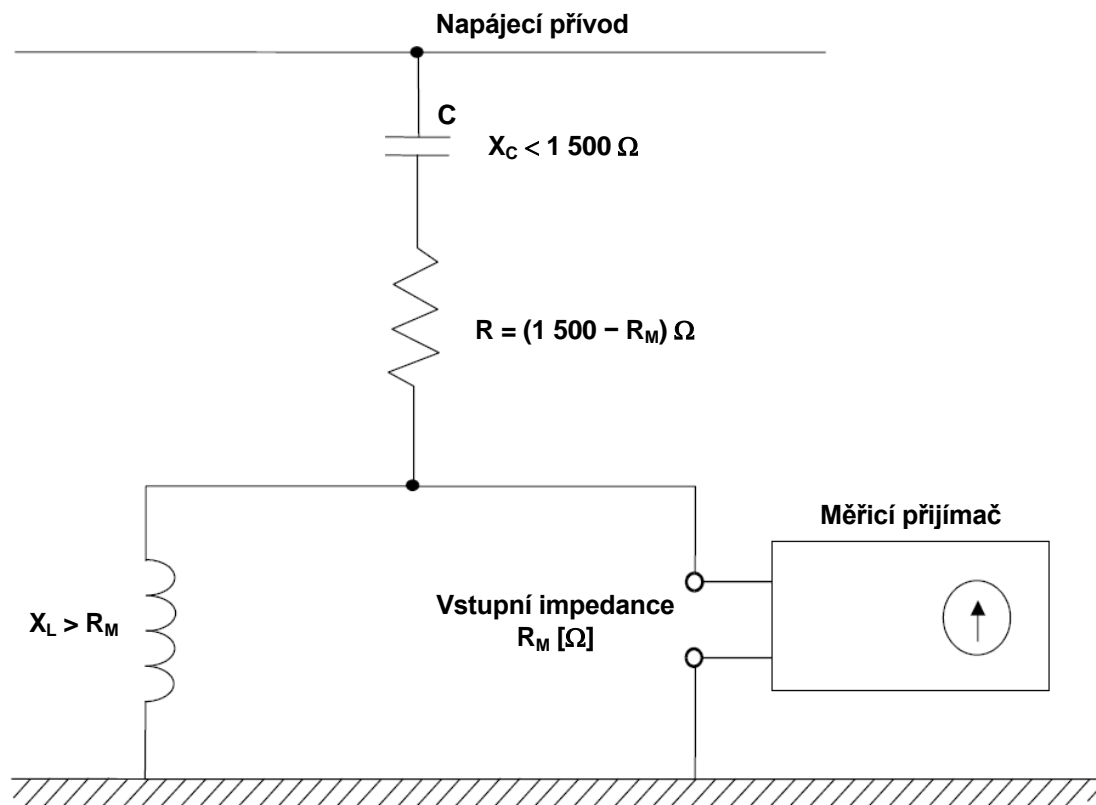
Pro zařízení, která mají velký vstupní proud (například více než 200 A) nemusí být dostupné běžné komerční LISN. Protože jsou LISN pod 10 kHz neefektivní, mohou se při zkoušce CE101 vypustit. Pro CE102 se může použít „napěťová sonda“, nazývaná takto v IEEE/ANSI C63.4. Zapojení sondy je na obrázku A.1. Vyžaduje se přímé připojení k napájecím vodičům a musí se dbát na vytvoření referenční země pro měření. Aby se určily variace impedance napájecí soustavy a jejich vliv na měřené emise z EUT, může být nezbytné provést opakovaná měření ve vhodně zvolených časových periodách.

Měří se na všech napájecích vodičích vedoucích proud vůči zemi s blokovacím kondenzátorem C a rezistorem R, dle obrázku A.1, tak aby celkový odpor mezi měřeným vodičem a zemí byl 1 500 Ω. Sonda snižuje napětí, takže je nutno zjistit kalibrační faktor. Místo měření (pozice sondy na kabelech) se musí ve všech zkušebních sestavách definovat.

Pokud je zařízení příliš velké nebo pokud vyžaduje speciální opatření (nakládání, převoz, voda, emise škodlivých plynů), nemusí být možné zkoušky v klasické bezodrazové komoře. Pro snížení úrovně pozadí je možno vytvořit kolem zkoušeného zařízení dočasnou místnost opatřenou látkou pro redukci okolních emisí pole, ve které proběhne zkouška emisí. Protože místnost může být vysoce reflexivní, je nutno věnovat pozornost rezonancím. Pro potlačení nežádoucích rezonancí a odrazů je nutno stanovit vhodná měřicí místa.

Zařízení, která vytváří vysokofrekvenční záření, se mohou zkoušet v otevřeném prostoru. Zařízení, která vyžadují komunikační spojení s okolím, se musí zkoušet v otevřeném prostoru. Pro zkoušky RS103 se může ukázat jako nezbytné vyžádat si souhlas Českého telekomunikačního úřadu (ČTU). Pokud lze komunikační spojení

simulovat, potom lze zkoušku provést ve stíněné komoře. V tomto případě se mohou vyžadovat speciální umělé zátěže, protože vysokofrekvenční záření by mohlo poškodit absorpční materiál jeho přehřátím.



OBRÁZEK A.1 – Napěťová sonda pro zkoušky u uživatele

Uplatnění požadavků na EMI u velkých zařízení významně omezí problémy s EMI. Proto se tyto požadavky nesmí opomíjet jen proto, že vznikají problémy s manipulací nebo s velikostí zařízení. Typická zařízení a subsystémy, jichž se tyto skutečnosti týkají, jsou:

- a) letecké jednotky (topení, ventilace, klimatizace),
- b) velké zdroje nepřerušitelného napájení (UPS),
- c) zařízení motorových prostředků,
- d) velké motory, generátory, pohony, napájecí systémy,
- e) velké radary,
- f) elektromagnetická děla a jejich napájecí jednotky,
- g) odpalovací zařízení a jejich zdrojové jednotky,
- h) vícenásobné závěsné subsystémy.

A.4.3.1 (7.3.1) Tolerance měření

Pokud není stanoveno jinak, pro jednotlivá měření mají být dodrženy následující tolerance:

Příloha A
(informativní)

- a) vzdálenost: ± 5 %,
- b) frekvence: ± 2 %,
- c) amplituda, měřicí přijímač: ± 2 dB,
- d) amplituda, měřicí systém (měřicí přijímače, převodníky, kabely atd.): ± 3 dB,
- e) čas (tvar průběhu): ± 5 %,
- f) rezistory: ± 5 %,
- g) kondenzátory: ± 20 %.

Diskuse: Tolerance jsou nutné pro udržení optimálního stavu pro získání správných výsledků měření. Položky 7.3.1 b) až 7.3.1 d) jsou ve shodě s ANSI C63.2 pro vybavení při měření elektromagnetického šumu.

A.4.3.2 (7.3.2) Stíněné prostory

K provedení zkoušek se obvykle vyžadují stíněné prostory k zamezení interakce mezi EUT a okolním prostředím. Tyto prostory brání ovlivňování signálů při zkouškách emisí a susceptibility interferencemi z elektrických a elektronických předmětů v blízkosti zkušebního místa. Stíněné prostory musí mít odpovídající útlum takový, že jsou splněny požadavky na okolí dle článku 7.3.4. Prostory musí být dostatečně velké, aby byly splněny požadavky článku 7.3.8 na sestavu EUT a požadavky na umístění antén popsané v individuálních metodách zkoušek.

Diskuse: Potenciální problémy přesnosti způsobené rezonancemi stíněných prostorů jsou dobře zdokumentovány a prozkoumány. Nicméně pro zkoušky vojenských zařízení dle požadavků tohoto standardu jsou většinou nezbytné stíněné prostory. Většina zkušeben je umístěna v prostoru, kde rušivé úrovně v okolí zkušebny jsou značně nad mezemi tohoto standardu, a mohlo by dojít k omezení schopnosti získat důležité údaje.

Elektrická rozhraní s vojenským zařízením jsou často složitá a vyžadují komplikovaná vybavení pro zkoušky a hodnocení rozhraní. Toto vybavení se musí obvykle umístit mimo stíněný prostor, aby se dosáhlo dostatečného oddělení a zabránilo se interferencím okolí a reakcím na zkušební signály při zkouškách susceptibility.

Stíněné prostory také zamezují vazbě vyzařováním ze zkušebních signálů při zkoušce susceptibility, které ovlivňují místní antény připojené k přijímačům. Obvykle se jedná o zkoušku RS 103. Avšak jiné zkoušky susceptibility mohou mít za následek značnou vyzařovanou energii, která může přesáhnout požadavky českého telekomunikačního úřadu (ČTÚ).

A.4.3.2.1 (7.3.2.1) Materiály absorbérů pro rádiové frekvence (RF)

Absorpční materiály pro rádiové frekvence (uhlíkem impregnované pěnové jehliny, feritové destičky apod.) se musí použít při provádění zkoušek vyzařovaných emisí (RE) a susceptibility proti vyzařovanému poli (RS) uvnitř stíněného prostoru ke zmenšení odrazů elektromagnetické energie a pro zlepšení přesnosti a opakovatelnosti. Absorbéry musí být umístěny nad EUT, za EUT, na jeho obou stranách a za vysílací nebo přijímací anténu, jak je ukázáno na obrázku 1. Minimální parametry materiálu musí odpovídat specifikaci v tabulce A.1. Je možno akceptovat certifikát výrobce materiálu vysokofrekvenčního absorbéru (pouze pro základní neinstalovaný materiál).

Diskuse: Problémy s přesností při provádění měření v neošetřených stíněných prostorech vlivem odrazů elektromagnetické energie jsou široce prozkoumány a dokumentovány. Hodnoty RF absorpce požadované v tabulce A.1 se považují za dostatečné, aby se podstatně zlepšila přesnost měření bez přílišného omezení proveditelnosti zkoušky. Aby se ovlivnily významné odrazy, je specifikován požadavek na minimální opatření z hlediska materiálu. Kde je to možné, dá se uvažovat o použití přidavného materiálu. Předpokládá se, že hodnoty z tabulky A.1 jsou dosažitelné s dostupnými feritovými materiály ve formě destiček nebo standardními jehlanovými absorbéry o rozměrech 0,61 m (24").

TABULKA A.1 – Absorpce při normálním vybuzení

Frekvence	Minimální absorpce
80 MHz – 250 MHz	6 dB
Nad 250 MHz	10 dB

A.4.3.3 (7.3.3) Jiná zkušební prostředí

Při použití jiného zkušebního prostředí se musí dodržet požadavky na okolí dle článku 7.3.4.

Diskuse: Pro určité typy EUT nemusí být zkoušení ve stíněných prostorech praktické. Například v případě extrémně velkých EUT nebo EUT vyžadující velké úrovně příkonu nebo vyžadující pro funkci chodu motoru produkující výfukové plyny, obsahující výbušné prvky jako jsou palníky nebo jsou příliš těžké z hlediska zatížení podlahy (další informace viz diskuse k článku A.6.3). V takovém případě se požaduje provedení zkoušky mimo stíněný prostor i přes úroveň okolního prostředí ovlivňující naměřené údaje. Zvláštní pozornost se proto klade na požadavky zkoušky dle článku 7.3.4 „Elektromagnetické úrovně okolí“. Všechny případy, kdy se zkoušení provádí mimo stíněný prostor, se musí podrobně zdůvodnit v EMITP včetně typických průběhů rušivých úrovní okolí.

Při nezbytné činnosti EUT, zahrnujících vysokofrekvenční vysílače, se musí mimo stíněných prostorů nejprve získat souhlas Českého telekomunikačního úřadu (ČTU).

Možností při zkoušení emisí je použití stanoviště s vlastnostmi volného prostoru (OATS) ve shodě s IEEE/ANSI C63.4. Tato stanoviště jsou speciálně určena pro zvýšení přesnosti a opakovatelnosti. Vlivem rozdílů mezi IEEE/ANSI C63.4 a tímto standardem v oblasti výběru antén, měřících vzdáleností a specifikovaných frekvenčních rozsahů se musí v EMITP detailně uvést postupy pro použití OATS a převádění výsledků zkoušky vůči požadavkům tohoto standardu.

A.4.3.4 (7.3.4) Elektromagnetické úrovně okolí

Pokud se zkouška provádí ve stíněném prostoru, musí být úroveň elektromagnetického pozadí nejméně 6 dB pod použitými mezemi. Měření pozadí se musí provádět při odpojeném EUT a zapnutém veškerém pomocném zařízení. Úrovně okolních vnějších interferencí (pozadí) na napájecích vodičích se musí měřit s vodiči odpojenými od EUT a připojenými k odporové zátěži, která vyvolá stejné poměrné proudy jako EUT. Pokud se zkouška provádí ve stíněném prostoru a EUT vyhovuje požadovaným mezním hodnotám, není potřeba zaznamenávat profil pozadí do protokolu o zkoušce (EMITR). Pokud se měření provádí mimo stíněný prostor, musí se zkouška realizovat v době a za podmínek, kdy jsou úrovně pozadí na nejnižší úrovni. Úrovně pozadí se musí zaznamenávat do EMITR a nesmí ovlivňovat výsledky zkoušky.

Příloha A
(informativní)

Diskuse: Ovlivňování okolním prostředím je důležité z hlediska udržení integrity shromážděných údajů. Prostředí s vysokými úrovněmi interference způsobuje obtíže pro odlišení emisí z EUT a okolního prostředí. Dokonce, i když jsou známy specifické signály vztažené k okolí, mohou maskovat emise z EUT, které jsou nad mezemi tohoto standardu.

Požadavek, aby bylo okolí nejméně 6 dB pod mezní hodnotou, zajišťuje, že kombinace emisí z EUT a z okolí neovlivní příliš zaznamenané úrovně emisí. Protože emise z EUT nejsou fázově koherentní s okolím, kombinují se signály s odmocninou součtu čtverců individuálních amplitud napětí. Je-li sinusová úroveň emisí na mezní hodnotě a okolí je 6 dB pod mezí, indikovaná úroveň by byla 3 dB nad mezí. Podobně když se připustí, aby okolí bylo rovno mezi, pak pro stejnou skutečnou úroveň emisí by indikovaná úroveň byla 5 dB nad mezí.

Při zkouškách vedených emisí se pro určení rušivého pozadí na kabelech používá odporová zátěž. Nicméně vlivem určitých podmínek mohou být skutečné úrovně pozadí vyšší než s použitím odporové zátěže. Nejpravděpodobnějším důvodem je přítomnost kapacity na napájecím rozhraní EUT, která snižuje vstupní impedanci na vyšších frekvencích a zvyšuje proud. Tato kapacita se musí určit a měření pozadí se musí opakovat se zapojenou kapacitou. Existuje také možnost rezonance s filtry stíněné místnosti, filtrací EUT a indukčností napájecí linky. V případě nečekaných úrovní emisí se musí tyto podmínky vyšetřit.

Zkoušky mimo stíněný prostor se musí často provádět v noci, aby se minimalizoval vliv okolí. Problém s okolím je ten, že pozadí se průběžně mění s časem, jak se různé zdroje interference zapínají nebo vypínají a amplitudy interference kolísají. Užitečný prostředek pro zlepšení průběhu zkoušení je pečlivá analýza soustavy obvodů EUT před zkouškami a identifikace frekvencí, kde se dá očekávat výskyt emisí.

Způsob ke zlepšení celkové přesnosti měření spočívá v provedení předběžného měření uvnitř stíněného prostoru a přesném určení frekvencí, kde se vyskytují emise. Ve zkouškách se pak pokračuje mimo stíněný prostor na těchto určených frekvencích. Rezerva v dB mezi okolím a mezemi se musí zaznamenat pouze na vybraných frekvencích.

A.4.3.5 (7.3.5) Zemní plocha

EUT se musí instalovat na zemní plochu, která simuluje skutečnou instalaci. Je-li skutečná instalace neznámá nebo se očekává víceúčelová instalace, pak se musí použít kovová zemní plocha. Pokud není specifikováno jinak, musí mít zemní plocha rozměr 2,25 m² nebo větší s kratší stranou ne menší než 76 cm. Pokud se pro instalaci EUT nepoužívá zemní plocha, musí se EUT umístit na nevodivý stůl (dřevo, pěnový polystyrén).

Diskuse: Obecně jsou vyzařovaná emise a susceptibilita na vyzařované emise u zařízení závislé na vazbách z propojovacích a do propojovacích kabelů a ne přes kryt EUT. Úrovně emisí a susceptibilita jsou přímo závislé na rozmístění kabelů vzhledem k zemní ploše a její elektrické vodivosti. Proto zemní plocha hraje důležitou roli při získávání nejrealističtějších výsledků zkoušky.

Pokud je EUT příliš velké pro instalaci běžné zemní plochy na stůl, musí se vytvořit simulace skutečné instalace. Například velká radarová anténa může vyžadovat instalaci na zkušební podstavci propojeném s podlahou stíněné místnosti.

V místnostech s povrchem podlahy, jako jsou např. keramické dlaždice, které nejsou elektricky vodivé, je na podlaze stíněné místnosti nutná zemní plocha.

Použití zemní plochy je také použitelné mimo stíněnou místnost. Takové zemní plochy vyžadují, aby byly vztaženy k referenční zemi pro nezbytné splnění požadavků na elektrickou bezpečnost dle bezpečnostních předpisů. Kde je to možné, musí být tyto zemní plochy elektricky spojeny s jinými dostupnými uzemněnými referenčními povrchy, jako je konstrukce stíněného prostoru.

Minimální rozměry zemní plochy 2,25 m² s nejmenší stranou 0,76 m jsou odpovídající pouze pro sestavu, která obsahuje omezený počet krytů EUT s malým počtem rozhraní. Zemní plocha musí být dostatečně velká, aby umožnila splnění požadavků zahrnutých v článku 7.3.8 z hlediska umístění a sestavení EUT a připojovací kabeláže.

A.4.3.5.1 (7.3.5.1) Kovová zemní plocha

Pokud se EUT instaluje na kovové zemní ploše, nesmí mít zemní plocha povrchový odpor větší než 0,1 mΩ/m². Stejnoseměrný odpor mezi kovovou zemní plochou a stíněným prostorem musí být 2,5 mΩ nebo menší. Kovové zemní plochy znázorněné na obrázcích 2 až 5 musí být elektricky spojeny s podlahou nebo stěnami základní konstrukce stíněné místnosti nejméně jednou na každý 1 m. Kovové spojovací pásy musí být pevné a jejich poměr délky k šířce musí být jedna ku pěti nebo musí být širší než delší. Kovové zemní plochy používané mimo stíněných prostorů musí přesahovat nejméně o 2,5 m v každém směru vnější hranice zkoušené sestavy.

Diskuse: *Jako kovová zemní plocha se obecně používá měděná deska s tloušťkou 0,25 mm, která vyhovuje požadavku na povrchový odpor. Může se nahradit jinými kovovými materiály se správnou tloušťkou a rozměry, které jsou potřebné pro dosažení dané hodnoty povrchového odporu.*

Pro kovové zemní plochy lze povrchový odpor vypočítat dělením měrného odporu silou materiálu. Např. měď má měrný odpor 1,75·10⁻⁸ Ωm. Pro 0,25 mm silnou zemní plochu, jak je uvedeno výše, je tedy povrchový odpor 1,75·10⁻⁸/2,5·10⁻⁴ = 0,07 mΩ/m². Požadavek je 0,1 mΩ/m².

A.4.3.5.2 (7.3.5.2) Kompozitní zemní plocha

Je-li EUT instalováno na vodivé kompozitní zemní ploše, musí mít tato plocha povrchový odpor typické instalace. Kompozitní zemní plocha musí být elektricky propojena s krytem způsobem, který odpovídá použitému materiálu.

Diskuse: *Měděná zemní plocha se typicky používá od doby realizace všech zkoušek v minulosti. Pro většinu případů je to odpovídající. Avšak s nárůstem používání kompozitních materiálů bude hrát zemní plocha větší roli při výsledcích zkoušky. Zkoušky na měděné a kompozitní zemní ploše vykazují některé odchylky ve výsledcích zkoušky elektromagnetických vazeb, takže pokud je to možné, existuje potřeba simulace skutečné instalace. V některých případech může být nezbytné spojit některé zemní plochy ve stejné zkušební sestavě, i když různé části stejného EUT jsou při skutečné instalaci umístěny na rozdílných materiálech.*

Vzhledem k počtu rozdílných kompozitních materiálů, které se používají v instalacích, není možné specifikovat obecnou hodnotu odporu. Typický odpor uhlíkového kompozitního materiálu je asi 2 000krát větší než hliníku. Zjištění skutečné hodnoty odporu vyžaduje, aby se od dodavatele získal způsob a tento se použil při zkoušce.

Příloha A
(informativní)**A.4.3.6 (7.3.6) Impedance napájecího zdroje**

Pokud není stanoveno jinak, musí se při všech měřicích postupech v tomto dokumentu zabezpečit impedance napájecího zdroje EUT pomocí LISN. LISN se musí umístit na konci předepsané délky vodičů napájecího zdroje dle specifikace v článku 7.3.8.6.2. LISN musí být elektricky propojena s kovovou zemní plochou nebo zemí zařízení, dle potřeby, odpor propojení nesmí být vyšší než 2,5 mΩ. Zapojení LISN musí být dle schématu na obrázku 6. Impedanční charakteristiky LISN musí odpovídat průběhu na obrázku 7. Impedance LISN se musí ověřovat nejméně jedenkrát ročně za následujících podmínek:

- a) impedance se musí měřit mezi výkonovým výstupním vodičem na zatěžovací straně LISN a kovovým krytem LISN,
- b) výstupní konektor LISN se musí zakončit zátěží 50 Ω,
- c) výkonová vstupní svorka na straně napájecího zdroje LISN musí být nezakončená.

Výsledky měření impedance se musí uvést v protokolu (EMITR).

Diskuse: Impedance je normalizovaná pro reprezentaci očekávaných impedancí ve skutečných instalacích a pro zajištění stejných výsledků mezi různými zkušebnami. Předchozí verze MIL-STD-462 (obsahovala zkušební postupy pro MIL-STD-461) používala na napájecích vodičích průchodkové kondenzátory 10 μF. Účelem těchto součástek bylo určit část generátoru proudu jako Nortonova modelu proudového zdroje. Když byla známa také impedance zdroje interference, mohl být analyticky stanoven interferenční potenciál zdroje pro partikulární soustavu obvodů v instalaci. Nikdy nebyl nastolen požadavek na měření impedanční části modelu zdroje. Důležitější se stala konfigurace zkoušky ovlivňující návrh filtrace napájecího vedení. Optimalizované filtry jsou navrženy na bázi znalostí jak impedance zdroje, tak zátěže. Výsledkem vlivu kapacitního zatěžování 10 μF oproti impedančnímu zatěžování znázorněnému na obrázku 7 hlavního textu standardu budou značně rozdílné návrhy filtrů.

LISN se nepoužívá na výstupních napájecích vodičích. Měření emisí, které používá LISN se provádí na vstupních napájecích vodičích, protože EUT používá napájecí zdroj, který běžně napájí další zařízení a EUT nesmí zhoršovat kvalitu napájení. Pokud je samotné zkušební zařízení zdrojem napájení, je situace diametrálně odlišná, protože je nutno ověřit elektrické charakteristiky zdroje, aby bylo možno posoudit požadavky na kvalitu napájení. Výstupní vodiče se musí zakončit odpovídající elektrickou zátěží tak, aby se vytvořil nejhorší případ pro vyzařování a susceptibilitu.

Konkrétní uspořádání LISN se specifikuje z několika důvodů. Celá řada experimentů se zaměřovala na hodnocení typických impedancí napájecí linky, která byla umístěna ve stíněné místnosti na různých typech napájecích vstupů, jak s filtry, tak bez nich, a vyhodnocovaly se metody řízení impedance. Pro tento standard se uvažuje zjednodušená specifikace impedanční závislosti od 30 Hz do 100 MHz, což umožňuje zkušební laboratoři dosáhnout požadované impedance použitím prostředků, které uzná za vhodné. Experimenty ukázaly, že neexistuje přímý postup pro udržení požadované hodnoty v celém frekvenčním rozsahu.

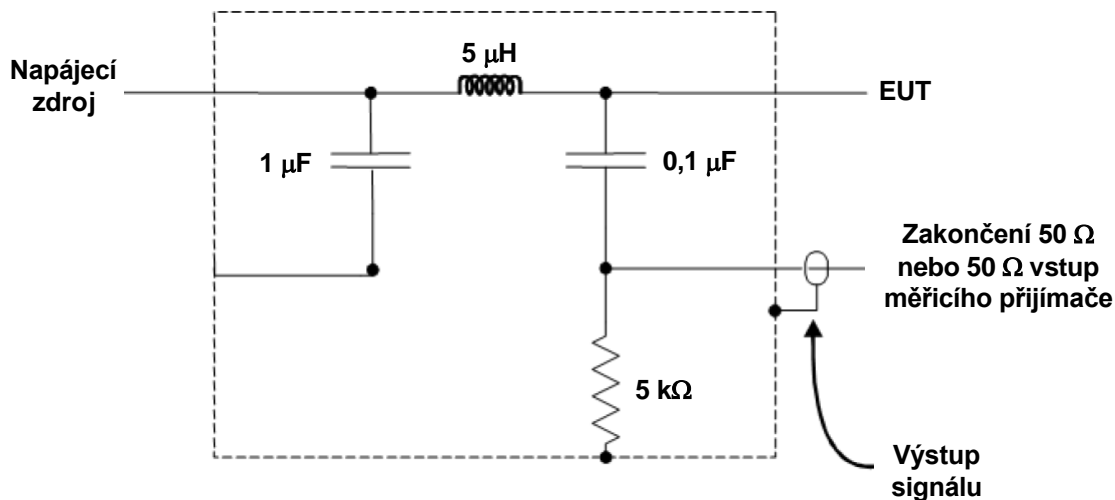
Specifická síť LISN 50 μH (viz IEEE/ANSI C63.4) byla vybrána k udržení standardizovaného nastavení impedance až do 10 kHz. LISN 5 μH se používaly obecně v minulosti pro umožnění částečného nastavení do 100 kHz. Řešení impedance pod 10 kHz je obtížné. Z několika konfigurací LISN 50 μH se zvolila jedna

s nejlepším chováním pro filtry různých stíněných místností. V blízkosti frekvence 10 kHz se vliv indukčnosti 50 μ H a kondenzátoru 8 μ F zruší a LISN vytváří efektivní odpor napájecího vedení 5 Ω .

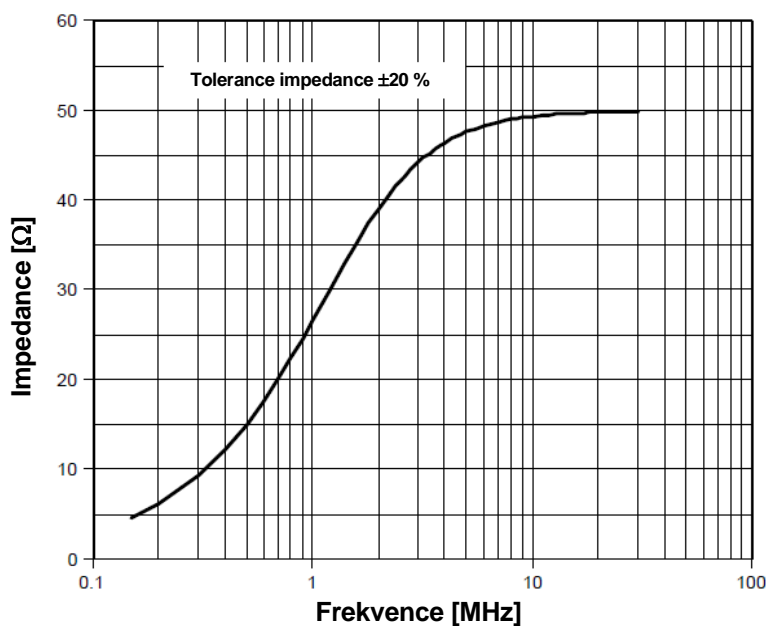
Použití jednotné LISN je důležité z důvodu standardizace. V některých specifikacích, kdy by typická LISN dobře nereprezentovala skutečnou instalaci a zpětně by ovlivňovala obvody EUT, se může použít alternativní LISN. Existují například položky se stabilitou napájení realizovanou spínáním a impedance zdroje závisí na odběru. Indukčnost 50 μ H u LISN představuje indukčnost asi 50 m dlouhého napájecího vedení. Tato hodnota dobře reprezentuje poměry na rozměrných platformách, jako jsou lodě a nákladní letadla. Pro menší nosiče, jako jsou např. stíhací letouny, však je velikost skutečné instalace menší. Při použití alternativních LISN se musí uvést údaje ovlivňující nastavení efektivní impedance v požadovaném frekvenčním rozsahu a kde je to vhodné i závislost napětí na proudu.

Pro napájecí systémy 400 Hz je třeba určité opatrnosti při uživatelském ověřování LISN. Některé existující LISN nemusí mít součástky dimenzované k realizaci požadavků na rozptýlení výkonu. Při 115 V/400 Hz prochází kondenzátorem a rezistorem přibližně 2,3 A, což znamená, že výkon spotřebovaný na odporu je asi 26,5 W.

V diskusi zkoušek CE101 a CE102 se použití LISN 5 μ H předpokládá pouze jako alternativní způsob za jistých konkrétních okolností. Obrázky A.2 a A.3 ukazují zapojení a impedanční charakteristiky vhodné LISN. Podrobnější informace jsou uvedeny dále v této příloze.



OBRÁZEK A.2 – Zapojení LISN 5 µF



OBRÁZEK A.3 – Impedance LISN 5 µF

A.4.3.7 (7.3.7) Všeobecná opatření související se zkouškou

Diskuse: Požadavky zahrnuté v článku 7.3.7 pokrývají důležité oblasti týkající se zlepšení integrity zkoušky a bezpečnosti, které vyžadují zvláštní pozornost. Existuje mnoho jiných oblastí, kde se mohou objevit obtíže. Některé jsou popsány zde.

Pro stínění je obecně známo, že se uvolní nebo zlomí u konektorů koaxiálních kabelů a důsledkem jsou nesprávné údaje. Existují též případy, kdy se střední vodiče koaxiálních kabelů zlomí nebo rozpojí. Z těchto důvodů se musí provádět periodické zkoušky pro zajištění integrity kabelů. Pro zkoušky na vyšších frekvencích, se mohou požadovat speciální kabely s nízkými ztrátami.

Když se provádí zkoušky emisí na frekvencích pod asi 10 kHz, je třeba věnovat pozornost ověření, aby se předešlo vytvoření zemních smyček, které mohou způsobovat chybné údaje. Často je třeba dodržet jednobodové uzemnění. Je obvykle nezbytné použít oddělovací transformátory pro měřicí přijímač a připojovací příslušenství. Jednobodové uzemnění je běžně provedeno na připojovacím (průchozím) panelu do stíněného prostoru. Je-li však použit převodník, který vyžaduje elektrické propojení s krytem (jako je protiváha prutové antény), pak je nutné, aby se koaxiální kabel vedl přes průchozí panel krytu bez uzemnění. Protože se tím naruší integrita stíněné místnosti, musí se opět vytvořit normální vícebodové uzemnění.

Lepší řešení než protažení koaxiálního kabelu přes přístupový panel krytu bez uzemnění ke krytu, je použití oddělovacího transformátoru 50 Ω připojeného k uzemněnému vf konektoru na přístupovém panelu uvnitř stíněné místnosti. Normální připojení měřicího přijímače se provádí uzemněným konektorem na panelu mimo stíněnou místnost. Tento postup efektivně rozpojuje uzemňovací smyčku bez narušení integrity stíněné místnosti. Ztráty oddělovacího transformátoru se musí započíst do výsledků měření. Tyto obvody jsou typicky vhodné do přibližně 10 MHz.

Pokud se zjistí, že pro určitou sestavu zkoušky je nutný oddělovací transformátor, mohou nastat problémy s položkami napájenými ze spínaných zdrojů. Řešením je použití transformátorů se jmenovitými parametry přibližně na pětinasobku jmenovité hodnoty proudu.

Polovodičové napájecí zdroje jsou citlivé na vyzařovaná pole dokonce i při potlačení jejich úrovní. Tyto položky je lépe umísťovat mimo stíněný prostor.

A.4.3.7.1 (7.3.7.1) Pomocná zařízení

Pomocná zařízení použitá ve spojení s měřicím přijímačem nesmí zhoršovat parametry měření.

Diskuse: *Měřicí přijímače se obecně navrhují tak, aby vyhovovaly mezním úrovním tohoto standardu, takže neruší okolí při zkouškách emisí, pokud se používají uvnitř stíněných prostorů. Avšak pomocná zařízení jako jsou např. počítače, osciloskopy, plotry a další přístroje používané pro řízení přijímače nebo monitorování jeho výstupů mohou způsobovat problémy. Mohou rušit přijímač přes nesprávně ošetřená elektrická rozhraní nebo mohou produkovat vyzařování a zvyšovat rušivé pozadí. Dokonce pasivní obvody jako náhlavní soupravy mohou ovlivňovat výsledky zkoušky.*

Nejlepší řešení je umístit veškerá zkušební zařízení mimo stíněný prostor s výjimkou měřicích převodníků (antény a proudové sondy). Správné umístění pomocných zařízení zabezpečí, že měřené emise generuje pouze EUT, a pomůže zabezpečit splnění požadavků článku 7.3.4. Pokud se musí zařízení umístit uvnitř stíněného prostoru nebo se zkoušky provádí mimo stíněný prostor, musí se měřicí přijímač a pomocné zařízení umístit tak daleko od převodníků, jak je to možné pro minimalizaci jakéhokoli ovlivňování.

A.4.3.7.2 (7.3.7.2) Nežádoucí osoby a zařízení

V prostoru zkoušky se nesmí vyskytovat osoby, zařízení, kabelové žlaby a stoly, které nejsou nutné pro realizaci zkoušky. V prostoru zkoušky nebo vymezeném místě se mohou nacházet pouze zařízení nutná pro realizaci zkoušky. V místě zkoušky smí být pouze personál podílející se aktivně na zkoušce. Všechna zařízení a pomocná zařízení, včetně antén, které nejsou aktivně používány pro určitou podmnožinu

Příloha A
(informativní)

vyzařovaných zkoušek, musí být odstraněna ze zkušebního prostoru nebo stíněného krytu.

Diskuse: *Nepovolané osoby, elektronická a mechanická zařízení jako stoly a kabelové žlaby v uzavřeném prostoru mohou ovlivňovat výsledky zkoušky. Zvláště v průběhu zkoušek vyzařování je třeba, aby se nepovolané osoby a nepotřebné zařízení nenacházely v prostoru zkoušky. Jakýkoliv objekt v uzemněném prostoru může ovlivňovat zkoušku nebo vyvolávat stojaté vlny v prostoru a tak měnit výsledky. Požadavek, použití absorpčních materiálů pro rádiové frekvence, může tyto efekty zmírnit. Požadavky na materiály však nejsou z praktických důvodů do 80 MHz definovány a pozornost stojatým vlnám se musí věnovat průběžně.*

A.4.3.7.3 (7.3.7.3) Saturace

Měřicí přijímače a převodníky se mohou dostat do stavu saturace, zvláště přijímače bez preselektorů a aktivní převodníky. Z tohoto důvodu se musí provádět pravidelné kontroly saturace. V případě saturace se musí změnit měřicí řetězec.

Diskuse: *Stav saturace může nastat nepozorovaně, jestliže se nepočítá s možností jeho výskytu nebo pokud neprobíhá aktivní monitorování stavu. Obvyklým výsledkem saturace je konstantní úroveň výstupního indikátoru přijímače.*

Jsou možné dva typy saturace. Úzkopásmový signál jako sinusoida může saturovat jakýkoli přijímač nebo aktivní měnič (převodník). Automatické postupy pro nastavení útlumu měřicího přijímače nastavují vhodný dynamický rozsah přijímače dle detekovaného napětí. U správně nastaveného přijímače se problém saturace úzkopásmovými signály objevuje v případě vstupních úrovní, které významně překračují mezní hodnoty. Saturace se může projevit v případě, že se používá jako monitor signálů při zkouškách susceptibility vlivem vysokých úrovní zkušebních signálů.

Saturace impulzními signály s širokým frekvenčním rozsahem může být mnohem problematičtější. Tento stav se projevuje hlavně u vstupních obvodů bez přeladování prvního stupně vstupu signálu. Příkladem jsou prutové antény s předzesilovači a spektrální analyzátoři bez preselektorů. Vstupní obvody jsou namáhány RF energií ve velké části frekvenčního spektra. Preselektory obsahují laditelné filtry, jejichž šířka pásma omezuje energii přiváděnou ke vstupním obvodům přijímače.

Saturace měřicího přijímače úzkopásmovými i impulzními signály se může omezit použitím útlumového členu 10 dB v prvním stupni přijímače (před směšovacími obvody) nebo před přijímačem. Pokud saturace nenastane, sníží se sledovaný výstup o 10 dB.

Podmínky saturace aktivních antén se běžně publikují v příslušné literatuře. Pro úzkopásmové signály se dle této literatury hodnotí saturace analýzou zaznamenaných úrovní. Taktéž se publikují úrovně pro impulzní typy signálů, avšak tyto úrovně nejsou příliš užitečné, neboť se obvykle předpokládá, že v celém využitelném rozsahu antény existuje plochá charakteristika pole. Ve skutečnosti se impulzní pole značně mění s frekvencí a obvody antény se jeví jako integrátor spektrálního obsahu tohoto pole v celé šířce pásma. Nejpoužívanější aktivní anténa je aktivní prutová anténa. Saturace se může zjistit zmenšením výšky prutu a pozorováním změn výstupních úrovní. Pokud se nejedná o saturaci, musí výstupní úroveň poklesnout o asi 8 dB (při 30 % jeho původní výšky). Skutečná změna pro jednotlivé antény závisí na provedení prutu a může se určit pomocí vyzařovaného signálu v lineárním pracovním rozsahu antény.

A.4.3.7.4 (7.3.7.4) Nebezpečné vyzařování

Některé zkoušky tohoto standardu používají elektromagnetická pole, která jsou nebezpečná pro osoby. V prostorech, kde se zdržují osoby, se nesmí překročit přípustné úrovně expozice uvedené v Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. – Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. K zabránění nebezpečnému ozáření osob při vysokofrekvenčním ohrožení se musí použít bezpečnostní postupy, ochranné pomůcky a technická opatření.

***Diskuse:** V průběhu některých zkoušek susceptibility na vyzařované emise a vyzařovaných emisí, zvláště v případě RS103, RS105 a RE103, může intenzita pole přesáhnout povolené expoziční úrovně dle Nařízení vlády č. 291/2015 Sb. – Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. V průběhu těchto zkoušek se musí zavést předběžná opatření, aby se předešlo nezamýšlené expozici osob. Monitorování EUT v průběhu zkoušky může vyžadovat speciální postupy k odpovídající ochraně osob jako umístění displeje na vzdáleném místě mimo stíněný prostor nebo uzavřený televizní okruh.*

A.4.3.7.5 (7.3.7.5) Nebezpečné napětí

Některé zkoušky vyžadují použití potenciálně nebezpečného napětí. V takovém případě se musí provést maximální opatření pro zajištění bezpečnosti veškerého personálu.

***Diskuse:** Pro zajištění minimální ochrany osob se běžně požaduje bezpečnostní plán a výcvik obsluhy realizující zkoušku. Musí se dodržovat doporučení a zákazy výrobce zkoušeného zařízení, pokud jsou dostupné. Jestliže tyto nejsou k dispozici, musí zkušební laboratoř vytvořit odpovídající bezpečnostní pravidla a vyškolit všechny personál realizující zkoušky. Speciální pozornost se musí věnovat metodě CS109, neboť pro účely zkoušky jsou kryty elektroniky úmyslně odděleny od zemní plochy.*

A.4.3.7.6 (7.3.7.6) Omezení Českého telekomunikačního úřadu (ČTÚ)

Některé zkoušky vyžadují použití vysokých úrovní zkušebních signálů, které mohou rušit schválená frekvenční pásma přidělená státním koordinačním orgánem různým službám. Všechny takové zkoušky se musí provádět ve stíněných prostorech. Některé zkoušky v otevřeném prostoru se mohou provádět, pokud se získá předchozí souhlas příslušného koordinačního orgánu (ČTÚ).

***Diskuse:** Zkoušky susceptibility dle RS103 a možné jiné zkoušky používají signály ve frekvenčních rozsazích autorizovaných ČTÚ. Tato skutečnost je jedním z důvodů, proč se požaduje obvykle stíněný prostor pro zkoušení.*

A.4.3.8 (7.3.8) Uspořádání EUT při zkoušce

EUT se musí uspořádat dle obrázků 1 až 5 dle příslušného použití. Tyto sestavy se musí zachovat v průběhu celé zkoušky, pokud nejsou pro jednotlivé zkušební metody uvedeny jiné pokyny.

***Diskuse:** Důraz se klade na „dodržení“ specifikované sestavy pro všechny zkoušky, pokud se zvláštní zkušební metody neprovádějí jinak. Nejasnosti jsou výsledkem předchozích verzí standardů týkajících se shody sestav při jednotlivých zkouškách týkajících se délky vodičů a umístění 10 µF kondenzátoru na napájecí vodiče. V této verzi standardu jsou všechny odchylky od základního uspořádání zkoušky specifikovány v jednotlivých zkušebních metodách.*

Příloha A
(informativní)**A.4.3.8.1 (7.3.8.1) Provedení EUT**

Hardware a software EUT musí představovat reprezentativní vzorek celé výrobní řady. Software se může doplnit funkcemi, které umožní sledovat funkční parametry EUT.

Diskuse: Je důležité, aby zkoušený hardware, software i firmware byl stejný jako u zařízení, které je určeno pro nákup. Někdy probíhají zkoušky prototypu zařízení, který obsahuje obvody a prvky nebo software, které nejsou ve finálním výrobku. Potom zůstává sporná otázka, jak velký vliv mají provedené změny na činnost zařízení. Analytický rozbor takové otázky je obtížný.

A.4.3.8.2 (7.3.8.2) Propojení EUT

K propojení a uchycení jednotlivých součástí jako skříně a montážní základna vzájemně mezi sebou nebo se zemní plochou se musí použít pouze prostředky patřící do výbavy EUT. Pokud jsou pro kompletaci zkušební sestavy potřebné propojovací pásky, musí být identické s pásky specifikovanými v instalační dokumentaci. Propojení EUT s vodivou zemní plochou musí být prověřeno, zda odpovídá instalačnímu schématu a specifikaci zařízení, před připojením kabelů a zkouškami EMI. Ověřovací proces a výsledky musí být zaznamenány do protokolu EMITR.

Diskuse: Prostředky pro elektrické propojení zařízení jsou důležitým aspektem provedení instalační základny. Správnost připojení je obvykle jednou z prvních oblastí, které se zkoumají při výskytu problémů na platformě. Elektrické propojení ovlivňuje nesymetrická napětí, která se objeví mezi krytem zařízení a zemní plochou. Napětí potenciálně ovlivňující zařízení se objeví na propojovacích rozhraních při použití vysokofrekvenčních signálů v průběhu zkoušek susceptibility. Napětí se také vyskytují vlivem funkce vnitřních obvodů a přispívají k průběhu vyzařovaných emisí. Proto je důležité, aby se v sestavě zkoušky používaly odpovídající propojovací prostředky, takže výsledky odpovídají předpokládané instalaci. Revize této normy přidává ověření propojení v sestavě pro zkoušku. Toto ověření by mělo být provedeno před zkoušením, aby byla zajištěna opakovatelnost zkoušky a reprezentace skutečných požadavků na instalaci. Měření propojení by mělo být provedeno z vazebných bodů identifikovaných v dokumentaci EUT k základní rovině pomocí miliohmometru přibližně 10 mΩ. Protokol o zkoušce by měl identifikovat zkoušená místa a výsledky měření. Dokumentace EUT by měla specifikovat požadavky na propojení. MIL-STD-464 obsahuje výchozí požadavky.

A.4.3.8.3 (7.3.8.3) Tlumiče rázů a vibrací

EUT musí být zajištěno vůči montážní základně, pokud se taková základna používá při instalaci, oddělovacími tlumiči. Propojovací pásky patřící k montážní základně se musí spojit se zemní plochou. Pokud montážní základna propojovací pásky nepoužívá, nesmí se propojovací pásky použít ani ve zkušební sestavě.

Diskuse: Zahnutí rázových a vibračních tlumičů do sestavy, pokud reprezentují instalaci na základně, je důležité. Diskuse v článku 7.3.8.3 je také použitelná v případě tlumičů rázů a vibrací, avšak potenciální efekt na výsledky zkoušky je dokonce větší. Těsná montáž krytu zařízení k zemní ploše „natvrdo“ může vytvořit nízkoimpedanční cestu přes propojovací rozhraní pro větší část příslušného frekvenčního rozsahu. Propojovací pásky souvisící s tlumiči budou typicky představovat značné impedance pro frekvence od desítek kHz. Nesymetrická napětí souvisící s těmito impedancemi budou obecně větší než u montáží „natvrdo“. Proto může být vliv na výsledky zkoušky podstatný.

A.4.3.8.4 (7.3.8.4) Ochranné uzemnění.

Pokud se externí svorky, konektorové kontakty nebo vodiče určené k uzemnění určené pro ochranné uzemnění používají ve skutečné instalaci, musí se při zkoušce spojit se zemní plochou. Uspořádání a délky musí být ve shodě s článkem 7.3.8.6.1.

Diskuse: Ochranné uzemnění použité u krytů zařízení je zdrojem problémů během zkoušení EMI. Je-li uzemnění spojeno s krytem zařízení, lze očekávat, že má velmi malý potenciál vůči zemní ploše a nepřispívá k výsledkům zkoušky. Avšak délky vodičů uvnitř krytů jsou často dostatečně dlouhé, což má za následek vazby se zdroji rušení. Kromě toho mohou vodiče ochranného uzemnění vést indukované signály z externích zdrojů a tyto vyzařovat uvnitř krytů zařízení. Proto se musí ošetřit podobně jako jiné vodiče.

