

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Software emcware® pro testování v elektromagnetické
kompatibilitě**

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Kubík, Ph.D.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací


Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Štěpán PETŘÍK**
Osobní číslo: **E14B0335P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Software emcware® pro testování v elektromagnetické kompatibilitě**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Prostudujte software emcware od společnosti AR Inc., který slouží pro řízení a vyhodnocování testů při měření v elektromagnetické kompatibilitě (EMC).

1. Vypište nejdůležitější parametry softwaru emcware® pro řízení a vyhodnocování testů EMC. Zaměřte se také na možnosti licencování softwaru.
2. Porovnejte software emcware® s obdobnými dostupnými softwary.
3. Uveďte seznam podporovaných zařízení softwarem emcware®. Do softwaru implementujte přístrojové vybavení laboratoře EMC pro měření před-certifikačních a certifikačních EMC testů.
4. Vytvořte měřicí řetězce a základní testy dle platné legislativy. S nimi poté proveďte experimentální měření.
5. Zhodnoťte možnosti využití softwaru emcware® pro EMC testování.

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na zkoumání volně šiřitelného programu emcware® od společnosti AR Inc. Tento program je určen pro základní měření v elektromagnetické kompatibilitě – pro testování odolnosti a pro měření rušivých emisí elektronických zařízení. Práce řeší problematiku rušivých emisí zařízení jak po vedení, tak emisí vyzařovaných. První část práce obsahuje základní teorii k elektromagnetické kompatibilitě a teorii potřebnou k provedení měření. V druhé části je teoretický rozbor programu emcware®, kde byl zkoumán postup pro měření emisí. Poslední část obsahuje testovací měření emisí na vedení pro dotykový regulátor osvětlení, jenž byl testovaným zařízením. Dále pro měření vyzařovaných emisí byl využit testovací generátor o frekvenci 24 MHz. Závěr obsahuje shrnutí výsledků měření a možné použití programu v praxi.

Klíčová slova

Elektromagnetická kompatibilita, měření emisí, emcware, emise na vedení, vyzařované emise.

Abstract

In this thesis is examined free software emcware® from company AR Inc. This software is designed for basic measurement of electromagnetic compatibility – for immunity testing and for measurement of disturbing emissions from electronic devices. For this thesis is examined measurement of radiated emissions and conducted emissions. The first part of the thesis contains basic theory of electromagnetic compatibility and theory needed for measurements. In the second part is theoretical analysis of the software emcware®, where is examined procedure for emission measurement. The last part of the thesis contains test measurements of conducted emissions for touch lightning control, which was used as a testing device. For measurement of radiated emissions was used testing generator with 24 MHz frequency. Conclusion includes summaries of measurement results and possible use of the program in practice.

Key words

Electromagnetic compatibility, measurement of emissions, emcware, conducted emissions, radiated emissions.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 30.5.2016

Štěpán Petřík

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA	10
1.1 ROZVOJ.....	10
1.2 DĚLENÍ A ZÁKLADNÍ POJMY EMC.....	10
1.2.1 EMC biologických systémů.....	10
1.2.2 EMC technických systémů.....	11
1.2.3 Základní pojmy EMC.....	12
1.3 MĚŘENÍ RUŠIVÝCH SIGNÁLŮ.....	13
1.4 MĚŘENÍ RUŠENÍ NA VEDENÍ.....	14
1.5 MĚŘENÍ ANTÉN.....	15
1.5.1 Měření v bezodrazovém prostoru.....	17
2 SOFTWARE EMCWARE®	19
2.1 REGISTRACE A PLNÁ VERZE PROGRAMU.....	19
2.2 HLAVNÍ NABÍDKA PROGRAMU.....	20
2.3 SEZNAM ZAŘÍZENÍ.....	21
2.4 NASTAVENÍ ZAŘÍZENÍ.....	23
2.5 NASTAVENÍ TESTU.....	24
2.6 MĚŘENÍ EMISÍ.....	26
2.6.1 Emise na vedení.....	26
2.6.2 Vyzařované emise.....	30
2.7 ULOŽENÉ SOUBORY Z MĚŘENÍ.....	32
3 ZKUŠEBNÍ MĚŘENÍ	33
3.1 MĚŘENÍ EMISÍ NA VEDENÍ.....	34
3.2 MĚŘENÍ VYZAŘOVANÝCH EMISÍ.....	37
4 ZÁVĚR	39
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	41