A.4.3.8.5 (7.3.8.5) Orientace EUT

EUT se musí orientovat tak, že povrchy, které produkují maximální vyzařování a mají nejcitlivější odezvu na vyzařované signály, směřují k měřicím anténám. EUT umístěné na stole se musí nastavit (10 ± 2) cm od předního okraje zemní plochy, aby se vytvořil odpovídající prostor pro uspořádání kabeláže dle specifikace uvedené dále.

Diskuse: Určení vhodných povrchů je obvykle snadné. Spoje v krytech, které mají kontakt kov na kov nebo obsahují těsnění EMI, výjimečně přispívají k emisím a mohou se považovat za položky s nízkou prioritou. Primárními zdroji jsou displeje, ventilační otvory a průchody kabelů. Aby bylo možno rozhodnout o orientaci EUT, může být v některých případech nezbytné přezkoušet povrchy snímači a měřicími přijímači.

Předchozí verze tohoto standardu specificky požadovaly hledání pomocí smyškové antény k určení ploch produkujících maximální emise nebo maximálně citlivých při zkouškách susceptibility na elektické pole. Zkušební antény se umísťovaly 1 m od hledané oblasti. Obdobné požadavky nebyly do této verze zařazeny vzhledem na obtíže při jejich aplikaci a při aplikaci výsledků, jejichž ověření tímto způsobem nebylo možné. Hledání zahrnuje jak skenování ve frekvenčním pásmu, tak typické přemísťování sondy. Tyto dvě akce se nemohou provádět tak, aby pokryly všechna fyzická místa na všech frekvencích. Komplexní frekvenční skenování se může provádět při jednotlivých polohách snímače a pohybem sondy přes celou zkušební sestavu na jednotlivých frekvencích. Podrobné požadavky na používání vícenásobných poloh antén a specifické požadavky na umístování antén při zkouškách dle metod RE102 a RS103 minimalizují rozsah potřebnosti snímačů.

A.4.3.8.6 (7.3.8.6) Konstrukce a uspořádání kabeláže EUT

Svazek elektrických kabelů musí simulovat skutečnou instalaci a použití. Stíněné kabely nebo stíněné vodiče (včetně napájecích a uzemňovacích vodičů) uvnitř kabelů se musí použít pouze, když jsou specifikovány v instalačních požadavcích. Kabely se musí kontrolovat z hlediska instalačních požadavků, aby se ověřila správná konstrukční technologie, jako použití kroucených párů, stínění a stíněných přípoju. Podrobnosti o konstrukci kabelů použitých při zkouškách se musí zahrnout do příslušných zkušebních postupů (EMITP).

Diskuse: Pro většinu EUT jsou požadavky na elektrická rozhraní zahrnuty v ověřovacích postupech rozhraní nebo podobných dokumentech. Mezi výrobcem zařízení a montážní organizací je nutná koordinace jak z hlediska funkčnosti, tak z hlediska elektromagnetické interference. Z obecných hledisek, která se mohou použít v mnoha rozdílných instalacích, se požadavky na rozhraní EUT zahrnou buď

Příloha A
(informativní)

do specifikací zařízení, nebo výrobce publikuje doporučení v dokumentaci připojené k zařízení.

Výrobci zařízení někdy tvrdí, že chyby v průběhu zkoušek EMI se netýkají jejich zařízení a mohou se jednoduše odstranit přidáním celkového stínění na kabeláž rozhraní. Tato koncepce je nepřijatelná. Emise s vysokými úrovněmi často produkují elektronické obvody uvnitř krytů EUT a váží se na kabeláž simulující instalaci a rozhraní s EUT. Celkové odstínění kabeláže je přípustné, je-li součástí instalace. Avšak použití celkového stínění, které není použité při instalaci, by se mohlo projevit ve výsledcích, které jsou pak nepoužitelné. Kromě toho celkové stínění kabeláže není libovolně volitelné z hlediska hmotnosti a údržby. Přítomnost konstrukce platformy mezi kabeláží a anténou platformy není důvodem pro použití celkového stínění na kabelech při zkoušení ve shodě s tímto standardem. Základním předpokladem je stínění samotnou platformou.

Jednou záležitostí související s napájecími vodiči je jejich stínění. Je neobvyklé, aby se tyto vodiče ve skutečné instalaci stínily. Pokud přicházejí z vnějšího primárního napájecího rozvodu, je stínění účinné pouze, pokud je stíněn celý rozvodný systém z jednoho konce na druhý. Protože rozvodný systém běžně přivádí napájení na mnoho míst, je jeho stínění nepraktické. Výjimkou je případ, kdy se napájení provádí ze samostatného zdroje obsahujícího filtr. Stínění mezi takovým zdrojem a EUT bude účinné. Mohou nastat případy, kdy informace o instalaci nejsou dostupné. V takových případech se celkové stínění nepoužívá. Jednotlivé obvody se vyšetřují tak jako by se používalo nestíněných kabelů.

Při některých zkouškách prováděných v minulosti a používajících postupy ovlivňování svazku kabelů, se běžně odstranilo stínění celého kabelu a injektovaný signál se používal na vodiče uvnitř stínění. Účelem tohoto standardu je zkoušení kabelů dle instalačních pokynů. Pokud kabely používají celkové stínění, použije se zkušební signál na celý stíněný kabel. Pokud odpovědný orgán požaduje, aby se zkoušky prováděly na jednotlivé vodiče, je třeba, aby se specifický požadavek zahrnul do smluvní dokumentace.

Jednotlivé vodiče se musí spojovat do kabelů stejným způsobem jako ve skutečné instalaci. Celkové délky propojovacích kabelů ve svazku musí být stejné jako při skutečné instalaci na platformě. Jsou-li kabely delší než 10 m, musí se použít kabely o délce nejméně 10 m. Pokud nejsou délky kabelů pro instalaci specifikovány, kabely musí být dostatečně dlouhé k zabezpečení podmínek specifikovaných dále. Nejméně 2 m (mimo kabelů, které jsou ve skutečné instalaci kratší) každého propojovacího kabelu se musí vést paralelně s přední hranicí zkušební sestavy. Zbývající délky kabelů se musí vést k zadní straně zkušební sestavy ve výšce 5 cm nad zemní plochou a musí se uspořádat střídavě („cik-cak“) což minimalizuje zakrytí a křížení kabelů. Pokud sestava obsahuje více než jeden kabel, musí se jednotlivé kabely oddělit na vzdálenost 2 cm, měřeno od jejich vnějšího průměru. Pro svazky umístěné na vrchní ploše stolu, používajícího zemní plochu, se musí kabely umístěné nejbližší přední hranici vzdálit 10 cm od přední hrany zemní plochy. Všechny kabely se musí umístit 5 cm nad zemní plochu na podložku ze dřeva nebo pěnového polystyrenu. Pokud je zkoušeným zařízením vysoká skříň nebo zařízení stojící na zemi a kabely jsou vedeny shora nebo v blízkosti horní části, musí být kabely vedeny dolů ke kovové zemní ploše a pak musí být vedeny 2 metry rovnoběžně s její přední hranou. Pokud jsou kabely vyvedeny zdola, musí být spuštěny na kovovou zemní rovinu. Poté musí být vedeny 2 metry rovnoběžně s její přední hranou.

Diskuse: Z některých důvodů je nezbytná skutečná délka kabelů používaná při instalaci. Na frekvencích nižších než je rezonanční frekvence, je vazba obecně úměrná délce kabelu. Podmínky pro rezonanci budou reprezentativní u skutečné instalace. Projeví se také zkreslení a útlum funkčních signálů s ohledem na charakteristiky kabelů a susceptibilita kabelů rozhraní na indukované signály pak bude obdobná jako při skutečné instalaci.

Uspořádání „cik-cak“ vedení dlouhých kabelů se provádí umístěním dlouhého kabelu ve volném prostoru a pak obrácením směru kladení kabelu o 180° tolikrát, kolikrát je potřebná změna směru. Každý následující segment je vzdálen od předchozího. Jednotlivé segmenty kabelu jsou paralelní a musí se umístit 2 cm od sebe. Toto uspořádání se někdy nazývá serpentinový vzor. Takové uspořádání vedení dlouhých kabelů je výhodnější než svinování do cívky a provádí se ke snížení přídavné indukčnosti. Mezera 2 cm mezi kabely je nutná, aby se celá kabeláž vystavila zkušební anténám a pro omezení vazeb signálů mezi kabely. Vzdálenost 10 cm přední části kabelů od přední hrany zemní plochy zabezpečuje, že je pod prvním kabelem dostatečná plocha. Vzdálenost 5 cm od zemní plochy standardizuje oblast smyček přístupných pro vazby a kapacitu vůči zemní ploše. Tato vzdálenost reprezentuje vedení a uchycení kabelů ve skutečné instalaci a pevnou vzdálenost od konstrukce platformy.

Požadavek, aby se každé první dva metry propojovacích kabelů souvisejících s kryty EUT vedly paralelně s hranicí sestavy zkoušky, zabezpečuje správné ovlivnění EUT při zkouškách. Rušivé signály, produkované uvnitř EUT a pronikající po vodičích přes rozhraní ven, budou mít tendenci zeslabování v závislosti na vzdálenosti, zvláště pokud je délka vlny oproti délce vedení krátká. Obdobně se budou zeslabovat při vedení po kabeláži signály při zkouškách susceptibilita na vyzařované pole. Z těchto důvodů požadovaných 2 m ovlivňované kabeláže maximalizuje efekty potenciálních vazeb s vyzařovaným polem.

V některých vojenských aplikacích může být i více než 2 000 kabelů připojených k systému. Ve většině případů velkého počtu kabelů bude mnoho rozhraní připojeno k identickým obvodům z důvodů redundance. V této situaci není nutno zkoušet každé kabelové rozhraní. V EMITP se musí dokumentovat případy, kdy se tyto okolnosti vyskytují, a má se navrhnout, které kabely se zahrnou do zkušební sestavy a musí se zkoušet.

A.4.3.8.6.1 (7.3.8.6.1) Vstupní napájecí vodiče

Dva metry vstupních napájecích vodičů (včetně středních a referenčních) musí být vedeny paralelně s přední hranou zkoušeného souboru stejným způsobem jako propojovací vodiče. Každý napájecí vodič, včetně nulového a zpětného vodiče, se musí připojit k LISN (viz článek 7.3.6). Napájecí vodiče, které jsou v aktuální instalaci součástí propojovacího kabelu, musí být konfigurovány stejně na 2 m exponované délky a potom se musí oddělit ze svazku a vést k LISN. Po 2 m exponované délky musí být napájecí vodiče ukončeny na LISN v nejkratší možné vzdálenosti. Celková délka napájecích vodičů od elektrického konektoru EUT k LISN nesmí přesáhnout 2,5 m, s výjimkou velkých EUT, kde jsou kabely vedeny z horní části vysoké EUT nebo spodní části skříňe stojící na podlaze, může celková délka přesáhnout 2,5 metru, ale musí být udržována na minimu. Všechny napájecí vodiče musí být uchyceny 5 cm nad zemní plochou. Pokud napájecí vodiče jsou v aktuální instalaci krouceny, musí být krouceny až k LISN.

Příloha A
(informativní)

Diskuse: *Vhodná délka napájecích kabelů je kompromis mezi zajištěním dostatečné délky pro účinnou vazbu vyzařovaných signálů a udržování impedance LISN. Aby se udržela konstantní sestava zkoušky, je nežádoucí měnit délky napájecích vodičů pro různé metody zkoušky. Požadavek 2 m exponované délky je konzistentní s úpravou propojovacích vodičů pro hlediska vyzařování. Indukčnost vodiče vedeného přibližně 5 cm nad zemní plochou je přibližně 1 $\mu\text{H/m}$. Na 1 MHz je impedance odpovídající této indukčnosti asi 13 Ω , což je z hlediska požadavků pro LISN významné.*

Zatímco se obvykle požaduje uvnitř krytu oddělení středních a referenčních vodičů od šasi, v některých případech jsou k šasi tyto vodiče připojeny. Je-li v aktuální instalaci zařízení elektricky propojeno ke kovové konstrukci systému a střední a referenční vodiče jsou ke konstrukci připojeny také, potečou vyrovnávací proudy spíše konstrukcí než vodiči. Proto v tomto případě se má použít LISN na vysokourovňové straně napájení. Existují jiné instalace, jako v mnoha typech letadel, kde jsou střední a referenční vodiče odděleny od konstrukce, ale jsou připojeny ke konstrukci vně krytů zařízení. Tato varianta umožňuje v případě nezbytnosti propojit střední nebo referenční potenciály vodiči. V takových situacích se používají LISN na příslušných středních a referenčních vodičích.

Požadavky pro LISN standardizují impedanci pro napájecí vodiče. Zatímco signální a řídicí obvody jsou obvykle zakončeny specifikovanou impedancí, impedance napájecích obvodů není obvykle dobře definovaná. Požadavky na LISN se aplikují na všechny vstupy primárních napájecích vodičů. Požadavky na LISN se neaplikují na výstupní vodiče. Tyto vodiče mají být zakončeny po 2 m exponované délky zátěží reprezentující podmínky pro nejhorší případ. Touto zátěží by normálně protékal maximální povolený proud pro napájecí zdroj.

Konstrukce napájecích kabelů mezi EUT a LISN musí být ve shodě s požadavky článku 7.3.8.6. Například když se použije kroucený triplet pro distribuci třífázového napájení do trojúhelníku v aktuální instalaci, stejná konstrukce se má použít v sestavě zkoušky. Tato normální běžná konstrukce musí být po dostatečné délce přerušena pro umožnění připojení k LISN.

A.4.3.8.7 (7.3.8.7) Elektrická a mechanická rozhraní

Všechna vstupní a výstupní rozhraní musí být zakončena buď skutečným zařízením, které bude použito na místě instalace nebo zátěží, která simuluje jeho elektrické vlastnosti na místě instalace (impedanci, zemnění, přizpůsobení atd.). Vstupní signály musí být přivedeny ke všem vstupním obvodům zkoušeného zařízení z důvodu jejich správné činnosti. Také mechanické výstupy musí být správně zatíženy. Pokud se při skutečné instalaci elektrické nebo mechanické rozhraní zatěžuje proměnnou zátěží, musí se při zkoušce použít taková zátěž, která vytváří z hlediska EMC nejhorší podmínky. Při použití aktivních zátěží (jako jsou např. zkušební soupravy) je třeba nejprve zjistit, zda tyto zátěže nejsou zdroji interferencí a nezvyšují elektromagnetické pozadí dle požadavků článku 7.3.4. Anténní konektory zkoušeného zařízení se musí zakončit stíněnými přizpůsobenými zátěžemi.

Diskuse: *Při vyhodnocování je nutno použít vstupní signály. Celá řada elektronických subsystémů je na místě instalace součástí systému s mnoha zařízeními pro zpracování analogových a digitálních signálů. Použití skutečných zařízení, připojených k rozhraní zkoušeného zařízení, které budou použity při instalaci, snižují problémy při správné simulaci rozhraní. Rozhraní musí správně pracovat i v případě přítomnosti indukovaných rušivých signálů, které se používají při zkouškách susceptibility.*

Požadované izolace je možno dosáhnout použitím filtrů na vodičích rozhraní aktivní zátěže, stíněním zátěže nebo umístěním zařízení mimo stíněný měřicí prostor. Filtrace se musí provádět tak, aby měla co nejmenší vliv na elektrické vlastnosti rozhraní specifikované dříve. Z důvodů správné simulace, se musí filtrace zátěže provádět mimo frekvenční rozsah nutný pro správnou funkci obvodů rozhraní.

Anténní konektory jsou zakončeny zátěžemi definovanými ve všeobecných podmínkách uspořádání. Je nutno specifikovat zkušební postupy zaměřené na elektromagnetické charakteristiky anténních vstupů a výstupů a požadované úpravy uspořádání zkoušek.

A.4.3.9 (7.3.9) Provoz zkoušeného zařízení

Při měření vyzařovaných emisí musí být zkoušené zařízení v takovém pracovním režimu, který produkuje maximální úrovně emisí. Při zkouškách susceptibility musí být zkoušené zařízení v takovém režimu, který vykazuje nejvyšší susceptibilitu na zkušební signály. Pokud zkoušené zařízení umožňuje několik dostupných provozních režimů (včetně programově ovládaných režimů), musí se zvolit takový počet režimů, který umožní zkoušky vyzařování a susceptibility pro ohodnocení všech obvodů. Zvolené provozní režimy musí být uvedeny ve zkušebním programu (EMITP).

Diskuse: *Pro různé zkoušky je možno zvolit různé provozní režimy. Předpokladem pro maximální úrovně emisí jsou podmínky, při kterých zkoušené zařízení odeberá nejvyšší primární napájecí proud, výsledkem je pak nejvyšší aktivita obvodů rozhraní a generování nejvyšších proudů spotřebovaných pro signály vnitřní číslicové časové základny. Nastavení radiolokátoru musí být takové, že výstupní průběh má nejvyšší možný střední výkon. Datová rozhraní se nastaví tak, aby probíhala nepřetržitá datová komunikace. Během zkoušek susceptibility se musí nastavit všechny režimy, u kterých se předpokládají potíže v případě provádění bojových úkolů.*

Hlavním předpokladem pro nejvyšší susceptibilitu je nastavení zkoušeného zařízení do takového stavu, kdy je zařízení schopno přijímat ty nejnižší zamýšlené signály (maximální zisk). Obrazové senzory se normálně vyhodnocují za nejpřísnějších specifikovaných podmínek. RF přijímače se normálně vyhodnocují při nastavení, kdy je možno přijímat signály s minimálním odstupem od šumu, které jsou uvedeny v technických podmínkách přijímače. Dalším předpokladem je zajištění, že elektrická rozhraní, která přijímají data, jsou často kontrolována z důvodu monitorování chování.

A.4.3.9.1 (7.3.9.1) Pracovní frekvence pro laditelná RF zařízení

Měření se musí provádět se zkoušeným zařízením naladěným nejméně na tři frekvence v každém laděném rozsahu, ladicí jednotky nebo rozsahu pevných kanálů. Předpokládá se použití střední frekvence a frekvence $\pm 5\%$ v okolí obou konců každého frekvenčního rozsahu nebo rozsahu kanálu.

Diskuse: *Laděné obvody a obvody frekvenční syntézy v RF zařízeních mění při nastavení na různé frekvence své charakteristiky, jako jsou průběh, potlačení a spektrální obsah vyzařování. Pro získání vzorků chování zkoušeného zařízení se musí použít několik frekvencí z pracovního frekvenčního rozsahu.*

Běžná RF zařízení pracují v několika frekvenčních pásmech nebo zajišťují několik funkcí. Příkladem je rádiový vysílač/přijímač (transceiver) s frekvenčními rozsahy VHF-FM, VHF-AM a UHF-AM. Další zařízení mohou pracovat ve větších frekvenčních rozsazích a mohou se dle potřeby naprogramovat pro zajištění dalších funkcí. Požadavek měření při třech nastaveních frekvencí v každém ladicím rozsahu, ladicí jednotce nebo rozsahu pevných frekvencí se musí splnit např. při třech pracovních

Příloha A
(informativní)

funkcích, které se musí uvažovat jako samostatná pásma i když se jedná o sousední frekvence. Stejně tak každá funkce adaptivního RF zařízení se musí vyhodnocovat samostatně.

Každou „přidanou hodnotu“ požadavku měření při třech frekvencích a v každém frekvenčním pásmu je třeba zvážit s ohledem na cenu a časovou náročnost. Pro každý případ je třeba zvážit specifiku návrhu zařízení a zamýšlené funkce.

Např. při provedení zkoušky CS101 na vysílači/přijímači s frekvenčními pásmy VHF-FM, VHF-AM a UHF-AM by se zkouška musela opakovat minimálně 18krát (3 frekvence · 3 rozsahy · 2 režimy). Protože zkouška CS101 se obecně vztahuje spíše k napájecím obvodům a zátěži než ke specifikovaným naladěným frekvencím, nemůže mít provedení zkoušky při menším počtu podmínek podstatný vliv. Pokud se v tomto případě vyskytne problém, jedná se většinou o brum na výstupu sekundárního napájení, který se přenáší spolu s RF signálem nebo se ovlivňuje zvukový výstup přijímače. Odpovídající přístup v případě tohoto konkrétního přístroje je zkouška pouze na středních frekvencích každého rozsahu při obou funkcích. Počet zkoušek se tak zmenší na 6 (3 frekvence · 2 režimy).

Další požadavky se zvažují obdobně. Protože vyzařování při zkoušce CE102 je způsobováno výhradně charakteristikami napájecího zdroje, je vhodné provádět zkoušku pouze na každé střední frekvenci jednotlivých pásem a pouze v režimu vysílání. Při zkouškách, kdy frekvenční pokrytí zasahuje do rozsahu pracovních frekvencí zařízení, jako jsou např. RE102, CE106 a RS103, je nutno provádět zkoušky při třech frekvencích v každém laděném pásmu.

A.4.3.9.2 (7.3.9.2) Pracovní frekvence pro zařízení s rozprostřeným spektrem

Požadavky na pracovní frekvence pro dva hlavní typy přístrojů s rozprostřeným spektrem jsou následující:

- a) Frekvenční skákání (hopping). Měření se musí provádět se zkoušeným zařízením využívajícím množinu skoků obsahující minimálně 30 % všech možných frekvencí. Tato množina skoků musí být stejnoměrně rozdělena do tří segmentů v nízkém, středním a vysokém pásmu pracovních frekvencí zkoušeného zařízení.
- b) Přímá posloupnost: Měření se musí provádět v režimu, kdy zkoušené zařízení zpracovává data, která jsou přijímána s nejvyšší možnou přenosovou rychlostí.

Diskuse: *Je nutno, aby během zkoušky zařízení pracovalo na takové úrovni, jaká se bude používat v běžných polních podmínkách. Tento režim umožňuje získat skutečný profil emisí zkoušeného zařízení během zkoušek vyzařování a susceptibility a poskytuje reálnou zátěž a simulaci zkoušeného zařízení během zkoušek susceptibility na vyzařované a vedené emise.*

Frekvenční skákání (hopping). Rozdělení frekvenčního skoku do celého pracovního spektra zkoušeného zařízení pomáhá zjistit závislost vnitřních obvodů na použití přesných aktivních vysílacích frekvencí zkoušeného zařízení během zpracování celého pseudonáhodného řetězce. Rychlá doba zpracování skoku přijímače/vysílače v poměru k použitelné době měření měřicího přijímače (viz článek 7.3.10.3), umožňuje zachytit charakteristické znaky vyzařování zkoušeného zařízení.

Přímá posloupnost: Požadavek použití nejvyšší možné přenosové rychlosti použité při skutečném provozu zkoušeného zařízení představuje „nejhorší případ“ profilu vyzařovaných a vedených emisí. Vnitřní obvody vysílače pracují při skládání a předávání dat s nejvyšší možnou rychlostí a stejně tak při jejich rozkladu v přijímači. Dále je vysoká přenosová rychlost dat potřebná při všech zkouškách susceptibility.

A.4.3.9.3 (7.3.9.3) Monitorování zkoušek susceptibility

Při zkouškách susceptibility se musí zkoušené zařízení sledovat z hlediska snižování výkonu nebo nesprávné funkce. Monitorování se obvykle provádí pomocí vestavěných testů (BIT), displejů, zvukových výstupů a dalších způsobů měření výstupních signálů a rozhraní. Monitorování funkce zkoušeného zařízení pomocí zvláštních obvodů je povoleno pouze v případě, že tyto neovlivňují výsledky zkoušek.

Diskuse: *Při zkouškách susceptibility se musí u zkoušeného zařízení monitorovat obrazové a zvukové výstupy, diagnostické funkce a elektrická rozhraní. Pokud je třeba použít dodatečných monitorovacích obvodů, je třeba sledovat jejich vliv na výsledky měření, protože mohou sloužit jako body pro vstup nebo výstup elektromagnetické energie.*

Postup monitorování se musí uvést ve zkušebním programu (EMITP) a musí obsahovat tolerance možných nepřesností procesu monitorování pro zajištění nejvyšší možné pravděpodobnosti správné funkce sledovaných oblastí susceptibility.

Pokud EUT obsahuje nebo ovládá elektricky iniciované zařízení (EID), může být vyžadováno speciální monitorování a popsáno v EMITP. To je zamýšleno jako součást zmírnění rizika, nikoli namísto zkoušky HERO zkoušení/certifikace.

A.4.3.10 (7.3.10) Použité měřicí zařízení

Potřebné měřicí zařízení a přístroje jsou v tomto dokumentu uvedeny u jednotlivých zkušebních postupů. K provádění zkoušek popsaných v tomto dokumentu je možno použít libovolný frekvenčně selektivní měřicí přijímač. Předpokladem je, že jeho technické parametry (jako je citlivost, selektivita šířky pásma, funkce detektorů, dynamický rozsah a pracovní frekvence) odpovídají požadavkům specifikovaným v tomto dokumentu a jsou vhodné pro srovnávání výsledků s požadovanými mezními hodnotami. Typické technické parametry je možno najít v ANSI C63.2.

Měřicí přijímače využívající techniky měření v časové doméně s rychlou Fourierovou transformací (FFT) jsou pro použití přijatelné, pokud jsou parametry tabulky 3 uživateli přímo přístupné a lze je ověřit.

Diskuse: *Vzrůstá počet dotazů na použití jiných přístrojů než těch, které se označují jako „měřiče intenzity pole“ nebo „EMI přijímače“. Celá řada dotazů se týká použití spektrálních analyzátorů. Tyto přístroje jsou obecně také použitelné. Záleží ovšem na typu a při jejich použití se mohou objevit potíže, které se při použití měřicích přijímačů obvykle nevyskytují. Citlivost v některých frekvenčních pásmech vyžaduje zařadit před vstup analyzátoru nízkošumový předzesilovač. Impulzní typy signálů generované zkoušeným zařízením, které obsahují velké množství frekvencí, mohou saturovat vstupní obvody přijímače nebo předzesilovače. Je třeba provést předběžná opatření uvedená v článku 7.3.7.3. Tyto problémy se v případě analyzátoru obvykle řeší použitím preselektoru. Typické preselektory obsahují přeladitelné filtry, které se přeladují spolu s analyzátozem a předzesilovačem.*

Příloha A
(informativní)

ANSI C63.2 představuje průmyslového koordinátora požadovaných charakteristik zkušebních přijímačů. Tento dokument se používá při hodnocení parametrů přijímačů.

Celá řada zkušebních postupů vyžaduje pro zkoušky EMI velmi specializované vybavení. Takovými přístroji jsou proudové transformátory se zkušebními obvody, které vytvářejí primárně jeden závit. Jsou navrženy pro zakončení 50Ω . Proudové sondy se kalibrují pomocí přenosové impedance, dané poměrem napětí na výstupu 50Ω a proudu procházejícího sondou. Sondy s vyšší hodnotou přenosové impedance mají lepší citlivost. Tyto sondy ovšem vlivem sériové impedance přidávané do obvodu s velkým potenciálem ovlivňují úroveň elektrického proudu. Sériová impedance přidávaná sondou se určí podělením přenosové impedance počtem závitů v sekundárním vinutí sondy. Typická přenosová impedance je 5Ω nebo menší. Typická hodnota přidané sériové impedance je 1Ω nebo menší.

Přijímač FFT vzorkuje část frekvenčního spektra a používá techniky zpracování digitálního signálu k zobrazení frekvenčních dat způsobem podobným běžným analyzátorům spektra. Doba prodlevy uvedená v tabulce 3 se vztahuje na celkový čas odběru vzorků a nesmí zahrnovat žádný čas zpracování.

A.4.3.10.1 (7.3.10.1) Detektor

Při měření emisí a susceptibility ve frekvenční oblasti se musí používat vrcholový detektor. Toto zařízení detekuje vrcholovou hodnotu modulační obálky propustného pásma přijímače. Měřicí přijímače se kalibrují za podmínek, které odpovídají efektivní hodnotě (RMS) sinusového průběhu, který produkuje stejné vrcholové hodnoty. Pokud se při zkouškách susceptibility používají jiná zařízení, jako jsou např. osciloskopy, neselektivní voltmetry nebo širokopásmové snímače pole, je nutno pro zkušební signály použít korekční faktory, které zajistí použití ekvivalentních efektivních hodnot menších než vrcholové hodnoty modulační obálky.

Diskuse: *Funkce vrcholového detektoru a význam výstupní hodnoty měřicího přijímače jsou často nesprávně interpretovány. I když se jedná o na první pohled nesprávný výklad termínů „vrcholový“ (peak) a „efektivní“ (RMS), není zde žádný rozpor. Všechny používané detektory (jako jsou vrcholový, střední, intenzity pole a kvazivrcholový) zpracovávají obálku signálu, který je přítomen v mezifrekvenčním stupni přijímače (IF). Všechny výstupy se kalibrují jako odpovídající efektivní hodnoty. Pokud je na vstup přijímače přiveden sinusový signál, je odpovídající obálkou v mezifrekvenčním stupni stejnosměrná úroveň (DC) a všechny detektory indikují stejnou efektivní hodnotu. Kalibrace v efektivních hodnotách je nutná z důvodu jednotnosti. Zdroje signálu jsou také kalibrovány v efektivních hodnotách. Jestliže se na vstup přijímače přivede signál s úrovní 0 dBm ($107 \text{ dB}\mu\text{V}$), musí přijímač zobrazit hodnotu 0 dBm ($107 \text{ dB}\mu\text{V}$).*

Pokud je signál přiváděn ke vstupu přijímače modulován, reagují detektory odlišným způsobem. Mezifrekvenční stupeň přijímače sleduje pouze tu část vstupního signálu, která prochází propustným pásmem mezifrekvenčního stupně. Vrcholový detektor zaznamená nejvyšší úroveň obálky mezifrekvenčního signálu a zobrazí hodnotu, která se rovná efektivní hodnotě sinusového signálu se stejnou vrcholovou hodnotou. Použití vrcholového detektoru zajišťuje, že se při jeho použití získají ty nejvyšší hodnoty rušivého vyzařování. Detektor střední hodnoty zprůměruje modulační obálku na základě zvolené nabíjecí a vybíjecí časové konstanty.

Obrázek A.4 ukazuje výstup vrcholového detektoru při použití několika modulovaných průběhů. Předmětem zájmu je fakt, že u obdélníkových signálů, které se mohou

považovat za impulzní typ modulace, se může uvažovat, že přijímač bude zobrazovat efektivní hodnotu impulsu. Impulzní signály se často specifikují pomocí vrcholového výkonu. Efektivní hodnota signálu je odvozena z výkonu a přijímač, který používá vrcholový detektor, vlastně zobrazuje vrcholový výkon.

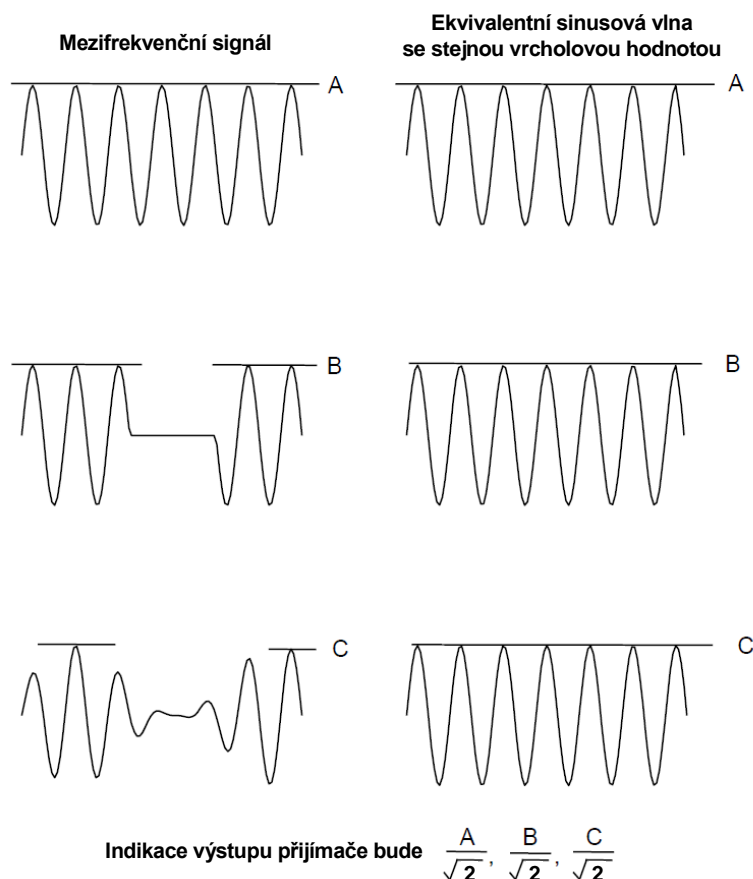
Všechna měření ve frekvenční oblasti jsou normalizována s ohledem na použití přijímače s vrcholovým detektorem. Pokud se tedy použije přístroj, který neobsahuje vrcholový detektor, musí se pro konkrétní signál použít korekční faktory. Při použití osciloskopu se efektivní hodnota vrcholu modulační obálky modulovaného sinusového signálu získá tak, že se maximální hodnota měřená od stejnosměrné úrovně podělí odmocninou ze dvou.

Korekční faktory jiných zařízení je možno získat vyhodnocením odezvy přístroje na signál se stejnou vrcholovou úrovní s modulací a bez modulace. Např. korekční faktor širokopásmového snímače pole se určí následovně. Snímač se umístí do nemodulovaného pole a odečte se naměřená hodnota. Použije se požadovaná modulace pole zajišťující, že naměřená vrcholová hodnota bude stejná jako u nemodulovaného pole. V případě impulzní modulace bude celá řada zdrojů produkovat stejné vrcholové hodnoty. Amplitudová modulace zvyšuje vrcholovou amplitudu signálu a je třeba postupovat obezřetně. Proveďte se nový odečet naměřené hodnoty. Korekční faktor se získá dělením naměřené hodnoty s nemodulovaným polem naměřenou hodnotou s modulovaným polem. Jestliže je např. naměřená hodnota při použití pole bez modulace 10 V/m a hodnota při měření modulovaného pole 5 V/m má korekční faktor hodnotu 2. Vyhodnocení je nutno provést na několika frekvencích a při několika úrovních, aby se získaly odpovídající hodnoty korekčních faktorů. Pokud se následně použije snímač pro měření se stejnou modulací, násobí se pro získání vrcholových hodnot naměřená hodnota korekčním faktorem.

A.4.3.10.2 (7.3.10.2) Počítačem řízené přijímače

V případě použití přijímače, který je řízen počítačem, je nutno ve zkušebním plánu popsat způsob ovládání, který se použije při měření. Musí se také uvést způsob ověření správné funkce programu. Pokud se v tomto případě používá komerční program, musí být k dispozici minimálně název výrobce, označení programu a použitá verze. Pokud je program vytvořen zkušební laboratoří, musí být k dispozici dokumentace, která popisuje metodu ovládání zkušebního zařízení a jakým způsobem se provádějí aktualizace verzí.

Příloha A
(informativní)



OBRÁZEK A.4 – Odezva vrcholového detektoru

Diskuse: Počítačové programy obvykle poskytují výborné funkce pro automatické provádění zkoušek. Při nesprávném nastavení parametrů však také může dojít k významným chybám měření. Je důležité, aby uživatel byl podrobně seznámen s ovládáním programu, nastavením důležitých parametrů (jako jsou korekční faktory převodníků nebo proměnné rozmitání) a provedením kontrolních funkcí, které zjišťují, že měření probíhá správným způsobem. EMITP musí obsahovat minimálně následující údaje:

- dooby rozmitání,
- použití korekčních faktorů,
- určení a prezentace konečných údajů,
- revizní přehled, který poskytuje podrobnosti o použitých programových ovladačích.

A.4.3.10.3 (7.3.10.3) Zkoušky vyzařování (emise)

A.4.3.10.3.1 (7.3.10.3.1) Rozlišovací šířka pásma

Rozlišovací šířky pásma měřicího přijímače, které se musí použít při zkouškách emisí, jsou uvedeny v tabulce A.2. Tyto šířky pásma jsou specifikovány pro pokles celé selektivní křivky přijímače o 6 dB. Při měření se nesmí použít filtr videosignálu (VBW). Pokud se videosignál filtruje, musí se použít nejvyšší možná hodnota VBW. V případě potřeby se může použít vyšší hodnota rozlišovací šířky pásma; výsledkem ovšem

je vyšší naměřená hodnota vyzařování. Při použití vyšších hodnot rozlišovací šířky pásma se v žádném případě nesmí použít jakékoliv korekční faktory.

TABULKA A.2 – Rozlišovací šířka pásma a doby měření

Frekvenční rozsah	6 dB šířka pásma	Minimální doba prodlevy		Minimální doba měření pro analogový měřicí přijímač *1
		Krokově přeladovaný přijímač *1 [s]	FFT přijímač *2 [s/šířka pásma měření]	
30 Hz – 1 kHz	10 Hz	0,15	1	0,015 s/Hz
1 kHz – 10 kHz	100 Hz	0,015	1	0,15 s/kHz
10 kHz – 150 kHz	1 kHz	0,015	1	0,015 s/kHz
150 kHz – 10 MHz	10 kHz	0,015	1	1,5 s/MHz
10 MHz – 30 MHz	10 kHz	0,015	0,15	1,5 s/MHz
30 MHz – 1 GHz	100 kHz	0,015	0,15	0,15 s/MHz
nad 1 GHz	1 MHz	0,015	0,015	15 s/GHz

*1 Alternativní skenovací technika. Násobné rychlé rozmítání s použitím funkce záznamu maximální hodnoty se může použít v případě, že celková doba skenování se rovná nebo je vyšší než minimální doba měření uvedená v tabulce 3.

*2 FFT přijímače mohou být použity za předpokladu, že operace FFT je v souladu s ANSI C63.2. Uživatelské rozhraní měřicího přijímače musí umožňovat přímý vstup parametrů v tabulce 3 pro oba režimy měření FFT v časové doméně i s frekvenčním přeladováním stejným způsobem, aniž by bylo nutné přímo nebo přímo ovládat funkce FFT.

Diskuse: Rozlišovací šířky pásma uvedené v tabulce 3 jsou shodné s dostupnými hodnotami a hodnotami uvedenými ve specifikacích pro přijímače v normě ANSI C63.2. Existující přijímače mají rozlišovací šířku pásma specifikovanou různým způsobem. Některé se udávají pro pokles o 3 dB. Rozlišovací šířky pásem pro pokles o 6 dB jsou obvykle o 40 % větší než pro pokles o 3 dB. Impulzní šířky pásma jsou obvykle podobné jako šířky pásem pro pokles o 6 dB. V případě šířky pásem gaussovských filtrů je skutečná hodnota poklesu 6,8 dB.

Hranice mezi rozlišovací šířkou pásma 1 kHz a 10 kHz byla posunuta z hodnoty 250 kHz použité v MIL-STD-461E na hodnotu 150 kHz, pro harmonizaci s komerčními normami EMI.

Aby nedocházelo k omezení současně dostupných přijímačů, které nemají k dispozici požadované hodnoty šířek pásma, povolují se při měření vyšší hodnoty. Použití vyšší hodnoty rozlišovací šířky pásma může produkovat vyšší měřené úrovně širokopásmových signálů. Zákaz použití korekčních faktorů je z důvodu zabránění pokusům o klasifikaci signálů.

Příloha A
(informativní)

Důležitým faktorem při posuzování vhodnosti použití přijímače je jeho citlivost. Nejvyšší požadavky z tohoto hlediska jsou při provádění zkoušky RE102. Citlivost přijímače v laboratorních podmínkách se určí následujícím způsobem:

$$\text{Citlivost [dBm]} = -114 \text{ dBm/MHz} + \text{rozlišovací šířka pásma [dBMHz]} + \text{šumové číslo [dB]}.$$

Jak je vidět z výše uvedené rovnice je snížení šumového čísla (kryogenní chlazení není praktické) jediným způsobem jak ovlivnit citlivost pro specifikovanou hodnotu rozlišovací šířky pásma. Šumové číslo přijímače se velmi podstatně mění v závislosti na vstupních obvodech. Šumové číslo systému je možno zlepšit použitím nízkošumových předzesilovačů. Šumové číslo kombinace předzesilovač/přijímač se vypočte následujícím způsobem. Všechna čísla jsou reálná. Převod do decibelového měřítko ($10 \cdot \log$) je nutný pro určení výsledků citlivosti výše uvedené rovnice.

$$\text{Šumové číslo} = \text{šumové číslo předzesilovače} + \text{šumové číslo přijímače} / \text{zisk předzesilovače}$$

Protože předzesilovače jsou většinou širokopásmová zařízení, jsou náchylná k saturaci. Problém se řeší použitím preselektoru, který obvykle obsahuje přeladitelný filtr spolu s nízkošumovým předzesilovačem. Preselektor je integrální součástí mnoha přijímačů.

Příklad násobného rychlejšího skenování odvozeného z tabulky 3 je vidět níže. Zobrazená frekvenční pásma neznamenaají, že je nutno celé pásmo skenovat najednou. Musí se splnit požadavky na frekvenční rozlišení uvedené v článku 7.3.10.3.4.

Násobné skenování může být efektivní metoda pro zachycení nestálých signálů, jejichž střída má rychlé a krátké doby přítomnosti signálu a dlouhé doby kdy je signál nepřítomen. Doba a počet skenování se musí odvozovat od znalosti charakteristik signálu, aby se zvýšila pravděpodobnost jeho zachycení. Doba a rychlost skenování jsou předmětem omezení uvedeného ve sloupci 8 tabulky A.3, a které umožňuje dostatečně dlouhou dobu setrvání, pro stabilizaci IF filtru. Moderní spektrální analyzátoary a přijímače mají nástroje pro potlačení nekalibrovaných výsledků skenování, které se odvozuje od rychlosti skenování, příliš velké pro stabilizaci IF filtru. Tyto typy signálů mají Binomické rozložení pravděpodobnosti jejich zachycení. Pro dané charakteristiky signálu může správné nastavení parametrů skenování významně zvýšit pravděpodobnost jeho zachycení. Měřicí přijímače musí pracovat v režimu zachycení maximální hodnoty (max hold peak), takže v průběhu skenování se zachytí maximální úrovně frekvenčních složek spektra. Pokud jsou dostupné časové charakteristiky signálu, musí se zaznamenat do zkušebního protokolu (EMITR).

Doba prodlevy 0,015 sekundy uvedená v tabulce 3 pro krokově a analogově laděné přijímače byla vybrána pro zachycení signálů, které měly minimální opakovací frekvenci přibližně 60 Hz. U signálů s nižší frekvencí a s nižšími rychlostmi opakování budou tradiční přijímače typicky zobrazovat jednotlivé impulzy (na rozdíl od spektrálních čar) v závislosti na rychlosti skenování přijímače (viz diskuse A.6.3.10.3). Doba prodlevy 1 s pro přijímače FFT pod 10 MHz je určena k zachycení emisních profilů základního pásma (bez nosné frekvence), které mají opakovací frekvenci až 1 Hz. Horní frekvence 10 MHz byla vybrána tak, aby odpovídala horní frekvenci CE102, kde napájecí zdroje mohou produkovat řízený šum s nižšími opakovacími frekvencemi.

TABULKA A.3 – Násobné skenování

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Počáteční frekvence [Hz]	Konečná frekvence [Hz]	Rozpětí [Hz]	Rozlišovací šířka pásma [Hz]	Počet kroků	Doba trvání jednoho kroku [s]	Doba jednoho rozmítání Tabulka 3	Doba jednoho rychlého rozmítání [s]	Počet rychlých rozmítání, která se rovnají jednomu rozmítání Tabulky 3
Z tabulky 3	Z tabulky 3	C2 – C1	Z tabulky 3	2·(C3 – C4)	Z tabulky 3	C5 · C6	C5 / C4	C7 / C8
30	1 k	970	10	194	0,15	29,1	19,4	1,5
1 k	19 k	9 k	100	180	0,015	2,7	1,8	1,5
10 k	150 k	140 k	1 k	280	0,015	4,2	0,28	15
0,15 M	30 M	29,85 M	10 k	5 970	0,015	89,55	0,597	150
30 M	1 G	970 M	100 k	19 400	0,015	291	0,194	1 500
1 G	18 G	17 G	1 M	34 000	0,015	510	0,024	15 000

A.4.3.10.3.2 (7.3.10.3.2) Identifikace emisí

Veškeré emise, bez ohledu na jejich charakteristiky, se musí zaznamenat s rozlišovací šířkou pásma uvedenou v tabulce A.2 a srovnat s povolenými mezními hodnotami. Identifikace emisí z hlediska kategorizace na úzkopásmové a širokopásmové se neprovádí.

Diskuse: Požadavky na použití specifikovaných šířek pásma a jednotných mezí jsou motivovány tím, aby se předešlo mnoha problémům. Předchozí verze tohoto standardu neměly žádné jednotící hledisko na požadované šířky pásma a poskytovaly jak úzkopásmové, tak širokopásmové meze pro mnoho frekvenčních rozsahů většiny požadavků na emise. Při řešení všech problémů se při vyhodnocení uvažují pouze specifikované šířky pásma a jednotlivé mezní hodnoty. Význam konkrétních rozlišovacích šířek pásem zvolených při zkoušce je určen pro klasifikaci zobrazeného rušení s ohledem na zvolené šířky pásem. Širokopásmové rušení se muselo normalizovat kekvivalentní úrovni při rozlišovací šířce pásma 1 MHz. Šířky pásma a klasifikační techniky byly u různých laboratoří velmi různé a výsledky neodpovídaly požadavkům norem. Základní myšlenky klasifikace vyzařovaných emisí byly často nesprávně chápány a používány. Požadavek určitých šířek pásem a jednotných mezních hodnot eliminuje jakoukoliv potřebu kategorizace emisí.

Dalším problémem je, že profil emisí z moderních elektronických zařízení je často poměrně komplexní. Některé emise mají frekvenční rozsah, který charakterem

Příloha A
(informativní)

připomíná bílý šum. Normalizace amplitudy spektra signálu na bázi impulzního šumu není z technického hlediska, vzhledem k rozlišovací šířce pásma 1 MHz, správná. Požadavek určitých rozlišovacích šířek pásem normalizací a neshodu eliminuje.

A.4.3.10.3.3 (7.3.10.3.3) Frekvenční skenování

Při měření vyzařovaných emisí se musí prohledávat celé frekvenční pásmo určené v požadavcích na zkoušku. Minimální doby měření pro analogové měřicí přijímače použité při zkoušce jsou uvedeny v tabulce A.2. Měřicí přijímače používající syntézu musí při měření používat krok, který má šířku rovnající se jedné polovině přírůstku rozlišovací šířky pásma nebo menší a doba trvání měření se musí minimálně rovnat hodnotám uvedeným v tabulce A.2. Pokud zkoušené zařízení pracuje tak, že se emise vyskytují v nepravidelných intervalech, je nutno dobu měření prodloužit, aby se zachytily a zaznamenaly veškeré emise.

Diskuse: *Při každé zkoušce vyzařovaných emisí se definuje frekvenční rozsah, ve kterém se provádí prohledávání.*

Při zkoušce vyzařovaných emisí se požaduje nepřetržité prohledávání celého určeného frekvenčního rozsahu. Zkoušky na diskretních frekvencích nejsou možné, pokud to není uvedeno jinak. Minimální doby měření uvedené v tabulce A.2 platí za dvou předpokladů. Prvním předpokladem je doba odezvy konkrétní rozlišovací šířky pásma na měřený signál. Tato doba je $1 / (\text{šířka pásma filtru})$. Druhým předpokladem je potenciální rychlost každé operace (jako je modulace, opakování a zpracování) zkoušeného zařízení a potřeba zaznamenat nejvyšší vyzařované hodnoty. Profil vyzařování se v čase obvykle mění. Některé signály jsou přítomny pouze v některých časových intervalech a některé mění svou úroveň. Např. signály, které jsou běžně přítomné v profilu vyzařování, jsou harmonické složky hodinových signálů mikroprocesorů. Tyto harmonické složky mají velmi stabilní frekvenci, ale jejich amplituda se mění v závislosti na provozu různých obvodů a změně jejich spotřeby.

První hodnota uvedená v tabulce A.2 pro analogové přijímače, 0,015 s/Hz pro rozlišovací šířku pásma 10 Hz, je omezena dobou odezvy v propustném pásmu měřicího přijímače. Doba odezvy je dle výše uvedeného vztahu $1 / 10 \text{ Hz} = 0,1 \text{ s}$. Jak se tedy přijímač přeladuje, musí propustné pásmo přijímače obsahovat libovolnou frekvenci po dobu 0,1 s, což odpovídá minimální době prohledávání $0,1 \text{ s} / 10 \text{ Hz} = 0,01 \text{ s/Hz}$. Pro zajištění odpovídající doby, se tabulková hodnota zvýšila na 0,015 s/Hz. Výsledkem tohoto zvýšení, tedy vynásobením číslem 1,5 u analogových přijímačů, je skutečnost, že každá frekvence se v propustném pásmu objeví po dobu 0,15 s. Tato hodnota je doba prodlevy, uvedená v tabulce pro přijímače s frekvenční syntézou, pro rozlišovací šířku pásma 10 Hz. Protože přijímače s frekvenční syntézou vyžadují při prohledávání krok o velikosti jedné poloviny rozlišovací šířky pásma nebo menší a prodlevu 0,15 s, bude doba měření při použití měřicího přijímače s frekvenční syntézou delší, než v případě analogového měřicího přijímače.

Další doby měření uvedené v tabulce jsou odvozeny od požadavku, že frekvence se musí v propustném pásmu přijímače objevit po dobu minimálně 15 ms (doba prodlevy uvedená v tabulce), což přibližně odpovídá rychlosti změny 60 Hz. Při přeladování přijímače se požaduje, aby jednotlivé frekvence setrvaly v propustném pásmu po dobu 15 ms. Pro čtvrtý řádek tabulky 1,5 s/MHz při šířce pásma 10 kHz je minimální doba měření $0,015 \text{ s} / 0,01 \text{ MHz} = 1,5 \text{ s/MHz}$. Výpočet na základě doby odezvy přijímače může přinést následující výsledky $1 / \text{šířka pásma} = 1 / 10 \text{ kHz} = 0,0001 \text{ s}$ a minimální doba měření je pak $0,0001 \text{ s} /$

$0,01 \text{ MHz} = 0,01 \text{ s/MHz}$. V tabulce je uvedena doba měření $1,5 \text{ s/MHz}$ která je delší. Pokud uvedená doba měření nestačí zachytit maximální úroveň emisí, musí se použít delší doby měření.

Při určení doby měření je třeba postupovat opatrně. Hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce, není možno na některých přístrojích nastavit přímo a je třeba je upravit. Uvedené doby měření mohou být pro některá zařízení pracující v reálném čase (zapisovače X–Y) příliš rychlé. Doba prodlevy měřicího přijímače na jednotlivých frekvencích musí při prohledávání zajistit, aby mechanické ovladače zapisovacích per stačily zaznamenat maximální hodnoty. Rychlost prohledávání musí být dále dostatečně malá, aby se detektor stačil po měření vybit a dosáhlo se frekvenčního rozlišení požadovaného v článku 7.3.10.3.4.

Pokud měřicí přijímač obsahuje funkci „MAX HOLD“, která zaznamenává nejvyšší hodnotu získanou při několika prohledáváních v konkrétním frekvenčním pásmu, může se použít několika rychlejších prohledávání, než v případě použití minimálních časů uvedených v tabulce A.2. U zkoušených zařízení, která produkují emise v nepravidelných intervalech, je technika násobného prohledávání frekvenčního rozsahu výhodnější, protože pravděpodobnost zachycení maximálních hodnot vyzařovaných emisí je mnohem vyšší než při použití delších měřicích časů.

Měřicí přijímače na bázi FFT provádějí časové vzorky signálů v relativně velké šířce pásma (typicky v oblasti MHz) a matematicky převádějí výsledky do frekvenční oblasti s reprezentací emisního profilu pomocí šířek pásma specifikovaných normou.

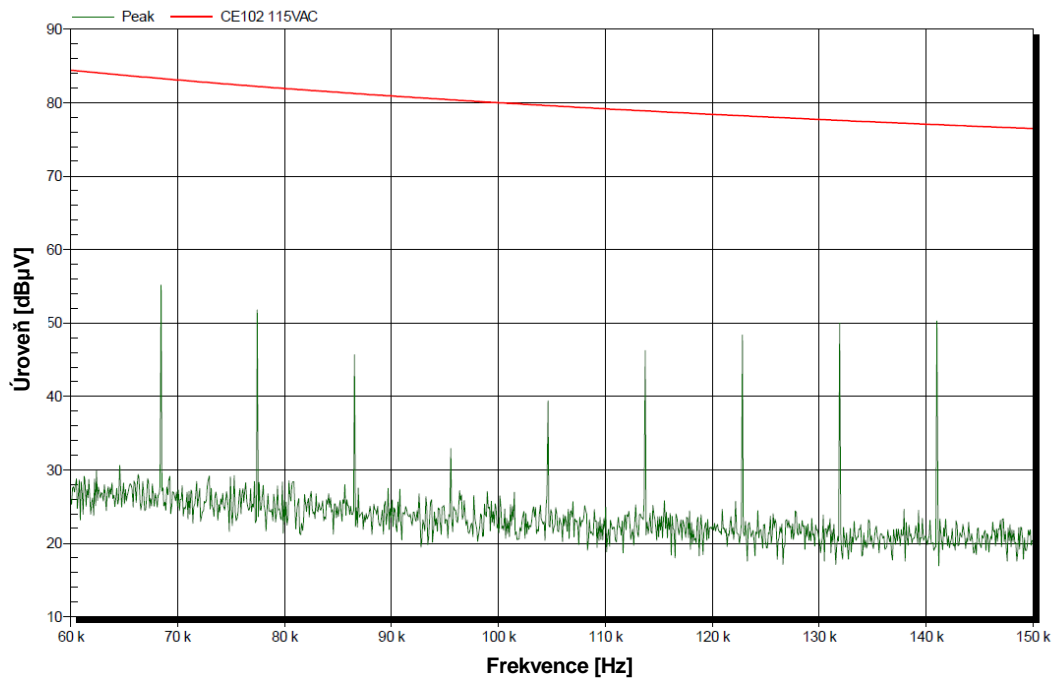
Výhody techniky FFT jsou zkrácení doby měření a schopnost zachytit frekvenčně proměnné signály, které se pohybují v určeném frekvenčním pásmu. Nevýhodou je, že přijímač může být saturován při nižších úrovních signálu a že signály s nízkou frekvencí opakování mohou být zcela vynechány, pokud je doba prodlevy kratší než interval opakování impulzu emisí. Například emise, ke které dochází při jedné frekvenci impulzů/sekundu s krátkou dobou trvání (přibližně $10 \mu\text{s}$), bude typicky zachycena na množství měřicích bodů s tradičním přijímačem měření, ale je pouze asi 1,5 % pravděpodobnost zachycení přijímačem FFT (s časem měření $0,015 \text{ s}$ za periodu 1 s).

Impulzní signál opakovaný 1krát za 1 s produkuje spektrální čáry, které jsou od sebe vzdáleny 1 Hz , a to na základě šířky impulzu signálu. Pokud by tradiční měřicí přijímač měl šířku pásma 1 Hz , detekovaly by se jednotlivé spektrální čáry a byly by přítomny nepřetržitě. Větší šířky pásma přijímače začínají reformovat impulz a detekovaný impulz se stále více přibližuje ke svému skutečnému tvaru s rostoucí šířkou pásma. Výsledkem je, že klasický měřicí přijímač s šířkami pásma, které jsou významně větší než 1 Hz , detekuje verzi impulzu, když je aktivní. Větší šířka pásma přijímače, začne reformovat impulz a detekovaný impulz se stále blíží ke svému skutečnému tvaru s rostoucím šířkou pásma. Je-li požadováno, aby určitý frekvenční sken trval 10 s na základě tabulky 3, výše uvedený signál by během skenování produkoval 10 událostí (spíše impulzní odezvy než spektrální čáry. Řešením pro přijímač FFT je prodloužit dobu prodlevy na alespoň 1 s pro detekci impulzu. Pokud přijímač FFT detekuje impulz, bude prezentováno spojité spektrum. Obrázky A.5 až A.8 znázorňují předpokládanou situaci (1 impulz za s , trvání $10 \mu\text{s}$, amplituda $0,1 \text{ V}$).

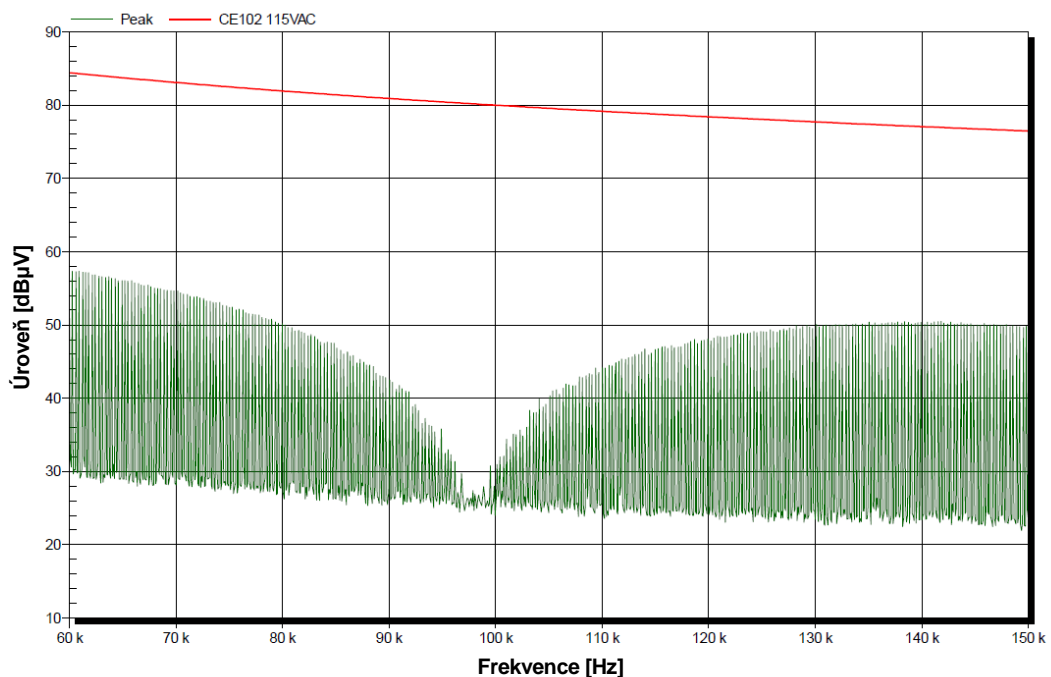
V důsledku větších šířek pásma měření u přijímačů FFT existuje zvýšená pravděpodobnost přesycení přijímače pro detekované signály s rozsahem spektrální hustoty, která je široká vzhledem k šířce pásma přijímače. Detekovaná úroveň signálu, která je násobkem pásma propustnosti a spektrální hustoty ($\text{x MHz} \cdot \text{y} \mu\text{V/MHz}$), bude

Příloha A
(informativní)

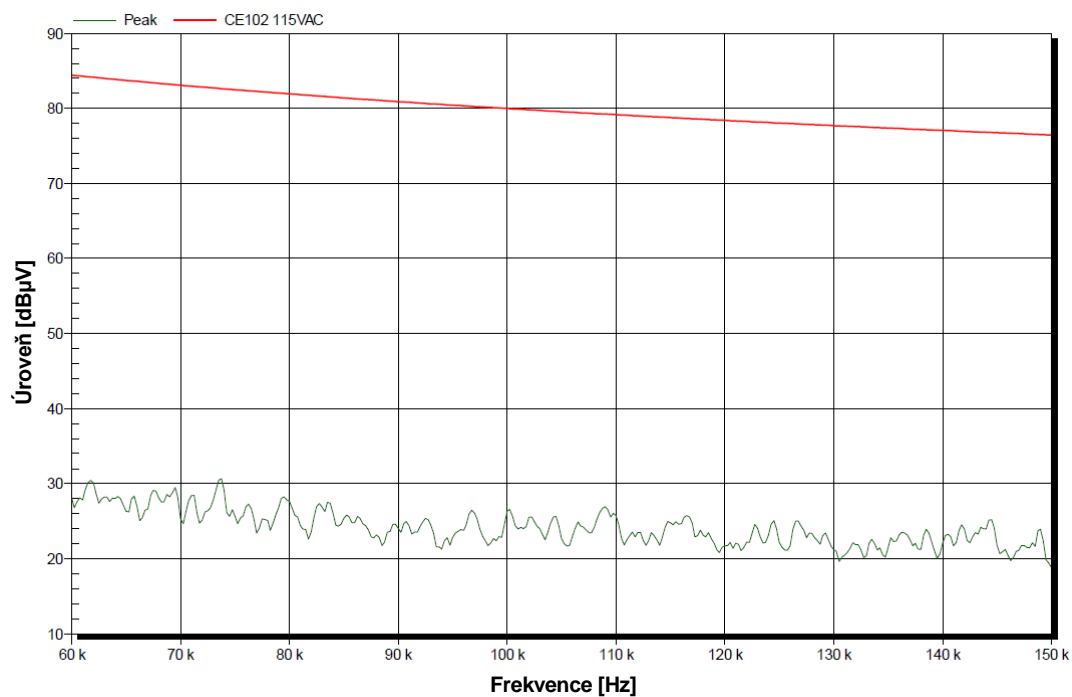
větší pro širší šířky pásma. V závislosti na architektuře přijímače to může vést u přijímačů FFT k saturaci dříve ve srovnání s klasickými přijímači.



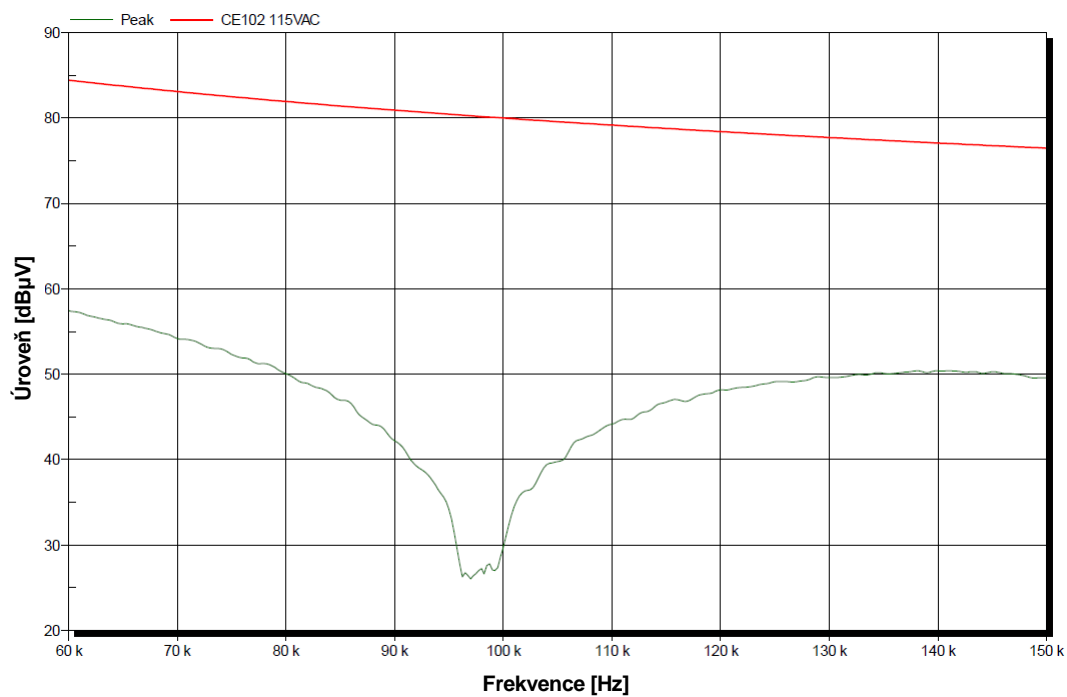
**OBRÁZEK A.5 – Klasický měřicí přijímač, čas skenování 10 s
(minimální požadavek viz tabulka A.3).**



OBRÁZEK A.6 – Klasický měřicí přijímač, čas skenování 300 s



OBRÁZEK A.7 – FFT měřicí přijímač, čas měření 15 ms



OBRÁZEK A.8 – FFT měřicí přijímač, čas měření 1 s

Příloha A
(informativní)

A.4.3.10.3.4 (7.3.10.3.4) Prezentace údajů o emisích

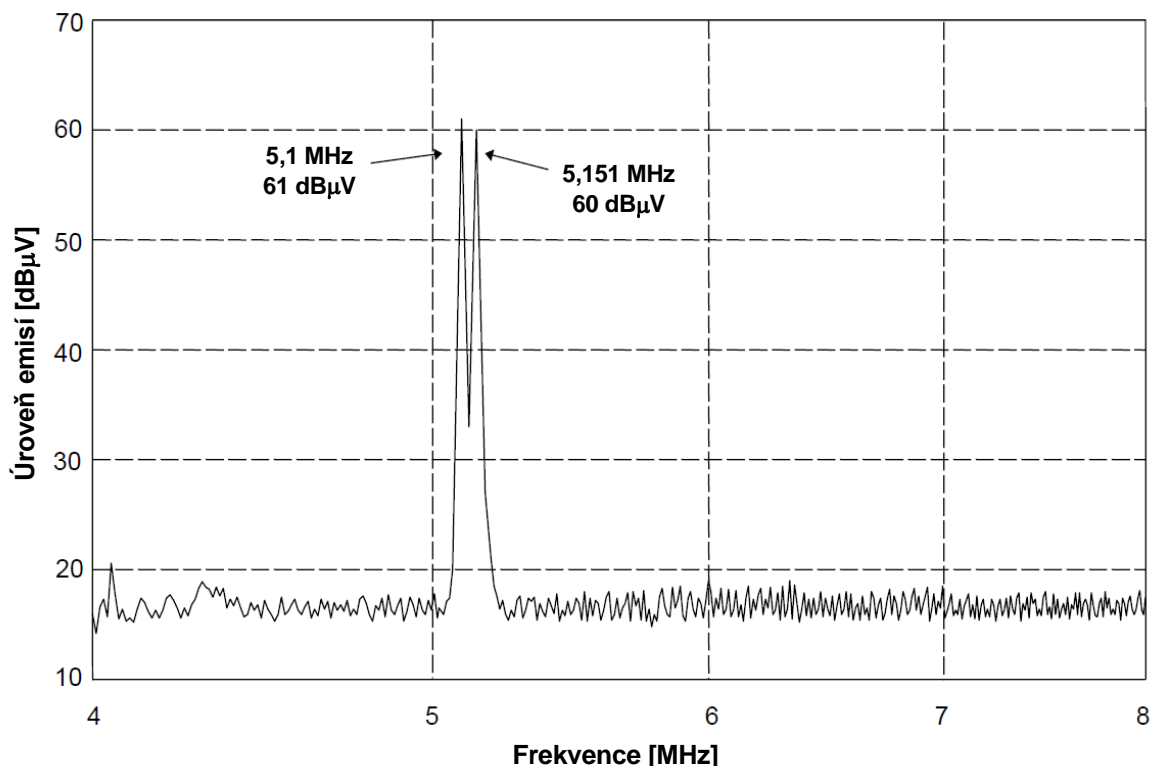
Při zkoušce se musí výsledky měření vyzářování generovat a zobrazovat automaticky, jako graf funkční závislosti amplitudy na frekvenci. Průběh musí být spojitý. V zobrazených výsledcích měření musí být zahrnuty všechny korekční faktory (k-faktory měřících převodníků, útlum v kabelech atd.). Dále musí být v grafech zobrazeny povolené mezní hodnoty. Ručně získané výsledky není možno pro ověření shody s mezními hodnotami použít. Graf výsledků musí mít frekvenční rozlišení minimálně 1 % nebo dvojnásobek rozlišovací šířky pásma měřícího přijímače, dle toho, která hodnota je méně přísná a rozlišení amplitudy minimálně 1 dB. Výše uvedené požadavky na rozlišení musí být uvedeny ve zkušebním protokolu (EMITR).

***Diskuse:** Dřívější verze tohoto standardu připouštěly měření dat na třech frekvencích na oktávu pro největší amplitudy emisí. **Tento přístup není nadále možný.** Požaduje se spojitě zobrazení amplitudy v závislosti na frekvenci. Požadovaný průběh je možno získat několika způsoby. Data je možno vykreslovat v reálném čase tak jak vystupují z měřícího přijímače. Dále je možno výsledky měření uložit do paměti počítače a průběh vykreslit později. Použit je také možno fotografie obrazovky; i když v tomto případě je velmi obtížné dodržet požadavky na rozlišení a zařadit fotografie odpovídajícím způsobem do zkušebního protokolu (EMITR).*

Umístění požadovaných mezních hodnot je také možno provést několika způsoby. Naměřené údaje se musí zobrazovat s ohledem na skutečné měřítko mezních hodnot (např. $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$) se započítanými korekčními faktory převodníků, útlumem útlumových členů a kabelů použitých při zkoušce. Alternativní způsob zobrazení je zobrazení v $\text{dB}\mu\text{V}$ (nebo dBm) a přepočítání mezních hodnot na odpovídající jednotky za použití korekčních faktorů. Druhý způsob je výhodnější z hlediska zobrazení správného použití korekčních faktorů. Protože prvotní úrovně naměřených údajů nejsou v prvním případě dostupné, není výše uvedené ověření korekčních faktorů možné.

Příklad vhodného rozlišení frekvencí a úrovní je uveden na obrázku A.5. Frekvenční rozlišení 1 % znamená, že je možno rozlišit dva sinusové signály o stejné úrovni s frekvenčním odstupem 1 %. Na obrázku A.5 je vidět, že signál s frekvencí 5,1 MHz je možno spolehlivě rozlišit od signálu o 1 % vyšším ($1\% = 0,051\text{ MHz}$) 5,151 MHz. Také úroveň 1 dB je možno z grafu snadno odečíst. Kritérium „dvojnásobku rozlišovací šířky pásma“ znamená, že je možno rozlišit dva sinusové signály se stejnou amplitudou a s frekvencí posunutou o dvojnásobek frekvence rozlišovací šířky pásma. V příkladu na obrázku A.5 je rozlišovací šířka pásma 0,01 MHz a dvojnásobek je tedy 0,02 MHz. Kritérium 1 % je tedy méně přísné a z toho důvodu je použitelné. Rozlišení 1 dB znamená, že je možno odečíst úroveň signálů lišících se od sebe nejméně o 1 dB. Na obrázku A.5 je vidět, že signál s úrovní 60 $\text{dB}\mu\text{V}$ a 61 $\text{dB}\mu\text{V}$ je možno rozlišit.

Někdy se pletou pojmy rozlišení a přesnost. Článek 7.3.1 požaduje přesnost měření amplitudy 3 dB a článek 7.3.10.3.4 požaduje rozlišení amplitudy 1 dB. Přesnost uvádí, s jakou přesností je naměřená hodnota známá, zatímco rozlišení reprezentuje schopnost rozpoznání dvou hodnot. Odpovídající analogií je odečet hodnoty času z hodin. Hodiny obvykle indikují čas s rozlišením 1 s (rozlišení) ale jejich odchylka od přesného času je např. 30 s (přesnost).



OBRÁZEK A.9 – Příklad rozlišitelnosti údajů

A.4.3.10.4 (7.3.10.4) Zkoušky susceptibility

A.4.3.10.4.1 (7.3.10.4.1) Skenování frekvenčního pásma

Při zkouškách susceptibility se musí skenovat celé frekvenční pásmo, které se při zkoušce požaduje. Hodnoty rychlosti rozmítání frekvence a velikosti kroku zdroje signálu uvedené v tabulce A.4 se nesmí při zkouškách susceptibility překročit. Rychlost skenování a velikost kroku se určují v násobcích laděné frekvence (f_0) zdroje signálu. Analogové skenování frekvenčního pásma znamená, že zdroj signálu je možno přeladovat spojitě. Krokové skenování znamená, že zdroj signálu se postupně přeladuje na diskrétní frekvence. V případě krokovaného skenování musí být doba prodlevy jednotlivých frekvencí minimálně 3 s nebo musí zohledňovat dobu trvání odezvy zkoušeného zařízení.

TABULKA A.4 – Skenování při zkouškách susceptibility

Frekvenční rozsah	Analogové skenování Maximální skenovací rychlosti	Krokové skenování Maximální rozsah kroku
30 Hz – 1 MHz	$0,0333 f_0/s$	$0,05 f_0$
1 MHz – 30 MHz	$0,00667 f_0/s$	$0,01 f_0$
30 MHz – 1 GHz	$0,00333 f_0/s$	$0,005 f_0$
1 GHz – 40 GHz	$0,000167 f_0/s$	$0,0025 f_0$

Příloha A

(informativní)

Diskuse: Při provádění všech zkoušek susceptibility ve frekvenční oblasti se musí z důvodů ověření skenovat celý požadovaný frekvenční rozsah, který je specifikován v použitých požadavcích, pro zajištění, že se zachytily všechny náchylné frekvence. Pozornost je třeba věnovat také správnému nastavení typu skenování, které může být analogové nebo krokové.

POZNÁMKA Většina rozmítaných generátorů je rozmítána digitálně a musí se tedy použít krokový typ skenování.

Hodnoty rychlosti skenování a velikosti kroku uvedené v tabulce A.4 jsou uspořádány tak, aby umožňovaly průběžnou změnu v závislosti na frekvenci. Velmi časté jsou počítačem řízené systémy, které umožňují automatické provádění zkoušek. Velmi časté je také použití vybraných pásem skenování a volba rychlosti skenování nebo velikosti kroku dle nejnižšího frekvenčního pásma. Pokud bylo např. zvoleno pásmo 1 GHz až 2 GHz může být maximální krok při 1,5 GHz: $0,0025 \cdot 1,5 \text{ GHz} = 3,75 \text{ MHz}$. Možný je automatický i ruční způsob skenování.

Při zkouškách susceptibility se vyskytují dvě hlavní problémové oblasti, doba odezvy zkoušeného zařízení na stimulaci a rychlost odezvy v závislosti na frekvenci, normálně označované jako faktor kvality (Q). Při určování rychlosti skenování a velikosti kroku se musí oba problémy zvažovat dle tabulky A.4. Hodnoty v tabulce A.4 jsou zvoleny na základě předpokladu maximální odezvy zkoušeného zařízení do tří sekund a hodnot Q 10, 50, 100, 500 a 1 000 (hodnota v tabulce A.4 se zvyšuje s frekvencí). Protože odezvy zkoušeného zařízení jsou pravděpodobné, z důvodů vazeb v kabelech, ve frekvenčním rozsahu přibližně 1 MHz až 200 MHz, hodnoty Q se mohou při pomalejším skenování zvyšovat a umožňovat delší dobu pro sledování odezvy zkoušeného zařízení. Následuje podrobnější rozbor této problematiky.

Hodnota maximální doby odezvy 3 s je určena na základě dlouhodobých zkušeností. Existuje však několik dalších faktorů. Zatímco elektronické obvody pro zpracování dat mohou na rušení reagovat velmi rychle, výstupní displeje reagují později. Výstupy, které vyžadují mechanický pohyb na vzdálenost několik metrů nebo servořízení, mají obvykle také delší reakční doby a snížení výkonu nebo funkce se na diagnostickém zřízení objeví později. Dále je třeba vzít do úvahy, že některá zařízení reagují na podněty periodicky. Např. snímače, které dodávají informace mikroprocesoru, jsou typicky vzorkovány v určitých časových intervalech. Je tedy důležité, aby byl zkušební signál s kritickou frekvencí přiveden v okamžiku vzorkování snímače. Doby skenování a velikosti kroku uvedené v tabulce A.3 je někdy třeba upravit dle zkoušeného zařízení a předpokládané doby reakce.

V některých případech měření susceptibility mají doby skenování podstatný vliv na délku trvání zkoušky. Hodnoty uváděné v tabulce A.4 umožňují spojitě nastavení rychlosti skenování se zvyšující se frekvencí; z praktického důvodu je nejlepší měnit rychlost pouze při přechodu na další oktávu nebo dekádu. Jako příklad může sloužit tabulka A.5, kde je frekvenční spektrum rozděleno do rozsahů, které se mění od oktáv nebo dekád a uvádí minimální doby potřebné k provedení zkoušek susceptibility při analogovém skenování. Rychlost skenování každého frekvenčního pásma je vypočtena na základě jeho počáteční frekvence. Celková doba zkoušky RS103 od 2 MHz do 18 GHz je 168 minut. Doba analogového rozmítání je přibližně 100 minut. Tyto časy jsou určeny na základě průběžného výpočtu další frekvence za použití naladěné frekvence a povolené velikosti kroku. Je třeba zdůraznit, že doba zkoušky se může v závislosti na době odezvy zkoušeného zařízení nebo faktoru Q podstatně prodloužit. Všimněte si, že doby skenování v tabulce A.5 se musí použít jako

programovatelné časy pro skenování. Musí se použít maximální povolená velikost kroku. Pokud technika skenování používá alternativní výpočet, jako je použití velikosti kroku pro počáteční frekvenci každé oktávy pro celou oktávu mohou být doby skenování podstatně delší.

TABULKA A.5 – Doby měření při zkouškách susceptibility

Frekvenční rozsah	Maximální velikost kroku	Skutečná doba skenování
30 Hz – 150 kHz	$0,05 f_0$	16 min
150 kHz – 1 MHz	$0,05 f_0$	4 min
1 MHz – 2 MHz	$0,01 f_0$	4 min
2 MHz – 30 MHz	$0,01 f_0$	5 min
30 MHz – 1 GHz	$0,005 f_0$	54 min
1 GHz – 18 GHz	$0,0025 f_0$	94 min
18 GHz – 40 GHz	$0,0025 f_0$	28 min

Q se vyjadřuje jako f_0 / BW , kde f_0 je naladěná frekvence a BW je šířka frekvenční odezvy při poklesu o 3 dB. Pokud se např. odezva objeví na frekvenci 1 MHz při úrovni 1 V a stejná odezva vyžaduje na frekvencích 0,95 MHz a 1,05 MHz úroveň 1,414 V (o 3 dB vyšší hodnota) pak může být hodnota $Q = 1 \text{ MHz} / (1,05 \text{ MHz} - 0,95 \text{ MHz}) = 10$. Q je primárně ovlivněno rezonancemi ve filtrech, propojovacích kabelech, fyzické konstrukci a dutinách. Předpokládané hodnoty Q se získávají na základě pozorování velkého počtu zkoušených zařízení. Velikosti kroků v tabulce A.3 jsou určeny jako jedna polovina 3 dB pásem při předpokládané hodnotě Q a zajišťující, že zkušební frekvence budou ležet uvnitř rezonančních odezev.

Na frekvencích menších než 200 MHz jsou hlavními přispěvateli rezonance v kabelech a filtrech rozhraní. Zátěže spojené s těmito rezonancemi, tlumí odezvy a snižují hodnoty Q pod 50. Na frekvencích vyšších než 200 MHz se začínají uplatňovat vlivy strukturálních rezonancí krytů a plášťů a vlivem menšího útlumu se získávají vyšší hodnoty Q. Na frekvencích vyšších přibližně než 1 GHz se projevuje dominantní vliv štěrbin spojených s vybuzením různých dutin. Hodnoty Q závisí na frekvenci a materiálu, kterým je příslušná dutina vyplněna. Vyšší hodnoty Q se získají v případě, že v objemu dutiny je méně materiálu. Hustě osazené elektronické zařízení bude vykazovat významně nižší hodnoty Q než zařízení s vyšším podílem prázdného místa. Q je úměrné vztahu $\text{objem} / (\text{plocha povrchu} \cdot \text{síla materiálu})$. Hodnota Q má tendenci se zvyšovat se zvyšující se frekvencí tak, jak se zmenšuje vlnová délka. Návrh zkoušeného zařízení s neobvyklým uspořádáním, které vykazuje vysoké hodnoty Q, může vyžadovat pro platnou zkoušku snížení hodnot rychlosti skenování nebo velikosti kroku uvedených v tabulce A.4.

RF zařízení určené pro zpracování dat představuje zvláštní případ vyžadující zvláštní přístup. Záměrně laděné obvody pro zpracování RF signálu mají velmi vysoké Q. Např. obvod pracující s frekvencí 1 GHz s šířkou pásma 100 kHz má $Q = 1 \text{ GHz} / 100 \text{ kHz} = 10\,000$.

Příloha A

(informativní)

Automatické nastavení úrovně, použité pro stabilizaci amplitudy zkušebního signálu krokovaného skenování, vyžaduje doby prodlevy na jednotlivých diskrétních frekvencích delší než 1 s. Signál potřebuje určitou dobu pro ustálení a jakékoliv odezvy zkoušeného zařízení během procesu ustalování se musí ignorovat.

A.4.3.10.4.2 (7.3.10.4.2) Modulace signálů při zkouškách susceptibility

Zkušební signály potřebné pro zkoušky susceptibility CS114 a RS102 musí být impulzně modulované (poměr zapnuto/vypnuto minimálně 40 dB) s frekvencí 1 kHz a střídou 50 %.

Diskuse: *Modulace obvykle způsobuje, že se u zkoušeného zařízení snižuje výkon. Vlnové délky RF signálů pronikají do zařízení vlivem vazeb do elektrických kabelů a různými štěrbinami (vyšší frekvence). Nelineární charakteristiky prvků obvodů detekují modulaci na nosné frekvenci. Odezva obvodů na modulaci pak závisí na detekované úrovni, propustném pásmu a způsobu zpracování.*

Impulzní modulace s opakovací frekvencí 1 kHz a střídou 50 % (jinak se nazývá modulace obdélníkovým signálem s frekvencí 1 kHz) je zvolena z různých důvodů. 1 kHz spadá do propustného pásma většiny analogových obvodů, jako jsou akustické nebo obrazové obvody. Rychlé vzestupné a sestupné hrany impulzů produkují významné harmonické složky, které se významně uplatňují v číslicových obvodech. Odezva elektroniky souvisí s energií a příspěvkem obdélníkového signálu s vysokým středním výkonem. Tato modulace nahrazuje celou řadu skutečně používaných modulací signálů. Obdélníkový průběh je náročná forma amplitudové modulace používané v telekomunikaci a rozhlasovém nebo TV vysílání. Impulzní modulace s velkou střídou se používá v radiolokátorové technice.

Při použití impulzní modulace 1 kHz se střídou 50 % (poměr zapnuto/vypnuto 40 dB) je třeba v případě některých zdrojů postupovat opatrně. Většina vysokofrekvenčních zdrojů signálu má buď vnitřní modulaci, nebo konektor pro připojení vnějšího zdroje modulačního signálu. Tato funkce přepíná výstup zdroje bez ovlivňování amplitudy nemodulovaného signálu, což zajišťuje odpovídající účinnost modulovaného signálu. V případě jiných zdrojů signálu, konkrétně u zdrojů s nízkou frekvencí je nutno, aby vnější modulační signál (AM) zajišťoval hloubku modulace alespoň 99 % (což odpovídá poměru zapnuto/vypnuto 40 dB) a dostatečně tak simuloval impulzní modulaci. Výstupní signál bude mít pro tento typ vstupu v podstatě dvojnásobnou amplitudu ve srovnání s nemodulovaným signálem. V závislosti na typu prováděné zkoušky a technice monitorování zkušebního signálu může mít tento efekt vliv na výsledky nebo nemusí. Použití AM modulace může mít mnohem větší vliv než použití impulzní modulace. Amplituda vstupního signálu přímo ovlivňuje hloubku modulace. V takovém případě je možné, aby hloubka modulace přesáhla 100 %, což způsobí zkreslení signálu. Protože se klade velký důraz na poměr zapnuto/vypnuto, je nutno sledovat výstupní signál osciloskopem a nastavit odpovídající hloubku modulace. Dalším problémem je při použití AM modulace šířka pásma, která je obvykle menší než v případě impulzní modulace. Potřeba signálu s obdélníkovým tvarem může být při nastavení hloubky modulace minimálně 99 % zdrojem problémů.

Nejhorší případ modulace nemusí odpovídat skutečně použité modulaci nebo může být velmi odlišný. Nejtypičtější způsoby modulace používané u frekvencí přibližně pod 400 MHz jsou amplitudová modulace s frekvencí 400 Hz nebo 1 000 Hz (30 % až 80 %) nebo impulzní modulace, se střídou 50 % a frekvencí 400 Hz nebo 1 000 Hz. Stejně modulace je možno použít i pro frekvence nad 400 MHz spolu s impulzní

modulací s různou šířkou impulzu a opakovací frekvencí. Příležitostně je také možno použít sinusový průběh (CW – bez modulace). Sinusový průběh detekuje v obvodech typicky stejnosměrnou úroveň (DC), která v závislosti na provedení a funkci ovlivňuje obvody různým způsobem. Zkušenosti ukazují, že modulace má mnohem větší vliv na zhoršení funkce zkoušeného zařízení. Sinusový signál se může použít jako dodatečný požadavek při ověřování obvodů, které reagují pouze na teplotu, jako jsou elektricky rozněcovatelná zařízení. Sinusový signál se nesmí za normálních podmínek používat jako jediná podmínka.

Do úvahy se musí vzít použití druhé modulace 1 Hz (kdy normální impulzní signál 1 kHz je úplně zapnut nebo vypnut každých 500 ms) pro ověření konkrétních subsystémů s nízkofrekvenčními reakčními charakteristikami, jako jsou např. subsystémy letové kontroly letadel. Modulace simuluje charakteristiky některých HF rádií s jedním postranním pásmem (bez nosné), kde přenášený hlasový signál způsobuje, že RF signál je přítomen pouze při hlasové komunikaci. Problém při použití modulace je ten, že potenciální odezvy některých subsystémů se mohou zvýšit, zatímco u některých se reakce sníží. V posledním případě se může v časovém intervalu 500 ms, kdy je zkušební signál vypnut, zařízení zotavit z vlivu signálu, který na zařízení působí v intervalu, kdy je signál zapnut.

A.4.3.10.4.3 (7.3.10.4.3) Prahové hodnoty susceptibility

Pokud se při provozu zkoušeného zařízení objeví určité reakce na zkušební signály, je třeba zjistit prahovou hodnotu signálu, kdy se již reakce neprojevuje. Prahové hodnoty susceptibility se určují následovně a musí být uvedeny ve zkušebním protokolu (EMITR):

- a) Pokud se objeví reakce na zkušební signál, snižuje se jeho úroveň, dokud reakce nezmizí.
- b) Zkušební signál se sníží o dalších 6 dB.
- c) Postupně se zvyšuje rušivý signál, dokud se opět příslušná reakce neobjeví. Výsledná úroveň je prahová hodnota susceptibility.
- d) Zaznamená se tato úroveň, frekvenční rozsah výskytu reakce, frekvence a úroveň nejvyšší susceptibility a další použité zkušební parametry.

Diskuse: *Obvykle je nutno vyzkoušet úroveň vyšší než mezní hodnoty pro zajištění, že zkušební signál má nejméně požadovanou úroveň. Určení prahu susceptibility je nutné pro ověření, že zhoršení funkce ještě odpovídá technickým podmínkám. Tato informace se musí uvést ve zkušebním protokolu (EMITR). Prahové úrovně pod mezními hodnotami nejsou přijatelné.*

Specifikované kroky pro určení prahů susceptibility normalizují konkrétní postup. Některé alternativní postupy používané v minulosti definovaly úroveň použitého signálu při zmizení reakce zkoušeného zařízení jako prahovou hodnotu. Pokud se při dvou postupech dosáhne různých prahových hodnot, je možno předpokládat vliv hystereze.

Zkreslení sinusových zkušebních signálů způsobené nelineárními vlivy ve výkonových zesilovačích, může mít za následek nesprávnou interpretaci výsledků. Pokud dojde ke zkreslení, může zkoušené zařízení reagovat na harmonické složky zkušebního signálu, kde mohou být mezní hodnoty nižší. Pokud se pro monitorování injektovaných signálů použije selektivní přijímač, zkreslení samo nemá vliv na správné úrovně zkušebního signálu, který byl ověřen jako zamýšlená frekvence. Při zkouškách

Příloha A

(informativní)

susceptibility se musí ověřit, zda výsledky neovlivňují také harmonické složky. Pokud se používají širokopásmové snímače jako při zkoušce RS103, může zkreslení způsobit nesprávné zobrazení požadované úrovně zamýšlené frekvence. V takovém případě je nutno zkreslení ošetřit tak, aby se měřily správné úrovně.

A.4.3.11 (7.3.11) Kalibrace měřicího zařízení a antén

Zkušební zařízení a příslušenství používané pro zkoušky ve shodě s normami, se musí kalibrovat ve shodě s národními normami (např. ANSI/NCSL Z540-1 nebo ČSN EN ISO 10012 atd.). Měřicí antény, proudové sondy, snímače pole a další zařízení používané v měřicím řetězci se musí kalibrovat nejméně každé 2 roky, pokud není akvizičním orgánem určeno jinak nebo nedojde k poškození.

Diskuse: *Kalibrace se obvykle požaduje u měřicího zařízení, jehož charakteristiky není možno ověřit při použití jiné kalibrované položky v průběhu zkoušky. Během zkoušky není např. možné určit, zda anténa používaná pro měření emisí má správné charakteristiky zisku. Tyto antény se tedy musí pravidelně kalibrovat. Na druhé straně není např. třeba kalibrovat výkonové zesilovače, protože použití správných zkušebních úrovní se kontroluje kalibrovanými snímači. Další zesilovací zařízení jako např. předzesilovače používané před měřicími přijímači se musí kalibrovat pro získání správných hodnot zisku v závislosti na frekvenci, které se používají při vyhodnocení a nejsou v průběhu zkoušky nijak ověřovány.*

A.4.3.11.1 (7.3.11.1) Ověření zkušebního řetězce

Před provedením každé zkoušky vyzařovaných emisí je třeba provést ověření celého měřicího systému (včetně měřicích přijímačů, kabelů, útlumových a vazebních členů atd.), přivedením známého signálu, jak je uvedeno v každém postupu měření a následným porovnáním výsledků. Pokud se provádějí různé zkoušky vyzařování bez přerušení měřicího řetězce (např. vyhodnocení při různých provozních režimech zkoušeného zařízení) není nutno měřicí systém před každou zkouškou kontrolovat.

Diskuse: *Kontrola celého měřicího řetězce před zkouškami emisí je nutná pro ověření, že měřicí systém pracuje správně. Kontrolou je možno ověřit velké množství parametrů měření jako jsou např. k-faktory převodníků, útlum kabelů, nastavení obecných parametrů měřicího přijímače, poškození RF kabelů nebo útlumových členů a správnou funkci software. Podrobnosti použití jsou uvedeny v jednotlivých zkušebních postupech.*

A.4.3.11.2 (7.3.11.2) Anténní faktor

Anténní faktor (k-faktor) se musí určit pomocí SAE ARP-958 nebo jiné vhodné zkušební metody.

Diskuse: *SAE ARP-958 poskytuje normativní základ pro určení anténních faktorů antén pro měření vyzařovaných emisí. Při použití těchto faktorů pro jiné aplikace než EMI je třeba postupovat s velkou opatrností. Na základě požadavků vzdáleného pole, které není možno v mnoha frekvenčních rozsazích dodržet, jsou vytvořeny dvě techniky měření pro bikónickou anténu a hřebenovou trychtýřovou anténu. Přestože použití anténního faktoru produkuje normalizované výsledky, není nezbytné, aby se při jeho použití měřily skutečné úrovně elektrického pole. Pokud je nutno znát skutečné hodnoty elektrického pole, musí se použít jiné snímače.*

A.5 Podrobné požadavky

A.5.1 (8.1) Všeobecná ustanovení

Tato kapitola popisuje podrobné požadavky na emise a susceptibilitu a na příslušné postupy zkoušek. Tabulka A.6 uvádí seznam požadavků definovaných tímto standardem s jejich identifikačním označením. V této kapitole jsou uvedeny základní zkušební metody pro tyto požadavky. Speciální postupy zkoušek se musí uvést v EMITP. Všechny výsledky zkoušek se musí uvést v EMITR tak, aby demonstrovaly shodu s požadavky a umožnily zainteresovaným agenturám hodnocení před schválením nákupu zařízení nebo subsystémů. Vývoj a technologie pro řízení EMI se musí popsat v EMICP. Shoda navržených postupů a technologií popsaných v EMICP nezbujuje zásobovací orgán zodpovědnosti za dosažení smluvených požadavků na emise, susceptibilitu a provedení.