Seznam symbolů a zkratk

EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EMI.....	Elektromagnetická interference
EMS	Elektromagnetická susceptibilita
LISN	umělá síť (Line impedance stabilizing network)
ČSN EN	Česká technická norma
E4411B	Spektrální analyzátor Agilent
ESPR7.....	EMI přijímač R&S
vf.....	Vysokofrekvenční
Hr	Intenzita magnetického pole rušení
Er	Intenzita elektrického pole rušení
Pr.....	Výkon rušení
Ur	Napětí rušení
Ir	Proud rušení

Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na zkoumání a zkušební měření se softwarem emcware® od společnosti AR Inc., který je volně šiřitelný a obsahuje základní měřicí řetězce pro měření v elektromagnetické kompatibilitě. Může být testována odolnost zařízení proti vysokofrekvenčním polím, kde je nastavení určeno pro výrobky AR Inc. a v této práci je řešeno měření emisí s podporou tohoto programu.

Práce se skládá ze tří částí, kde v první části je řešena teorie k problémům, týkajících se elektromagnetické kompatibility a teorie k měření emisí, které budou prováděny.

Druhá část je zaměřena na popis programu, důležité informace při instalaci a aktivaci programu. Dále se tato část zaměřuje na přidávání nových zařízení do programu, vytvoření měřicího řetězce a teoretický popis postupu měření.

Třetí a poslední část je zaměřena na zkušební měření vyzařovaných a konduktivních emisí programem emcware®. Jako testovací zařízení byl použit dotykový regulátor osvětlení pro emise na vedení a pro vyzařované emise testovací generátor o frekvenci 24 MHz.

1 Elektromagnetická kompatibilita

Elektromagnetická kompatibilita je schopnost zařízení, systému nebo přístroje fungovat v prostředí, kde působí jiné zdroje elektromagnetického signálu. Zároveň nesmí ovlivňovat své okolí a produkovat signály, které by ovlivnily ostatní zařízení.

1.1 Rozvoj

Důvodem samostatného rozvoje EMC bylo, že za poslední desetiletí stoupla úroveň elektrických zařízení a spotřebičů. Zařízení a spotřebiče mohou pracovat ve velkých kmitočtových pásmech a tím rušit své okolí. Jak řekl H. M. Schlicke, jeden ze zakladatelů EMC jako samostatného oboru, v roce 1968: „Systém může být sám o sobě dokonale spolehlivý, bude však bezcenný v provozu, pokud nebude současně elektromagneticky kompatibilní. Spolehlivost a elektromagnetická kompatibilita jsou neoddelitelnými požadavky na systém, jenž má fungovat v každé době za všech okolností.“ [1]

V dnešní praxi pracují citlivá zařízení v okolí se silným rušením a tím vznikají obtížné situace. Např. do ústředny, která je spojena s množstvím čidel, k nimž vedou až metrové kabely nesoucí nízký signál. Tyto kabely jsou vystaveny rušivému okolí, kde v kabelu může vzniknout indukované napětí o velikosti až stovek voltů. To může mít za následek špatné vyhodnocení informace nesené v kabelu a důsledek by mohl být až fatální. [1]

1.2 Dělení a základní pojmy EMC

EMC můžeme rozdělit do dvou hlavních oblastí:

1.2.1 EMC biologických systémů

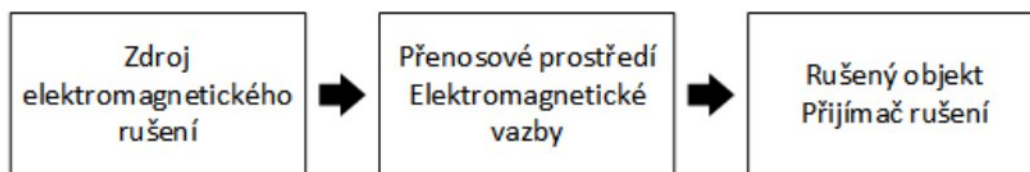
Tato oblast se zabývá vlivy elektromagnetických signálů na živé organismy. Na každého působí elektromagnetické pole jinak, a proto je problematické dojít k určitému závěru v této oblasti působení elektromagnetického pole. Účinky elektromagnetického pole závisí na jeho charakteru a době působení na organismus.

Člověk se v dnešní době s vlivem elektromagnetického pole setkává všude, např. na pracovištích, obytných zónách od přijímačů a vysílačů a doma od bezdrátových komunikací Wi-Fi nebo GSM. Člověk je těmito vlivům vystaven denně, a proto je těžké určit obecný důsledek pro organismus.

V České republice se tímto problémem zabývá Nařízení vlády č. 291/2015 Sb [11], o ochraně zdraví před neionickým zářením, které stanoví pohyb a práci v elektromagnetickém poli. [2]

1.2.2 EMC technických systémů

Tato oblast se zabývá vzájemnou interakcí mezi technickými prostředky. Pro zkoumání zařízení nebo systému lze vycházet z tzv. základního řetězce pro elektromagnetickou kompatibilitu, uveden na *Obr. 1.2.1*. Tento řetězec ukazuje tři základní složky při vyšetřování EMC.



Obr. 1.2.1 Základní řetězec EMC

První část zkoumá zdroje, charakter a intenzitu elektromagnetického rušení. Patří sem přírodní a uměle vytvořené zdroje. Mezi zdroje přírodní můžeme řadit např. Slunce, elektromagnetické rušení z atmosféry, apod. Mezi zdroje umělé, vytvořené člověkem, můžeme řadit např. elektrické motory, různá elektrická zařízení, apod.

Druhá část zkoumá prostředí a vazby mezi zdrojem a přijímačem, tj. zda energie, která se dostává od vysílače k přijímači, je rušena.

Třetí část zkoumá přijímače rušení. Na základě jejich konstrukčních a technologických parametrů vyplývá jejich elektromagnetická odolnost.

V praxi se snažíme co nejvíce se přiblížit tomu, aby byl systém absolutně kompatibilní. Toho by šlo dosáhnout, kdybychom ze základního řetězce odstranili jakoukoliv část. Proto se zaměřujeme na jednu ze tří částí řetězce, abychom úpravou dané části dosáhli nejvyšší efektivity elektromagnetické kompatibility. [3]

1.2.3 Základní pojmy EMC

Problematika EMC může být rozdělena do dvou základních skupin:

- ***Elektromagnetická interference (EMI)***

Jde o proces, kde je signál ze zdroje rušení přenesen prostřednictvím vazby do rušených zařízení. Zaměřuje se na příčiny rušení a následně jejich odstranění.

- ***Elektromagnetická susceptibilita (EMS)***

Vyjadřuje schopnost zařízení pracovat bez poruchy v prostředí, kde se vyskytuje elektromagnetické rušení. Zaměřuje se především na odstranění důsledku rušení bez odstraňování jejich příčin.

Tyto oblasti obsahují společný postup při měření. Avšak nejdůležitější měření je pro EMI, kde se vyhledávají možné zdroje rušení. Při měření oblasti EMC je důležité to, že i měřicí přístroje mohou být zdrojem elektromagnetického rušení. [3]

Dále je důležitým parametrem úroveň vyzařování a úroveň odolnosti systému.

- ***Úroveň vyzařování***

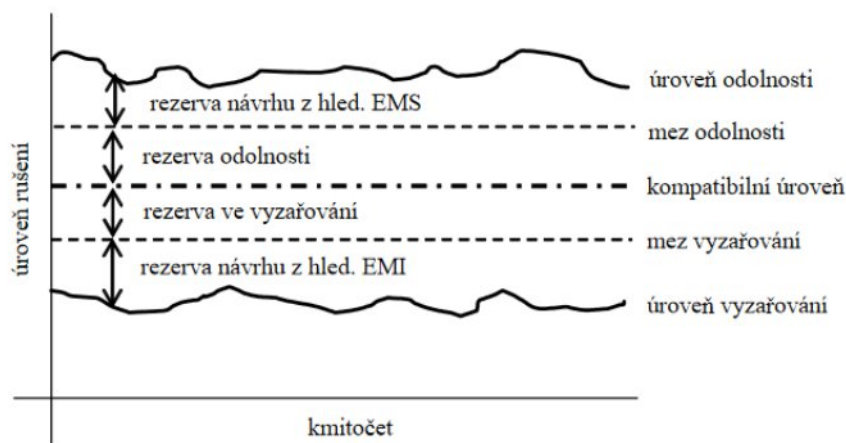
Je úroveň vyzařování určitého systému nebo spotřebiče. Mez vyzařování je daná normou pro určité systémy a spotřebiče. Rozdíl úrovně a meze vyzařování udává rezervu systému z hlediska EMI.

- ***Úroveň odolnosti***

Je úroveň maximálního rušení, působícího na určitý systém, kdy je ještě zachována schopnost provozu. Mez odolnosti je opět daná normou. Rozdíl úrovně a meze odolnosti udává rezervu systému z pohledu EMS.

Rozpětí mezi mezí vyzařování a mezí odolností nám určuje tzv. rozpětí EMC systému. V normě je též zadána hodnota pro tzv. kompatibilní úroveň, jakožto maximální hodnota

celkového rušení, kde se předpokládá, že bude ovlivňovat systém nebo spotřebiče provozované za určitých podmínek. Tato úroveň je volena tak, aby celkové rušení systému nepřekročilo tuto hodnotu. Na Obr. 1.2.2 můžeme vidět graf souvislostí mezi výše zmíněnými parametry pro systém. [4]



Obr. 1.2.2 Úroveň rušení systému v závislosti na frekvenci vyzařování [5]

1.3 Měření rušivých signálů

Měření je nejdůležitější část EMC, protože žádný systém není dokonale odolný a měřením dosáhneme určitých výsledků navrženého nebo testovaného systému z hlediska vyzařování rušivých signálů. Díky měření se mohou stanovit maximální hodnoty přípustné pro systém z hlediska rušivých signálů. Samotný měřicí přístroj může být jak zdrojem, tak i přijímačem rušivých signálů, a to je důležité respektovat.

Rušivý signál se může šířit třemi možnými způsoby:

- **Vedením**

Šíření vedením např. napájecí vedení systému. Elektromagnetickým rušením jsou napětí U_r , proud I_r , a v některých případech může být rušivý signál výkonu P_r .

- **Vazbou**

Elektromagnetické nebo magnetické vazby blízkého pole mezi dvěma systémy, které jsou blízko sebe. Rušení způsobuje parazitní intenzita elektrického pole E_r a intenzita magnetického pole H_r .