Diskuse: *Použití jednotlivých požadavků uvedených v tabulce A.6 pro konkrétní zařízení nebo subsystém je závislé na místě, kde se položka instalovat. Elektromagnetické prostředí působící na platformu, spolu s možným zhoršením funkce částí elektronického zařízení, hraje hlavní roli v konkretizaci, které požadavky jsou pro danou aplikaci důležité. Například požadavky na elektromagnetické emise souvisí s ochranou systému anténa-připojené přijímače na platformě. Pracovní frekvenční pásma a citlivosti konkrétních přijímačů proto ovlivňují potřebu určitých požadavků.*

EMICP, EMITP a EMITR jsou důležité prvky v dokumentaci konstrukčního postupu při slučování požadavků tohoto standardu, zkušebních postupů, kterými jsou interpretovány obecné zkušební postupy, a protokolování výsledků zkoušek. EMICP je mechanismus zavedený pro zajištění, aby dodavatelé analyzovali provedení zařízení pro implikaci v prostředí EMI a zahrnuli nezbytná opatření v oblasti konstrukce pro vyhovění požadavkům. Shoda s dokumentem neznamena, že zodpovědný orgán souhlasí, že splnění požadavků uvedených v daném dokumentu je dostačující. Toto je pouze zjištění, že postup návrhu zahrnuje správné položky.

Meze susceptibility jsou horní hranice rozsahu požadovaných hodnot pro hodnocení shody. EUT musí také splňovat požadované vlastnosti pro všechny úrovně, jejichž hodnota je nižší než mezní. Jestliže je například mez susceptibility pro vyzařované elektromagnetické pole 10 V/m, musí být EUT navrženo tak, aby vyhovělo požadavku 5 V/m a jakékoliv intenzitě menší nebo rovné 10 V/m. Byly zaznamenány případy, kdy zařízení splňovalo požadavky mezních hodnot EMI (jako např. zařízení s automatickým řízením zisku) na daných frekvencích, ale nespĺňovalo požadavky při nižších úrovních.

Ve verzích „B“ a „C“ originální normy MIL-STD-461 byly separátní požadavky týkající se mobilních zdrojových elektrických jednotek jako UM04. Účelem této verze standardu je, aby požadavky na typ zařízení závisely na platformě, a musí být stejné pro všechna zařízení souvisící s platformou dle tabulky A.6.

Příloha A
(informativní)

TABULKA A.6 – Požadavky na emise a susceptibilitu

Zkouška	Popis
CE101	Vedené emise, proud audio frekvencí, napájecí kabely, 30 Hz až 10 kHz
CE102	Vedené emise, napětí rádiových frekvencí, napájecí kabely, 10 kHz až 10 MHz
CE106	Vedené emise, anténní vstup, 10 kHz až 40 GHz
CS101	Susceptibilita na vedené emise, napájecí vodiče, 30 Hz až 150 kHz
CS103	Susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, intermodulace, 15 kHz až 10 GHz
CS104	Susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, potlačení nežádoucích signálů, 30 Hz až 20 GHz
CS105	Susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, křížová modulace, 30 Hz až 20 GHz
CS109	Susceptibilita na vedené emise, únikový proud, 60 Hz až 100 kHz
CS114	Susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku, 10 kHz až 200 MHz
CS115	Susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku, impulzní buzení
CS116	Susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče, 10 kHz až 100 MHz
CS117	Susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče
CS118	Susceptibilita na vedené emise, přechody vyvolané bleskem, kabely a napájecí vodiče
RE101	Vyzařované emise, magnetické pole, 30 Hz až 100 kHz
RE102	Vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 18 GHz
RE103	Vyzařované emise, rušivé a harmonické produkty na anténních výstupech 10 kHz až 40 GHz
RS101	Susceptibilita na vyzařované emise, magnetické pole, 30 Hz až 100 kHz
RS103	Susceptibilita na vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 40 GHz
RS105	Susceptibilita na vyzařované emise, elektromagnetické pole přechodových jevů

Metoda CS106 byla přidána do MIL-STD-461F a byla odstraněna v MIL-STD-461G. Důvodem pro přidání byl zahrnut v odůvodnění dodatku MIL-STD-461F. Základním problémem nebyla odezva napájecího zdroje na přechodové jevy, ale přeslechy v zařízení mezi přechodovým jevem v napájecích kabelážích a signály přenášené na kabeláž v blízkosti napájecích vodičů bez odpovídající ochrany. Účelem tohoto požadavku bylo vynutit odpovídající oddělení mezi silovým a signálním obvodem.

Metody CS115 a CS116 však byly navrženy speciálně tak, aby reprezentovaly vazbu přechodových jevů v napájecích kabelech, do vodičů, které s nimi sousedí. Velmi krátké doby trvání vzestupných a sestupných hran CS115 (30 ns a dokonce kratší 2 ns),

reprezentují náběžnou hranu tvaru vlny, jako je CS106 při indukční vazbě napájecí sběrnice do sousedního kabelu. Měření na úseku páskového kabelu modelujícího nechráněné spojení mezi konektorem a základní deskou ukázalo, že při injektáži CS115/CS116 křížová vazba překročila úroveň injektáže dle CS106 na simulované napájecí vodiče.

A.5.1.1 (8.1.1) Jednotky pro měření ve frekvenční oblasti

Všechny mezní hodnoty ve frekvenční oblasti jsou vyjádřeny v jednotkách, které odpovídají ekvivalentní efektivní hodnotě (RMS) sinusového signálu, který se objeví na výstupu měřicího přijímače, za použití vrcholového detektoru obálky (viz článek 7.3.10.1).

***Diskuse:** Podrobnější popis vrcholového detektoru obálky je uveden v článku 7.3.10.1. Přehled výstupních hodnot detektoru pro několik vstupních signálů je následující. Pro nemodulovaný sinusový signál odpovídá výstupní hodnota efektivní hodnotě sinusového průběhu. Pro modulovaný sinusový signál odpovídá výstupní úroveň efektivní hodnotě nemodulovaného sinusového signálu se stejnou absolutní vrcholovou hodnotou. Pro signál, jehož šířka pásma je větší než rozlišovací šířka pásma měřicího přijímače, se výstupní hodnota rovná efektivní hodnotě nemodulovaného sinusového signálu se stejnou absolutní hodnotou jako průběh, který se zpracuje v propustném pásmu přijímače.*

A.5.2 (8.2) Volba požadavků na EMI v závislosti na předpokládané instalaci

Tabulka A.7 shrnuje požadavky na zařízení a subsystémy určené k instalaci uvnitř nebo na platformě nebo se z různých vojenských platform nebo instalací odpalují. Pokud je zařízení nebo systém instalován na více než jednom typu platformy nebo instalace, musí vyhovovat nejpřísnějšímu požadavku nebo mezní hodnotě.

TABULKA A.7 – Matice požadavků

Zařízení a subsystémy instalované uvnitř nebo vně následujících systémů nebo odpalované z následujících platform	Použitelnost požadavků																		
	CE101	CE102	CE106	CS101	CS103	CS104	CS105	CS109	CS114	CS115	CS116	CS117	CS118	RE101	RE102	RE103	RS101	RS103	RS105
Hladinové lodě		A	L	A	S	S	S		A	L	A	L	S	A	A	L	A	A	L
Ponorky	A	A	L	A	S	S	S	L	A	L	A	S	S	A	A	L	A	A	L
Letadla pozemních sil včetně zařízení pozemní obsluhy	A	A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A	A	A	L	A	A	L
Letadla vojenského námořnictva	L	A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A	L	A	L	L	A	L
Letadla vzdušných sil		A	L	A	S	S	S		A	A	A	L	A		A	L		A	
Kosmické systémy včetně nosičů		A	L	A	S	S	S		A	A	A	L			A	L		A	
Pozemní prostředky pozemních sil		A	L	A	S	S	S		A	A	A	S	A		A	L	L	A	
Pozemní prostředky vojenského námořnictva		A	L	A	S	S	S		A	A	A	S	A		A	L	A	A	L
Pozemní prostředky vzdušných sil		A	L	A	S	S	S		A	A	A		A		A	L		A	

Příloha A

(informativní)

A – Použitelný požadavek.

L – Požadavek je omezen v rozsahu uvedeném v příslušném článku u daného požadavku.

S – Použitelnost požadavků a mezí musí specifikovat pověřený orgán.

(Prázdné buňky v tabulce znamenají, že se požadavek nepoužívá.)

Diskuse: Rozbor každého požadavku, dle souvislosti s různými platformami, je obsažen v samostatných kapitolách k jednotlivým požadavkům.

A.5.3 (8.3) Požadavky, mezní hodnoty a zkušební postupy pro měření emisí a susceptibilitu

Jednotlivé požadavky na emise a susceptibilitu, jejich příslušné mezní hodnoty a zkušební postupy jsou uspořádány do následujících článků. Použitelný frekvenční rozsah a mezní hodnoty pro mnoho požadavků se liší v závislosti na příslušné instalaci nebo provedení. Zkušební postupy zde uvedené jsou platné pro celý frekvenční rozsah uvedený v postupu. Samotná zkouška však musí být provedena ve frekvenčním pásmu uvedeném v technických podmínkách jednotlivé platformy nebo instalace.

Diskuse: V tomto vydání standardu následuje odstavec zkušebních postupů pro jednotlivé požadavky bezprostředně po odstavci, který stanovuje použitelnost a mezní hodnoty. Diskuse k jednotlivým požadavkům je rozdělena do těchto dvou oblastí.

A.5.4 (8.4) CE101, vedené emise, napájecí kabely, 30 Hz až 10 kHz

Použitelnost a meze: Požadavky jsou použitelné pro vodiče, které jsou připojeny ke zdrojům, které nejsou částí EUT. Zkouška se nevyžaduje pro výstupní vodiče ze zdrojů energie. Protože standardy jakosti energie jsou normálně používány k stanovení výstupních parametrů, nejsou třeba samostatné EMI požadavky na výstupní napájecí vodiče.

Meze se vztahují k proudu, protože je obtížné regulovat impedanci napájecího zdroje zkoušených zařízení na nižších frekvencích. V některých případech se meze mohou vztahovat k jednotkám napětí. Pokud je impedance zdroje rušení poměrně velká vzhledem k impedanci zdroje energie, budou úrovně rušivého proudu méně závislé na změnách impedance zdroje napájení.

Zámyslem tohoto požadavku je úprava účinků speciálního rušení na vedeních, která jsou na palubním energetickém rozvodném systému na povrchu lodí a ponorek. Harmonické proudy v síťovém rozvodu se pro každou elektrickou zátěž, která je připojena k elektrickému rozvodnému systému, omezují. Požadavky na jakost elektrické energie pro lodě jsou předepsány standardem MIL-STD-1399-300.

Energetický rozvodný systém (primární lodní napájení) je na ponorkách napájený z alternátorů 440 V, 60 Hz, 3 fáze, 3 vodiče, zapojení do trojúhelníku, nezemněný. Přestože lodní primární napájení není uzemněno, existují v každé elektrické zátěži zdánlivé střídavé zemní proudy, které jsou způsobeny kapacitní reaktancí vůči kostře (zemi). Nerovnováha mezi zemněním každé elektrické zátěže způsobuje vznik střídavých proudů tekoucích věžemi a trupem ponorky. Tyto proudy mohou způsobit snížení výkonu elektrického zařízení, poruchy detektorů a potlačovat demagnetizaci.

Proudů tekoucí trupem se regulují omezováním amplitudy rušivých harmonických proudů na vodičích energetického rozvodného systému pro každou elektrickou zátěž.

Omezení je založeno na udržování součtu harmonického zkreslení lodního energetického rozvodného systému uvnitř pásma 5 % napájecího napětí s příspěvkem od jakékoliv harmonické složky menším než 3 %. Kromě těchto vlivů týkajících se prostředí samotné věže, je zkreslení napájení vyšší než 5 % u mnoha elektronických zařízení, indukčních motorů, magnetických zařízení a měřicích zařízení.

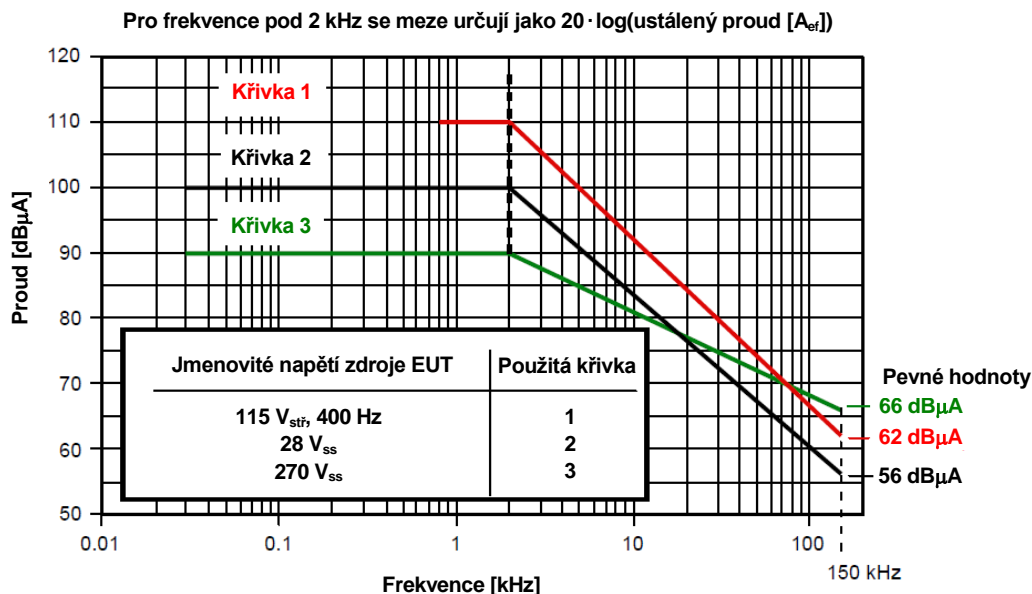
Prvotním zájmem u letadel pozemních sil je zabezpečit, aby EUT nezpůsobilo zhoršení kvality energie (přípustné zkreslení napětí) na napájecích sběrnicích. Meze pro letadla pozemních sil vychází ze závislosti přípustného proudu tekoucího do impedance 1Ω vůči napěťovému zkreslení dle MIL-STD-704. Mezní hodnoty zajišťují bezpečnostní rezervu 20 dB vůči MIL-STD-704, aby se zohlednily příspěvky od vícenásobných zdrojů emise.

Pro letadla vojenského námořnictva je požadavek použitelný pro zařízení protiponorkového boje (ASW). Prvotním určením letadel vybavených protiponorkovými zbraněmi je nalézt a určit ponorky. Nepříjemné úrovně rušivých proudů ve frekvenčním pásmu při této zkoušce by mohly omezit schopnosti odhalení a zpracování magnetické detekce (MAD) a zvukoměrných systémů. Systém magnetické detekce (MAD) musí být schopen potlačit rušení zemským magnetickým polem více jak 50 000krát. V současných letadlech není možno využít plně citlivosti magnetických systémů, což je způsobeno rušením produkovaným palubní výzbrojí. Nízkofrekvenční rušení v pásmu 30 Hz – 10 kHz může způsobit problémy zvukoměrným systémům.

Cestou zodpovědného orgánu je možné přizpůsobit požadavky mezí, jestliže se citlivé přijímače pracující v požadovaném frekvenčním pásmu instalují na platformu nebo modifikovat meze dle zvláštních charakteristik napájení na platformě.

Další možné přizpůsobení požadavků zodpovědným orgánem je v případě, kdy se vyskytují vysoké proudy (filtry musí být velmi dobře dimenzované, aby splnily požadavky), kde jsou vodiče rozvodného systému krátké nebo kdy se zpětný vodič vede souběžně s napájecím (oproti způsobu kdy je zpětným vodičem konstrukce). V tomto případě se použije LISN $5 \mu\text{H}$, ale musí se schválit odpovědným orgánem. Pokud se použije LISN $5 \mu\text{H}$, musí se použít následující změna požadavků CE101. Obrázek A.10 ukazuje mezní hodnoty, které zabezpečují požadavky MIL-STD-704 a minimalizují rozměry filtru bez ohledu na proud tekoucí zátěží. Rovná část každé křivky pro nízké frekvence platí pro zátěž, kterou teče proud 1 A napájecí frekvence. Pro vyšší zátěžové proudy se rovná část křivky posouvá směrem k vyšším frekvencím o činitel $20 \cdot \log$ (zátěžovací proud [A]). Mezní hodnoty se posunuly až k frekvenci 150 kHz místo dřívější frekvence 10 kHz. Mezní hodnota při frekvenci 150 kHz je pevná a odpovídá hodnotě pro zkoušku CE102 na frekvenci 150 kHz, pro impedanci LISN $5 \mu\text{H}$. Sklon křivky mezních hodnot, který je mezi proměnným bodem na frekvenci 2 kHz a pevnou hodnotou na frekvenci 150 kHz se mění v závislosti na proudu protékajícím zátěží. Pro střídavou zátěž musí sledování frekvencí začínat pod 400 Hz tak, že zátěžovací proud s frekvencí 400 Hz se může použít pro správné měřítko mezních hodnot dokonce i v případě, kdy střídavé meze začínají až na druhé harmonické složce.

Příloha A
(informativní)



OBRÁZEK A.10 – Mezní hodnoty CE101 pro LISN 5 µH

Zkušební postupy: Úrovně emisí se určují měřením proudu, který prochází každým napájecím vodičem. LISN má malý vliv na výsledky této zkoušky. Obvodové charakteristiky pomáhají stabilizovat měření v okolí frekvence 10 kHz, avšak parametry LISN nejsou významné ve větší části frekvenčního rozsahu této zkoušky.

Proud se měří z důvodu přítomnosti nízké impedance ve větší části frekvenčního rozsahu zkoušky. Úrovně proudu jsou nezávislé na změnách impedance napájecího zdroje potud, pokud impedance zdroje emise je významná vzhledem k impedanci napájecího zdroje. Avšak na frekvencích, kde dochází k rezonancím filtrů stíněné místnosti v prostoru zkoušky (obecně mezi 1 kHz a 10 kHz), se může očekávat ovlivnění měřených proudů.

V průběhu kontroly měřicího systému může být potřebné doplnění generátoru signálu výkonovým zesilovačem, aby se získal proud 6 dB pod úroveň příslušné meze.

Hodnota odporu „R“ na obrázku 12 (hlavní části standardu) není uvedena, protože její velikost není kritická. Je možno použít jakoukoli hodnotu vhodnou pro měření a přizpůsobení signálového generátoru.

Možným alternativním měřicím prostředkem v tomto frekvenčním rozsahu je analyzátor tvaru vlny používající algoritmus rychlé Fourierovy transformace (FFT). Použití tohoto typu přístroje vyžaduje specifický souhlas odpovědného orgánu.

Pro měření vysokých proudů ve frekvenčním pásmu 30 Hz až 150 kHz se může požadovat použití alternativní zkušební metody. Pokud se může zkušební metoda CE101 použít bez úprav mezních hodnot závislých na proudu, požaduje se, zvláště v případě napájení střídavým proudem 400 Hz odstranění LISN, protože není pro toto měření vhodná. Může se použít LISN 5 µF popsaná v článku 7.3.6 i když může určitým způsobem ovlivnit měření. Dalším zařízením, které přispívá k celkové impedanci, jsou filtry zkušební komory, jejichž rezonanční frekvence je typicky menší než 10 kHz a při rezonanci mají vyšší impedanci než 50 Ω. V případě střídavých zátěží, které produkují harmonické proudy nižší než 10 kHz, se může požadovat zkratování těchto filtrů. V případě stejnosměrného napájení se tento problém řeší umístěním kondenzátoru s velkou kapacitou mezi vodiče zdroje. V případě střídavého napájení

není toto řešení praktické. V případě střídavého napájení se musí vstupní a výstupní svorky filtrů zkušební místnosti zkratovat přemostěním sériovou indukčností. Pokud způsobuje problémy kondenzátor umístěný mezi fází a zem, může být vhodným řešením přemostění filtrů dohromady a použití nefiltrovaného napájení přivedeného do zkušebního prostoru. Technickým kritériem pro zdroje s nízkou impedancí je požadavek, aby měl jeho průběh po připojení EUT malé zkreslení. Zkreslení, které se měří s připojeným EUT, se určí následovně:

Povolené zkreslení [%] = (celkové zkreslení dle MIL-STD-704 [%]) · (zatěžovací proud EUT / jmenovitý zatěžovací proud zdroje).

V případě střídavých rozvodů se používá raději než měřicí přijímač měřič zkreslení. Pokud není měřič zkreslení k dispozici, pak se musí měřit vrcholová hodnota střídavého napětí zdroje naprázdno a po připojení EUT. Rozdíl napětí podělený napětím při měření zdroje naprázdno je možno dosadit do výše uvedeného vztahu.

A.5.5 (8.5) CE102, vedené emise, napájecí kabely

Použitelnost a mezní hodnoty: Požadavky jsou použitelné v rozsahu 10 kHz až 10 MHz pro vodiče napájené ze zdrojů, které nejsou součástí EUT. Zkouška se nepožaduje pro výstupní vodiče zdrojů energie.

Základní koncept v nízkofrekvenční oblasti požadavků je zajistit, aby EUT nesnížilo kvalitu dodávané energie (přípustné zkreslení napětí) napájecích rozvodů platformy. Příklady dokumentující požadavky na kvalitu napájení obsahuje MIL-STD-704 pro letadla, MIL-STD-1399-300 pro lodě, MIL-STD-1539 pro kosmické systémy a MIL-STD-1275 pro vojenská vozidla.

Protože standardy stanovující jakost dodávané energie stanoví přípustné zkreslení na výstupu zdroje, není třeba samostatných požadavků EMI pro výstupní napájecí vodiče. Výstupní napájecí vodiče se posuzují stejně jako ostatní elektrická rozhraní. Tento standard nepředepisuje přímo spektrální obsah existujících signálů na elektrických rozhraních. Definice tvaru signálu a meze zkreslení jsou charakterizovány v dokumentech, kterými se řídí rozhraní. Kvalita dodávané výstupní energie se musí přesně stanovit pro celý frekvenční rozsah proto, aby se mohly správně navrhnout potřebné charakteristiky. To platí pro zdroj primární energie například 115 V, 400 Hz nebo stejnosměrný zdroj ± 15 V malého proudu. Významná nepřímá volba obsahu spektra existuje u mezí RE102, které vyžadují vhodnou volbu tvaru signálu a přenosové trasy, aby se zabránilo nežádoucímu vyzařování (viz níže uvedený rozbor o umístění mezí CE102 a souvislost s RE102).

Protože zkreslení napětí je základním údajem pro posuzování požadavků kvality napájení, musí se mezní hodnota CE102 vyjádřit v jednotkách napětí při této zkoušce. Pro realizaci měření napětí je vhodné použití normované impedance (umělé sítě) v celém frekvenčním pásmu. V předchozí verzi tohoto standardu se specifikovalo měření proudu přes kondenzátor 10 μ F. V každém případě kondenzátor působil jako vř zkrat (přemostění) napájecího vedení vzhledem k zemní ploše. Bylo nesnadné interpretovat význam mezí proudu vzhledem k umístění na platformě. Přítomnost normalizované impedance je významná pro přesnější vyjádření elektrických parametrů na napájecích rozvodech platformy.

Kvalitu napájení přehledně dokumentuje MIL-STD-704 a pouze jediný průběh stanovuje závislost amplitudy a frekvence ve vztahu k povolenému zkreslení. Mezní hodnoty metody CE102 požadují, aby poklesy amplitudy se vzrůstající frekvencí byly podobné

Příloha A
(informativní)

jako požadavky standardu MIL-STD-704. Společné požadavky jsou určeny pro použití na všech platformách.

Základní mezní křivka pro 28 V je přibližně o 20 dB nižší, než mezní křivka kvality napájení uvedená v MIL-STD-704. Pro stanovení úrovně mezní křivky jsou určité důvody. Prvním je množství rušivých zdrojů v jednotlivých subsystémech a zařízeních umístěných na společné platformě. Tyto mohou přispívat k úrovni rušivého napětí na daném napájecím rozvodu. Uvažujeme-li, že rušivé zdroje nejsou fázově koherentní, pak úroveň napětí bude druhá odmocnina ze součtu druhých mocnin napětí od jednotlivých zdrojů. Druhým důvodem je, že skutečná impedance zátěže bude kolísat v okolí zvolené impedance a při skutečné instalaci bývá několikrát vyšší nebo nižší než ta, která se použila při zkoušce. Proto je třeba, aby byl v mezích zohledněn jistý konzervatismus.

Uvolnění pro jiné zdroje vyššího napětí je založeno na příbuznosti úrovní kvality křivek energie a na zvlnění při různých provozních napětích.

Na vyšších frekvencích slouží meze CE102 jako zvláštní řídicí údaj vycházející z RE102 pro vyzařované emise z napájecích vodičů, které mají vazbu do citlivých anténních vstupů přijímačů. Meze CE102 musí být takové, aby zaručily, že nejsou v rozporu s mezemi RE102. Emise na vodičích nižší než mezní hodnoty CE102 nesmí vyvolat vyzařované emise vyšší než meze RE102. Laboratorní pokusy při připojení 2,5 metru napájecího kabelu k LISN ukazují, že elektrické pole detekované prutovou anténou ve shodě s metodou RE102 je ploché až do frekvence přibližně 10 MHz a je přibližně rovno $(x - 40)$ dB μ V/m, kde „x“ je napětí vyjádřené v dB μ V. Pokud je například úroveň signálu na kabelu 60 dB μ V, měřená intenzita elektromagnetického pole je přibližně 20 dB μ V/m.

Pro zodpovědný orgán může být vhodné přizpůsobování požadavků ve smluvních dokumentech. Jedna možnost je přizpůsobit mezní závislost tak, aby těsněji emulovala spektrální křivku dle specifického standardu, který upravuje kvalitu napájení. Jak již bylo uvedeno výše, je třeba brát v úvahu i problémy spojené s působením mnohonásobných (paralelních) zdrojů rušení. Jestliže se na platformě nevyskytují antény připojené k přijímačům pro vyšší frekvence, je rovněž možnost přizpůsobit požadavek na frekvence pod stanovenou hodnotou. Při délce napájecího kabelu 2,5 m lze požadavek omezit na horní frekvenci 10 MHz, což v dané zkušební sestavě odpovídá přibližně rezonanční frekvenci. Některá měření emisí na vodičích se přesto realizují pro frekvence vyšší než 10 MHz. Jestliže jsou přizpůsobeny požadavky tak, aby zohlednily požadavky na vyšších frekvencích, lze sestavu zkoušky pro CE102 modifikovat se zkrácenými délkami napájecích vodičů.

Pokud se zkouška CE101 prováděla s alternativními mezními hodnotami pro zátěž s vysokým proudem na frekvencích nižších než 150 kHz, může zkouška CE102 u stejného EUT začínat od frekvence 150 kHz místo od 10 kHz. V tomto případě se musí použít LISN 5 μ H (tak jak je popsána v článku 7.3.6). Zatímco meze CE102 se nezmění, použití LISN 5 μ H změní návrh EMI filtrů pro symetrický i nesymetrický režim. Rušení v symetrickém režimu představuje napěťový zdroj, který vytváří stejné napětí pro 5 μ H nebo 50 μ H LISN, ale 5 μ H LISN umožňuje mnohem vyšší hodnoty proudu při stejném potenciálu, takže požadavky na útlum filtru jsou nižší. Rušení v nesymetrickém režimu představuje proudový zdroj a nižší impedance 5 μ H LISN znamená, že pro daný proud se naměří menší hodnota napětí na frekvencích nižších než 3 MHz. Na frekvenci 3 MHz a vyšších mají obě LISN stejnou impedanci,

ale je mnohem snadnější filtrovat v pásmu, kde je impedance 50Ω , než v pásmu mezi 10 kHz a 3 MHz.

Zkušební postupy: Úrovně emise jsou determinovány měřením napětí na výstupním portu LISN.

Kritickým prvkem této zkoušky je nastavení impedance napájecího zdroje, které se provádí pomocí LISN. Nastavení je nutné z důvodu velkých rozdílů v charakteristikách stíněných komor různých zkušebních laboratoří a pro zajištění opakovatelnosti. LISN normalizuje impedanci. Impedance elektrických rozhraní EUT ovlivňují obvodové charakteristiky napájecích vodičů připojených k LISN. Převládající charakteristika je indukance. Impedance se začíná významně odchylovat na frekvenci přibližně 1 MHz, kde indukance vodičů je asi 13Ω .

Při použití útlumového členu 20 dB a poklesu napětí na vazebním kondenzátoru, se musí započítat korekční faktor. Vazební kondenzátor je v sérii s paralelní kombinací odporu měřicího přijímače 50Ω a odporu LISN $1 \text{ k}\Omega$. Dva paralelní odpory mají ekvivalentní hodnotu $47,6 \Omega$. Korekční faktor se pak rovná:

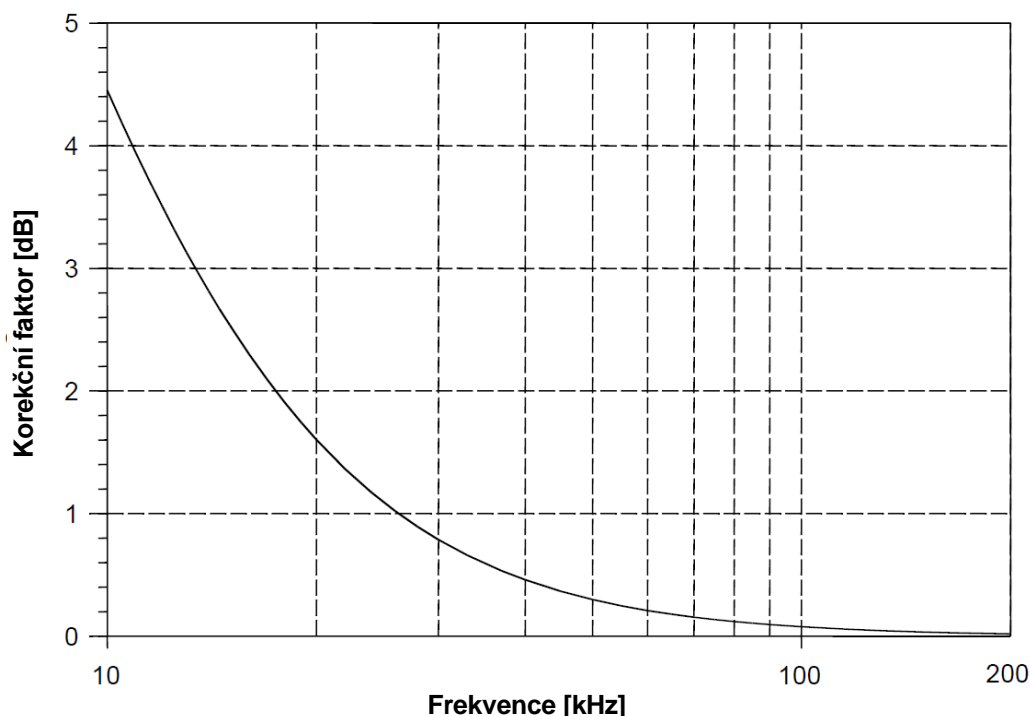
$$20 \cdot \log_{10}(1 + 5,60 \cdot 10^{-9} \cdot f^2)^{1/2} / (7,48 \cdot 10^{-5} \cdot f),$$

kde f je sledovaná frekvence v Hz. Tato závislost je znázorněna na obrázku A.11. Korekční faktor je 4,45 dB při 10 kHz a s nárůstem frekvence rychle klesá.

Horní měřicí frekvence je 10 MHz kvůli rezonančním podmínkám a s ohledem na délku napájecích vodičů mezi EUT a LISN. Jak je uvedeno v článku 7.3.8.6.2 základní části standardu, tyto vodiče mají délku 2,0 m až 2,5 m. Laboratorní pokusy a teorie poukazují na čtvrtvlnnou rezonanci v okolí frekvence 25 MHz pro vodič o délce 2,5 m. Při laboratorních experimentech začíná impedance napájecích vodičů značně narůstat v okolí frekvence 10 MHz a maxima několik tisíc Ω dosahuje přibližně na frekvenci 25 MHz. Měření napětí pomocí LISN se stává značně nesprávné na frekvencích vyšších než 10 MHz.

Vazební kondenzátor $0,25 \mu\text{F}$ v LISN umožňuje, aby se pro napájecí zdroj 115 V, 400 Hz vytvořilo napětí asi 3,6 V na zakončení signálových svorek 50Ω . V dané zkušební metodě se používá útlumový člen 20 dB pro ochranu měřicího přijímače a předcházení saturace. Zdroje 60 Hz vyžadují méně pozornosti.

Příloha A
(informativní)



OBRÁZEK A.11 – Korekční faktor pro vazební kondenzátor 50 µH LISN

Při kalibraci sinusového tvaru signálu 10 kHz a 100 kHz je nezbytné použít osciloskop. LISN však představuje zátěž 50 Ω pro signálový generátor 50 Ω teprve od asi 300 kHz (viz obrázek 7). Protože signálový generátor je ideální napěťový zdroj se sériovým odporem 50 Ω, správné měření vyžaduje zakončovací impedanci 50 Ω. Za těchto podmínek se napětí rozdělí na tyto impedance. Pokud se výstup měří pomocí zařízení s vysokoimpedančním vstupem, jako osciloskop, je naměřené napětí dvakrát vyšší. Zátěž připojená k signálovému generátoru se s frekvencí mění a napětí na LISN se bude také měnit.

Při této zkušební metodě existuje možnost saturace měřicího přijímače vlivem linkového napětí na napájecí frekvenci. Opatření proti saturaci jsou diskutována v článku 7.3.7.3 hlavní části tohoto standardu. Pokud se vytvoří podmínky pro saturaci nebo k saturaci dojde, musí se použít filtr s pásmovou zadrží pro napájecí frekvenci. Pak se musí do údajů o úrovni rušení zahrnout korekční faktor pro započtení ztrát filtru v závislosti na frekvenci.

Zkušební postup CE102 s použitím 5 µH LISN je stejný jako v případě použití 50 µH LISN. Jediným rozdílem je použití od frekvence 150 kHz. Pro vazební kondenzátor použitý v případě 5 µH LISN není třeba žádný korekční faktor.

Jako součást kontroly integrity měřicího systému se impedance LISN kontroluje na místě na stejných frekvencích jako tradiční kontrola integrity měřicího systému, která ověřuje, zda jsou zkušební postupy a postupy měření správné. Při frekvencích 1,95 MHz a 9,8 MHz je impedance 50 µH LISN automaticky ověřena tradiční metodou, protože na těchto frekvencích je impedance LISN 50 Ω, takže úroveň signálu generátoru se objevuje napříč LISN. Ale pokud impedance LISN není 50 Ω, jako při tradiční kontrole na frekvencích 5 kHz a 100 kHz je impedance 50 µH LISN nižší než 50 Ω a to zatíží zdroj signálu více než požadovaných 50 Ω.

Poměr vysokofrekvenčního signálu napříč LISN vzhledem k tomu, pokud je dodáván do zátěže 50Ω , se nazývá vložený útlum. Vložný útlum se snadno měří jako doplněk ke kontrole tradičního systému měření

Vložný útlum (IL) se rovná:

$$IL [dB] = 20 \cdot \log [2 \cdot Z_{LISN} / (Z_{LISN} + 50)]$$

Pro LISN $50 \mu H$ je při 10 kHz: $Z_{LISN} = 5 \Omega$, $IL = -14,8$ dB; při 100 kHz: $Z_{LISN} = 27 \Omega$, $IL = -3,2$ dB. Tolerance impedance LISN je $\pm 20\%$, to znamená $+1,6$ dB až -2 dB.

Při použití LISN $5 \mu H$, její impedance je 50Ω na frekvenci 5 MHz a vyšší, může kontrola na 5 MHz a 10 MHz proběhnout tradičním způsobem. Při 200 kHz: $Z_{LISN} = 5,6 \Omega$, $IL = 14$ dB; při 1 MHz: $Z_{LISN} = 27 \Omega$, $IL = -3,2$ dB.

A.5.6 (8.6) CE106, vedené emise, anténní vstup, 10 kHz až 40 GHz

Použití a mezní hodnoty: Požadavek je použitelný pro vysílače, přijímače a zesilovače. Základním smyslem je chránit anténní vstupy přijímačů na platformě i mimo před zhoršením jeho chování vlivem vyzařovaných emisí anténních svorek EUT. Meze pro vysílače v provozním režimu je původně stanovena z mezních hodnot, které byly získány na základě zkoušek velkého množství typů zařízení. Potlačení rušivých úrovní za účelem splnění požadavků elektromagnetické kompatibility je poměrně náročné a může vývoj zařízení značně prodražit. Meze pro přijímače a vysílače v pohotovostním režimu jsou zvoleny na úrovních, které poskytují optimální jistotu slučitelnosti s jiným zařízením. Protože obdobné požadavky se týkají všech platform, jsou pro všechny platformy specifikovány společné požadavky.

Jako příklad situace anténní vazby se uvažuje 10 W VHF AM vysílač pracující na frekvenci 150 MHz a UHF AM přijímač s citlivostí -100 dBm naladěný na 300 MHz s izotropní anténou umístěnou ve vzdálenosti 10 m. Požaduje se, aby vysílaná druhá harmonická složka na frekvenci 300 MHz byla nižší o $50 + 10 \cdot \log 10 = 60$ dB. Pro útlum volného prostoru platí rovnice: $P_R / P_T = (\lambda^2 \cdot G_T \cdot G_R) / (4\pi \cdot R)^2$, která pro dané parametry dává útlum mezi dvěma anténami 42 dB, kde je

P_R přijímaný výkon,

P_T vysílaný výkon,

λ vlnová délka = 1 m,

G_R zisk přijímací antény = 1,

G_T zisk vysílací antény = 1,

R vzdálenost mezi anténami = 10 m.

Úroveň druhé harmonické složky pro požadovanou mez musí tedy být o $60 + 42 = 102$ dB nižší. Úroveň nižší o 102 dB pro 10 W (40 dBm) je -62 dBm, což je stále ještě 38 dB nad citlivostí přijímače. Skutečně požadovaná úroveň -123 dBm nezpůsobí žádné snížení příjmu. Tato hodnota vyplývá z toho, že nejhorší případ nastane, když je rušivý signál na úrovni postranního pásma s amplitudou odpovídající citlivosti přijímače. Pro standardní modulaci 30 % AM používanou k ověřování citlivosti je postranní pásmo 13 dB pod nosnou a běžně se uvažuje poměr signál/šum 10 dB. Abychom se vyhnuli problémům, musí být rušivý signál o $13 + 10 = 23$ dB nižší než -100 dBm což je -123 dBm. Toto kritérium vyžaduje, aby druhá harmonická byla 121 dB pod úrovní frekvence nosné vysílače, což už je náročný požadavek.

Příloha A

(informativní)

Aby se předešlo problémům, závislosti harmonických se někdy mohou řešit prostřednictvím přidělování frekvencí.

Určení požadavku 34 dB μ V (-73 dBm) pro pohotovostní režim má za následek, že úroveň na přijímači může být -115 dBm, což způsobí minimální zhoršení při přítomnosti zamýšleného zbytkového signálu.

Situace se může zlepšit, pokud se oddálí antény nebo mezi anténami není přímá viditelnost. Také VHF anténa může být horší než použití izotropní antény v UHF pásmu. CE106 nebere v úvahu žádné potlačení spojené s frekvenční závislostí charakteristik antén, ačkoli následky tohoto citovaného příkladu jsou obvyklé. RE103, týkající se řízení výstupů vyzařovaných rušivých a harmonických emisí, obsahuje odhad anténních parametrů.

Protože rovnice útlumu pro volný prostor (tj. $P_R / P_T = (\lambda^2 \cdot G_T \cdot G_R) / (4 \cdot \pi \cdot R^2)$) ukazuje, že izolace se zlepšuje se druhou mocninou vlnové délky (λ^2), hodnoty izolace se prudce zlepšují se zvyšující se frekvencí. Všeobecně platí, že antény jsou v GHz pásmu více směrové a přijímače jsou méně citlivé v důsledku větší širokopásmovosti.

Zodpovědný orgán může vzít v úvahu přizpůsobení smluvních dokumentů a stanovených úrovní potlačení, vycházejících ze studií úrovní vazeb mezi anténami na specifické platformě, kde se používá konkrétní zařízení. Druhá oblast může odrážet požadavky na vysílače s velkým výkonem. Standardní potlačení úrovní může mít za následek značné náklady při konstrukci. Například filtrování pro vysílač výkonu 10 000 W může být krajně obtížné a podstatně zeslabuje nosnou frekvenci. Může být nezbytné provést návrh s uvažováním důsledků v poměru konstrukce/cena.

Pro námořní hladinové lodě je mnoho příkladů, kdy citlivé přijímače pracují do 10 m od vysoce a středně výkonových vysílačů. Tyto citlivé přijímače jsou také instalovány na okolních povrchových a vzdušných plošinách, které fungují v rámci několika námořních mil od vysílačů. Frekvenční oddělení mezi těmito vysílači a přijímači je často jen několik procent základní frekvence a někdy se jejich frekvenční rozsahy dokonce překrývají. Pro maximalizaci schopnosti námořnictva tyto systémy používat současně, emise všech těchto vysílačů musí být udržovány na co nejnižší úrovni v širokém frekvenčním rozsahu.

U vysílačů s maximálním vysílacím výkonem nižším než 1 kW se považuje za vhodné stávající 5% vyloučené pásmo. Pro vysílače s vyšším špičkovým výkonem je nutné další uvolnění a rozsah 5 % – 9 % je považován za dosažitelný pro aktualizované limity Navy. Mnoho citlivých přijímačů má šumové číslo mezi 1 dB až 5 dB, což má za následek úroveň šumu systému mezi -113 dBm/MHz až -109 dBm/MHz. Aby se vyloučilo EMI riziko, musely by být všechny rušivé emise ve všech konfiguracích a provozních scénářích vyšší než 10 dB pod těmito úrovněmi. V mnoha konfiguracích na palubě může být izolace mezi systémy jen 60 dB. Vezmeme-li v úvahu tuto izolaci, výsledkem je ideální limit -63 dBm/MHz. Když si uvědomíme, že tento ideální limit je velmi náročný, byla vybrána úroveň -40 dBm/MHz. Dodržení tohoto limitu je proveditelné a sníží EMI riziko pro typické instalační geometrie a scénáře. Nebude vždy dostačující k tomu, aby se zajistilo, že emise mimo pásmo nebudou způsobovat EMI pro všechny geometrie a jako takové bude podporováno tam, kde je to odůvodněno.

Je nutno poznamenat, že pro zjednodušení jsou absolutní meze měření udávány z hlediska výkonu a nikoli spektrální výkonové hustoty. Aby byl přesný, měl by být měřený výkon udáván jako výkon na šířku pásma přijímače, např. nad 1 GHz je limit

správně stanoven v jednotkách dBm/MHz, protože v tomto frekvenčním rozsahu je šířka pásma přijímače 1 MHz dle tabulky 3.

Zkušební postupy: Protože se metoda měření emisí provádí na známých impedancích a stíněných přenosových linkách, jsou výsledky měření v širokém rozsahu nezávislé na uspořádání zkoušky. Proto není nezbytné použít základní zkušební sestavu popsanou v hlavní části této standardu.

Zkušební postup CE106 představuje techniku přímé vazby a neuvažuje se efekt, že charakteristiky anténního systému budou ovlivňovat úrovně skutečného vyzařování.

Výsledky může ovlivnit výběr modulace vysílače, frekvencí, vstupních úrovní a modulace zesilovače. Vyžaduje se přitom volba nejhoršího možného případu. Nejsložitější modulace obvykle vytváří nejhorší spektrum harmonických a rušivých výstupů. Nicméně některé zesilovače s řízeným ziskem mohou produkovat větší zkreslení s menšími řídicími signály, než jsou nejvyšší. V EMITR se musí uvést podrobná analýza výběru parametrů pro zkoušku.

Obrázek 19 se používá pro přijímače, zesilovače a vysílače v pohotovostním režimu. Účelem útlumového členu na obrázku 19 je nastavit napěťový poměr stojatých vln pro přesnější měření. Jeho běžná hodnota je 10 dB, ale může být, pokud je třeba, menší pro udržení citlivosti měření.

Sestava na obrázku 17 se používá pro nízkovýkonové vysílače s nejvyšším provozní frekvencí nepřesahujícím 40 GHz. Útlumový člen musí být asi 20 dB nebo více, aby dostatečně redukoval výstupní úroveň vysílače tak, že nevyvolá poškození nebo saturaci měřicího přijímače. Pásmová zádrž na obrázku je naladěna na základní frekvenci EUT a je zamýšlena pro redukcí následného okamžitého výkonu vysílače na úroveň, která nezpůsobí zhoršení citlivosti měřicího přijímače nebo nevyvolá zkreslující odezvy na měřicím přijímači. Jak ztráty pásmové zádrže, tak vysokofrekvenčních útlumových členů se musí zvolit tak aby se zachovala citlivost měřicího systému. Celkový výkon, který přijde na vstup měřicího přijímače, nesmí přesáhnout maximální přípustnou vstupní úroveň specifikovanou výrobcem. Všechny struktury zádrží a filtrů se musí kalibrovat v celém měřeném frekvenčním pásmu.

Sestava na obrázku 18 je určena pro vysílač s vysokým středním výkonem. Pro vysílače s integrovanou anténou je obvykle nutné měřit rušivé emise zkušební postupem RE103.