- **Vyzařováním**

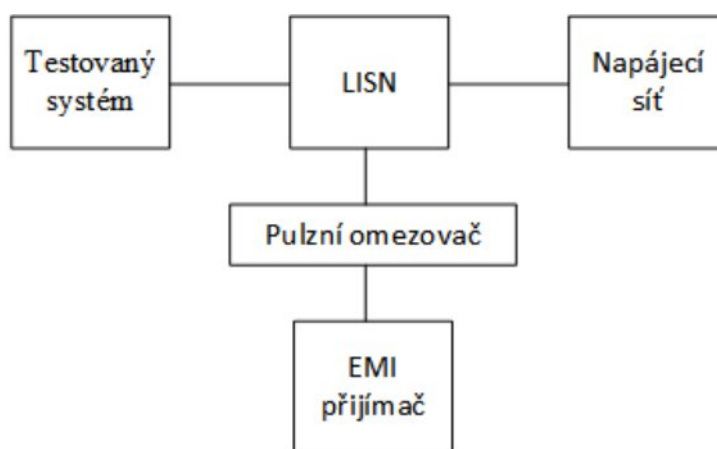
Vyzařování elektromagnetických vln vzdáleného pole mezi vzdálenými objekty na vyšších kmitočtech. Rušením je opět parazitní intenzita elektrického pole E_r a intenzita magnetického pole H_r . [6]

1.4 Měření rušení na vedení

K měření rušení na vedení jsou nejčastěji používány umělé sítě nebo napěťové sondy. Umělé sítě se označují zkratkou LISN (Line impedance stabilizing network) a využívají se pro měření rušivých signálů, které se šíří po vedení testovaného zařízení a tyto rušivé signály vystupují z testovaného zařízení právě po tomto vedení.

Na *Obr. 1.4.1* je blokové schéma zapojení přístrojů pro měření rušivých signálů na vedení LISN. Tato síť plní tři hlavní funkce:

- *Připojuje měřící zařízení k testovanému systému pro celý rozsah měřených frekvencí.*
- *Zajišťuje, aby na vstup měřícího zařízení se dostal jen rušivý signál z testovaného systému, ale nikoli rušivý signál z napájecí sítě.*
- *Zajišťuje impedanční přizpůsobení měřícího zařízení k výstupním svorkám umělé sítě LISN a zajišťuje definovanou hodnotu na výstupních svorkách u testovaného systému.*



Obr 1.4.1 Blokové schéma zapojení s LISN

Právě impedanční přizpůsobení LISN je důležitá funkce. Ze strany měřicího zařízení je v celém pásmu kmitočtů impedance LISN přibližně rovna impedanci měřicího přístroje a ze strany testovaného systému se impedance LISN chová jako impedance příslušné napájecí sítě v daném pásmu kmitočtů.

Tato impedance je normována dle ČSN EN 55016[12], která předepisuje velikost impedance pro příslušné kmitočtové pásmo a pro druhy vnější napájecí sítě. Pro měření se pak použije umělá síť LISN, která simuluje vnější napájecí síť, kde je předpokládaná činnost testovaného zařízení.

Měření s umělou sítí mohou být prováděna v kmitočtovém pásmu 9 kHz až 30 MHz (až 108 MHz pro automobilový průmysl). Dále umělá síť musí, kromě svých funkcí, splňovat určité bezpečnostní a provozní podmínky jako např. nutnost připojení k umělé síti zemnicí vodiče, které zabezpečí umělou síť před náhodným zkratem a další. [7]

1.5 Měření antén

Rušivé signály vyzářené do prostoru na kmitočtech od 10 kHz až do 6 GHz jsou měřeny pomocí různých antén. Právě EMI přijímač je doplněn o některou z antén, aby mohl měřit pole elektromagnetického rušení, které má význam zejména v oblasti kmitočtů od 30 MHz výše. Přehled antén, jejich kmitočtový rozsah a složka měřená anténou se nachází v tabulce 1.5.1.

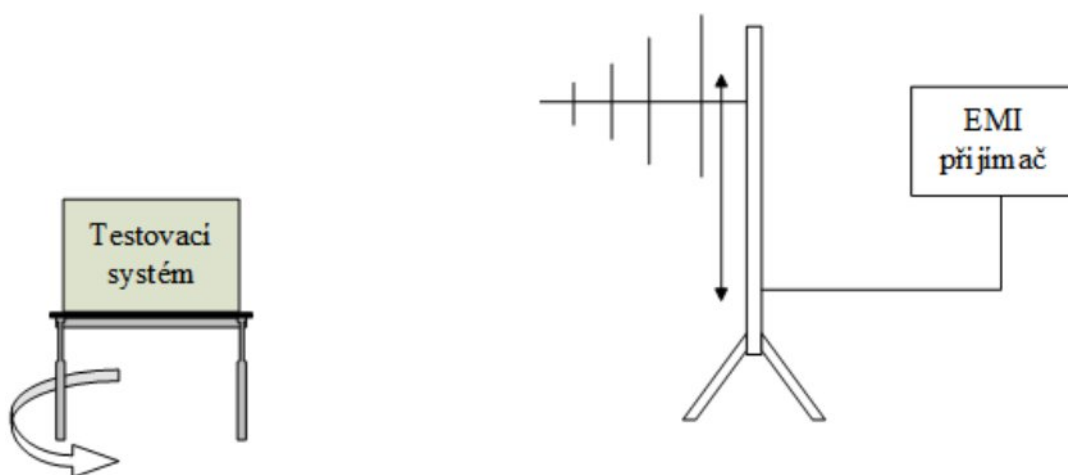
Tabulka 1.5.1 Měřicí antény pro EMI

Typ antény	Rozsah kmitočtu [MHz]	Měřená rušivá složka anténou
Rámová (smyčková)	0, 009-30	H_r
Prutová (monopól)	0, 009-30	E_r
Symetrické (laděné) dipóly	30-1000	E_r
Bikónická	20-300	E_r
Logaritmicko-periodická	200-3000	E_r
Kónicko-logaritmická	200-3000	E_r
Složená širokopásmová	20-2000	E_r
Trychtýřové	1000-40000	E_r, H_r

V kmitočtech do 30 MHz je hlavní rušivou složkou intenzita magnetického pole H_r , dále při vyšších kmitočtech působí hlavně složka elektrického pole E_r .

V dnešní praxi jsou využívány antény, které měří do 1 GHz, popřípadě do 3 GHz. Následně pro měření do 6 GHz je využívána jiná anténa.

Na *Obr 1.5.1* je znázorněno blokové schéma pro měření s anténou. Na levé straně obrázku se nachází otočný stůl, který otáčí s testovaným zařízením v určitých krocích. Na pravé straně se nachází anténa, která je umístěna na stojanu, jenž umožňuje změnu její polarizaci a výšku.



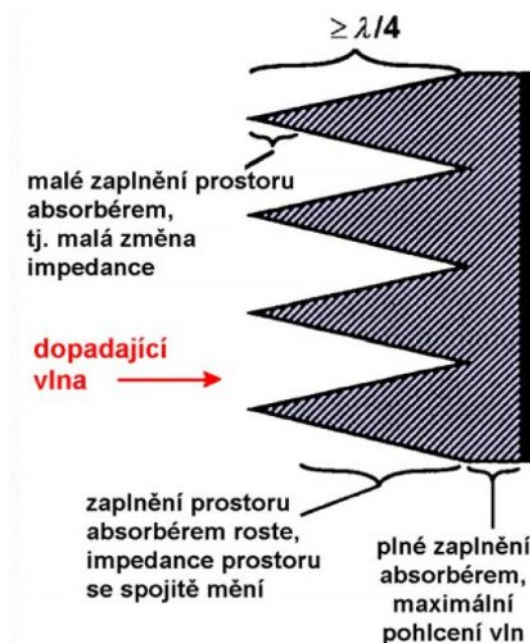
Obr 1.5.1 Blokové schéma pro měření vyzařovaných emisí