Při použití tabulky 3 z hlavní části tohoto standardu je potřeba postupovat opatrně. Při měření rušivých emisí a harmonických složek EUT v režimu vysílání je třeba, aby rozlišovací šířka pásma měřicího přijímače byla dostatečně velká pro zachycení nejméně 90 % výkonu signálu pro naladěnou frekvenci. Tato podmínka se požaduje, pokud se provádí porovnávání s požadavky na vyzařovaný výkon uváděný ve specifikaci. Rušivé a harmonické výstupy mají obecně stejné modulační charakteristiky jako základní nosná. Protože tato metoda měří relativní úrovně rušivých a harmonických signálů vztažené k úrovni základní frekvence, není nutné, aby měřicí přijímač měl výše uvedenou šířku pásma. Pokud však šířka pásma měřicího přijímače nesplňuje kritérium a výstupní rušení a harmonické složky spadají do frekvenčních rozsahů, ve kterých tento standard specifikuje šířku pásma jinou, než se používá pro základní frekvenci, pak se rozlišovací šířka pásma měřicího přijímače musí pro zajištění správného ověření změnit na rozlišovací šířku pásma použitou pro základní frekvenci.

Příloha A

(informativní)

Pro EUT, které používá vlnovodné přenosové linky, je třeba, aby byl měřicí přijímač připojen k vlnovodu přechodem vlnovod-koaxiál. Protože vlnovod působí jako vysokofrekvenční filtr, není nutné provádět měření na frekvencích $< 0,8 f_{co}$, kde f_{co} je mezní frekvence vlnovodu.

A.5.7 (8.7) CS101, susceptibilita na vedené emise, napájecí vodiče

Použití a mezní hodnoty: Požadavek je aplikovatelný od 30 Hz do 150 kHz na vstupní napájecí vodiče, které jsou připojeny k samostatným zdrojům, tj. takových zdrojů, které nejsou součástí EUT. Nepoužívají se pro výstupní napájecí vodiče. Základním zámyslem je zjistit, zda funkci zařízení neovlivňuje definované zvlnění napětí produkované napájecím zdrojem.

Zkušební signál se používá pouze na „živé“ části napájení, kde může dojít ke vzniku rozdílových napětí mezi vstupními napájecími vodiči EUT. Sériová injekce zkušebního signálu způsobuje poklesy napětí na impedanci vstupních napájecích obvodů EUT. V celém frekvenčním rozsahu lze s ohledem na impedanci napájecích vstupů považovat impedanci nulových a zpětných vodičů za zanedbatelnou. Posuzování nesymetrických napětí se předepisuje jinými zkušebními metodami, např. CS114 a RS103. Injekce do nulových a zpětných vodičů působí stejně jako do „živých“ vstupních napájecích vodičů, avšak nereálný stav bude mít za následek vyšší napětí na spojích nulového a zpětného vodiče k EUT vůči potenciálu zemní plochy.

Podobně jako u CE102 jsou meze založeny na posouzení standardů kvality napájení s důrazem na spektrální obsah uvedený v MIL-STD-704. Je vhodnější mít předepsány pouze dvě křivky než mít samostatnou křivku pro každý možný zdroj napětí. Stanovená amplituda napětí je přibližně 6 dB nad mezí kvality napájení, třebaže mez byla poněkud zobecněna z důvodu složitosti jejího průběhu. Rezerva daná rozdílem mezi mezní hodnotou a standardem kvality napájení je nezbytná pro zahrnutí rozdílů v provedení zařízení od různých výrobců.

Rozdíl mezi mezemi pro CE102 a CS101 přibližně 26 dB se nesmí brát jako rezerva. Mez CE102 je umístěna tak, že zvlnění napětí nepřekročí přístupný standard jakosti napájení v důsledku působení rušení z více zkoušených zařízení. Tudíž je standard jakosti napájení pouze východiskem pro srovnání.

Prvotním východiskem pro definování požadavků prováděný zodpovědným orgánem je nastavit průběhy mezních hodnot smluvních dokumentů co nejlépe mezím v příslušném standardu kvality napájení.

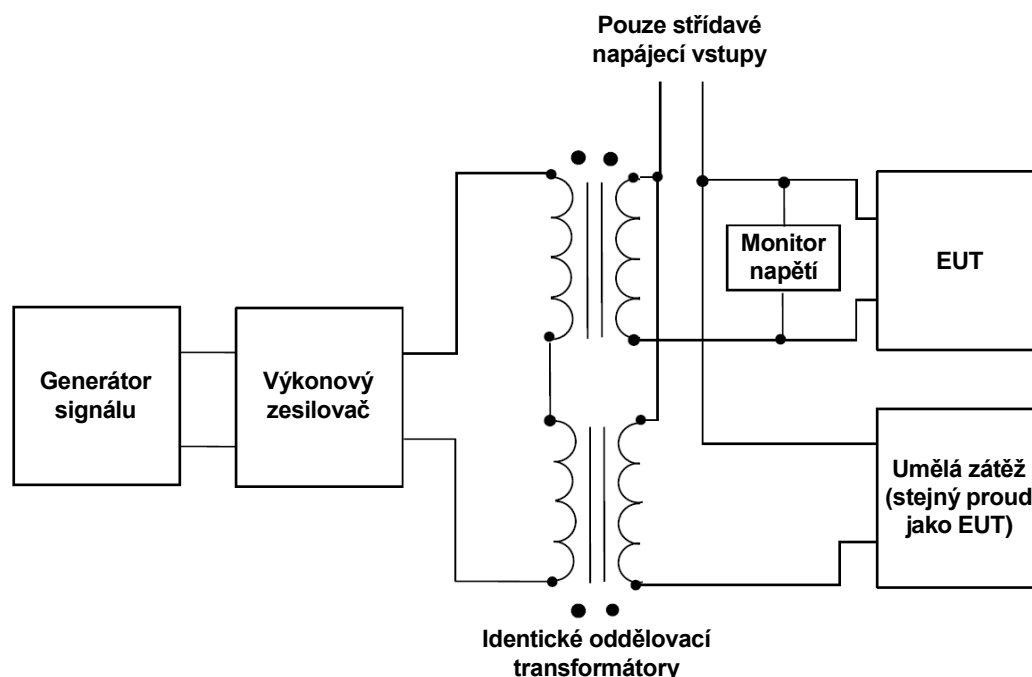
Zkušební postupy: Protože použité napětí je přes transformátor připojené do série, stanoví Kirchhoffův zákon, že napětí na výstupních svorkách transformátoru se přenesou podél části obvodové smyčky vytvořené vstupem EUT a impedancí napájecího zdroje. Napětí definované mezemi se měří na vstupu EUT, protože část napětí transformátoru se dle očekávání objeví na impedanci zdroje.

Tento postup umožňuje použití buď osciloskopu pro měření v časové oblasti, nebo měřicího přijímače s převodníkem pro měření ve frekvenční oblasti. Převodník se používá k izolování vstupu 50 Ω měřicího přijímače od napětí zdroje napájení a ke snížení amplitud signálu na bezpečné úrovni. Přenosové charakteristiky snímače s ohledem na amplitudu v závislosti na frekvenci je třeba vzít v úvahu pro celý frekvenční rozsah zkoušky k určení skutečné úrovně signálu.

Dřívější standardy EMI zaváděly obvody vytvářející síť s fázovým posunem, který byl určen k potlačení základní frekvence střídavého napájení, a tak umožnil přímé

měření zvlnění přítomného na svorkách EUT. Zatímco tyto obvody velmi účinně oddělovaly průběhy od střídavého napájení, způsobovaly však také nesprávnou hodnotu zvlnění, a proto nejsou použitelné. U vazební sítě se používá princip invertování průběhu vstupního napájení a jeho započtení k průběhu na vstupu EUT (vstupní napájení plus zvlnění) se dle předpokladu projeví na výstupu pouze zvlněním. Pokud bude mít napájecí napětí nezakreslený průběh, měla by vazební síť pracovat správně. Avšak část zvlnění, která se přenáší přes impedanci napájecího zdroje, ovlivňuje průběh a spojením se zvlněním na EUT obdržíme nesprávnou hodnotu.

Pod 10 kHz existuje možnost, že část injektovaného signálu bude procházet z větší části zdrojem energie než napájecím vstupem zkušební vzorku. Proto pod 10 kHz, když nemůže být stanovena úroveň specifikované mezní hodnoty pro napájecí vstup zkušební vzorku a byla dosažena mezní předkalibrovaná úroveň, je na zkušebním technikovi, aby zkontroloval, zda chybějící úroveň signálu neprochází přes zdroj napájení. Je-li zde chybějící úroveň (obvykle kvůli vysoké impedanci EMI filtrů zkušební zařízení), pak by měly být podniknuty kroky ke snížení impedance zdroje. To lze provést na stejnosměrném zdroji použitím většího kondenzátoru (přibližně 10 000 μF) paralelně s kondenzátorem 10 μF . Pro střídavé napájení to není možné a nejlepším postupem je zcela obejít filtry zařízení EMI, čímž dostaneme nefiltrované napájení.



OBRÁZEK A.12 – Ochrana výkonového zesilovače (CS101)

Na primární straně injektážního transformátoru se objeví napětí s napájecí frekvencí vyvolané proudem zátěže EUT. Větší proudové zátěže se projevují ve větších napětích a jsou předmětem mimořádného zájmu. Tato napětí mohou způsobit potenciální problémy výkonových zesilovačů. Sestava na obrázku A.12 podstatně redukuje tato napětí a poskytuje ochranu zesilovači. Tento efekt se dosahuje použitím umělé zátěže rovné EUT a vinutí přídavného transformátoru, jehož indukované napětí je stejné, ale fázově pootočené o 180° v porovnání s indukovaným napětím injektážního transformátoru. Pokud je to možné, musí mít umělá zátěž stejný výkonový přenos jako EUT.

Příloha A
(informativní)

Počáteční zapnutí spínaných převodníků DC/DC může vytvořit na primáru injektážního transformátoru velké napětí, kterým se může poškodit výkonový zesilovač. Opatřením proti takovému jevu je zapojit přes primár rezistor 5Ω a odpojovat transformátor při počátečním zapnutí.

Injektovaný signál musí mít tvar sinusoidy. Zkreslení průběhu může být důsledkem saturace výkonového zesilovače nebo vazebního transformátoru.

Pokud zpětná nebo nulová potenciálová svorka napájení není připojena k uzemňovací svorce stíněné místnosti, může být nezbytné připojit osciloskop s „plovoucí“ zemí přes oddělovací transformátor, čímž se může vytvořit nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Připojení osciloskopu přes oddělovací transformátor snižuje nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Existují diferenciální sondy, které převádějí měření mezi „živou“ stranou a oddělenou zemí na jednobodově vztažená měření, kde se dají měřicí obvody uzemnit. Tyto sondy mají výstupy vhodné pro měření jak s osciloskopem, tak vysokoimpedančními frekvenčně selektivními přijímači (které umožňují měřit velká vstupní napětí).

A.5.8 (8.8) CS103, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, intermodulace

Použití a mezní hodnoty: Požadavek je aplikovatelný od 15 kHz do 10 GHz na přijímací vstupy zařízení a subsystémů, jako jsou komunikační přijímače, vysokofrekvenční zesilovače, přijímače, radarové přijímače, akustické přijímače a přijímače pro radioelektronický boj, jak je uvedeno v jednotlivých specifikacích zakázky. Záměrem tohoto požadavku je sledování odezvy přijímacích subsystémů připojených k anténě na frekvence vznikající z produktů intermodulace dvou signálů mimo zamýšlené pásmo propustnosti subsystému vzniklých v důsledku nelinearit v subsystému. V důsledku široké rozmanitosti vyvíjených systémů je třeba použitelnost tohoto typu požadavku a odpovídajících mezí stanovit pro každý konkrétní případ. Také je třeba specifikovat shodu požadavků s charakteristikami zpracovaného signálu subsystémem a pro ověření požadavku se musí použít specifické zkušební postupy.

Jeden možný přístup pro stanovování požadovaných úrovní signálů mimo pracovní pásmo je provedení analýzy působícího elektromagnetického prostředí a parametrů přijímacích antén. Avšak úrovně určené tímto způsobem jsou často navrženy nevhodně s ohledem na následnou cenu konstrukce přijímače. Jestliže například na systému působí vnější prostředí o intenzitě 200 V/m, bude do přijímače dodávat izotropní anténa na frekvenci 300 MHz úroveň 39 dBm. Tato úroveň představuje pro mnoho přijímačů nepřijatelnou úroveň. Alternativní přístup je expertně kvalifikované určení mezí, které je možno v konkrétní interní struktuře konstrukce splnit.

Tento požadavek je použitelný nejvíce na pevných frekvencích laděných superheterodynových přijímačů. Předchozí verze tohoto standardu požadovaly, aby systém pracoval normálně při působení dvou signálů mimo pásmo, které mají úroveň 66 dB nad úroveň požadovanou pro získání standardní referenční úrovně výstupu přijímače. Stejný signál byl zvýšen na 80 dB nad referenční úrovní v pásmu 2 MHz až 25 MHz a 200 MHz až 400 MHz, aby byl zohledněn přenos z HF a UHF komunikačního zařízení. Maximální úrovně obou signálů se omezily na 10 dBm. Jako příklad lze uvést, že běžné komunikační přijímače mívají citlivost řádově -100 dBm. V tomto případě představuje úroveň 66 dB nad referenční úrovní signál s úrovní -34 dBm a úroveň 80 dB nad referenčním signálem je -20 dBm. Obě úrovně jsou značně menší než úroveň 10 dBm použitá v minulosti.

Pro jiné typy přijímačů je použití tohoto požadavku často obtížné a musí se věnovat patřičná pozornost správné specifikaci. Mnohé přijímače jsou konstruovány jako odolné vůči rušení nebo šumu a tato vlastnost může dělat použití tohoto požadavku obtížné nebo nevhodné.

Komplikujícím faktorem je, že jeden ze signálů vně pásma se moduluje signálem běžně použitým v přijímači. Pro přijímače je to zvláštní případ modulace, kdykoli se dá signál s takovou modulací vně pásma očekávat. Jinou komplikací může být výskyt možných produktů intermodulace dvou signálů. Odezva na produkty intermodulace se dá očekávat v případě, že $f_o = m \cdot f_1 \pm n \cdot f_2$, kdy f_o je pracovní frekvence přijímače, m a n jsou celá čísla, f_1 a f_2 jsou signály mimo pásmo. Pro přijímače se spojitou změnou frekvence (rychle přeladitelné nebo frekvenční skákání) platí vztah pouze pro jistou část provozní doby přijímače. To platí pouze v případě, že se signály mimo provozní pásmo nepřeladují spojitě nebo pokud se parametry přijímače neupravují pro účely hodnocení.

Zkušební postupy: Pro tento požadavek není v hlavní části tohoto standardu uveden žádný postup zkoušky. Z důvodu velké rozmanitosti provedení přijímačů, je nutné před vytvořením smysluplných postupů zkoušky vytvořit požadavky na specifické provozní charakteristiky přijímače. V této příloze se rozebírají pouze všeobecné zkušební techniky.

Zkoušky intermodulace se mohou použít pro různé přijímací subsystémy, jako jsou přijímače, vysokofrekvenční zesilovače, kombinace přijímač–vysílač a pro odpovídače.

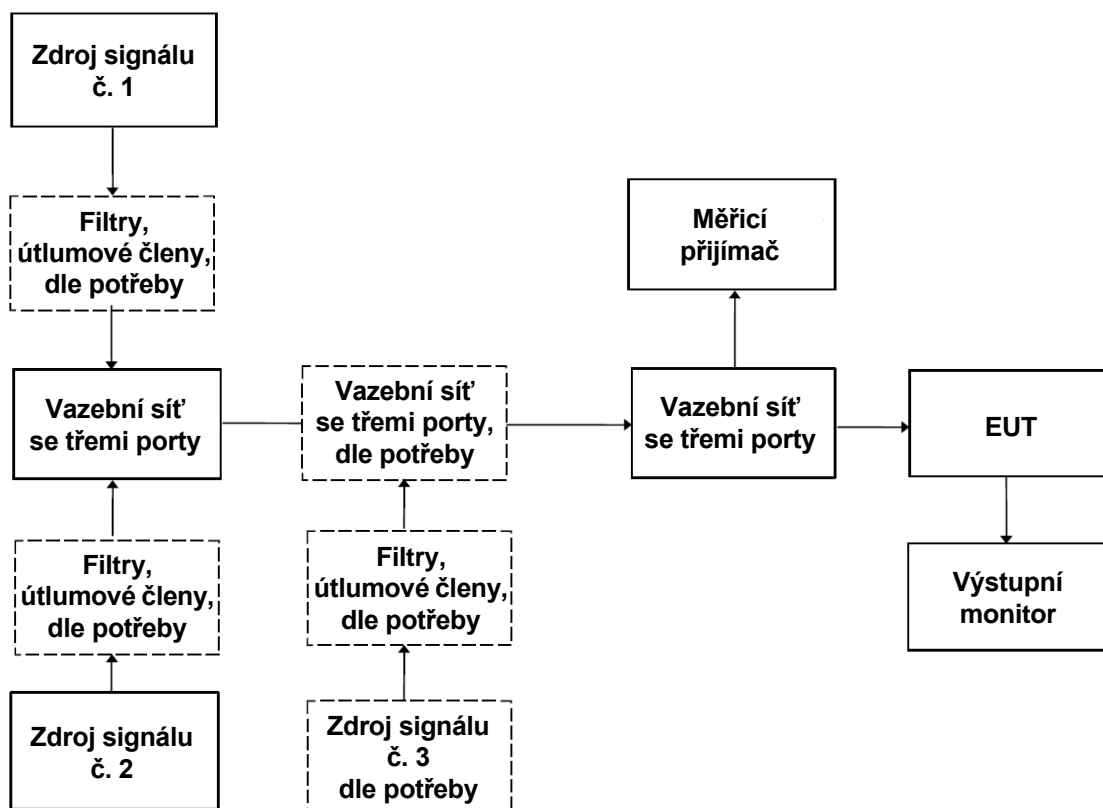
Pro správné zkoušky intermodulačních odezev musí být známy některé výstupní charakteristiky přijímače. Tyto charakteristiky se obecně určují zkouškou. Musí být znám maximální vstupní signál, který přijímač toleruje bez saturace, aby se zabezpečily optimální zkušební úrovně a že zkouška správně hodnotí intermodulační efekty. Charakteristiky šířky pásma přijímače jsou důležité pro určení frekvencí blízko základní přijímací frekvence f_o , který se vyloučí ze zkoušky. Požadavky zkoušky se obecně vyjadřují v termínech relativního stupně potlačení se specifikací rozdílu úrovně mezi potenciálně interferujícími signály a nastavenou citlivostí zkoušeného přijímače. Proto je určení citlivosti klíčovou částí zkoušky.

Základní koncepcí této zkoušky je vytvořit kombinaci dvou signálů mimo pracovní pásmo a jejich přivedení k anténnímu vstupu přijímače, přičemž se monitoruje přijímač z hlediska výskytu nežádoucích reakcí. Jeden ze zkušebních signálů se běžně moduluje modulací, kterou přijímač očekává. Druhý signál má sinusový průběh (CW). Obrázek A.13 ukazuje obecnou sestavu pro tuto zkoušku. Při aplikacích, kde by přijímač nepracoval bez přítomnosti nosné frekvence, se musí tento signál použít jako třetí. Toto uspořádání může být také vhodné pro některé přijímače, které zpracovávají velmi specializované typy modulace, které by se nikdy mimo pracovní pásmo nevyskytly. Jednou možností takových dvou mimopásmových signálů je použití sinusových (nemodulovaných) signálů.

Frekvence dvou zkušebních signálů se musí nastavit tak, že $f_o = 2 \cdot f_1 - f_2$, kde f_o je naladěná frekvence přijímače a f_1 a f_2 jsou frekvence zkušebních signálů. Tato rovnice představuje intermodulační produkt třetího řádu, který se v přijímačích nejčastěji pozoruje. Frekvence f_1 a f_2 se musí skenovat nebo krokovat při dodržování vztahu vyjádřeného rovnicí. Je důležité ověřit, že reakce zaznamenané během zkoušky jsou skutečně reakcemi na intermodulační signály. Reakce mohou jednoduše vznikat v důsledku nedostatečného potlačení jednoho ze zkušebních signálů nebo

Příloha A
(informativní)

harmonických složek jednoho ze zdrojů signálu. Přepínáním zdrojů zkušebního signálu a zaznamenáním, zda se reakce nemění, je možno zjistit zdroj reakcí.



OBRÁZEK A.13 – Všeobecná sestava zkoušky CS103

Pro přijímače s předřazeným směšovačem a filtrem v anténním modulu může zkouška vyžadovat, aby se provedla na základě vyzařování. Všechny signály se musí vyzařovat a musí se ověřit, že sledované intermodulační produkty jsou způsobeny přijímačem a ne položkami měřicího řetězce. V EMITP je třeba uvést typy antén, jejich umístění a polarizaci a způsob měření intenzity pole. Tato zkouška se musí provádět v bezodrazové komoře.

Pro přijímače s frekvenčním skokem je jedním možným postupem volba f_o uvnitř rozsahu frekvenčních skoků a nastavení zdrojů signálu, jak je popsáno výše. Chování přijímače se pak musí hodnotit dle „skoků“ přijímače. Pokud se u tohoto typu přijímače vyskytuje funkce pevné frekvence, musí se ověřit i tento režim.

Běžnou chybou při provádění této zkoušky je přidávání poruch, jako jsou skutečné harmonické složky ze zdrojů signálu nebo intermodulačními produkty generovanými položkami ve zkušební sestavě. Proto je důležité verifikovat pomocí měřicího přijímače, že signály objevující se na anténních portech EUT jsou pouze zamýšlené signály, jak je znázorněno na obrázku A.9. Vadné, zkorodované a chybné komponenty mohou způsobit zkreslení zkušebního signálu, což má za následek nesprávné výsledky. Při monitorování se také projeví přenosové ztráty způsobené filtry, útlumovými a vazebními členy a kabely.

Typické údaje této zkušební metody pro EMITR jsou citlivost přijímače, úroveň zdrojů signálu, frekvenční rozsahy přeladování, pracovní frekvence přijímačů a frekvence s prahovými úrovněmi jednotlivých reakcí.

A.5.9 (8.9) CS104, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, potlačení nežádoucích signálů

Použití a mezní hodnoty: Požadavek je aplikovatelný od 30 Hz do 20 GHz na přijímací vstupy zařízení a subsystémů, jako jsou komunikační přijímače, vysokofrekvenční zesilovače, přijímače, radarové přijímače, akustické přijímače a přijímače pro radioelektronický boj, jak je uvedeno v jednotlivých specifikacích zakázky. Smyslem tohoto požadavku je kontrola odezvy přijímacího subsystému připojeného k anténě na signály, které jsou mimo pásma propustnosti přijímače. V důsledku široké rozmanitosti vyvíjených subsystémů je použitelnost tohoto typu požadavku a odpovídajících mezí závislá na rozhodnutí příslušného odpovědného orgánu. Dále je třeba specifikovat shodu požadavků s charakteristikami signálu zpracovaného subsystémem a pro ověření požadavku se musí použít specifické zkušební postupy.

Jeden možný přístup pro stanovování požadovaných úrovní signálů mimo pracovní pásma je provést analýzu působícího elektromagnetického prostředí a parametrů přijímacích antén. Ovšem úroveň určené tímto způsobem budou často nevhodné s ohledem na cenu vyvíjeného přijímače. Například při frekvenci 300 MHz může být úroveň dodávaná do přijímače při intenzitě vnějšího pole 200 V/m až 39 dBm. Tato úroveň představuje pro mnoho přijímačů přísný požadavek. Alternativní přístup je kvalifikované určení mezí, které je nutno splnit v konkrétní interní struktuře konstrukce.

Tento požadavek je nejvíce použitelný na pevných frekvencích laděných superheterodynových přijímačů. Předchozí verze tohoto standardu požadovaly, aby systém pracoval normálně při působení signálu, který má úroveň 0 dBm mimo naladěný rozsah a 80 dB nad úroveň požadovanou pro získání standardní referenční úrovně výstupu přijímače v naladěném rozsahu (mimo pásma propustnosti přijímače uvnitř 80 dB bodů průběhu citlivosti). Jako příklad lze uvést konvenční komunikační přijímač pro frekvenční pásmo 225 MHz až 400 MHz s typickou citlivostí -100 dBm. V tomto případě se použije mimo frekvenční pásmo 225 MHz až 400 MHz úroveň zkušebního signálu 0 dBm a ve frekvenčním pásmu 225 MHz až 400 MHz (mimo pásmo propustnosti) se požaduje úroveň zkušebního signálu -20 dBm.

Pro jiné typy přijímačů je použití tohoto požadavku často obtížnější a musí se věnovat patřičná pozornost zajištění správné specifikace. Mnohé přijímače jsou konstruovány jako rezistentní vůči rušení nebo šumu a tato vlastnost může dělat použití tohoto požadavku obtížnou nebo nevhodnou.

Požadavek se obvykle specifikuje použitím jednoho nebo dvou zkušebních signálů. Při použití jednoho signálu je zkušební signál mimo pracovní pásmo přijímače a moduluje se způsobem, pro který je přijímač určen. Žádný signál v pracovním pásmu se nepoužívá. Pro přijímače které zpracovávají velmi specifické modulace, se dá očekávat případ, že signál mimo pásmo bude modulovaný obdobně. Jako alternativa je možno použít dva zkušební signály. V pracovním pásmu se může specifikovat signál, který obsahuje běžnou modulaci přijímače. Jestliže uvažujeme, že se nepřipouští žádné zhoršení příjmu užitečného signálu, je potom nepodstatné,

Příloha A

(informativní)

zda zkušební signál nacházející se mimo pracovní pásmo je modulovaný nebo nemodulovaný.

Zkušební postupy: V hlavní části standardu není pro tento požadavek uvedena žádná zkušební metoda. Pro velkou rozmanitost provedení přijímačů, které byly vyvinuty, je nutno před vytvořením optimálních postupů zkoušky vytvořit požadavky na specifické provozní charakteristiky přijímače. V této příloze se diskutují pouze všeobecné zkušební techniky.

Celkové zkoušky potlačení mezi vstupem a výstupem se může použít pro různé přijímací subsystémy jako přijímače, vysokofrekvenční zesilovače, kombinované vysílače/přijímače a odpovídače.

Pro správné zkoušky je nutno znát některé předběžné charakteristiky. Tyto charakteristiky se musí určit zkouškou. Musí být znám maximální vstupní signál, který přijímač zpracuje bez saturace, aby se zabezpečily optimální zkušební úrovně. Charakteristiky šířky pásma přijímače jsou důležité pro určení frekvencí v blízkosti základní přijímací frekvence f_0 , který se ze zkoušky vyloučí. Požadavky zkoušky se obecně vyjadřují v termínech relativní úrovně potlačení se specifikací rozdílů úrovní mezi potenciálně rušivými signály a nastavenou citlivostí zkoušeného přijímače. Proto je určení citlivosti přijímače klíčovou částí zkoušky.

Základní koncepcí této zkoušky je použití zkušebních signálů mimo pracovní frekvenční pásmo, které se přivedou k anténním svorkám přijímače, přičemž se monitoruje přijímač z hlediska zhoršení funkce. Obrázek A.14 znázorňuje všeobecnou sestavu pro tuto zkoušku. Existují dva všeobecné postupy používané k provedení zkoušky: buď s jedním, nebo dvěma zdroji signálu. Při metodě s jedním zdrojem signálu je zdroj signálu modulován modulací, pro kterou je přijímač určen. Pak se signál přeladuje ve vhodném frekvenčním rozsahu, přičemž se přijímač monitoruje z hlediska nežádoucích reakcí. Při metodě se dvěma zdroji signálu se vhodně modulovaný signál z hlediska přijímače použije pro laděné frekvence přijímače. Úroveň tohoto signálu se normálně specifikuje tak, aby byla v těsné blízkosti citlivosti přijímače. Druhý signál je nemodulovaný a přeladuje se ve vhodném frekvenčním rozsahu, zatímco se přijímač monitoruje z hlediska jakékoli změny reakce vůči zamýšleným signálům.

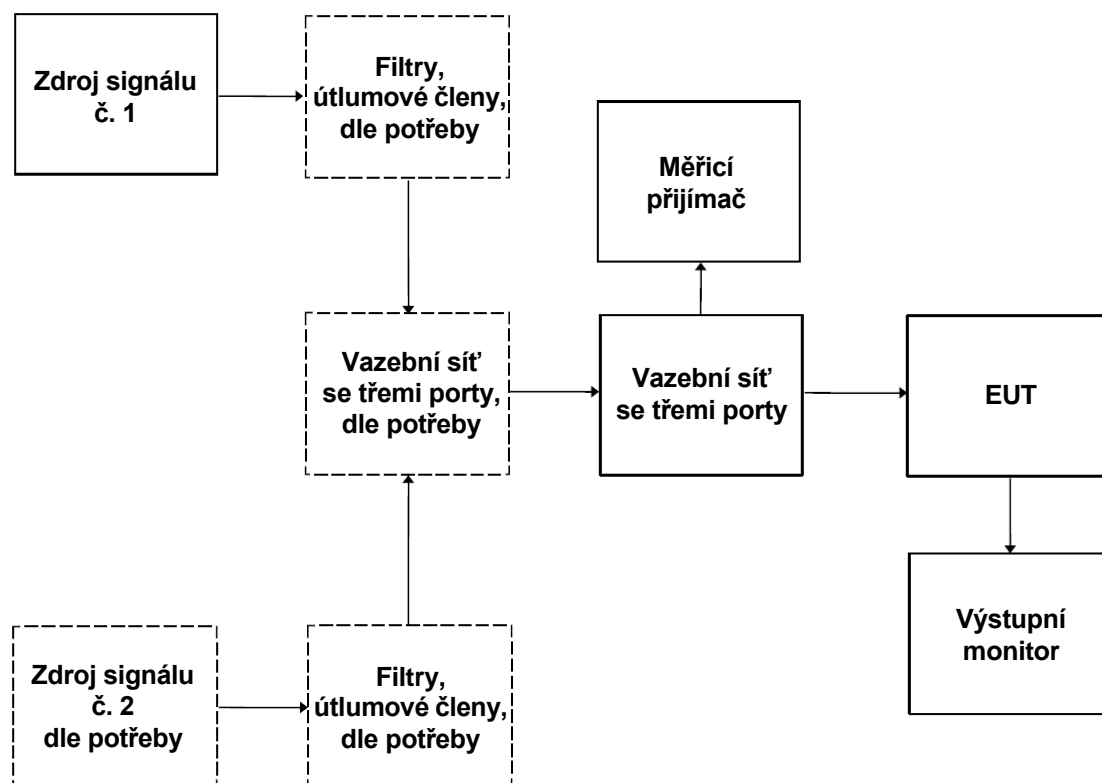
Metoda se dvěma zdroji signálu je vhodná pro většinu přijímačů. Metoda s jedním zdrojem se může použít pro přijímače, které vyhledávají signály z důvodu jejich zachycení, proto mohou mít na zachycený signál různou reakci. Některé přijímače mohou vyžadovat pro hodnocení použití obou metod.

Pro přijímače s frekvenčním skokem se musí použít metoda s jedním zdrojem signálu, pokud EUT neumožňuje naladění pevné frekvence (včetně frekvenčního skenování přes skokové frekvence), aby se vyhodnotila odolnost přijímače proti rušivým signálům. Pokud má přijímač s frekvenčním skokem režim činnosti používající právě jednu pevně nastavenou frekvenci, musí se vyzkoušet i tento režim.

Pro přijímače s předřazeným směšovačem a filtrem v anténním modulu je třeba, aby zkouška byla navržena a realizována na základě vyzařování. Všechny signály vyžadují vyzáření a zjištění, že pozorované reakce jsou způsobeny přijímačem a ne položkami měřicího řetězce. V EMITP je třeba uvést typy antén, umístění a polarizaci antén a způsob měření pole. Tato zkouška vyžaduje provedení v bezodrazové komoře.

Běžnou chybou při provádění této metody zkoušky je přidávání poruch, jako jsou skutečné harmonické složky ze zdrojů signálu nebo intermodulačními produkty generované položkami ve zkušební sestavě. Proto je důležité verifikovat pomocí měřicího přijímače, že signály objevující se na anténních svorkách EUT jsou pouze zamýšlené signály, jak je znázorněno na obrázku A.14. Vadné, zkorodované a chybné komponenty mohou způsobit zkreslení zkušebního signálu, což má za následek nesprávné výsledky. Při monitorování se také projeví přenosové ztráty způsobené filtry, útlumovými a vazebními členy a kabely.

Typické údaje této zkušební metody pro EMITR jsou citlivost přijímače, úroveň zdrojů signálu, frekvenční rozsahy přelaďování, pracovní frekvence přijímačů a frekvence s prahovými úrovněmi jednotlivých reakcí.



OBRÁZEK A.14 – Všeobecná sestava zkoušky CS104

A.5.10 (8.10) CS105, susceptibilita na vedené emise, anténní vstup, křížová modulace

Použití a mezní hodnoty: Požadavek je aplikovatelný od 30 Hz do 20 GHz pouze na přijímací vstupy přijímačů, které normálně zpracovávají vysokofrekvenční amplitudově modulované signály, jak je uvedeno v jednotlivých specifikacích zakázky. Smyslem tohoto požadavku je ověření reakce pásmově naladěného subsystému připojeného k anténě na modulační signály, které jsou mimo pracovního pásma přijímače. Tento účinek je způsoben intenzitou signálu mimo pracovní pásmo, ale v blízkosti pracovní frekvence přijímače. Tento signál ovlivňuje zisk vysokofrekvenčního zesilovače a přidává k užitečnému signálu různé úrovně. Požadavek se musí vztahovat pouze na přijímače, vysílače, zesilovače a podobná zařízení, která získávají signál s amplitudovou modulací. Vzhledem k široké rozmanitosti vyvíjených subsystémů určuje se použití tohoto typu požadavku

Příloha A

(informativní)

a odpovídajících mezi případ od případu odpovědnou institucí. Také je třeba specifikovat shodu požadavků s charakteristikami zpracovaného signálu subsystémem a pro ověření požadavku se musí použít specifické zkušební postupy.

Jeden možný přístup pro stanovování požadovaných úrovní signálů mimo pracovní pásmo se může provést analýzou působícího elektromagnetického prostředí a parametrů přijímacích antén. Avšak úrovně vypočítané tímto způsobem budou často nevhodně navrženy s ohledem na následnou cenu přijímače. Pokud například na systém působí vnější prostředí o intenzitě 200 V/m, bude na přijímač dodávat izotropní anténa na frekvenci 300 MHz úroveň 39 dBm. Tato úroveň představuje pro mnoho přijímačů přísný požadavek. Alternativní přístup je kvalifikované určení mezi, které je nutno v konkrétní interní struktuře konstrukce splnit.

Tento požadavek je nejčastěji použitelný na pevných frekvencích laděných superheterodynových přijímačů. Předchozí verze tohoto standardu požadovala provedení zkoušky se dvěma signály mimo provozní pásmo s úrovněmi 66 dB nad požadovanou úrovní pro získání standardní referenční úrovně na výstupu přijímače. Maximální úroveň signálu byla omezena na 10 dBm. Například, klasické komunikační přijímače mají citlivost okolo -100 dBm. 66 dB nad úroveň referenčního signálu představuje -34 dBm, což je pod hodnotou 10 dBm používanou v minulosti.

Pro jiné typy přijímačů je použití tohoto požadavku často obtížnější a musí se věnovat patřičná pozornost zajištění správné specifikace. Mnohé přijímače jsou konstruovány jako odolné vůči rušení nebo šumu a tato vlastnost může dělat použití tohoto požadavku obtížné nebo nevhodné.

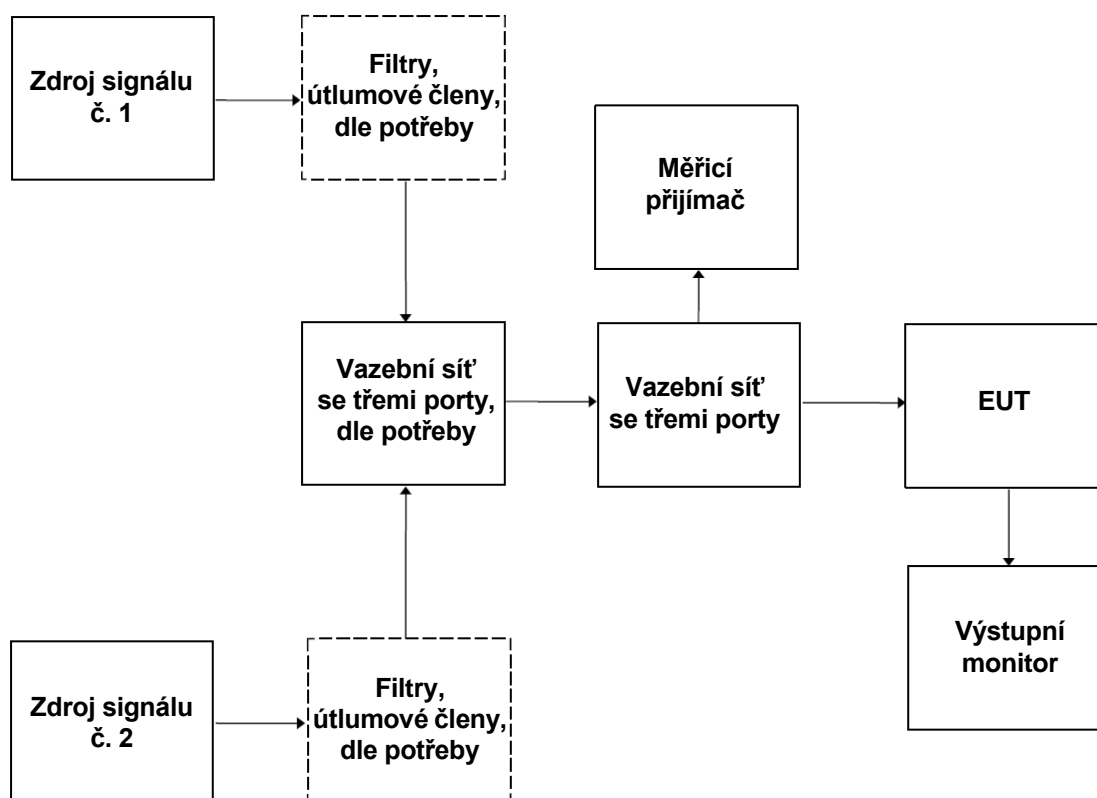
Komplikující skutečností je, že jeden ze signálů mimo pracovní pásmo se musí modulovat způsobem normálně používaným v přijímači. Pro přijímače se specifickou modulací to může být očekávaný signál ležící mimo naladěné pásmo. Další případ je, když se signál nachází mimo pracovní pásmo přijímače, ale v jeho těsné blízkosti. Pro přijímače se spojitou změnou frekvence (rychle přeladitelné nebo s frekvenčním skokem) mohou být podmínky zkoušek s pevnými frekvencemi mimo pásmo splněny jen po omezeně krátkou dobu.

Zkušební postupy: Pro tento požadavek není v hlavní části standardu uveden žádný zkušební postup. Pro velkou rozmanitost provedení přijímačů, které byly vyvinuty, je nutno pro vytvoření smysluplných zkušebních postupů stanovit požadavky na specifické provozní charakteristiky přijímače. V této příloze jsou pojednány pouze všeobecné zkušební techniky.

Zkouška křížové modulace se musí použít pouze na přijímací subsystémy jako přijímače, vř zesilovače, kombinované vysílače/přijímače a odpovídače, které používají amplitudově modulovaný signál.

Pro správné zkoušky odezvy křížové modulace musí být známy některé předběžné charakteristiky. Obecně se tyto charakteristiky získají zkouškou. Musí být znám maximální vstupní signál, který přijímač zpracuje bez saturace, aby se zabezpečily optimální zkušební úrovně. Charakteristiky šířky pásma jsou důležité pro určení frekvence blízko základní přijímací frekvence, který se ze zkoušky vyloučí. Požadavky zkoušky se obecně vyjadřují v termínech relativní úrovně potlačení se specifikací rozdílu úrovně mezi potenciálně rušivými signály a nastavenou citlivostí zkoušeného přijímače. Proto je určení citlivosti přijímače klíčovou částí zkoušky.

Základní koncepcí zkoušky je použití modulovaného signálu mimo pracovní pásmo přijímače a určení, zda modulace se přenesla na nemodulovaný signál naladěné frekvence přijímače, což se projeví nežádoucí reakcí. Mohou se vyskytnout případy, kdy se požaduje, aby zkušební signál uvnitř pásma se moduloval, pokud to vyžadují charakteristiky přijímače. Úroveň signálu uvnitř pracovního pásma se normálně nastaví tak, aby byla co nejbližší citlivosti přijímače. U signálu mimo pracovní pásmo se použije modulace, pro kterou je přijímač určen. Potom se přeladuje přes vhodný frekvenční rozsah, zatímco přijímač se monitoruje s ohledem na výskyt nežádoucích reakcí. Zkoušky se typicky provádí ve frekvenčním rozsahu \pm mezifrekvence přijímače vystředěné na naladěnou frekvenci přijímače. Obrázek A.15 znázorňuje obecnou sestavu pro tuto zkoušku.



OBRÁZEK A.15 – Všeobecná sestava zkoušky CS105

Pro přijímače s předřazeným směšovačem a filtrem v anténním modulu je třeba, aby zkouška byla navržena a realizována na základě vyzařování. Všechny signály vyžadují vyzáření a zjištění, že pozorované reakce jsou způsobeny přijímačem a ne položkami měřicího řetězce. V EMITP je třeba uvést typy antén, umístění a polarizaci antén a způsob měření pole. Tato zkouška vyžaduje provedení v bezodrazové komoře.

Pro přijímače s frekvenčním skokem je jedním možným postupem volba f_o uvnitř rozsahu frekvenčních skoků a nastavení zdrojů signálu, jak je popsáno výše. Chování přijímače se pak musí hodnotit dle „skoků“ přijímače. Pokud se u tohoto typu přijímače vyskytuje funkce pevné frekvence, musí se ověřit i tento režim.

Je důležité pomocí měřicího přijímače ověřit, že signály objevující se na anténním konektoru EUT jsou pouze zamýšlené signály, jak je znázorněno na obrázku A.15.

Příloha A

(informativní)

Vadné, zkorodované a chybné komponenty mohou způsobit zkreslení zkušební signálu což má za následek nesprávné výsledky. Při monitorování se také projeví přenosové ztráty způsobené filtry, útlumovými a vazebními členy a kabely.

Typické údaje této zkušební metody pro EMITR jsou citlivost přijímače, úrovně zdrojů zkušební signálu, přeladované frekvenční rozsahy, pracovní frekvence přijímače a frekvence s prahovými úrovněmi příslušející k jakýmkoli reakcím.

A.5.11 (8.11) CS109, susceptibilita na vedené emise, únikový proud

Použití a mezní hodnoty: Tento požadavek je velmi specifický a je aplikovatelný od 60 Hz do 100 kHz pouze u velmi citlivých zařízení (1 μ V nebo lepší), jako jsou například laděné přijímače s frekvenčním pásmem spadajícím do frekvenčního pásma zkoušky. Základním cílem požadavku je zabezpečit, aby zařízení bylo odolné vůči působení magnetických polí, která vznikají v důsledku proudů tekoucích v systému (konstrukci) a přes kryty EUT. Magnetická pole mají poměrně nízké úrovně, a proto nepůsobí na většinu jiných obvodů.

Ze znalosti velikosti proudů předepsaných metodou CS109 se může provést odhad velikosti indukovaného napětí. Napětí indukované v důsledku působení magnetického pole je dle Faradayova zákona $U = -d\phi/dt$. Pro konstantní magnetická pole kolmá na plochu smyčky se vztah pro velikost indukovaného napětí dle Faradayova zákona redukuje na tvar $U = -2 \cdot \pi \cdot f \cdot B \cdot A$, kde je

- f frekvence,
- A plocha smyčky,
- B magnetická indukce.

Přestože Faradayův zákon ukazuje, že tato indukovaná napětí jsou přímo úměrná frekvenci, maximální indukované napětí předepsané metodou CS109 bude mít zlom meze při $f = 20$ kHz. Pokles o 20 dB/dekádu by měl za následek konstantní napětí. Protože mez klesá v pásmu pod 20 kHz pouze se směrnicí 10 dB/dekádu, bude indukované napětí s frekvencí vzrůstat. Ostrý pokles nad 20 kHz má za následek zmenšování napětí při vzrůstající frekvenci.

Požadavku pro frekvenci 20 kHz odpovídá úroveň 103 dB μ A, což odpovídá intenzitě pole 1,41 A/m rovnoměrně rozptýleného přes příčný rozměr snímače o průměru 10 cm. Toto odpovídá magnetické indukci ve vzduchu $1,77 \cdot 10^{-6}$ T. Předpokládáme-li dále působení tohoto homogenního magnetického pole na elektrický obvod, nacházející se v oblasti uzavřené smyčky 0,001 m² (např. 20 cm \cdot 0,5 cm), můžeme v obvodu dle Faradayova zákona předpokládat indukované napětí 222 μ V.

Podobně při frekvencích 400 Hz a 100 kHz můžeme při stejných podmínkách předpokládat napětí 31 μ V a 8 μ V.

Je zřejmé, že správný návrh předpokládá uzemnění techniky, minimalizaci rozměrů smyček a použití koncepce potlačení nesymetrického režimu k zabránění vzniku potenciálních problémů s velmi citlivými obvody používanými v ponorkách, jako jsou velmi citlivé laděné přijímače. Tyto úrovně jsou však daleko pod citlivostí typických obvodů použitých v jiných zařízeních.

Mez je odvozena z provozních problémů způsobených vedenými proudy na skříních zařízení a dále je odvozena z laboratorních měření charakteristik prováděných na vybraných přijímačích. Přizpůsobování mezních hodnot se nedoporučuje.

Zkušební postupy: Je potřeba, aby se provedlo elektrické propojení s vnější konstrukcí EUT a aby se minimalizovaly nedostatky v externích zakončeních. Jako zkušební body se musí použít šrouby nebo výstupy na uzemňovacím potenciálu v blízkosti diagonálních rohů EUT. Propojení se musí provést vodiči se svorkami nebo montážními očky. Pokud nejsou dostupné vhodné zkušební body v diagonálních rozích, musí se použít zkušební sonda s ostrým hrotem, aby pronikla povrchem v místě svorky nebo očka vodiče. Požadavek, aby vodiče byly umístěny kolmo k povrchu v délce nejméně 50 cm, se stanoví proto, aby se co nejvíce omezil vliv povrchových proudů magnetického pole, vyvolaného průchodem proudu vodiči. Pro tuto zkoušku jsou vhodné vazební transformátory dle CS101. Elektrické oddělení realizované transformátory eliminuje potřebu „plovoucích“ zesilovačů a zdrojů signálu, které by mohly způsobit úraz elektrickým proudem.

A.5.12 (8.12) CS114, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku

Použití a mezní hodnoty: Požadavky jsou použitelné od 10 kHz do 200 MHz pro všechny elektrické kabely připojené k EUT. Základní koncepcí je simulovat proudy, které vznikají na kabeláži v důsledku působení elektrických polí generovaných anténami vysílačů umístěných jak na platformě, tak mimo ni. Výzkumy na 9 letadlových lodí ukázaly, že na palubě se vyskytují významné úrovně vř elektromagnetických polí. Při provozu palubních vysílačů se ve frekvenčním pásmu 2 MHz až 30 MHz objevily úrovně až 42 V/m. Znamená to, že zařízení, která jsou umístěna na takové palubě, musí ve frekvenčním pásmu 2 MHz až 30 MHz odolávat stejným úrovním, jaké se používají pro zařízení umístěná v podpalubí nekovových lodí. Navíc se musí použít ve frekvenčním pásmu 4 kHz až 1 MHz meze 77 dB μ A pro zařízení umístěná na povrchu lodí nebo ponorek, které používají tranzistorové zdroje (na rozdíl od elektromechanických generátorů) k simulaci proudů v nesymetrickém režimu, které se objevují na střídavých napájecích kabelech. Naměřené proudy v nesymetrickém režimu překračovaly předchozí meze CS114 pro lodě (kovové, v podpalubí) a ponorky (vnitřní zařízení) až o 50 dB.

Výhodou tohoto požadavku je, že poskytne údaje, které je možno přímo vztahovat k indukovaným úrovním proudu měřeným během vyhodnocování. Výhodnější způsob je ozařování platformy relativně homogenním polem s nízkou úrovní při souběžném monitorování úrovní indukovaných na kabelech. Potom se buď zohlední laboratorní data, nebo se provede injektáž proudů s plně ohrožujícími úrovněmi na platformě. Stejný postup se může použít při zkoušce odolnosti vůči blesku a elektromagnetickému impulzu.

Při zkouškách susceptibility na vyzařované emise (např. dle RS103) bylo zjištěno, že vlivem rozměrových omezení a dostupných tvarů pole se některé kabely nedaří v oblasti nízkých frekvencí správně vybudit z hlediska vybuzení v reálných podmínkách. Většina příkladů výše uvedeného poznatku byla získána zkušenostmi v pásmu krátkých vln (2 MHz až 30 MHz) při působení rádiového vysílání. Vazby pole v krátkovlnném pásmu do kabelů způsobují četné problémy. Tyto problémy se však zřídka projeví při laboratorních zkouškách.

Úrovně mezi pochází zejména ze zkušeností v letadle, které úmyslně nemělo navrženo stínění prostorů. Základní konstrukce letadla je elektricky vodivá, ale přesto nebyla žádná snaha zabezpečit souvislé elektrické pospojování jednotlivých prvků konstrukce nebo utěsnit všechny štěrbiny (otvory). Tvar mezi odráží fyzikální vazby s ohledem na podmínky rezonance a s ohledem na rušivé vlnové délky. Pro frekvence

Příloha A

(informativní)

pod rezonancí je vazba úměrná frekvenci (sklon 20 dB/dekádu). Nad rezonancí jsou vazební úrovně periodické (podléhají periodickým výkyvům v závislosti na frekvenci) s plochým průběhem maximální hodnoty. Pokles úrovně meze 10 dB/dekádu v horním frekvenčním pásmu je odvozen od výsledků zkoušek realizovaných na různých typech letadel a spojených do jednoho průběhu metodou nejhoršího případu. Z teorie vazby platí pro specifické kabely očekávaný periodický pokles 40 dB/dekádu.

Základní vztah pro úroveň meze v pásmu rezonance (plochého tvaru) křivky je 1,5 mA při 1 V/m, který je odvozený z nejhoršího případu naměřeného na letadle. Například hodnotě 110 dB μ A odpovídá intenzita 200 V/m. Při rezonanci může být efektivní účinnost stínění letadla nulová. Je vhodné použít tento poznatek pro jiné platformy.

Frekvenční pásmo 10 kHz až 200 MHz je standardizováno nyní pro všechny aplikace. Volitelné pásmo 200 MHz až 400 MHz je zrušeno z důvodu problematického ověřování prováděných zkoušek na svazcích kabelů na vyšších frekvencích.

Pro ponorky se meze rozdělují dle umístění zařízení na platformě. Pro zařízení uvnitř věže je nyní pro frekvence vyšší než 30 MHz určena křivka 2 zohledňující přenosné vysílače používané v ponorkách. Pro zařízení vně věže se používají přísnější meze, kterými se lépe zohlední elektromagnetické prostředí. Meze CS114 pro vnější zařízení se používají pouze pro zařízení pracující nad hladinou. Jsou specifikovány odlišné méně přísné meze pro zařízení vně tlakového trupu, avšak umístěných v konstrukci ponorky (kovový kryt).

Zodpovědný orgán může pro smluvní dokumenty provést upřesnění spočívající ve stanovení závislosti amplitudy na očekávaných úrovních pole v místě instalace a na stanovení polohy zlomu v závislosti na nejnižší rezonanci platformy. Přizpůsobení frekvence konkrétní aplikaci může být založeno na měření vysílací frekvence z antény. Přizpůsobení také musí zohledňovat vysílače, které nejsou součástí platformy. Požadavky se nemusí použít pro zařízení umístěná v příznivém prostředí.

Zkušební postupy: Tento typ zkoušek se často označuje jako zkouška proudovou injektáží, protože proud je měřeným parametrem. Je však důležité poznamenat, že zkušební signál se váže induktivně a že Faradayův zákon predikuje indukované napětí v proudové smyčce s následným proudem a rozložením napětí, která jsou závislá na přítomných impedancích. Z tohoto důvodu se zkušební metoda v MIL-STD-461G vrací ke starší metodě, která byla použita v MIL-STD-461D a MIL-STD-462D. Namísto původní regulace proudu indukovaného na kabelu je hlavním cílem předkalibrovaný dopředný výkon s frekvenčně nezávislým proudem indukovaným do kabelu maximálně 6 dB nad příslušnou mezí. S touto starší metodou, která se nachází v SAE ARP1972, a RTCA DO-160C/D, se vztah mezi proudy injektovanými do kabelu a proudy indukovanými vyzařovanými poli více shoduje na stíněných kabelech, přičemž není odlišný pro nestíněné kabely.

Je třeba poznamenat, že metoda používaná pro MIL-STD-461E a MIL-STD-461F funguje dobře s heuristicky určenými kabelovými proudy, jako např. v DEF STAN 59-411: PART 3, protože je zde cílem naměřený proud v kabelu, nikoli přednastavený výkon. S mezemi založenými na fyzikálních principech vazby pole-vodič, jak je popsáno v předchozích odstavcích, je správným postupem regulace indukované úrovně a stanovení proudu závislé na impedanci kabelu.

Kalibrační přípravek se zakončením představuje přenosovou linku 50 Ω . Signál z injektážní sondy umístěné kolem středního vodiče prochází smyčkou složenou ze středního vodiče uvnitř přípravku, dvou zátěží 50 Ω a konstrukce přípravku, ke které

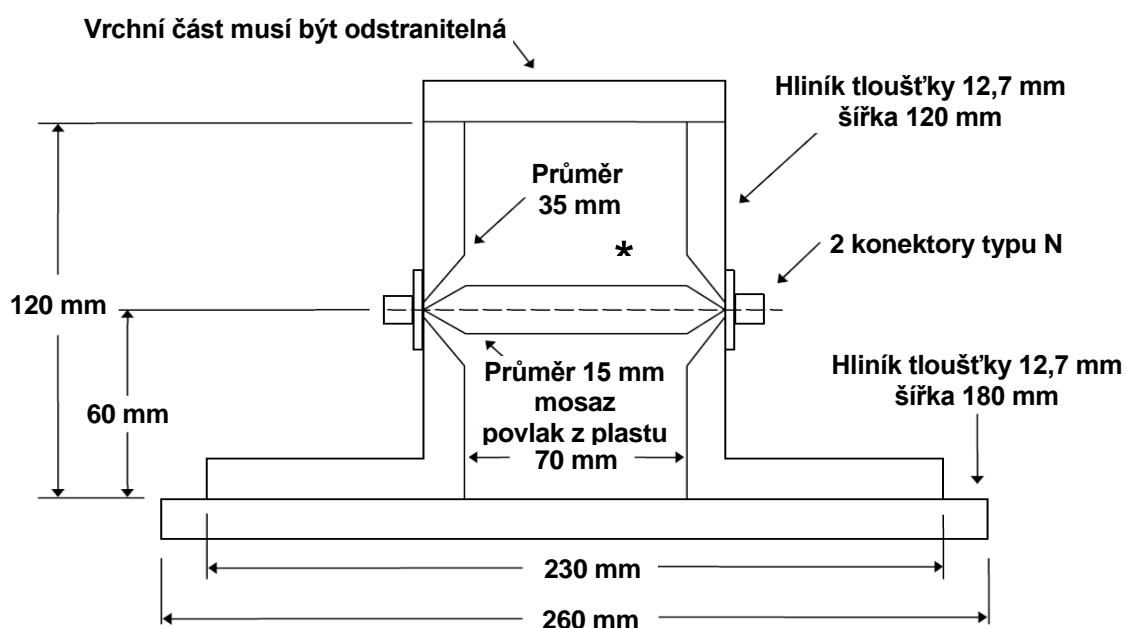
jsou zátěže ukončeny. Z hlediska smyčkového proudu jsou zátěže v sérii a představují impedanci smyčky 100Ω . Uspořádání přenosové linky minimalizuje indukanci. Měření indukovaného proudu se provádí prostřednictvím napětí na zátěži 50Ω . Celkové napětí smyčky je tedy dvojnásobné oproti naměřenému.

Skutečný proud na zkoušeném kabelu při kalibračním budícím signálu závisí na impedanci smyčky, která závisí na charakteristické impedanci kabelu a zdroje představovaného budící sondou a zesilovačem. Pokud je impedance smyčky malá, jako je to často v případě celkově stíněných kabelů, může to mít za následek hodnoty proudů, které jsou oproti kalibračnímu přípravku větší. Maximální požadovaný proud nesmí být vyšší než 6 dB nad kalibrační úroveň.

Dřívější verze MIL-STD-462 (nahrazené později MIL-STD-461) před revizí „D“ obsahovaly zkušební metodu CS02, která specifikovala kapacitní vazby napětí na jednotlivé napájecí vodiče. Stejně jako tato metoda zahrnovala zkouška CS02 vliv napětí indukovaných z elektromagnetických polí. CS114 zlepšuje oproti CS02 indukční úrovně na všech vodičích konektorového rozhraní současně (nesymetrický režim), což lépe simuluje skutečné použití na platformě. Nedostatkem CS02 je skutečnost, že vysokofrekvenční signály se indukovaly pouze do napájecích vodičů. Současná zkušební metoda je použitelná na celou kabeláž EUT.

Požadavek na vytvoření charakteristických údajů smyčkového obvodu byl z této verze standardu vyrazen. Tyto informace nebyly využívány tak, jak byl původní zámysl.

Všeobecně používaný kalibrační přípravek je zobrazen na obrázku A.16. Je však možno použít i jiné provedení. Vrchní část je odnímatelná, aby bylo možno fyzicky přizpůsobit sondy pro nižší frekvence. Kalibrační přípravek může být odstupňován pro vložení delších injektážních sond. Obrázek A.17 znázorňuje maximum napěťového poměru stojatých vln VSWR pro typické injektážní sondy. Přítomnost sondy zpravidla úroveň VSWR zvýší.



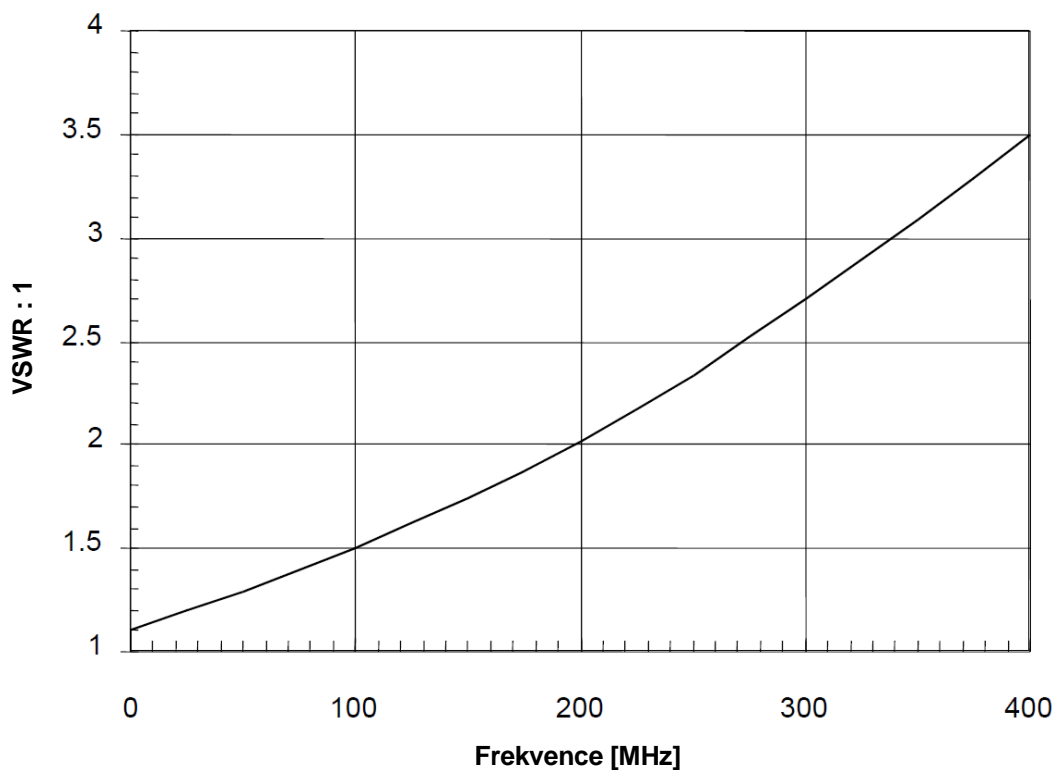
Poznámky: Je znázorněn vertikální řez středem přípravku
* Rozměry otvorů jsou kritické

OBRÁZEK A.16 – Typický kalibrační přípravek pro zkoušku CS114

Příloha A
(informativní)

Výhodou tohoto způsobu zkoušky v porovnání s metodami RS je to, že napětí a proud se snáze indukují na rozhraní, které lépe odpovídá rozhraním na konkrétní instalaci EUT. Fyzikální rozměry kabeláže EUT při zkoušce nejsou často dost velké ve srovnání se skutečnou instalací a nedochází tak k účinné vazbě při nižších frekvencích.

Některé problémy úrovně na platformách letadel námořnictva se nemohly simulovat v laboratoři použitím normativních zkušebních metod v dřívějších verzích tohoto standardu. Bylo zjištěno, že rozdíly mezi instalací v letadle a v laboratorní sestavě zkoušky zohledňující laboratorní zemní plochu a montáž avioniky (letecké elektroniky) a praxí elektrického propojování jsou významné. Většina avioniky se montuje do skříní a na montážní konzoly. Na vysokých frekvencích může být impedance v celé konstrukci letadla v závislosti na montážních schématech značně odlišná, než je v impedance avioniky namontované na laboratorní zemní ploše, a to z důvodu detekce potenciálních poruch vlivem vyšší impedance. Pro detekci potenciálních poruch vlivem vyšší impedance byla vytvořena zkouška rušení způsobovaného zemní plochou (GPI). Při zkoušce GPI je každý prostor EUT naopak elektricky oddělen od zemní plochy a mezi prostor a zemní plochu se přivádí napětí pro simulaci rozdílů potenciálu, které mohou existovat při instalaci. Zkouška GPI není zahrnuta do tohoto standardu, neboť metoda CS114 vytváří obdobné nesymetrické namáhání na elektrických rozhraních jako zkouška GPI. Avšak námořnictvo může preferovat provedení přídatného skenování susceptibilitity pro letecké aplikace s induktorem umístěným mezi kryt EUT a zemní plochu pro věrnější emulaci výsledků souboru zkoušky GPI. Za vhodný induktor se považuje primární strana typického injektážního transformátoru pro metodu CS101.



OBRÁZEK A.17 – Maximální VSWR kalibračního přípravku

Metoda CS114 má některé výhody oproti zkoušce GPI jako všeobecné hodnotící metodě. Zkouška GPI má často za následek značný proud s malým napětím na nižších frekvencích. CS114 je zkouška s řízeným proudem. Význam zkoušky GPI, který není spojován s metodou CS114, je v tom, že chování filtrů rozhraní se může nahradit oddělením krytu od zemní plochy. Výsledky metody CS114 jsou užitečnější, neboť řízený proud se může porovnávat s indukovanými úrovněmi proudů přítomnými v reálné instalaci při přítomnosti elektromagnetického pole. Tato technika se v minulosti všeobecně používala pro certifikaci bezpečnosti letadla za letu.

Zkoušky se požadují jak na úplných napájecích kabelech, tak na napájecích kabelech s odstraněnými nulovými a zpětnými vodiči pro ohodnocení nesymetrické vazby vzhledem k uspořádání, které se může vyskytovat v rozdílných instalacích. V některých instalacích se zpětné vodiče vedou spolu s napájecími vodiči. V jiných instalacích jsou tyto vodiče spojeny s konstrukcí systému v blízkosti užitkového zařízení a systémová konstrukce se používá jako zpětná cesta (plní funkci nulového nebo zpětného vodiče).

Charakteristiky vložného útlumu injekčních sond jsou zobrazeny v grafu na obrázku 34. Regulace vložného útlumu je nezbytná pro dosažení shody ve výsledcích zkoušek. Blokové schéma pro měření vložného útlumu je znázorněno na obrázku A.18. Mezi úrovní výkonu přivedeného do sondy instalované v kalibračním přípravku a úrovní výkonu detekované měřicím přijímačem je rozdíl. Čím menší vložný útlum, tím vyšší je účinnost vazby. Úroveň signálu zjištěná v kalibračním přípravku je rozdělena mezi koaxiální zátěž 50Ω a měřicí přijímač, proto je nejnižší možný útlum 3 dB. Měření lze zjednodušit užitím obvodového analyzátoru nebo měřicího přijímače obsahujícího rozmítaný generátor.

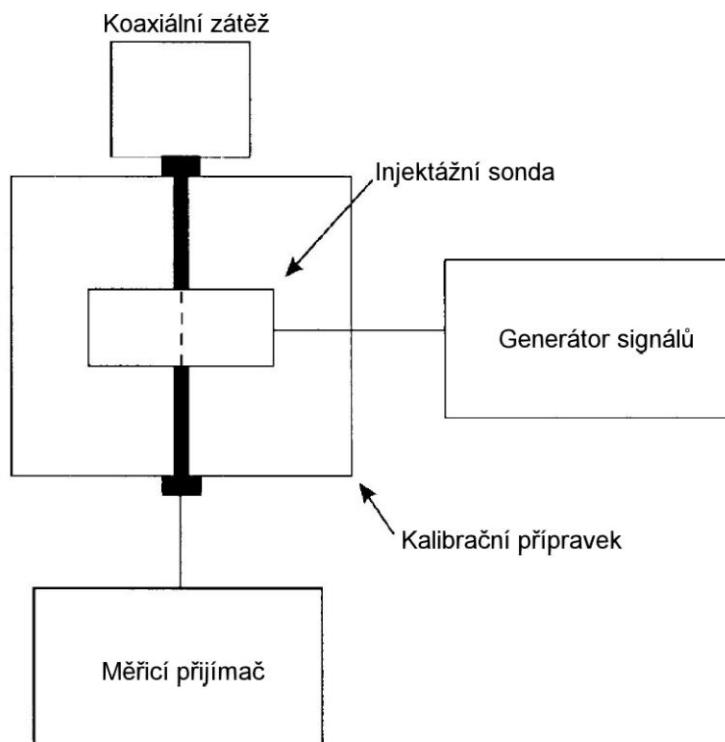
Postupy používající obvodové analyzátoři nebo spektrální analyzátoři s rozmítaným generátorem mohou zjednodušit měření jak pro krok 8.12.3.4 b) týkající se kalibrace, tak pro krok 8.12.3.4 c) týkající se zkušebních částí metody. Výstupní signál se například může nastavit nejprve na předem určenou hodnotu jako 1 mW a úroveň signálu v závislosti na frekvenci se může ověřovat přímým spojením s přijímačem. Stejným signálem, avšak připojeným ke směrovému vazebnímu členu, se může zobrazit indukovaná úroveň v kalibračním členu.

Ideální snímací sondy pro kabelové svazky by neměly mít žádný vliv na zkoušený obvod. Ve skutečnosti je zde přenosová funkce spojená s umístěním sondy do kalibračního nebo zkušebního obvodu (nesmí být zaměňováno za vloženou ztrátu). Avšak dobře navržená sonda může zavést pouze 1 dB změnu reakce po zavedení do 100Ω kalibračního obvodu. Existují i jiné problémy, které se mohou vyskytnout při provádění zkoušky kabelového svazku (např. uvolněné nebo poškozené propojky a středové piny, poškozené kabely, vadné útlumové členy, vada zakončení, přehřáté injektážní a snímací sondy a chybné faktory snímací sondy). V počítačově řízených systémech je to možná záměna dvou analyzátorů nebo použití snímací sondy na nevhodné pásmo, aniž by to bylo postřehnuto. Při provádění zkoušky by nebyly tyto chyby objeveny. Revize této normy proto doplňuje pro kalibraci monitorovací sondu a krok pro ověření.

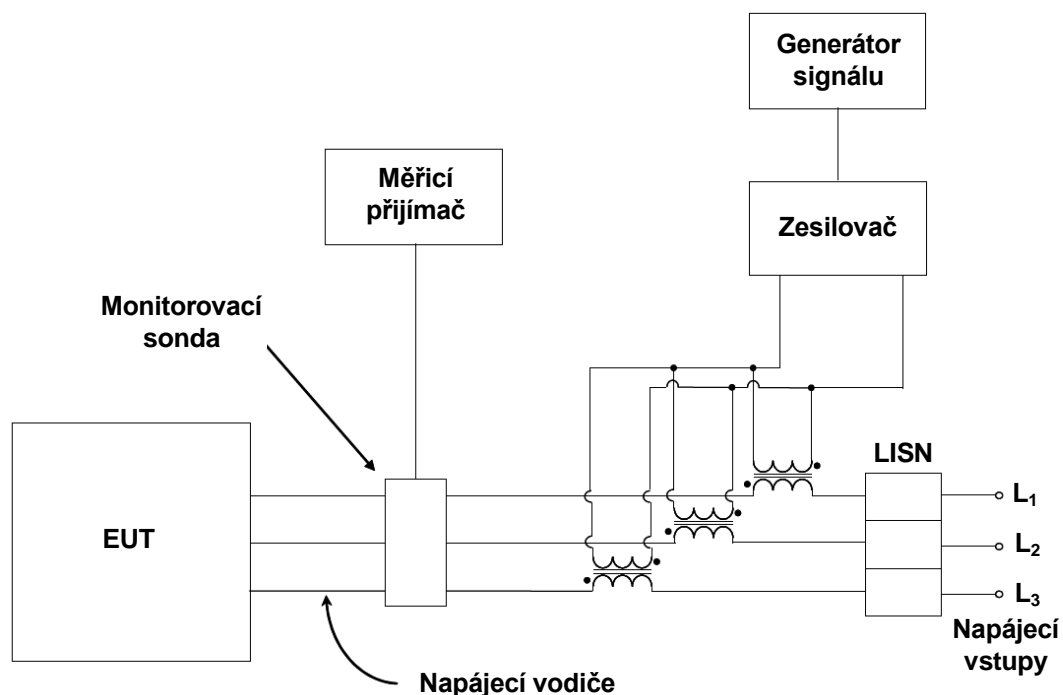
Meze pro nízké frekvence u lodí a ponorek jsou rozšířeny až na 4 kHz pro simulaci nesymetrických proudů, které se zjistily na kabelech střídavého napájení EUT instalovaných na platformách, které obsahují tranzistorové spínané zdroje (lodě a ponorky). Kalibrační mez pro frekvence 4 kHz až 10 kHz je $77 \text{ dB}\mu\text{A}$. Tato mez se dosáhne za pomoci zesilovače s výkonem 100 W a injektážní sondou, která odpovídá požadavkům na vložný útlum dle obrázku 29. Možná alternativa metody

Příloha A
(informativní)

injektážní sondy je použití injektážního transformátoru z metody CS101 na každý napájecí vodič při paralelním řízení. Proud v nesymetrickém režimu se měří mezi injektážním transformátorem a vstupem napájení EUT. Alternativní metoda pro třífázový nezemněný systém je schematicky uvedena na obrázku A.19.



OBRÁZEK A.18 – Měření vložených ztrát



OBRÁZEK A.19 – Alternativní zkušební sestava, třífázový systém v zapojení do trojúhelníka

A.5.13 (8.13) CS115, susceptibilita na vedené emise, injektáž do kabelového svazku, impulzní buzení

Použití a mezní hodnoty: Tyto požadavky jsou použitelné pro všechny elektrické kabely připojované k EUT. Základní koncepce je chránit zařízení před rychlým nárůstem a poklesem přechodových jevů, které se mohou vytvořit v důsledku spínacích operací a změn prostředí, jakým je blesk a elektromagnetický impulz. Požadavek je určený pro nahrazení zkoušky „drnčící relé“ (RS06 v předchozí verzi MIL-STD-461C), které vznikaly v minulosti pro výzbroj letadel. Přechodový jev označovaný jako „drnčící relé“ byl kritizován jako nevědecký a nereprodukovatelný. Požadavek CS115 má definovaný tvar vlny a reprodukovatelný mechanismus vazby.

Vzestupná hrana impulzu trvá 2 ns a shoduje se s předpokládanými dobami nárůstu při spínání indukčních zátěží. Doba trvání impulzu 30 ns standardizuje energii jednotlivých impulzů. Kromě toho odděluje vzestupnou a sestupnou hranu, takže působí nezávisle. Každá část impulzu pak může ovlivňovat jiné obvody. Amplituda 5 A (500 V/100 Ω impedance kalibračního přípravku) zahrnuje nejvíce indukované úrovně, které se používají během zkoušek letadel přechodovými jevy. Opakovací frekvence 30 Hz je určen pro zabezpečení dostatečného počtu použitých impulzů nutných ke stanovení jistoty, že zařízení nebude poškozeno.

Mnohá rozhraní jsou uspořádána tak, aby výskyt poruchy byl možný pouze v nízkém procentu doby pracovní činnosti zařízení. Mikroprocesor se například může náhodně dotazovat na portech pro vstupní informaci. Zvláštní port může nepřetržitě aktualizovat informaci mezi dotazovacími časovými intervaly. Jestliže se vyskytuje přechodový jev v čase, kdy je port přístupný, může nastat nesprávný stav. V jiných časových intervalech se pak nemusí projevit žádný vliv.

Příloha A
(informativní)

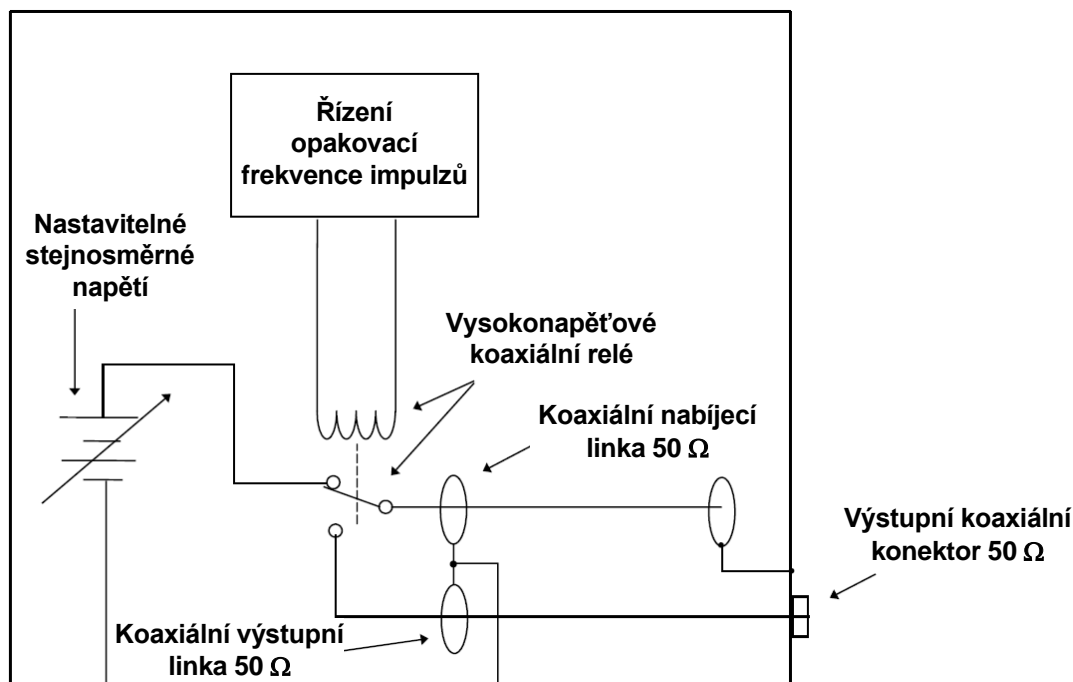
Zodpovědný orgán má možnost přizpůsobit požadavky snižováním nebo zvyšováním požadované amplitudy dle očekávaných úrovní přechodových jevů vzhledem k působícímu prostředí. Další možností je úprava šířky impulzu z důvodu znalostí prostředí na palubě nebo je možno upravit výkon impulzu.

Zkušební postupy: Budicí průběh generátoru má lichoběžníkový tvar. Skutečný tvar na zkoušené kabeláži závisí na skutečných rezonančních podmínkách spojených s elektrickými parametry kabelů a rozhraními EUT.

Schéma nabíjecí linky 50Ω impulzního generátoru požadovaného v metodě CS115 je znázorněno na obrázku A.20. Její funkce je v podstatě stejná jako v případě impulzních generátorů používaných ke kalibraci měřicích přijímačů kromě toho, že šířka impulzu je mnohem větší. Stejnoseměrné proudové napájení se používá k nabití kapacity koaxiální linky 50Ω naprázdno. Pak se přepne vysokonapěťové relé k výstupní koaxiální lince a vytvoří se impulz. Šířka impulzu závisí na délce nabíjecí linky. Relé potřebuje funkci kontaktů bez zákmitů.

Kalibrační přípravek se zakončením je přenosová linka 50Ω . Signál z injektážní sondy umístěné kolem středního vodiče prochází smyčkou složenou ze středního vodiče uvnitř přípravku, dvou zátěží 50Ω a konstrukce přípravku, ke které jsou zátěže zakončeny. Z hlediska smyčkového proudu jsou zátěže v sérii a představují impedanci smyčky 100Ω . Uspořádání přenosové linky minimalizuje induktanci. Měření indukovaného proudu se provádí prostřednictvím napětí na zátěži 50Ω . Je tedy celkové napětí na smyčce dvojnásobné oproti naměřenému.

Krok 8.13.3.4 b) (3) v metodě CS115 požaduje ověření, že doba vzestupné hrany a šířka aplikovaného průběhu indukovaného v kalibračním přípravku odpovídá požadavkům. Obrázek A.21 znázorňuje typický dosažený průběh. Protože frekvenční odezva injektážní sondy klesá od nižších frekvencí, lichoběžníkový impulz připojený k sondě ve své střední části klesá, což je spojeno s nižším frekvenčním obsahem použitého signálu. Jsou vyznačeny odpovídající parametry průběhu. Důležitou vlastností injektážní sondy je její odezva na vyšších frekvencích, která podmiňuje charakteristiky vzestupné a sestupné hrany.

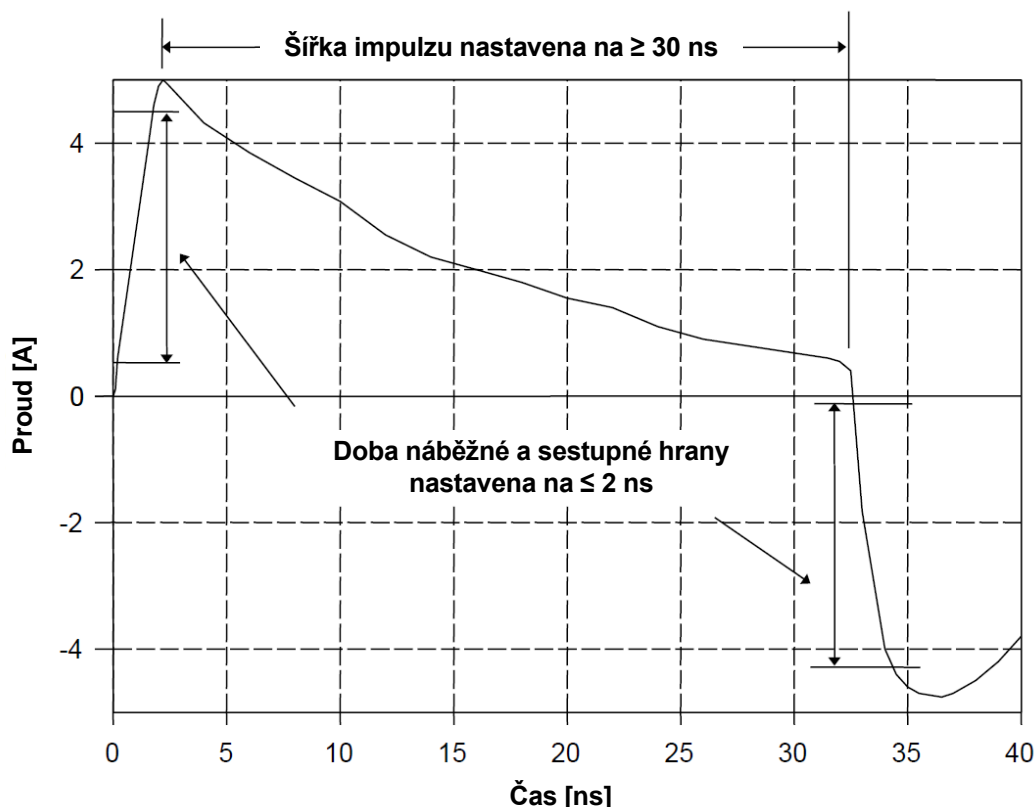


OBRAZEK A.20 – Schéma impulzního generátoru pro metodu CS115

Jak je také specifikováno v metodě CS114, vyžadují se zkoušky jak na úplných napájecích kabelech, tak na kabelech bez nulových a zpětných vodičů, aby se vyhodnotil nesymetrický režim vazby uspořádání, který může být v různých instalacích různý. V některých instalacích se nulové a zpětné vodiče vedou spolu s napájecími vodiči. V jiných instalacích jsou tyto vodiče spojeny s konstrukcí systému v blízkosti napájeného zařízení a systémová konstrukce se používá jako zpětná cesta (plní funkci nulového nebo zpětného vodiče).

Zkušební metoda RS06 byla dříve zahrnuta do standardu MIL-STD-462. Metoda RS06 byla formalizací zkoušky označované jako „drnčící relé“, používané v leteckém vojenském průmyslu. Současné pojetí metodu RS06 zlepšuje. Metoda typu „drnčící relé“ se používala pro efektivní určování podmínek rušení zařízení. Základní koncepce spočívala v elektrickém propojení cívky relé do série s normálně uzavřeným kontaktem a umožňovala, aby relé postupně přerušovalo samo sebe. Vodič mezi cívkou a kontaktem se používal k vazbě přechodových dějů do kabelů EUT. Největší problém metody „drnčící relé“ s přerušovaným relé je v tom, že nevytváří opakovatelný průběh, neboť zde působí proces elektrického oblouku. V jednotlivých použitých relé hrají velkou roli mechanické vlastnosti kontaktu a cívky. Metoda CS115 ponechává nejdůležitější charakteristiky drnčícího relé, které má průběh s rychlou vzestupnou hranou a také má důležitou přednost ve stálém tvaru budicího průběhu.

Stejný kalibrační přípravek, jaký se používá v metodě CS114, se může použít i v této metodě. Vhodné provedení je znázorněno na obrázku A.9.



OBRÁZEK A.21 – Typický tvar impulsu v kalibračním přípravku metody CS115

A.5.14 (8.14) CS116, susceptibilita na vedené emise, tlumená sinusoida, kabely a napájecí vodiče

Použití a mezní hodnoty: Požadavky jsou použitelné od 10 kHz do 100 MHz pro všechny elektrické kabely připojené ke každému EUT a také pro každý samostatný napájecí kabel. Základní koncepcí je simulovat průběh elektrického proudu a napětí, který se vybudí přirozenou rezonancí.

Na rozdíl od CS115, kdy se budí vlastní rezonance, zámyslem tohoto požadavku je použití zkušební signálu tvaru tlumené sinusoidy. Takové průběhy se obecně vyskytují na platformách jednak při působení blesku, EMP, a jednak při vnitřních spínacích procesech. Tvar vlny na kabelech může vznikat vlivem vlastní rezonance kabelů nebo napětími a proudy pronikajícími z jiných zdrojů na platformě. Aby se zohlednil široký rozsah podmínek, volí se široké spektrum frekvencí. Podobné tvary přechodových jevů vnikají ve spínacích procesech v konstrukci platformy.

Zvažuje se, zda je přípustná možnost výskytu krátkodobé poruchy, jestliže je EUT schopno samo obnovit normální činnost. Může se stát, že obsluha si některých poruch vůbec nevšimne z důvodů samoopravitelné funkce zařízení. Může nastat případ, kdy porucha trvá delší dobu a pro obnovu funkce zařízení je nutný zásah obsluhy. V EMITP (zkušební plán) se musí stanovit všechny případy poruch, které se mohou považovat za přípustné.

Použití tlumených sinusových signálů je omezeno volbou frekvencí, které mohou působit v konstrukci. Další rezonanční frekvence se stanoví během zkoušek pro hodnocení EUT v době nárůstu maximálního proudu a napětí. Výhodou použití

tlumených sinusových signálů je skutečnost, že různé obvody se zkouší z hlediska možnosti výskytu nejhoršího stavu. Některé obvody mohou reagovat na maximální amplitudu, jiné na celkovou energii nebo rychlost nárůstu impulsu.

Z tohoto standardu byly vyřazeny požadavky na zkoušky rezonančních frekvencí stanovených na základě hodnocení charakteristik proudových smyček. Zkušenosti ze zkoušek ukazují, že susceptibilita na těchto frekvencích nebyla o mnoho vyšší než na standardizovaných frekvencích.

Meze proudů označují úrovně, které se nejčastěji vyskytovaly ve zkoušené konstrukci během působení vnějšího prostředí. Zlom meze na dolních frekvencích představuje nejhorší případ odezvy rezonancí, její průběh klesá se strmostí 20 dB/dekádu. Zlom meze na horních frekvencích je v místě, kde spektrální výkon přechodových jevů slábne.

Možné přizpůsobování požadavků ve smluvních dokumentech zodpovědným orgánem spočívá v nastavení křivky amplitudy směrem nahoru nebo dolů. Rozhodující pro úpravu této křivky amplitudy je požadovaný stupeň ochrany v místě propojování kabeláže a připojování zařízení. Specifické požadavky založené na zkušenostech se musí aplikovat obezřetně a konstruktér se musí podílet na stanovování postupů za účelem snížení rizika použitím protiopatření na platformě. U zařízení se nesmí předpokládat provedení další ochrany. Musí se brát do úvahy také ochrana proti rušení vznikajícímu ve vnitřní konstrukci. Další možné přizpůsobování je úprava místa zlomu meze na nižších frekvencích ve vztahu k nejnižším rezonancím jednotlivých částí konstrukce.

Zkušební postupy: Kalibrační přípravek se zakončením je přenosová linka 50 Ω . Signál z injektážní sondy umístěné kolem středního vodiče prochází smyčkou složenou ze středního vodiče uvnitř přípravku, dvou zátěží 50 Ω a konstrukce přípravku, ke které jsou zátěže zakončeny. Z hlediska smyčkového proudu jsou zátěže v sérii a představují impedanci smyčky 100 Ω . Uspořádání přenosové linky minimalizuje indukčnost. Měření indukovaného proudu se provádí prostřednictvím napětí na zátěži 50 Ω . Celkové napětí na smyčce je tedy dvojnásobné oproti naměřenému.

ČOS 599902 obsahovala v minulosti zkoušky CS10, CS11, CS12 a CS13, které vyjadřovaly různé typy zkoušek tlumenou sinusoidou, jak na kabelech a jednotlivých obvodech, tak na konektorových kontaktech. Tato metoda je společnou náhradou všech těchto metod. CS116 zahrnuje zkoušky kabelů (včetně napájecích) a jednotlivých napájecích vodičů. Zkoušky kabelů v nesymetrickém režimu jsou nejlepší simulací podmínek buzení elektromagnetickým polem na platformě. Zkoušky jednotlivých napájecích vodičů vytvářejí typ rozdílových signálů, které se na platformě vyvolávají funkčním spínáním v napájecím systému.

Dle okolností je nezbytné zkoušku použít přímým připojením k vodičům na jednotlivých kontaktech konektorů EUT nebo k jednotlivým obvodům (kroucené páry, koaxiální kabely apod.).

Protože se kvalita Q signálu tlumené sinusoidy projeví ve značných hodnotách pozitivních i negativních vrcholových hodnot bez ohledu na polaritu prvního vrcholu, nepožaduje se přepínání polarity injektovaného signálu.

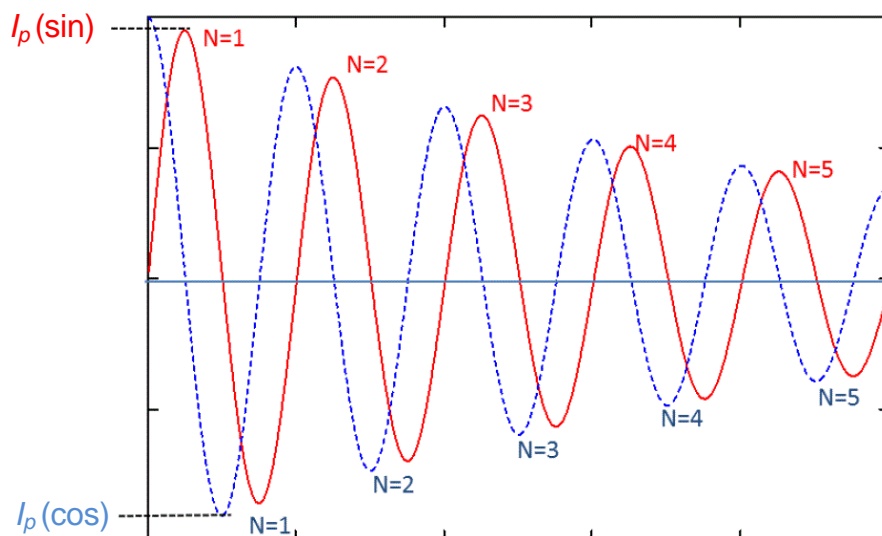
Technika nesymetrické injektáže, používaná v této a jiných metodách jako např. v CS114, je částečnou simulací skutečného vazebního mechanismu na platformě. Magnetické pole v injektážním zařízení představuje simulaci skutečného vazebního

Příloha A
(informativní)

mechanizmu platformy. Na platformě se bude elektromagnetické pole šířit prostorem. Injektážní sonda indukuje napětí v obvodových smyčkách, vyvolané skoky napětí a průchodem proudu v závislosti na impedancích obvodu smyčky. Uvnitř kabelového svazku existují mezi jednotlivými vodiči složité vazební vztahy. Požaduje se, aby injektážní sonda byla těsně u konektoru EUT pro účely standardizace, aby se minimalizovaly změny zvláště na vysokých frekvencích, kde by kratší délka vlny mohla ovlivňovat rozložení proudu.

S ohledem na injektované výkony se musí věnovat pozornost správnému dimenzování sond nebo útlumových členů. Útlumové členy jsou obvykle charakterizovány střední hodnotou zachyceného výkonu. Mohou se poškodit vrcholovými hodnotami výkonu a příslušným napětím. Např. mez 10 A pro CS116 namáhá útlumový člen napětím 500 V ($10 \text{ A} \cdot 50 \Omega$), který odpovídá špičkovému výkonu 5 kW. Obdobně se mohou injektovanými impulzními proudy ovlivňovat magnetické parametry sond.

Při měření parametru Q injektovaného průběhu se na obrázku 35 specifikuje použití první půlvlny a souvisící vrcholové hodnoty s amplitudou co nejbližze 50 % první půlvlny. Některá zkušební zařízení používají místo sinusového průběhu kosinový průběh. Protože tento průběh je vlivem rychlejšího náběhu přísnější, nejsou proti použití tohoto průběhu žádné námítky. Protože se nedá při zlomu na začátku průběhu stanovit amplituda první půlvlny, může se použít následující (záporná) půlvlna spolu se souvisící zápornou amplitudou o 50 % nižší (viz obrázek A.22). Zařízení může vykazovat poruchy, které se neobjeví při tlumeném sinusovém průběhu.



OBRÁZEK A.22 – Typický sinusový a kosinový průběh na kalibračním přípravku pro zkoušku CS116

A.5.15 (8.15) CS117, susceptibilita na vedené emise, přechodové jevy způsobené bleskem, kabely a napájecí vodiče

Použití a mezní hodnoty: Tyto úrovně a průběhy byly odvozeny od obecných zkušeností a zkušeností z civilního letectví a jsou považovány za použitelné pro vybavení a subsystémy vojenských letadel. Tento požadavek je určen k ověření nepřímých účinků blesku na úrovni zařízení, pro elektromagnetické prostředí platformy definované v MIL-STD-464, konkrétně na obrázku 2 a v tabulce 7.