Při měření je rušivé elektromagnetické pole v místě antény složeno z přímé vlny a odražené vlny od povrchu země. Avšak při měření nad 1 GHz jsou používány absorbéry, které jsou umístěny na povrchu země a tím nedochází k odrazům. Vzájemné fáze a intenzita rušivého pole závisí na výšce antény nad zemí. Při měření se anténa nastaví do takové výšky, kde je intenzita rušivého pole maximální. Toto se provádí při obou polarizacích měřicí antény pro zjištění, kdy je intenzita rušivé složky největší. V případě potřeby je důležité natočit testované zařízení tak, aby se opět zjistila maximální možná intenzita rušivého napětí. [8]

1.5.1 Měření v bezodrazovém prostoru

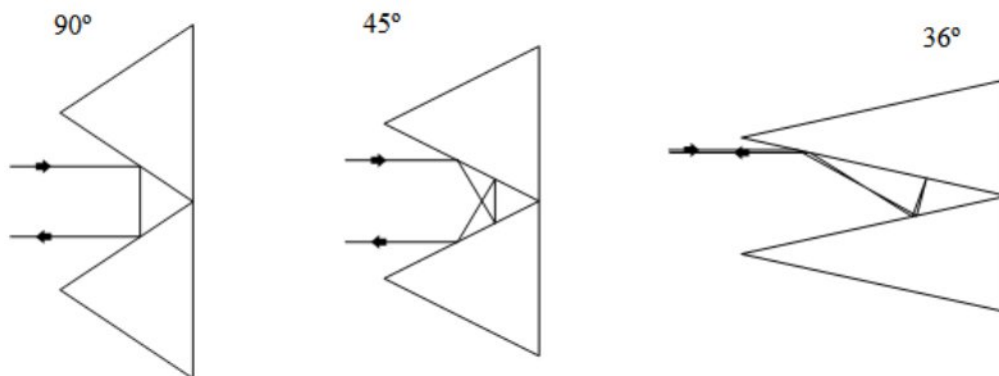
Základní myšlenkou je, aby se výkon vyzářený anténou neodrážel zpět do prostoru, a zároveň komora nesmí být rušena okolím. Tyto komory jsou prostory určitých rozměrů a jejich konstrukce musí být vyrobena z dobře vodivého materiálu, aby rušivý signál nepronikl dovnitř.

Dnes nejpoužívanějším způsobem těchto bezodrazových komor je místnost obložená jehlany, které pohlcují záření. Konstrukce jehlanového absorbéru je tvořena tak, že špičku zaplňuje pouze jeho malá část a prostor u zdi je úplně zaplněn. Obr. 1.6.1. zobrazuje konstrukci jehlanu, kde délka $\lambda/4$ je minimální výškou jehlanu pro nejnižší pracovní kmitočet. Tato minimální výška vyplývá z úvahy, že stěny komory jsou elektromagneticky nepropustné a tím se nachází uvnitř komory nulový činitel odrazu, ale pouze na jediném kmitočtu, a proto právě odstup materiálu s impedancí prostoru od kovové stěny je právě $\lambda/4$.



Obr 1.6.1 Konstrukce jehlanů pro bezodrazové prostory [9]

Díky vlivu zkosení jehlanu se odražené vlny nevrací ihned do prostoru, ale odrazí se do protějšího jehlanu, a až následně do prostoru. Tím se další část odražené vlny absorbuje a do prostoru se dostane vlna, která má celkovou energii výrazně menší než by tomu bylo po prvním odrazu. V dnešní praxi se úhel dvou jehlanů blíží kolem 25°. Obr 1.6.2 vyobrazuje směr odražených vln pod určitým úhlem jehlanů.



Obr 1.6.2 Odražená vlna pod různým úhlem dvou jehlanů

Komory mohou být konstruovány jako plně nebo jen částečně absorpční. U plně absorpčních komor jsou obloženy stěny, strop a podlaha jehlany a komora tvoří téměř nekonečný prostor. U komor částečně absorpčních jsou obloženy stěny a strop, ale podlaha není obložena, a tak může způsobit odrazy.