Zkušební metoda CS117 neposkytuje zkušební požadavky na přímé nebo blízké účinky blesku z MIL-STD-464. Pro většinu zařízení však zkoušení s určitou kombinací CS116 a CS115 může poskytnout dostatečné pokrytí pro prostředí s účinky blízkého výboje blesku uvedené v MIL-STD-464. To proto, že měnící se elektromagnetická pole primárně způsobují proudy indukované na kabelech zařízení. Zařízení s anténami a přijímači, která reagují na nízkofrekvenční pole (např. rádiové pásmo AM nebo snímače ADF), mohou vyžadovat dodatečné zkoušky, aby splnily požadavky MIL-STD-464 pro účinky blízkého výboje blesku.

Úrovně jsou definovány jako výchozí hodnoty pro určenou klasifikaci zařízení. Záměrem bylo poskytnout vysokou úroveň spolehlivosti při ověřování návrhu a kvalifikaci zařízení, která jsou primárně určena pro let letadla/vybavení důležité z hlediska bezpečnosti v rámci různých instalačních míst a typů konstrukcí/stínění letadel. V případě, že jsou k dispozici skutečné úrovně ohrožení bleskem z hostitelského letadla, doporučuje se přizpůsobení úrovní zkoušek zařízení tak, aby odpovídaly úrovním ohrožení hostitele (s příslušnými rezervami) což musí být schváleno zadavatelem. Podrobnější diskusi o tomto přístupu lze nalézt v SAE ARP5412, SAE ARP5414, SAE ARP5415 a SAE ARP5416.

EUT bude zadavatelem specifikováno jako interní nebo externí. Tabulka 8 definuje úrovně pro externí zařízení umístěná na platformě, kde jsou vystavena vnějšímu elektromagnetickému prostředí. Předpokládá se, že bleskem indukovaná vazba na kabeláž, která je vně letadla, bude výrazně vyšší než vazba na kabeláž, která je zcela umístěna uvnitř a chráněna trupem letadla/stíněného interiéru. Často jsou k dispozici výměnné jednotky (LRU – line-replaceable unit), které jsou instalovány uvnitř trupu letadla, ale mají svazky vodičů vedené přes vnější části letadla. Tato situace by vyžadovala, aby byla LRU zkoušena pro externí úroveň, i když samotná LRU je uvnitř trupu. Pouze externě vedená rozhraní k této LRU by musela být zkoušena s vyšší úrovní. Letadla s konstrukčními částmi, které jsou vyrobeny z nevodivých materiálů, by navíc byla považována za vnější a všechny LRU nebo vodiče instalované uvnitř takových konstrukcí by proto musely splňovat požadavky na vnější ohrožení bleskem. Takovými příklady mohou být ovládací komponenty ocasní části nebo kapotáže z nevodivých kompozitních materiálů. Letadla často mají kabeláž vedenou v podvozkových šachtách, zbraňových závěsnících a v náběžné hraně křidel, které jsou vystaveny vnějším hrozbám během určitých letových fází, proto musí elektroinstalace nebo LRU v těchto částech splňovat úrovně pro vnější hrozby.

Sady průběhů a úrovní v tabulce 8 byly vybrány na základě informací získaných ze SAE ARP5412 a RTCA DO-160. Použitelnost každé sady průběhů je silně závislá na umístění, vedení a konstrukci kabelového svazku EUT. Pro účely této zkoušky se předpokládá, že většina zkoušených kabelových svazků je stíněna. V tomto případě se předpokládá, že proud bude odveden svazky s nízkou impedancí a že budou dosaženy požadované úrovně proudu sady průběhů 2/1 a 4/5A. Dalším faktorem, který je třeba vzít v úvahu při výběru sad průběhů, je vedení svazku kabelů v letadle

Příloha A
(informativní)

a typu vazby, ke které může dojít během průběhu výboje blesku. Ve většině případů budou přechodové jevy způsobené bleskem převážně navázány přes otvory, v tomto případě je použita sada průběhů 2/1. Tento typ vazby je dominantní u kovových letadel. Avšak v situacích, kdy je kabelový svazek veden přes oblast letadla, která je vyrobena z kompozitního materiálu, zde může být navíc odporová vazba. Tato odporová vazba z přechodového jevu po úderu blesku procházejícího kompozitním materiálem prodlužuje dvojitě exponenciální tvary vln, které jsou typicky pozorovány v prostředích vazbou přes otvor. V těchto případech platí, že sada průběhů 4/5A s delší dobou trvání je použitelná jako doplněk k průběhům 2/1 pro dodatečné pokrytí odporové vazby. Sada průběhů 3/3 je definována pro zkoušku s vyšším frekvenčním obsahem složek přechodového jevu ve srovnání s jeho dvojitými exponenciálními protějšky a typickou interakcí v kabelových svazcích ve skutečném prostředí letadla a je použitelná pro všechny instalace zařízení. Průběh 6 bude typicky přítomen pouze na velmi dobře stíněných svazcích kabelů, přičemž stínění je zakončeno krytem obepínajícím koncovky konektorů na obou koncích svazku. Tyto typy kabelů s velmi nízkou impedancí se obvykle nacházejí v oblastech letadla, které jsou vystaveny elektromagnetickým jevům vně trupu, jako jsou části přistávacích podvozků, motory, řídicí plochy, zakončení křidel nebo ocasní části. Kabelové svazky, které nejsou silně stíněné a nejsou vedeny mimo trup nebo křídlové konstrukce, nebudou obvykle zkoušeny průběhem 6.

Aktuální zkušební úroveň a mezní úroveň specifikovaná pro jednotlivá vedení (uvedené v tabulce 8) je očekávaný nejhorší případ proudu pro jednotlivý vodič svazku ve skutečné instalaci letadla. Tyto nejhorší případy jsou založeny na informacích získaných v SAE ARP5412 a RTCA DO-160. V typickém kabelovém svazku složeném z více vodičů je celkový proud svazku rozložen v každém vodiči a je použitelná větší proudová úroveň. Jelikož však musí být napájecí vedení zkoušeno odděleně od svazku a jednotlivě fázové vodiče zkoušené zvlášť, je nutné definovat pro tyto jednotlivé přívody (v tabulce 8) úroveň proudu pro nejhorší případ, aby nedošlo k použití nadměrné úrovně při zkoušce.

Mohou také nastat podobné situace, kdy jsou svazky signálů zkoušeny s relativně nízkým počtem vodičů. Pro svazky s několika vodiči by měla být použita úroveň proudu pro jednotlivý vodič (mezní úroveň proudu jsou uvedeny v tabulce 8). Zkouška by měla být provedena tak, aby injektované proudy do vodičů nepřekročily meze pro jednotlivý vodič. To může vyžadovat počáteční hodnocení zkoušením svazku na nižší úroveň, aby se zjistilo, jak se proud šíří mezi vodiči uvnitř svazku. Jakmile je toto rozložení známo, pak jsou přechodné jevy aplikovány tak, že jednotlivé proudy vodiči jsou regulovány a nepřekračují meze pro samostatné vodiče. Tato regulace může vést k nutnosti rozložení zkoušeného kabelu na jednotlivé vodiče a jejich oddělenému zkoušení, s použitím mezí pro samostatné vodiče.

Definice požadavku zahrnuje časové efekty opakovaných impulzů a opakovaných skupin impulzů spojené s výbojem blesku. RTCA DO-160 umožňuje, aby zkoušky pro jednotlivé impulzy a opakované impulzy byly prováděny odděleně. Při zkoušce CS117 jsou aplikovány průběhy jednotlivých impulzů a opakovaných impulzů jako kombinovanou zkoušku. Z tohoto důvodu byl první průběh při aplikaci opakovaných impulzů upraven na použitelnou úroveň zkoušky jednotlivým impulzem z RTCA DO-160. Zkoušky opakovanými impulzy a opakovanými skupinami impulzů nejsou synchronizovány s žádnou kritickou frekvencí EUT, takže jsou aplikovány nepravidelně a nejsou synchronizovány s procesy EUT. Toto vybudí systém tak, že se zvyšuje pravděpodobnost rušení periodických signálů v EUT. Časové průběhy

jsou definovány v bodě 8.15.3.4 b) (3). Tento způsob nepravidelného časového rozložení průběhů vede k excitaci rezonančních bodů kabelu.

Zkušební postupy: Je žádoucí nejprve otestovat zkušební úrovně pro proud I_T průběhů 1 a 5A. U svazků s nízkou impedancí to obecně není problém. Pro nestíněné a hybridní svazky (kombinace stíněných a nestíněných vodičů) však může vyšší impedance vést k dosažení mezního napětí (V_L) před dosažením I_T , což bude vyžadovat provedení zkoušky s průběhy 2 a 4. V případě, že je dosaženo V_L během zkoušky s průběhy 1 nebo 5A, může být přijatelné přejít na V_L , aby byly splněny požadavky I_T . Během tohoto zkušebního postupu je nutná opatrnost, protože může být generováno napětí překračující meze odolnosti navrženého technického vybavení. Proto se doporučuje prověřit konstrukční návrh.

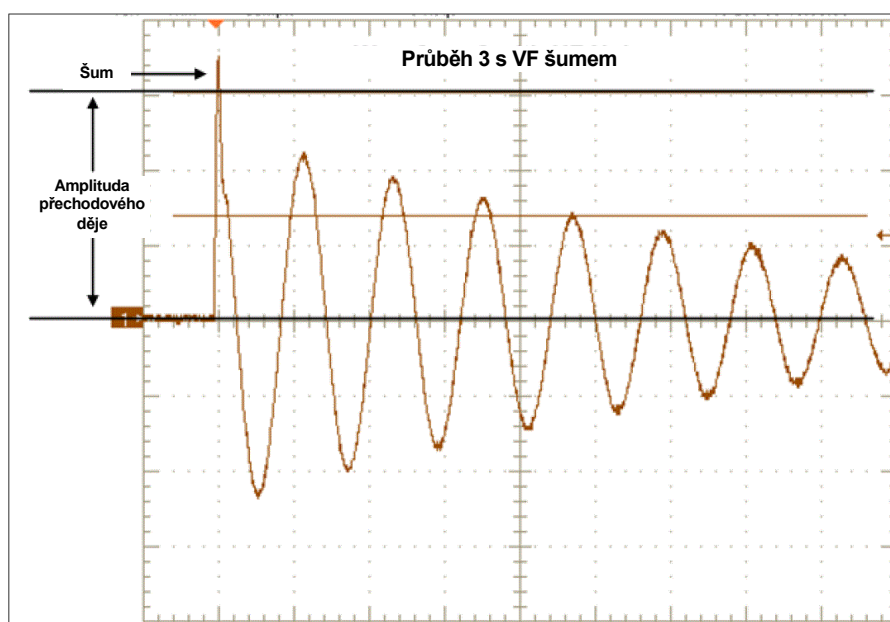
Stanovení amplitudy přechodových dějů může být významným zdrojem variability a chyb zkoušky. Použité techniky určují nejen mez odolnosti aplikovanou na EUT, ale jsou také základem měření časových průběhů během kalibrace nebo ověření generátoru. Variabilitu a chyby lze minimalizovat průběžným měřením přechodových dějů osciloskopem. Pro správné měření je rozhodující nastavení časové osy a použití/umístění kurzorů.

Nastavení časové osy: Pro měření odpovídající amplitudy přechodových dějů je důležité zvolit správné časové měřítko. To zlepšuje konzistenci při identifikaci vysokofrekvenčního šumu oproti měřenému přechodovému jevu. Během kalibrace/ověřování funkčnosti generátoru by měla být časová osa nastavena tak, aby bylo zabezpečeno zobrazení všechny parametrů vlny potřebných k prokázání shody. Například, pro většinu osciloskopů, 1 μ s na dílek je minimální časový rozsah, který umožňuje zobrazit požadované parametry tvaru vlny pro průběh 3 při 1 MHz. V závislosti na konstrukci generátoru přechodových dějů a nastaveném průběhu mohou být časové rozsahy pro měření napětí na otevřeném obvodu a zkratového proudu odlišné.

Umístění kurzoru: Kdykoliv se provádí měření amplitudy napětí nebo proudu pro určení úrovně aplikované na EUT, včetně ověřování výkonu a zkušebních sekvencí generátoru při aplikaci do kabelových svazků, měla by být amplituda určena ručním umístěním kurzorů namísto použití automatické měřicí funkce, která určuje pouze absolutní špičky. Možnost nedostatečného otestování je důvodem, proč je vhodné použití kurzoru při měření určujícím úroveň aplikovanou na EUT. Přechodové charakteristiky popsané v této části, jako je vysokofrekvenční šum a skoková změna fáze, které nejsou neobvyklé, způsobují, že absolutní špičková hodnota přechodového děje je vyšší než jeho skutečná amplituda. Pokud je přechodový děj bez těchto jevů, obě měřicí techniky budou dávat stejnou amplitudu. Jedna přechodová charakteristika, která se může objevit během kalibrace i ověřování výkonu generátoru a zkušebních sekvencí EUT, je vysokofrekvenční šum (vysokofrekvenční vzhledem k předpokládaným složkám přechodového děje). Vysokofrekvenční šum se může objevit na náběžné hraně a/nebo špičce tlumených sinusových i dvojitě exponenciálních průběžích a měl by být zanedbán.

Příloha A
(informativní)

Obrázek A.23 je příkladem správného stanovení amplitudy tlumeného sinusového přechodového děje průběhu 3 s vysokofrekvenčním šumem. Úzká špička na vrcholu prvního cyklu tohoto přechodového jevu je vysokofrekvenční šum, který by měl být při určování amplitudy zanedbán. Úzká špička se postupně otevírá s klesající amplitudou, což vyžaduje subjektivní úsudek, kam umístit kurzor. Při kalibraci nebo ověřování funkce generátoru by měla být úzká špička minimalizována nebo by neměla existovat, ale může být nevyhnutelná jako účinek zátěže během zkušební sekvence EUT. Jak je ukázáno na tomto příkladu, umístěte kurzor do místa vrcholu, kde je pod křivkou nějaká rozeznatelná energie. Tato rozeznatelná energie jako kritérium pro určení amplitudy průběhu ilustruje význam volby časového měřítka.

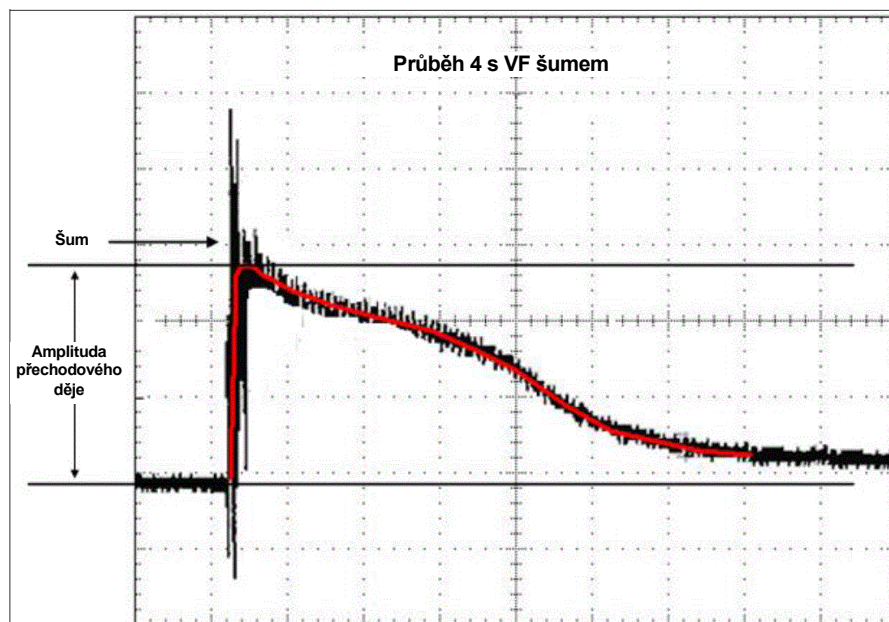


OBRÁZEK A.23 – Vysokofrekvenční šum – určení amplitudy průběhu 3

Obrázek A.24 je příkladem správného stanovení amplitudy dvojitého exponenciálního přechodového děje průběhu 4 s vysokofrekvenčním šumem. Efekt zátěže se projevuje vysokofrekvenčním šumem, který je přítomen jako úzké hroty na náběžné hraně, na vrcholu i při odeznívání přechodového děje. Vzhledem k tomu, že dvojitý exponenciální přechodový děj je překryt vysokofrekvenčním šumem, byla nakreslena křivka, která představuje zkušební přechodový děj, založený na obecném základním vlnovém průběhu, který se může lišit od průběhu při kalibraci nebo ověřování funkce generátoru. Jak je ukázáno v tomto příkladu (a podobně jako na obr. A.23), umístěte kurzor amplitudy na vrchol průběhu představující zkušební přechodový děj. Uvědomme si, že pod křivkou překrytou šumem je energie, aby se zabránilo příliš konzervativnímu umístění kurzoru na dolní část šumu. Křivka představující zkušební přechodový děj může být nakreslena na vytištěný průběh nebo si ji můžeme na základě zkušeností představit.

V ideálním případě generátory přechodových dějů neprodukují při kalibraci a ověřování funkce takovou úroveň vysokofrekvenčního šumu, ale určité množství může být přítomno. V tomto případě nastavte kurzor amplitudy do bodu s úrovní 50 %, který je určen časem T_2 . V obou těchto příkladech je nevyhnutelně vyžadován subjektivní

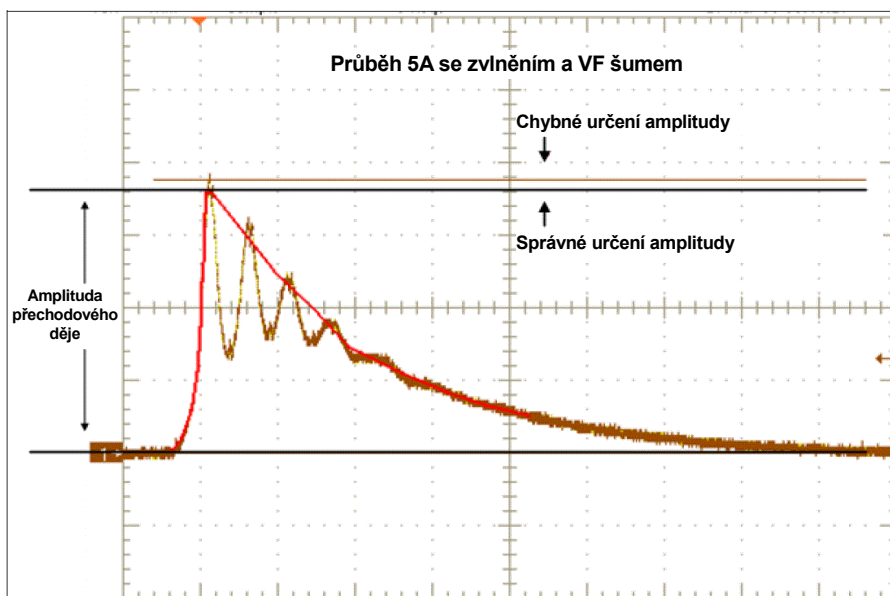
úsudek. Použití automatické měřicí funkce pro každý přechodový děj by mělo za následek indikaci nadměrné amplitudy, (ve skutečnosti nepříjemná nižší hodnota), pokud měření určuje úroveň použitou pro zkoušené zařízení. Nedbalé umístění kurzoru může mít za následek nedostatečnou indikaci amplitudy, což by vedlo ke zbytečně zpřísněné zkoušce.



OBRÁZEK A.24 – Vysokofrekvenční šum – určení amplitudy průběhu 4

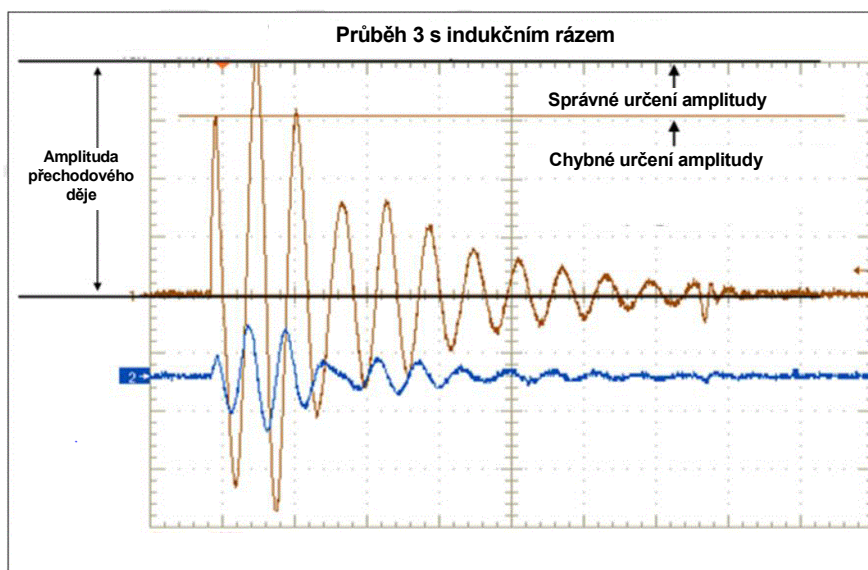
Stanovení amplitudy přechodových dějů s vlivy zátěže se obecně neliší od stanovení amplitudy přechodových jevů s útlumem ideálního sinusového nebo dvojitě exponenciálního průběhu: vrchol přechodového děje je amplituda, pokud je pod vrcholem rozeznatelná energie. Na obrázku A.25 je příklad dvojitě exponenciálního přechodového děje s průběhem 5A se dvěma pozoruhodnými zátěžovými jevy: zvlněním a vysokofrekvenčním šumem. Zvlnění by mělo být přítomno pouze při zátěži, nikoli během kalibrace nebo ověření funkce, za předpokladu, že je generátor dobře navržen. Zvlnění se může objevit na tlumených sinusových a dvojitě exponenciálních průbězích, s nebo bez vysokofrekvenčních špiček. Stejně jako u většiny ostatních zátěžových jevů je vrcholem zkušebního přechodového děje vrchol zvlnění, ale vysokofrekvenční šum by měl být zanedbán. Na obrázku A.25 je horní kurzor nastaven nad vysokofrekvenční šum, proto je výsledkem nesprávné stanovení amplitudy (nedostatečná zkušební úroveň). Druhý kurzor určuje amplitudu správně, protože je zanedbán vysokofrekvenční šum, jak je popsáno výše, a je nastaven na vrchol zvlnění. Podobně jako na obrázku A.24 byla mezi vrcholy zvlnění nakreslena křivka reprezentující obecný průběh zkušebního přechodového jevu, který se může lišit od průběhu při kalibraci nebo ověření funkce generátoru.

Příloha A
(informativní)



OBRÁZEK A.25 – Zvlnění s vysokofrekvenčním šumem – určení amplitudy průběhu 5A

Nejběžnějším projevem zátěže u tlumeného sinusového děje je indukční ráz, který vzniká v důsledku schopnosti indukčnosti v zátěžovém obvodu (EUT) ukládat počáteční energii při vybíjení generátoru přechodových jevů. Uložená energie se uvolní v následujícím cyklu, čímž se zvýší náboj vybíjeného kondenzátoru generátoru nad úroveň otevřeného obvodu. Výsledkem je následující vrchol (vrcholy) s vyšší amplitudou než má první vrchol a s vyšší amplitudou, než byla nabíjecí úroveň generátoru, jak je znázorněno na obrázku A.26. Obrázek A.26 znázorňuje zkušební průběh 3 pro kabelový svazek. Jelikož druhý kladný vrchol je o více než 20 % vyšší než první kladný vrchol, zaznamená se amplituda druhého kladného vrcholu, který je současně na úrovni požadavku +20 % (maximální přípustná tolerance amplitudy). Cílem je dosáhnout požadované úrovně na prvním vrcholu, avšak aby se zabránilo přetížení EUT, je přijatelné ukončit nastavování úrovně, pokud jeden z následujících vrcholů dosáhne úrovně požadavku plus maximální povolené tolerance amplitudy (20 %).



OBRÁZEK A.26 – Indukční ráz – určení amplitudy průběhu 3

A.5.16 (8.16) CS118, elektrostatické výboje způsobené obsluhou

Použitelnost a mezní hodnoty: Požadavek se vztahuje na elektrické, elektronické a elektromechanické podsystémy a zařízení, které nemají rozhraní nebo ovládání munice. Jedná se o nový požadavek v MIL-STD-461G, který se zabývá účinky elektrostatického výboje na elektrická a elektronická zařízení způsobeného člověkem. Tato zkušební metoda není součástí žádné jiné vojenské normy. Realizace tohoto požadavku na úrovni subsystému podporuje požadavky uvedené v dokumentu MIL-STD-464 pro ochranu před elektrostatickým nábojem na úrovni systému.

ESD bude mít svůj největší vliv na zařízení, která mají úmyslně štěrby a otvory, jako jsou ovládací prvky a displeje, tj. zařízení určená k zajištění rozhraní člověk-stroj. Zařízení typu označeného jako „černá skříňka“ se šesti kovovými stěnami a pouze konektorovými rozhraními jsou mnohem méně náchylná k ESD, a je méně pravděpodobné, že se s nimi bude manipulovat během provozu. Pro taková zařízení se stanovují požadavky analýzou. Výsledkem je požadavek na pevné umístění a izolování od vlivů ESD.

Poruchy způsobené ESD jsou způsobeny rychlým přenosem náboje (proudem) a krátkým trváním, vysokoenergetickými vyzařovanými elektromagnetickými poli generovanými v průběhu ESD. Účinky těchto poruch mohou být okamžité nebo skryté (zpožděné), přičemž poruchový režim je v rozsahu dočasné odchylky ve specifikovaném výkonu subsystému až po poškození, které vyžaduje opravu nebo výměnu ovlivněných komponent nebo subsystémů. Poruchy způsobené ESD mohou být rozděleny do dvou kategorií: „měkké“ a „tvrdé“.

Měkké poruchy způsobené ESD jsou typicky charakterizovány momentálním přerušením provozu interních obvodů subsystému. Prvním zdrojem tohoto narušení je krátkodobé, vysokoenergetické vyzařované elektromagnetické pole generované výbojem ESD. Toto pole se naváže přes vodivé cesty na deskách plošných spojů. Když elektromagnetické pole slábně, obvod se vrací do normální činnosti bez trvalého poškození. Druhým zdrojem je proud spojený s rychlým přenosem náboje během děje ESD. Tento proud může způsobit okamžitý posun úrovně, jako je změna napětí měřená

Příloha A
(informativní)

analogově-číslicovým převodníkem, nebo okamžité spuštění aktivního prvku (např. tranzistoru IGBT nebo H-můstku). Činnost obvodu se vrátí do normálu, když se tento přechodový proud blíží nule.

Tvrdé poruchy způsobené ESD typicky zahrnují fyzické poškození obvodů podsystému, jako jsou diskrétní a integrované bipolární a MOS komponenty. K poškození dochází prostřednictvím tepelných a dielektrických defektů v podkladovém polovodičovém materiálu nebo natavením kovového materiálu s poškozením spojovacích vodičů. Pasivní komponenty, jako jsou filtrační kondenzátory, mohou být také ovlivněny při opakovaném vystavení ESD způsobujícím poškození dielektrického materiálu. To má za následek, že filtrační kondenzátor působí více jako odpor než kondenzátor. Snižuje se odolnost vůči ESD, zvyšuje se pravděpodobnost susceptibility podsystému k vnějšímu elektromagnetickému prostředí (EME) a dochází ke zvýšení úrovně nežádoucích emisí u vodičů připojených k postiženému obvodu.

Zkušební postupy: Zkušební postup popsáný v této části představuje řízenou metodu pro hodnocení susceptibility elektrických a elektronických subsystémů na ESD. Záměrem je pokrýt místa subsystému, která jsou přístupná obsluze během činnosti EUT. Zkušební zařízení a postupy jsou založeny na mezinárodně uznávaných normách, jako je ČSN EN 61000-4-2 ed. 2. Záměrem je užití konfigurace s vazbou, jaká je v instalaci při skutečném používání. Při aplikaci samotné zkoušky, by mělo dojít k maximálnímu přenosu náboje při vazbě na systém, což simuluje nejhorší případ pro instalovanou konfiguraci.

K zajištění platnosti výsledků zkoušek se vyžaduje před zahájením zkoušek ověření použitého generátoru ESD. Generátor ESD podléhá opakované fyzické manipulaci obsluhou a na EUT jsou během jedné zkoušky aplikovány stovky až tisíce výbojů. V závislosti na četnosti použití, tj. počtu zkoušek provedených v daném období, není roční kalibrační interval dostatečný pro detekci a opravu jakýchkoli závad generátoru ESD. Minimálně by mělo být ověřeno špičkové napětí před začátkem zkoušení, nejlépe denně při několikadenní sérii zkoušek. Před začátkem zkoušky by mělo být provedeno ověření špičkové hodnoty vybíjecího proudu a časové konstanty vybíjecí sítě. Proudový převodník pro ESD lze obstarat u několika výrobců zkušebních zařízení.

Při ověření parametrů generátoru ESD je preferováno užití průběhu kontaktního výboje před výbojem vzduchem. Během aplikace výboje vzduchem na převodník způsobuje rychlost a úhel přiblížení k převodníku variabilitu do tvaru vlny, která je pozorovatelná jako změna doby náběhu, špičkového proudu a trvání průběhu. Opakovatelnost průběhu je velmi závislá na schopnosti obsluhy. Příloha E normy ISO 10605:2008 poskytuje další informace týkající se použití výboje vzduchem při ověření parametrů generátoru ESD.

Vystavení EUT mnohonásobným výbojům v různých zkušebních bodech poskytuje větší jistotu, že EUT bude fungovat po instalaci tak, jak bylo navrženo. Zkušební body typicky zahrnují otvory nebo štěrbinu skříně a konektory přístupné uživateli během provozu. Mezi zkušební body patří také stupnice, indikátory, hrany indikačních světel, spínače atd. Všechny tyto body představují potenciální přímé i nepřímé vazební cesty do EUT. Možnost expozice těchto zkušebních bodů zajišťuje, že elektrické a mechanické provedení EUT je odolné vůči účinkům ESD. Například provedení komerčně dostupného elektronického modulu používá desku plošných spojů, potaženou ochrannou vrstvou a umístěnou v nehermeticky uzavřeném, nevodivém plastovém pouzdře. Konstrukce pouzdra má integrovaný jednocestný ventil, který umožňuje únik vlhkosti zevnitř pouzdra a vyrovnávání tlaku mezi vnitřkem pouzdra

a okolní atmosférou. Je-li umístěn v blízkosti součástek citlivých na ESD, může dojít, i přes jeho malé rozměry, k průniku ESD na součástky a narušení činnosti nebo neopravitelnému poškození zařízení.

A.5.17 (8.17) RE101, vyzařované emise, magnetické pole

Použití a mezní hodnoty: Tento požadavek je speciální a je přednostně určen k použití pro zařízení, které je citlivé na působení magnetických polí na nízkých frekvencích 30 Hz až 100 kHz, která se potenciálně vyskytují v místě instalace. Nejběžnějším případem je laděný přijímač, jehož pracovní frekvence spadají do frekvenčního pásma této zkušební metody.

RS101 je komplementární požadavek kladený na zařízení pro zaručení kompatibility s předpokládanými magnetickými poli. Meze RS101 jsou vyšší, aby zahrnovaly změny v provedení zařízení různých výrobců a aby se braly v úvahu možnosti emisí z EUT, které se váží k větším fyzickým plochám smyček, než jsou použity v postupech dle RS101.

U námořního letectva je použitelný pouze pro letadla s protiponorkovými prostředky, jako konkrétně zařízení ve stejné skříni nebo avionické bóji nebo zařízení, která mají stejnou napájecí sběrnici nebo stejné svazky kabelů jako zařízení ASW. Kromě toho se tento požadavek vztahuje na všechna zařízení, která používají více než 6 A proudu na palubě letadla ASW.

Meze RE101 pro námořnictvo vycházejí z potřeby zabránit indukci větší než 0,5 μV (jmenovitá hodnota) v přenosovém vedení RG-264A/U (plocha smyčky $A = 4,19 \text{ cm}^2$), přičemž maximální indukovaná úroveň na 60 Hz nesmí překročit 4 μV . Potřeba omezení magnetického pole na nízkých frekvencích je dána blízkostí elektrických a elektronických systémů a kabeláže na námořních platformách a nízkofrekvenční podstatou snímačů a systémů. Primární problém se týká potenciálních vlivů mezi nízkofrekvenčními akustickými systémy a snímači a ELF a VLF/LF komunikačními systémy a snímači, jejichž citlivost je v řádu nV.

Je třeba si uvědomit, že se neberou v úvahu magnetické efekty z magneticky ovládaných odpalovacích zařízení, magnetických zbraní apod.

Lze odhadnout druhy indukovaných úrovní, které jsou spojeny s obvody, jichž se týkají meze.

Je-li: f frekvence, B magnetická indukce a A plocha smyčky, lze použít pro indukované napětí ve smyčce Faradayův indukční zákon ($U = -d\phi / dt$). Pro harmonické magnetické pole kolmé na plochu smyčky lze psát

$$U = -2 \cdot \pi \cdot f \cdot B \cdot A.$$

Mez metody RE101 pro pozemní síly je určena pro zabránění indukci napětí > 2,5 mV (5 mV pro RS101) ve smyčce o průměru 12,7 cm. Protože magnetická indukce je přímo úměrná frekvenci a mez klesá se strmostí 20 dB/dekádu je indukované napětí ve smyčce konstantní. Mez pro pozemní síly představuje nejhorší případ a je vyšší nebo stejná na všech frekvencích jako mez pro námořnictvo. K významným případům patří potenciální vlivy na snímače a řídicí systémy s citlivostí v rozsazích mV instalované na vozidlových, leteckých a zbraňových věžích.

V oblasti letectva existují určité aplikace, kde je třeba požadavek metody RE101 specifickým způsobem zohlednit. Jedná se například o případy při namontování systému v letadle v těsné blízkosti antény připojené k přijímači velmi dlouhých

Příloha A
(informativní)

a dlouhých vln. Při volbě vhodné vzdálenosti mezi zařízením a anténou se musí vycházet z příslušné meze.

Pro aplikace pozemních sil je možné zvýšit meze pro některá citlivá zařízení umístěná v dostatečné vzdálenosti od systémů nebo je možno odstoupit od požadavku.

Zkušební postupy: Pro zkoušku je určena smyčka 13,3 cm.

Pokud se maximální úrovně pro všechny frekvence vyskytují pouze na jednom povrchu a na jednom kabelu, pak je potřeba zaznamenat údaje pouze pro tento povrch a kabel.

Typickými místy emise magnetického pole pronikajícího z krytů EUT a kabelů jsou obrazovky, transformátory a spínané zdroje.

V normě MIL-STD-462D se požadovalo měření elektrických kabelových rozhraní. Tento standard omezuje měření na zakončení konektorů. Vychází se ze zjištění, že konektory jsou nejpravděpodobnějším místem emisí. Je to dáno tím, že při normální konstrukci kabelu (např. využití kroucených párů) se vazba s paralelními drahami vodičů realizuje přes kontakty konektoru a druhým významným poznatkem je fakt, že potenciální přírůstek emisí jsou v místech zakončení stínění.

Možným alternativním prostředkem měření v tomto frekvenčním rozsahu je spektrální analyzátor používající algoritmus rychlé Fourierovy transformace (FFT). Použití tohoto typu zařízení vyžaduje souhlas odpovědného orgánu.

V normě MIL-STD-462D byla obsažena generická závislost korekčního faktoru pro převod napětí z měřicího přijímače na hodnoty pole v dBpT. Protože však různí výrobci používají různé techniky konstrukce, může se stát, že skutečný faktor má někdy odlišnou hodnotu. Proto je nutno brát jako správné údaje od výrobce.

Požaduje se měření pro každé místo, kde se vyskytne maximální vyzařování, které překračuje meze RE101 ve vzdálenosti 7 cm. Toto měření se provádí tak, že se zvyšuje měřicí vzdálenost do té doby, než se emise sníží pod povolenou mezní hodnotu. Naměřené údaje slouží konstruktérovi zařízení pro určení zdroje vyzařování magnetického pole a návrh opatření. Je nutno si uvědomit, že tento způsob měření neumožňuje měnit ani měřicí vzdálenost 7 cm ani meze RE101.

A.5.18 (8.18) RE102, vyzařované emise, elektrické pole, 10 kHz až 18 GHz

Použití a mezní hodnoty: Požadavky jsou použitelné pro elektrické pole vyzařované z EUT a připojených kabelů. Základní praktický požadavek je chránit citlivé přijímače před rušením působícím přes antény, které jsou připojeny k přijímači. Mnoho přijímačů má citlivost řádově jednotky μV a je připojeno k účelovým vstupům (anténám), které jsou konstruovány pro účinný příjem v pracovním pásmu přijímače. Pro zabránění potenciálním zhoršením funkce při instalaci na platformu jsou stanoveny poměrně přísné požadavky.

Mezi požadavky metod RE102 a RS103 neexistuje žádný vztah. V minulosti byly realizovány pokusy v dané frekvenční oblasti za účelem posouzení požadavků odolnosti a vyzařování. Zatímco RE102 se týká antény připojené k přijímači, RS103 simuluje pole z antény připojené k vysílači.

Často se nějaká položka zařízení zahrnuje do oblasti působení obou požadavků. Radiostanice VHF/AM o výkonu 30 W s anténou, která pracuje na 150 MHz, může snadno v přijímacím režimu detekovat elektrické pole o intenzitě 40 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ (přibližně -81 dBm přivedených na vstup přijímače). Když tatáž radiostanice vysílá na frekvenci

150 MHz, tak bude generovat elektrické pole přibližně 150 dB μ V/m (32 V/m) ve vzdálenosti 1 m. Rozdíl mezi těmito dvěma úrovněmi je 110 dB.

Průběhy mezí (mezní křivky) vycházejí ze zkušeností z instalací přijímačů s anténou na platformách a z úrovně typického stínění mezi anténami, zařízeními a jejich propojením. Meze pro povrchové lodě jak na palubě i v podpalubí se určily na základě dokumentace případů emisí vyzařovaných z kabelů a zachyceného anténami přijímačů a citlivými systémy. Meze pro palubní systémy jsou mnohem přísnější než požadavky odpovídajícího vyzařovaného elektrického pole, uvedené v mezinárodních vojenských dohodách a standardech používaných v NATO. Meze určené pro zařízení umístěná v podpalubí odpovídají civilním normám.

V případě ponorek je třeba v případě mezí RE102 rozlišovat mezi zařízeními, která jsou určena pro umístění uvnitř nebo vně trupu. Pro zařízení určená pro umístění vně trupu platí přísnější meze. Přizpůsobení je možné pouze u externích požadavků RE102 a to jen pro zařízení, která jsou umístěna nad čarou ponoru.

Meze pro zařízení, která jsou instalována uvnitř letounů, které nemají žádné účelové stíněné vnitřní prostory, platí pro celé frekvenční pásmo zkoušky. K dispozici je pouze minimální stínění. Mez pro zařízení instalována ve vnějším prostoru a na vrtulnicích má o 10 dB vyšší úroveň, protože chybí eventuální minimální stínění.

Meze se důsledně hodnotí zvláště v pásmu 30 MHz až 400 MHz, aby byly správně stanoveny. Běžnou praxí se u některých leteckých programů stalo používání spektrální analýzy na vodičích od antén letadla. Výsledkem je odhad zhoršení vyvolaného palubním zařízením. Lze demonstrovat mnoho problémů s úrovněmi mimo použité mezní hodnoty. Bylo také prokázáno, že zařízení splňující meze obecně nezpůsobuje problémy. Většina poznatků se týká letounů velikosti bitevních letadel. Nárůst o 20 dB/dekádu pro frekvence nad 100 MHz je způsoben tím, že faktor vzdálenosti laděných antén ($G \cdot \lambda^2 / 4 \cdot \pi$) klesá s frekvencí. Úroveň vázaného výkonu přes izotropní laděnou anténu zůstane konstantní. Zlom mezní křivky na frekvenci 100 MHz je z důvodů nesnadného udržování ladění antény v důsledku zvyšování rozměrů a následně menší pravděpodobnosti vazby antény při delších vlnových délkách.

Pro vnitřní zařízení letadel nejsou stanoveny v pásmu do 2 MHz žádné meze. V letadlech jsou sice antény pracující pod 2 MHz, jsou to však magnetické smyčky s elektrostatickým stíněním. Mají velmi krátkou elektrickou délku vůči frekvencím pod 2 MHz, takže vazba elektrického pole bude neúčinná. S výjimkou vrtulníků nejsou známy žádné vazební problémy s takovými anténami a kabely i při nadlimitních stavech s ohledem na požadavky tohoto standardu. Při zkouškách EMI se mnohokrát demonstrovala na nízkých frekvencích neúčinnost vazeb vzhledem ke kabeláži.

U letadel námořnictva byla počáteční frekvence snížena tak, že lze zachytit elektrické spínací zdroje šumu pro pochopení jejich vlivu na citlivost a rozsah specializovaných přijímačů. Zvýšené využití spínacích zdrojů může zvýšit šumové pozadí v zemní rovině antén, a bylo prokázáno, že ovlivňuje přijímací schopnosti citlivých přijímačů.

Meze pro mobilní techniku vojenského námořnictva a všech pozemních prostředků pozemních sil jsou stejné. Také jsou stejné meze pro pozemní zařízení námořnictva a všechna pozemní zařízení vzdušných sil. Existuje rozdíl 20 dB mezi jednotlivými mezemi v závislosti na obecné situaci při použití zařízení. Meze pro mobilní zařízení vojenského námořnictva jsou využívány především pro potřeby námořních sil, které pracují způsobem podobným pozemním silám. Zařízení jsou velmi často instalována velmi blízko u antén například ve vrtulníku, terénním vozidle atd. Pozemní

Příloha A

(informativní)

zařízení pro vojenské námořnictvo a letectvo jsou méně ovlivňována situacemi s kritickými vazbami z hlediska vazeb k anténám.

Meze pro povrchové lodě jsou založeny na statistice poruch vzniklých v důsledku indukce vyzařování z krytů a kabeláže do přijímacích antén. Je zaznamenán nárůst používání přenosných (ručních) typů vysílačů v podpalubí lodí, které se může projevit nepřijatelnými rušivými úrovněmi v podpalubí. Meze jsou přísnější než odpovídající požadavky obsažené ve vojensky orientovaných mezinárodních dohodách a standardech používaných v NATO.

Jinou otázkou je, že existují podstatné rozpory mezi povolenými vyzařovanými úrovněmi uvedenými ve standardu MIL-STD-704 a předchozí verzi tohoto standardu. Například MIL-STD-704 povoluje pro 15 kHz přibližně $0,63 V_{ef}$ na napájecí rozvodu střídavého napětí 115 V, 400 Hz. Při laboratorních zkouškách byla naměřena úroveň přibližně 76 dB μ V/m. Tato úroveň je 31 dB nad mezí pro výzbroj letadel dle předchozího vydání tohoto standardu. Zajímavým poznatkem je skutečnost, že při měření napájecího zdroje s frekvencí 400 Hz prutovou anténou dle MIL-STD-462, ve frekvenčním pásmu pod 400 Hz, se naměřila úroveň přibližně 1 V/m.

Možnosti upřesnění ve smluvní dokumentaci prováděného zodpovědným orgánem jsou následující. Meze se mohou upravit na základě typu zařízení připojeného k anténě na platformě a stupni stínění mezi zařízením, souvisící kabeláží a anténami. Existuje například možnost podstatného zmírnění meze pro zařízení s přidruženou kabeláží instalovanou úplně uvnitř stíněného objektu, jsou-li známy parametry stínění. Může být vhodné, aby upřesnění pokrylo meze pouze v pracovním frekvenčním rozsahu přijímačů spojených s anténami. Je potřebné v jistém směru opatrnosti, protože během následujících let může dojít k modifikaci dodávané výzbroje. Není například vyloučeno, že se do výbavy letadla v budoucnosti přidá nové komunikační zařízení (nové vř rádiové pojítko) zajišťující doplňkové úkoly.

Na základě výše uvedené diskuse v návaznosti na MIL-STD-704 by se mělo uvažovat zmírnění meze RE102 pro napájecí zdroje letadel na nižších frekvencích, aby nevznikaly spory mezi dvěma možnými způsoby specifikace požadavků.

Zkušební postupy: Z důvodu standardizace se u této metody požadují specifické antény. Účelem je získání stejných výsledků různými organizacemi realizujícími zkoušky.

Aby se získaly odpovídající úrovně signálu pro zpracování měřicími přijímači, jsou nutné fyzicky velké antény. Při měření ve stíněných komorách se požadovává, aby antény byly relativně těsně u EUT a vyzařované pole není uniformní podél apertury antény. Při měření elektrického pole s frekvencemi nižšími než několik stovek MHz, antény neměří správné hodnoty vyzářeného elektrického pole.

Prutová anténa dlouhá 104 cm má teoretickou elektrickou délku 0,5 m a považuje se za krátký monopól s nekonečnou zemní plochou. Tato anténa by vytvářela správné elektrické pole, pokud by byla použita dostatečně velká protiváha pro vytvoření obrazu prutu v zemní ploše. Avšak pro to neexistuje odpovídající komora. Požadavek připojení protiváhy ke stíněné místnosti nebo k uzemnění, dle toho, co je aplikovatelné, má za účel zlepšit vlastnosti soustavy z hlediska zemní plochy. Bikónické antény a hřebenové trychtýřové antény se kalibrují s použitím předpokladu vzdáleného pole na vzdálenosti 1 m. Avšak správné elektrické pole se získá teprve přibližně nad 1 GHz, kde existují pro praktické účely podmínky vzdáleného pole.

Uspořádání měření prutovou anténou na obrázku 67 vychází ze studia různých situací pro získání nejpřesnějších výsledků. Nejdříve se za použití speciální konstrukce generovalo kalibrační vertikální pole, které se měřilo elektricky malým širokopásmovým snímačem (RS103) v prázdné komoře se snímačem umístěným ve střední části budoucího umístění prutu. Pak se prutová anténa umístí na patřičné místo a měří se intenzita pole prutovou anténou (nesmí dojít k saturaci). Připojení protiváhy k vodivé podložce stolu nebo zemní rovině pomocí širokých pásků se ukázalo jako nesprávné, protože zvyšovalo úroveň vyšších frekvencí a potlačovalo ostatní frekvence. Plovoucí protiváha, připojení koaxiálního kabelu k vodivé podlaze a použití feritových kroužků na anténní kabel zaručují nejlepší výsledky. Takové umístění antény, kdy je střed prutu 120 cm nad zemní plochou, zlepšuje výsledky ve vztahu k ostatním anténám.

Ve stíněném prostoru, ve kterém není odpovídající bod pro připojení koaxiálního kabelu z antény k vodivé podlaze, se musí stínění koaxiálního kabelu připojit přímo k protiváze a protiváha se musí měděným páskem s malou indukčností připojit k nejbližšímu bodu vodivé podlahy. Možností je přepínání mezi prutovou a bikónickou anténou při 20 MHz namísto 30 MHz, za předpokladu dostupnosti správně kalibrované bikónické antény v rozšířeném frekvenčním rozsahu.

Jiná situace nastane v případě, že prutová anténa má konektor, který není vodivě spojen s krytem přizpůsobovacích obvodů antény. Antény obsahují nesymetrickou tlumivku, která je zapojena tak, že zpětný vodič konektoru prochází touto tlumivkou. Toto zapojení vyžaduje úpravu, která připojí tělo konektoru ke krytu obvodů. Tato změna nemá vliv na k-faktor antény, ale podstatně ovlivňuje výsledky měření. Anténní faktory se určují pomocí postupů SAE ARP-958. Užívají se k převodu napětí na měřicím přijímači na intenzitu pole na anténě. Jakékoliv vř ztráty kabelů a hodnoty zeslabení se musí přidat, aby se určila celková použitá korekce.

Předchozí verze MIL-STD-461 specifikovaly logaritmické spirálové antény. Tyto antény byly vhodné, neboť nebylo potřeba, aby byly otáčeny při měření obou polarizací vyzařovaného pole. Z určitých důvodů je považován za lepší pro standardizaci hřebenová trychtýřová anténa. Na některých frekvencích není anténní rozsah kónické logaritmické spirály centrován do osy antény. Tento problém nemá hřebenová trychtýřová anténa. Kruhová polarizace kónické logaritmické spirály vytváří těžkosti pro její správnou aplikaci. Elektrické pole z EUT bude zřídka kruhově polarizované. Proto vzniká otázka týkající se potřebnosti korekčního faktoru 3 dB, který se připočítává pro lineárně polarizované signály. Stejný problém nastává, když se spirálová kónická anténa používá pro zkoušení susceptibility na vyzařované emise. Pokud se pro kalibraci pole se správně kruhově polarizovanou vlnou použije druhá kónická spirála, vzniká otázka, zda se má použít pole o 3 dB větší, neboť EUT bude snadněji vytvářet odezvu na lineárně polarizované pole stejné velikosti.

Jiné lineárně polarizované antény, jako logaritmicko-periodické antény, se nesmí používat. Praxe ukazuje, že tyto typy antén se někdy používají dosud, avšak nutně neprodukuje stejné výsledky jako hřebenové trychtýřové antény vlivem změny pole podél anténní apertury a problémů blízkého pole. Pro standardizační účely se požaduje použití hřebenových trychtýřových antén, aby se získaly správné výsledky u různých zkušebních laboratoří.

Pahýlový zářič požadovaný v metodě je jednoduše krátký vodič (asi 10 cm) připojený ke střednímu vodiči koaxiálního kabelu, který vyčnívá z konce kabelu.

Příloha A

(informativní)

Existují dvě rozdílná montážní schémata pro symetrikační transformátory vhodné pro 104 cm prutové antény s ohledem na protiváhu. Některé jsou navrženy pro montáž pod protiváhu, jiné jsou navrženy pro montáž na vrcholu. Jakákoli technika je akceptovatelná, pokud zajišťuje, že montážní schéma zabezpečí elektrickou délku 0,5 m.

Kondenzátor 10 pF, použitý s prutovou anténou v kroku 8.17.3.4 c) (3) jako část kontroly systému, simuluje kapacitu prutu vůči okolnímu prostoru. Skutečná kapacita prutu závisí na jeho šířce, proto by měla být použita doporučená hodnota výrobce, pokud je k dispozici. Indukované napětí v anténě se aplikuje k obvodům přizpůsobovacího členu. Jednou funkcí přizpůsobení je převedení vysoké vstupní impedance anténního prvku na vstup 50 Ω měřicího přijímače. Kondenzátor 10 pF zajišťuje přítomnost správné impedance zdroje během kontroly. Některé antény mají pro účely kalibrace kondenzátor vestavěn, jiné vyžadují externí kondenzátor.

Správné kalibrační napětí na vstupu kondenzátoru 10 pF závisí na provedení antény a jejího příslušenství. Protože elektrická délka prutu dlouhého 104 cm je 50 cm, převodní faktor indukovaného napětí na vstupu kondenzátoru 10 pF je 6 dB/m. Pokud je mez pro pásmo kontrolovaných frekvencí 34 dB μ V/m, požadovaná úroveň při kontrole měřicího systému je o 6 dB menší, to je 28 dB μ V/m. Požadovaná úroveň napětí je

$$28 \text{ dB}\mu\text{V/m} - 6 \text{ dB/m} = 22 \text{ dB}\mu\text{V}.$$

Aby se použilo správné napětí, musí být zdroj signálu zatížen 50 Ω (zakončovací zátěž nebo měřicí přijímač), přitom vstupní impedance kondenzátoru 10 pF je vysoká. Může se pro tento účel použít spoj „T“ s připojením zdroje, kondenzátoru a středního vodiče k jednotlivým stranám spoje (kryt je spojen s krytem přizpůsobovacího členu).

Příslušenství dodávané s anténou, jako je kalibrační přípravek nebo napěťový dělič pomáhá při kalibraci, aby se nevyskytovaly parazitní kapacity, které dávají nesprávné výsledky. Musí se použít technika, která je uvedena na obrázku 69. Stejná technika se musí použít pro určení kalibračního faktoru přizpůsobovacího obvodu antény. Signálový výstup obvodového analyzátoru se musí použít ke kondenzátoru 10 pF se zakončením 50 Ω vedeným k jednomu vstupnímu konektoru obvodového analyzátoru (T) a přizpůsobovací obvod se musí připojit k druhému vstupnímu konektoru obvodového analyzátoru (R) Pokud obvodový analyzátor pracuje v režimu, který produkuje úroveň T/R, pak tato hodnota představuje přímo anténní faktor.

Parazitní kapacita, která se zmiňuje výše, se také může projevit jako výsledek nesprávně určených anténních faktorů dodaných organizací, která kalibrovala prutovou anténu za použití nesprávně navrženého přizpůsobovacího obvodu.

Některé prutové antény obsahují filtry typu horní propust, které se mohou zapnout nebo vypnout spínači v přizpůsobovacím obvodu. Pozornost je třeba věnovat anténnímu faktoru, který se mění dle toho, které spínače jsou zapnuty.

Požadavky na umístění antény jsou v této metodě založeny na pravděpodobných bodech vyzařování anténního vyzařovacího diagramu. Na frekvencích nižších než několik set MHz se vyzařování generuje s vysokou pravděpodobností z kabeláže EUT. Vyzařovací diagram prutové antény o délce 104 cm a bikónické antény mají široký rozsah. Rovnice na obrázku 68 je založena na předpokladu, že prutová a bikónická anténa jsou umístěny nejméně 3 m za hranicí zkoušené sestavy. Hřebenové trychtýřové antény mají užší vyzařovací diagram. Avšak kratší délky vlny

nad 200 MHz se vyzařují spíše otvory EUT a částí kabeláže těsně u rozhraní EUT. Požadavky na umístění antény nad 200 MHz jsou založeny na zahrnutí otvorů EUT a délek kabeláže o délce, která se rovná nejméně jedné čtvrtině vlnové délky.

Všechny specifikované antény jsou lineárně polarizované. Nad 30 MHz se měření musí provádět tak, aby se změnila jak horizontální, tak vertikální složka vyzařovaného pole. Měření s prutovou anténou délky 104 cm se provádí pouze pro vertikální polarizaci. Konfigurace této antény se nedá snadno přizpůsobit pro horizontální měření.

Pro zařízení nebo subsystémy, které mají kryty nebo kabeláže v různých částech základny platformy, může nastat potřeba shromáždit údaje pro více než jednu konfiguraci. Například v letecké instalaci, kde schránka s elektronikou je vně konstrukce letadla a její přípojná kabeláž je uvnitř konstrukce se mohou použít dvě rozdílné meze. Rozdílné soubory údajů mohou být potřebné, aby se oddělila emise přes kryt zařízení a z kabeláže. Neměřenou část zařízení je při každém měření třeba ochránit vhodným stíněním.

A.5.19 (8.19) RE103, vyzařované emise, rušivé a harmonické produkty na anténních výstupech 10 kHz až 40 GHz

Použití a mezní hodnoty: Požadavky jsou v podstatě shodné s CE106 pro vysílače ve vysílacím režimu. Nejsou uvedeny požadavky pro vysílače a přijímače v pohotovostním stavu. Metoda RE103 je podobně diskutována jako CE106. Rozdíl mezi požadavky metod je pouze ten, že RE103 obsahuje účinky od působení antén. Zkouška je velmi náročná.

Je nutno poznamenat, že pro zjednodušení jsou absolutní meze měření udávány z hlediska výkonu a nikoli spektrální výkonové hustoty. Aby byl přesný, měl by být měřený výkon udáván jako výkon na šířku pásma přijímače, např. nad 1 GHz je limit správně stanoven v jednotkách dBm/MHz, protože v tomto frekvenčním rozsahu je šířka pásma přijímače 1 MHz dle tabulky 3.

Zkušební postupy: Protože zkušební metoda měří emise vyzařované z antény připojené ke stíněné přenosové lince s řízenou impedancí, naměřené výsledky jsou nezávislé na uspořádání sestavy zkoušky. Proto není nutné dodržet základní sestavu zkoušky popsanou v hlavní části tohoto standardu.

Zkušební postup zkoušky je určen pro laboratorní podmínky a vyžaduje velký otevřený prostor, aby se zajistila dostatečně velká vzdálenost mezi anténami. Rovnice v metodě zkoušky specifikují maximální akceptovatelná vzdálenosti antén vycházející z rozměrů antény a pracovní frekvence EUT. Vyzařovací diagram antény se zkoumá jak v horizontální (azimut), tak ve vertikální rovině (náklon), což je pro rušivé a harmonické emise potřebné pro maximalizaci úrovně detekovaného signálu a pro započítání charakteristik antény.

Citlivost měřicího systému se může zvyšovat pomocí předzesilovačů a celou zkoušku je potřeba koordinovat s příslušnými organizacemi přidávajícími frekvence (ČTÚ). Všechny zaznamenané údaje se musí před porovnáním s mezními hodnotami korigovat s ohledem na prostorové ztráty a anténní zisk.

Jak je uvedeno na obrázcích 70 a 71, může být potřebné stínění měřicího systému a spojovacích vf komponentů, které zabrání generování rušivých odezev v měřicím přijímači. Potřeba takového stínění se může ověřit porovnáním výsledků měření s vstupním konektorem měřicího přijímače zakončeným charakteristickou impedancí a s EUT jak ve vysílacím, tak v pohotovostním režimu nebo s vypnutým EUT. Dále

Příloha A

(informativní)

se může vysílací nebo přijímací anténa nahradit umělou zátěží, aby se zjistilo, zda se neobjevují jakékoli významné vlivy z kabeláže.

Vf kabely od přijímací antény k měřicímu přijímači musí být tak krátké, jak je to možné, aby se minimalizovaly ztráty úrovně signálu při přenosu.

Filtry a pásmové zádrže znázorněné na obrázcích 70 a 71 jsou nutné pro blokování základní frekvence vysílače a k redukci tendence měřicího přijímače ke generaci rušivých reakcí nebo vyvolání omezovacích efektů vůči přítomnosti silných signálů mimo pracovní rozsah. Tyto zádrže a filtry vyžadují kalibraci v celém frekvenčním rozsahu zkoušky.

Je třeba zvýšené pozornosti při použití tabulky 3 v hlavní části tohoto standardu. V kroku 8.18.3.4 d) (4) zkušební postupu se používá k měření výstupního výkonu EUT měřič výkonu. Ve spojení se získáním antény se tato hodnota používá k výpočtu efektivního vyzářeného výkonu (ERP) zařízení. V kroku 8.18.3.4 d) (5) zkušební postupu se používá k měření výkonu z přijímací antény měřicí přijímač. Tento údaj se také používá pro výpočet ERP. Aby dvě měření byla porovnatelná, je potřeba, aby šířka pásma měřicího přijímače byla tak velká, aby zahrnula nejméně 90 % výkonu naladěné frekvence. Pokud není šířka pásma z tabulky 3 v hlavní části standardu odpovídající, musí se použitá šířka pásma uvést v EMITP.

Při měření velikosti harmonických a rušivých emisí vzhledem k nosné frekvenci jsou šířky pásma uvedené v tabulce 3 vyhovující pro akceptovatelné výsledky bez ohledu, zda šířka pásma zpracovává 90 % výkonu. Protože šířka pásma harmonických a rušivých emisí je obvykle stejná jako základní nosnou frekvenci, dává použití obvyklých rozlišovacích šířek pásma při měření amplitudy správné výsledky.

A.5.20 (8.20) RS101, susceptibilita na vyzařované emise, magnetické pole

Použití a mezní hodnoty: Jedná se o speciální požadavek, který je přednostně určen ke stanovení, zda provedení zařízení citlivých na magnetická pole nízkých frekvencí od 30 Hz do 100 kHz není nesprávné. Metoda RE101 je komplementární požadavek, který stanoví úroveň vyzařování magnetického pole ze zařízení a subsystémů. Pro tento požadavek je také využitelný rozbor metody RE101.

Meze RS101 pro námořní systémy byly odvozeny měřením magnetického pole z prvků napájecí sítě (transformátory a kabely) a z charakteristik prostředí na platformách. Mezní úroveň pro 30 Hz – 2 kHz byly odvozeny z nejhoršího případu vyzařování pole z napájecího transformátoru (přibližně 170 dBpT) a příslušných typů kabelů (DSGU-400). V úvahu se vzal také obsah harmonických v rozvodné napájecí síti a maximální očekávaná energetická spotřeba. Meze nad 2 kHz vychází z měření na platformách.

Použitelnost na letadla je omezena na zařízení umístěná vedle nebo blízko zařízení s vysokým proudem, jako jsou generátorová zařízení, odmrazovací zařízení nebo motorem poháněná zařízení, jako jsou velké navijáky kabelů. Zkouška RS101 není nezbytně nutná pro zařízení ASW, ale spíše pro systémy vystavené zařízením ASW, generátorům, cívkám kabelů atd. Je také použitelné pro externí systémy vystavené magnetickým polím systému elektromagnetického katapultu letadel (EMALS – electromagnetic aircraft launch system).

V předchozích verzích standardu MIL-STD-461 měly meze metody RS101 stejný průběh jako u metody RE101, ale byly vyšší. V této verzi jsou odchylky od předchozích mezí v některých oblastech větší. Je tomu tak díky poznatku, že na platformách

jsou oblasti, v nichž je třeba tolerovat vyšší úrovně. Toto však není zdůvodněním pro celkové snížení mezí RE101. Je zde tedy možnost, že emise z EUT se mohou vázat do větších fyzických oblastí, než jsou ty, které se hodnotí při postupu RS101.

Pozemní síly prosazovaly zásadní vztah mezí RS101 a RE101, majících stejný tvar. Meze RS101 vychází z 5 mV, které se nezávisle na frekvenci indukují do smyčky o průměru 12,7 cm.

Zkušební postupy: K odhadu možnosti pro ověření vyzařovaného pole použít smyčkový snímač o průměru 13,3 cm specifikovaný v zkušební metodě RE101 místo smyčkového snímače o průměru 4 cm v této metodě se provedly laboratorní zkoušky. Zkoušky prokázaly, že smyčkový snímač o průměru 13,3 cm neposkytuje předpokládané výsledky vlivem proměnného vyzařovaného pole v ploše smyčkového snímače. Díky svým menším rozměrům poskytuje smyčkový snímač o průměru 4 cm přesné údaje o poli v blízkosti osy vyzařující smyčky. Přestože MIL-STD-462D stanovovala průběh generického převodního korekčního faktoru napětí měřicího přijímače na magnetické pole dBpT, vlivem rozdílných technologií výrobců dochází ke změnám tohoto faktoru. Proto se musí použít údaje uvedené konkrétním výrobcem.

Primárně se postup vztahuje k jednomu elektrickému konektoru rozhraní. V případě zejména malých EUT jsou konektory tak těsně u sebe, že se nedají ozařovat jednotlivě. Tato skutečnost se musí uvést ve zkušebním postupu (EMITP).

V Helmholtzových cívkách se generuje relativně homogenní pole, které je reprezentativnější z hlediska prostředí některých nosičů, hlavně ponorek. V těchto případech se preferují právě uvedené cívky. Navíc použití Helmholtzových cívek snižuje čas potřebný k provedení zkoušky. Použití zde uvedeného návodu a analytických výrazů může usnadnit uživateli konstrukci Helmholtzových cívek pro RS101.

Střídavé Helmholtzovy cívky se dají navrhnout dle následujícího návodu:

- a) Řešení pro hodnotu magnetické indukce v ose sériově buzeného systému dvou identických kruhových cívek je:

$$B_z = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I \cdot r^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{(z^2 + r^2)^{3/2}} + \frac{1}{((d-z)^2 + r^2)^{3/2}} \right),$$

kde je

B_z magnetická indukce [T],

μ_0 permeabilita vakua [H/m],

N počet závitů,

I proud [A],

r poloměr cívek [m],

d vzdálenost cívek [m],

z vzdálenost podél společné osy [m].

Pro standardní konfiguraci $d=r$. Ve středu zkušebního objemu ($z=r/2$) se vztah zjednoduší:

$$B_z \approx \frac{(8,99 \cdot 10^{-7}) \cdot N \cdot I}{r}.$$

Příloha A

(informativní)

- b) Impedance se odhadne z modelu sériového obvodu RL. Dominantní pro frekvence pod 100 kHz je vlastní indukčnost cívky L a vzájemná indukčnost M cívek:

$$L_{total} = 2 \cdot (L + M),$$

kde $M = \alpha \cdot N^2 \cdot r$, $\alpha = 0,494 \cdot 10^{-6}$ H/m.

Vlastní indukčnost se může odhadnout z výrazu pro vnější indukčnost kruhové cívky, kde plocha průřezu svazku vodičů je kruhová a malá v porovnání s poloměrem cívky.

$$L = N^2 \cdot r \cdot \mu_0 \cdot \left[\ln \left(\frac{16 \cdot r}{a} \right) - 2 \right],$$

kde a je průměr průřezu svazku vodičů [m].

Při návrhu Helmholtzových cívek je několik praktických omezení:

- Pro impedanci cívek je dominantní indukčnost, která je přímo úměrná počtu závitů. Proto je potřeba dosáhnout minimální počet závitů. V závislosti na rozměru cívek se může ukázat jako nezbytné konstruovat cívky s jednou nebo více odbočkami pro redukci počtu závitů na vyšších frekvencích.
- Vlastní rezonance cívky musí být nad 100 kHz. Při vlastních rezonancích není možné dobře vygenerovat dostatečný budicí proud.
- Sériový úbytek napětí na cívce bude úměrný součinu impedance a budicího proudu. Protože mezi sériově buzenými cívkami je určitá vzdálenost, bude zde existovat gradient napětí. Toto pole je maximální na obvodu cívky. Pro malé EUT nebude mít vliv tohoto pole význam, je-li však EUT blízko obvodu cívky nebo je hodnota pole významná v porovnání s požadavky susceptibility na elektrické pole RS103, musí se provést opatření k minimalizaci elektrického pole.

Praktické může být použití běžně dostupného výkonového zesilovače pro cívky s mnohem větším průměrem (než např. 1,2 m). Pro takové případy se musí provést příslušné upřesnění mezních hodnot pro velké Helmholtzovy cívky. Například spíše než požadavek na překročení mezí o 6 dB pro Helmholtzovy cívky se může požadovat, aby úroveň vyzařování byla vyšší o 3 dB než mezní hodnoty. Každé upřesnění musí schválit příslušná schvalovací organizace.

Před prvním použitím se musí cívky ověřit z hlediska schopnosti generování požadované magnetické indukce v pásmu 30 Hz až 100 kHz. Dostatečná rezerva se má dodržet pro kompenzaci potenciálních zatěžovacích vlivů blízkými metalickými konstrukcemi nebo magnetickými materiály. Musí se prokázat, že první rezonance se projeví na frekvencích vyšších než 100 kHz. Pro frekvence nad 10 kHz se hodnota složek elektrického pole zjistí přímým měřením nebo se aproximuje z poklesu napětí na cívkách s následným dělením jejich vzdáleností. Pokud není složka elektrického pole výrazně menší než meze RS103, musí se cívky uzavřít v nespojitém elektrostatickém stínění, aby se předešlo nejasnostem při interpretaci výsledků zkoušky susceptibility.

A.5.21 (8.21) RS103, susceptibilita na vyzařované emise, elektrické pole

Použití a mezní hodnoty: Požadavky jsou použitelné od 10 kHz do 40 GHz pro kryty i souvisící kabeláž EUT. Smyslem je zabezpečit, aby zařízení bezporuchově pracovalo

v přítomnosti elektromagnetického pole generovaného anténami na platformě i mimo platformu.

Není možno hledat vztah mezi požadavky metody RS103 a RE102. Mez metody RE102 je určena hlavně pro ochranu anténních konektorů přijímačů, zatímco metoda RS103 simuluje pole generované vysílací anténou.

Meze určené pro rozdílné použití jsou jednoduše založeny na očekávaných úrovních, které se vyskytují v průběhu životnosti zařízení. Meze nemusí představovat nejhorší případ prostředí, ve kterém se může zařízení instalovat. Vysokofrekvenční prostředí může být velmi proměnné, zvláště pro vysílače, které se nenachází na platformě. Meze mají úrovně, které postihují nejčastější případy včetně návrhu úrovní pro efekt, který se označuje „zadní vrátka“ (s výjimkou přímé vazby s anténami platformy nebo externě instalovaných zařízení) vycházejících ze zdrojů s vysokým RF výkonem. Paluby pro start letadel nejsou celkově krytá místa. Výzkumy na 9 letadlových lodí ukázaly, že na palubě se vyskytují významné úrovně v elektromagnetických polích. Při provozu palubních vysílačů se ve frekvenčním pásmu 2 MHz až 30 MHz objevily úrovně až 42 V/m. Znamená to, že zařízení, která jsou umístěna na takové palubě, musí ve frekvenčním pásmu 2 MHz až 30 MHz odolávat stejným úrovním, jaké se používají pro zařízení umístěná v podpalubí nekovových lodí (50 V/m).

Příklad, který demonstruje změny prostředí pro pozemní instalace a vyžaduje efektivní přizpůsobování daným požadavkům, je instalace radarového zařízení na velké pozemní základně. Některá z těchto zařízení vysílají výkonové úrovně vyšší než jednotky MW a proto mohou mít silné zadní anténní laloky. Je třeba přiřadit vhodné úrovně pro zařízení nacházející se v blízkém okolí.

Pro letadla a lodě jsou rozdíly mezních hodnot zvláště závislé na tom, zda je zařízení chráněno místní konstrukcí. Tato odlišnost neplatí pro systémy pozemních sil, například tanky, protože některá zařízení používaná uvnitř konstrukce jsou často použita i v jiných aplikacích, kde ochrana není k dispozici.

Požadavek intenzity 200 V/m pro letadla pozemních sil nebere v úvahu umístění nebo důležitost zařízení, ale je založen na použití letadla. Určité části vnějšího prostředí, týkající se těchto letadel, mají intenzitu větší než 200 V/m. Letadla pozemních sil, zvláště vrtulníky, mají letové profily, které jsou téměř výhradně s kopírováním terénu (NOE – nap-of-the-earth). Letové profily NOE dovolují mnohem bližší a delší působení výkonových vysílačů. Tento přístup je podobný přístupu FAA, který doporučuje, aby se vrtulníky využívající pravidla letu za viditelnosti (VFR – visual flight rules) ověřovaly vyššími úrovněmi než letadla.

V revizi F normy MIL-STD-462 se meze RS103 pro ponorky liší dle umístění zařízení vně nebo uvnitř. Uvnitř trupu je to 10 V/m pro frekvence vyšší než 30 MHz, což zohledňuje vliv přenosných vysílačů používaných v ponorce. Vně ponorky jsou meze přísnější. Tyto externí meze se musí použít pouze na zařízení, u kterých se požaduje plně provozní stav, když se nacházejí nad čarou ponoru. Zvláštní, méně přísné meze se požadují pro zařízení vně trupu chráněná konstrukcí ponorky (kovové kryty). Použití kruhově polarizovaných polí není dovolené v důsledku problémů s používáním spirálových antén specifikovaných v předchozích verzích MIL-STD-462. Kruhově polarizované pole bylo výhodné proto, že nebylo třeba otáčet lineárně polarizované antény pro získání obou polarizací vyzařovaného pole. Použití spirálových antén však přinášelo problémy. Na některých frekvencích není vyzařovací diagram spirálové antény vystředěn na osu antény. Také kruhová polarizace spirálové antény

Příloha A

(informativní)

zapřičiňuje nepřesnosti při vlastním použití. Může se očekávat snadnější reakce EUT a přidružené kabeláže na lineárně polarizovaná pole. Jestliže se použije druhá spirálová anténa pro kalibraci vyzařovaného pole z první spirálové kónické antény, pak se bude indikovat elektrické pole o 3 dB vyšší než v případě lineárně polarizované antény. Vystávají otázky, zdali by se nemělo u spirálově antény pro získání charakteristik podobných poli z lineárně polarizované antény vybudit pole o 3 dB vyšší. Podobně při kalibraci lineárně polarizované antény spirálovou kónickou anténou se indikuje hodnota o 3 dB nižší, než je správná hodnota. Zodpovědný orgán může prostřednictvím smluvních dokumentů změnit požadované úrovně a požadované frekvenční rozsahy založené na vysílačích konkrétních blízkých instalací. Ze vzdáleností mezi vysílačem a zařízením působícího stínění a z charakteristik vysílačů se mohou určit skutečné úrovně pole. MIL-HDBK-235-1 uvádí informace o vlastních i nepřátelských vysílačích instalovaných na zemi, ve vzduchu a na moři. Tyto vysílače přispívají k celkovému elektromagnetickému prostředí. Je třeba zvážit použití zařízení v jiné instalaci a možný příspěvek nebo změnu umístění RF vysílačů. Ostatní možné přízpusobování skutečnému prostředí je založeno na změně standardní impulzní modulace signálu 1 kHz nebo na použití modulací vycházejících ze skutečného prostředí platformy.

Požadavky RS103 pro lodě a ponorky platí pro pracovní frekvence přijímačů připojených k anténám; neexistuje žádné zmírnění jako v případě jiných platform. Použití bezdrátových zařízení jako jsou např. čtečky identifikačních štítků pomocí rádiových frekvencí (RFID), ruční vysílačky, bezdrátové místní sítě (WLAN) atd., se rychle rozšiřuje v podpalubí. Požadavky ochraňují přijímače v pracovním frekvenčním pásmu před zamýšleným vyzařováním bezdrátových zařízení (RF frekvence) v těsné blízkosti přijímačů, když platforma poskytuje odpovídající úroveň stínění (např. ztráty v mořské vodě mezi rušícím zařízením a anténou přijímače u ponorek), které zabraňuje, aby se vyzařování bezdrátového zařízení projevilo významně na provozu přijímačů. Požadavky zajišťují, že zařízení (přijímač) nereaguje na elektrické pole generované uvnitř konstrukce a neomezuje signály přijímané anténou. Intenzita elektrického pole ve vzdálenosti 1 m od typického bezdrátového zařízení s efektivním izotropním vyzařovaným výkonem (EIRP) 100 mW (což odpovídá přístupovému bodu WLAN 802.11, RFID a bezdrátové komunikaci) je 1,73 V/m. FCC omezuje efektivní izotropní vyzařovaný výkon WLAN na maximální hodnotu 1 W. Tato hodnota odpovídá pro výše uvedené podmínky intenzitě pole 5,5 V/m. Je třeba poznamenat, že pro pevné point-to-point systémy se používají antény s vyšším ziskem, které mohou zvýšit EIRP až na 4 W.

Revize G normy MIL-STD-462 změnila použitelnost RS103 pro laděné přijímače. Výjimka pro splnění RS103 na naladěné frekvenci platí pro letecká a vojenská zařízení. Pro zařízení námořnictva je RS103 použitelná na naladěné frekvenci, pokud není anténa trvale připojena ke zkušebnímu zařízení. Důvodem je, že na instalacích námořnictva může být anténa umístěna ve velké vzdálenosti od přijímače, proto je zkouška pro přijímače požadován. Vzhledem k tomu, že výjimka pro naladěné frekvence je závislá na instalaci, může být rozšířena i na jiné systémy, které jsou přizpusobeny této normě dle zadaných požadavků. U zařízení, kde je anténa trvale připojena, jako jsou přenosná zařízení nebo vysílače WiFi, se očekává, že dojde k rušení na laděné frekvenci. V těchto případech je požadováno, aby anténa/přijímač fungovaly po aplikaci elektrického pole. Proto jsou během zkoušky povoleny odezvy, když zkouška RS103 probíhá na naladěné frekvenci.

Pro letadla námořnictva ukázaly zkoušky susceptibilitu pod 100 MHz, která nebyla nalezena při aplikaci CS114, zejména pro EUT s mnoha konektory (uvažováno je souhlasné zapojení oproti nesouhlasnému). Navíc v námořnictvu vzrostlo použití vysokých frekvencí. Nižší počáteční frekvence 2 MHz pro letadla námořnictva je způsobena zvýšenou vysokofrekvenční expozicí. Letadla námořnictva, která jsou používána na pozemních základnách, by se měla začít zkoušet na 30 MHz.

Zkušební postupy: Povoluje se, aby organizace realizující zkoušku vybrala pro generování elektrického pole vhodnou aparaturu. Mohou se použít jakákoli zařízení generující elektrické pole jako antény, dlouhé drátové antény, buňky TEM, odrazové komory (používající laděný režim) nebo paralelní pásková vedení. Pole musí být uniformní pro celou zkušební sestavu. Pro frekvence vyšší než 30 MHz se musí generovat jak horizontálně, tak vertikálně polarizované pole. Tento požadavek může použití některých aparatur omezovat. Pro frekvence nižší než 30 MHz se požaduje pouze vertikálně polarizované pole s ohledem na obtíže s orientací dostupného zařízení zkoušky pro horizontální měření.

Snímače elektrického pole se musí v případě frekvencí nižších než 1 GHz umístit nejméně 30 cm na zemní plochu pro minimalizaci elektromagnetických okrajových podmínek zemní plochy, které ovlivňují pole zvláště v případě dlouhých vlnových délek. Pro frekvence vyšší než 1 GHz jsou tyto vlivy menší a objemy ozařované anténami s vyšším ziskem jsou menší. Snímače se tedy musí umístit do hlavního paprsku a ve výšce, která odpovídá ozařovanému zařízení.

Požadavek pro zajištění, že je snímač elektrické složky pole vystaven základní frekvenci, je prvotním požadavkem v případě bikónických antén, které mají pro nízké frekvence horší parametry. Harmonické složky, které mají vzhledem k základní frekvenci menší výkon, mohou vyzařovat vyšší úroveň než základní frekvence, protože anténa může mít pro harmonické frekvence vyšší účinnost. Tomuto jevu je možno se vyvarovat použitím vyzařovacího přenosového vedení nebo fyzicky dlouhé vysílací antény na nízkých frekvencích (přibližně nižších než 70 MHz).

Povoluje se i použití větších vzdáleností než 1 m mezi EUT a vysílací anténou. Tato možnost se uplatní v případě, že je k dispozici výkonový zesilovač, který umožňuje vytvořit odpovídající intenzitu elektrického pole v místě EUT při jedné poloze antény.

Při zkoušení velkých zařízení může být potřeba použít antény s větší šířkou vyzařovacího svazku, aby EUT a senzor byly v oblasti 3 dB. Pro splnění tohoto požadavku lze posunout anténu dále od EUT. To může vyžadovat použití výkonnějších zesilovačů pro dosažení požadované intenzity pole.

Požadavky na monitorování zdůrazňují měření správných elektrických polí. Zatímco při měření emisí vyzařovaných elektrických polí se neměří vždy skutečná hodnota, pro úroveň polí generovaných při zkouškách susceptibility jsou vhodné snímače s odpovídající citlivostí. Vyžadují se fyzicky malé a elektricky krátké snímače, takže elektrické pole se při měření místních polí v rozměrech snímače nemění. Vhodné jsou širokopásmové snímače, které nevyžadují ladění.

Použití více než jednoho snímače je přijatelné při umístění všech senzorů uvnitř vyzařovacího paprsku vysílací antény. Účinné pole se určí v průběhu odečtů. Jsou-li např. údaje ze tří senzorů 30 V/m, 22 V/m a 35 V/m, určí se úroveň účinného elektrického pole následovně: $(30 + 22 + 35) / 3 = 29$ V/m.

Příloha A

(informativní)

Různé snímače mohou využívat různé způsoby měření pole. Na frekvencích, kde neplatí podmínky vzdáleného elektromagnetického pole, se musí vybírat snímače s prvky citlivými na elektrické pole. Snímače, které detekují magnetické pole nebo výkonovou hustotu a převádějí je na elektrické pole, se nesmí použít. Pokud jsou splněny podmínky vzdáleného pole, zaznamenávají všechny snímače stejné výsledky. Pro modulované signály se musí použít korekční faktory, aby se realizovala odpovídající vrcholová detekce, jak se diskutuje v článku 7.3.10.1. Typické metody pro určení korekčních faktorů těchto snímačů jsou následující:

- a) Vygeneruje se pole na vybrané frekvenci pomocí nedomulovaného zdroje.
- b) Intenzita pole se nastaví (nebo se umístí snímač) tak, aby se údaj na displeji snímače blížil maximální hodnotě celého rozsahu, a zaznamená se hodnota.
- c) Moduluje se pole dle požadavků (normálně obdélníkové impulzy 1 kHz se střídou 50 %) a nastaví se zdroj tak, aby pole mělo tutéž vrcholovou hodnotu; k určení se může použít měřicí přijímač s nastaveným vrcholovým detektorem a přijímací anténa.
- d) Zaznamená se údaj z displeje snímače.
- e) Pro určení korekčního faktoru se podělí údaj z výše uvedeného kroku b) údajem získaným v kroku d) (pokud je údaj v dB pak se oba údaje od sebe odečtou).
- f) Postup se opakuje na několika frekvencích.

Pro zařízení a subsystémy, které mají oddělené uzavřené prostory nebo kabeláž v různých částech platformy, může nastat potřeba získat údaje z více než jednoho uspořádání. Například v letecké instalaci, kde je závěs zbraně umístěn mimo konstrukci letadla a jeho připojovací kabeláž je uvnitř konstrukce letadla, se mohou použít dvě různé meze. Rozdílné soubory údajů se mohou vyžadovat pro ohodnocení potenciální susceptibility závěsu vlivem vazeb v místě uchycení nebo vazeb kabeláže. Nezkoušená část zařízení se musí chránit vhodným stíněním.

Odrazové komory, využívající techniku laděného buzení, jsou výhodné pro vyhodnocování účinnosti stínění a v některých případech se používají pro zkoušení susceptibility zařízení a subsystémů na vyzařované emise. Koncepce odrazových místností spočívá v buzení takových režimů šíření elektromagnetických vln, kdy se nastavuje proměnné rozložení stojatých vln v komoře. K vybudování elektromagnetických vln se používá vysílací anténa. Nepravidelně tvarované ladicí zařízení (nastavující módy) se otáčí, aby vybudilo různé módy, a mění tak rozložení stojatých vln v komoře. Jakékoli fyzické místo v komoře dosáhne stejné vrcholové intenzity pole v nějaké pozici ladicího zařízení.

Odrazové komory mají výhodu ve vytvoření relativně vyšších úrovní pole než jiné technologie s odpovídající vstupní energií. Kromě toho je méně kritická situace oddělených prostorů EUT, které budou vystaveny stejné vrcholové hodnotě při nějaké poloze ladicího zařízení. Chování jednotlivých odrazových komor je závislé na mnoha faktorech zahrnujících rozměry, kvalitu Q komory, počet dostupných režimů šíření a použitelné frekvenční pásmo.

Existují zde však i některé problémy. Polarizace a rozložení pole vzhledem k poloze EUT je obecně neznámá pro každý časový okamžik. Může se vyskytnout problém, že není zřejmý bod vstupu do EUT.

Chování každé jednotlivé komory se musí ověřit, aby se určila vhodnost jejího použití pro zkoušku v určitém frekvenčním pásmu.

Pokud mají odrazové komory správně fungovat, musí se konstruovat dle následujícího návodu:

- a) Ladicí prvek musí být kovový a musí umožňovat otáčení o 360° v nejméně 200 krocích. Musí být asymetrický s nejmenším rozměrem $\lambda / 3$ nejnižšího použitelné frekvence zkoušky a největším rozměrem přibližně 75 % nejmenšího rozměru komory.
- b) V prostoru komory nesmí být žádné absorpční materiály jako stoly, židle, dřevěné podlahy, police apod. Nosné prvky musí být z vysoce hustého pěnového materiálu.
- c) Vysílací a přijímací antény musí být nejméně 1 m ($\lambda / 3$ dle aktuální instalace) od jakýchkoliv stěn nebo objektů a musí se umístit tak, aby se zamezilo vzájemnému osovému zamíření hlavních laloků dvou antén nebo mezi EUT a hlavním lalokem kterékoli antény.
- d) Nejnižší použitelná frekvence je závislá na rozměru komory. Pro určení nejnižší frekvence dané komory se musí použít následující postup:

- (1) Pomocí následujícího vzorce se určí počet možných módů (N), které se mohou na dané frekvenci vybudit. Pokud je pro danou frekvenci $N < 100$, nesmí se komora pro tuto a nižší frekvenci použít.

$$N = \frac{8 \cdot \pi}{3} \cdot a \cdot b \cdot d \cdot \frac{f^3}{c^3},$$

kde jsou

a, b, d vnitřní rozměry komory [m],

f pracovní frekvence [Hz],

c rychlost šíření světla ($3 \cdot 10^8$ m/s).

- (2) Pro stanovení nejnižší použitelné frekvence se použije metoda podrobně popsána v ČSN EN 61000-4-21 ed. 2, která vychází z uniformity pole. Poznámka: Kalibrační procedura uvedená v ČSN EN 61000-4-21 ed. 2 může být nahrazena procedurou uvedenou v kapitole 8.21.4.4. Náhrada údajů z postupu uvedeném v ČSN EN 61000-4-21 ed. 2 do rovnic z kapitoly 8.21.4.4 není povolena.
 - (3) Popsaná metoda je určena pro komoru vhodnou pro použití nad 200 MHz. Pokud se použije podstatně větší komora, hodnoty tabulky 13 mohou být přizpůsobeny pro a nad 200 MHz, s minimálně 12 polohami rozmítadla. V tomto případě se bere v úvahu uniformita pole pro výpočet požadovaného počtu poloh rozmítadla.
- e) Aby se zajistila časová odezva komory, která je dosti rychlá pro zkoušky impulzními tvary vlny (jiné než 1 kHz, střída 50 %), musí se stanovit časová konstanta komory dle následujícího postupu:
 - (1) Vypočte se jakost Q komory:

Příloha A
(informativní)

$$Q = \left(\frac{16 \cdot \pi^2 \cdot V}{\eta_{Tx} \cdot \eta_{Rx} \cdot \lambda^3} \right) \cdot \left(\frac{P_{ave\ rec}}{P_{forward}} \right),$$

kde je:

- η_{Tx} a η_{Rx} účinnost pro vysílací a přijímací anténu (může se uvažovat 0,75 pro logaritmicko-periodickou a 0,9 pro trychtýřovou),
 V objem komory [m^3],
 λ délka vlny ve volném prostoru [m],
 $P_{ave\ rec}$ průměrný výkon přijatý během jedné otáčky rozmítadla,
 $P_{forward}$ výkon přivedený na vstupu do komory, na kterém se měří při otáčení ladicího zařízení $P_{ave\ rec}$.

(2) Vypočte se časová konstanta τ komory:

$$\tau = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot f},$$

kde Q je jakost komory a f frekvence [Hz].

(3) Je-li časová konstanta větší než 0,4 šířky impulzu modulační vlny, musí se přidat absorpční materiál, nebo se musí zvětšit šířka impulzu. Pokud se přidá absorpční materiál, opakujte měření pro výpočet Q . Postup se opakuje, až časová konstanta vyhovuje. Po použití absorbérů se požaduje definovat novou nejnižší frekvenci $CLF(f)$.

f) Před použitím komory se musí ohodnotit účinnost ladicího zařízení na dolní a horní použité frekvenci v bodech mezi koncovými body nepřekračujícími rozsah 1 GHz. Pro ohodnocení účinnosti postupného překrývání prostoru se injektuje CW signál s požadovanou frekvencí a zaznamená se čistý přijatý výkon ve 200 pozicích ladicího zařízení rovnoměrně rozložených přes 360° jeho otáčení. Určí se korelační koeficienty mezi původním souborem přijatých výkonů a následujícími soubory získanými rotací poslední pozice dat původního souboru na první pozici s následným posuvem zbývajících dat o jednu pozici vpravo, jak je ukázáno níže.

Původní údaje	D1, D2, D3, ..., D200
Posunuté údaje (1)	D200, D1, D2, ..., D199
Posunuté údaje (2)	D199, D200, D1, D2, ..., D198
Posunuté údaje (3)	D198, D199, D200, D1, D2, ..., D197
Posunuté údaje (4)	D197, D198, D199, D200, D1, D2, ..., D196
Posunuté údaje (5)	D196, D197, D198, D199, D200, D1, D2, ..., D195

Korelační koeficient v pěti posunech dat se má snížit pod 0,36. To zajišťuje správnou funkci ladicího zařízení. Když ladicí zařízení při zkoušce nevyhoví, musí se realizovat nové: buď větší nebo složitější nebo větší a složitější.

g) Při konstrukci odrazové komory se musí použít norma ČSN EN 61000-4-21 ed. 2.

A.5.22 (8.22) RS105, susceptibilita na vyzařované emise, elektromagnetické pole přechodových jevů

Použití a mezní hodnoty: Tento požadavek je určen k ověření, že EUT odolá přechodovému jevu s rychlým náběhem elektromagnetického impulzu (EMP) ve volném prostoru. Je použitelný pouze pro kryty zařízení přímo vystavené zkušebnímu poli mimo konstrukci platformy nebo ve špatně stíněné nebo nestíněné konstrukci platformy. Tyto požadavky se mohou upřesnit z hlediska nastavení úrovně amplitudy buď výše nebo níže dle stupně zvýšení úrovně pole nebo jeho snížení v prostoru platformy, kde je zařízení umístěno. Požadavek se týká pouze krytů. Elektrické rozhraní kabeláže se musí chránit ve stíněných elektroinstalačních trubkách. Možné odezvy zařízení způsobené vazbou do kabelů se ověřují zkouškou CS116.

Zkušební postupy: Pro ochranu EUT, monitorovacího a simulačního zařízení musí být veškerá kabeláž opatřena celkovým stíněním. Kabeláž musí být co nejkratší a orientována tak, aby vazba polí EMP byla co nejmenší.

Pole EUT se simuluje v laboratoři pomocí ohraničených zářičů TEM vlny jako TEM buňky nebo přenosové vedení s paralelními plochami. Pro ověření, že EUT významně neovlivní rozložení pole ve zkušebním objemu, musí se rozměry EUT rovnat nebo být menší než třetina vzdálenosti mezi plochami simulátoru. V těchto simulátorech je elektrické pole kolmé k povrchům zářiče. Protože polarizace dopadajícího pole EMP v instalaci není známa, musí se EUT zkoušet ve všech pravoúhlých osách.

Požadavek na zahájení zkoušky při 10% stanovené mezní hodnotě a následném zvyšování úrovně amplitudy ve dvou až třech krocích má několik důvodů. Při této zkoušce hrozí nebezpečí trvalého poškození zařízení a zahájení zkoušky na nižších úrovních představuje jistý způsob ochrany. Zařízení může také vykazovat problémy se susceptibilitou při nižších zkušebních úrovních, které se u vyšších úrovní nemusí projevit díky ochranným prvkům. Při nižších zkušebních úrovních se nemusí ochranné prvky aktivovat, což má za následek vyšší namáhání následujících obvodů, než jaké je při aktivaci ochranných prvků.

Na kabelech s nevhodnou izolací nebo s „prosakujícími“ konektory se mohou vyskytnout nesymetrické signály. Metoda zjištění možných problémů je následující:

- a) změří se elektrické pole sondou B-dot nebo D-dot,
- b) sonda se otočí o 180°,
- c) znovu se změří elektrické pole a signál se invertuje,
- d) oba signály se překryjí a provede se jejich rozdíl,
- e) výsledkem je nesymetrický signál.

Jestliže se objeví významná úroveň, je nutno provést úpravu sestavy, například utažení konektorů a provedení důsledného oddělení, jako je lepší odstínění kabelů, alternativní trasy vedení nebo stínící bariéry.

(VOLNÁ STRANA)

(VOLNÁ STRANA)

Účinnost českého obranného standardu od: **29. dubna 2020**

Změny:

Změna číslo	Účinnost od	Změnu zpracoval	Datum zpracování	Poznámka

U p o z o r n ě n í: Oznámení o českých obranných standardech jsou uveřejňována měsíčně ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví v oddíle „Ostatní oznámení“ a Věstníku MO.
V případě zjištění nesrovnalostí v textu tohoto ČOS zasílejte připomínky na adresu distributora.

Rok vydání: 2020, obsahuje 120 listů

Distribuce: Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471/4, 160 01 Praha 6

Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti
www.army.cz/mo/oos

NEPRODEJNÉ