Největší nevýhodou těchto komor je jejich vysoká cena. [9]

2 Software emcware®

Emcware® je volně dostupný software pro měření elektromagnetické kompatibility. K získání programu je potřeba registrace na internetových stránkách firmy AR Inc. Program obsahuje měřicí řetězce pro:

- *testování odolnosti vyzařovaným vf. polem*
- *testování odolnosti indukovaným vf. polem*
- *měření emisí vedením*
- *měření vyzařovaných emisí*

2.1 Registrace a plná verze programu

Jak již bylo řečeno, pro získání programu je nutná registrace na stránkách firmy AR Inc. Po registraci bude zaslán email s odkazem pro stažení programu emcware®. Email je doručen několik dní od registrace, z důvodů vyhodnocení žádosti.

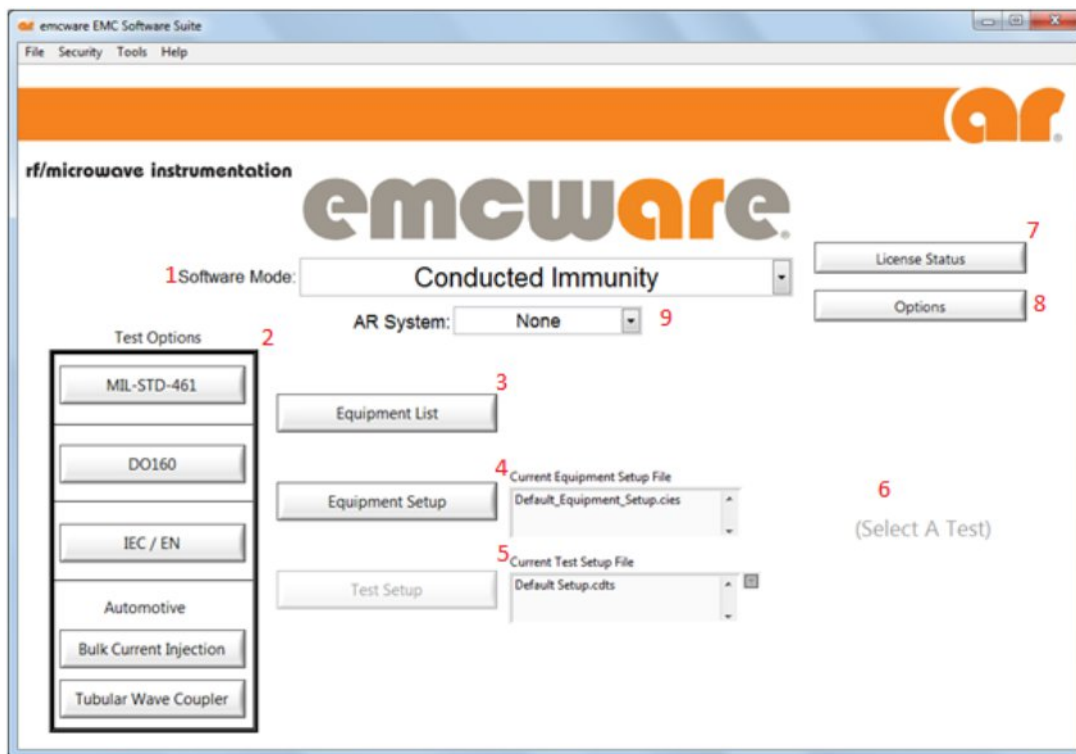
Při instalaci se s programem emcware® nainstalují i ovladače pro komunikaci s vnějšími perifériemi, které jsou připojovány ovladači od firmy National Instruments. Instalovaný program je pouze zkušební verzí s platností 60 dní.

Během této doby je možné požádat o plnou verzi programu, kdy je zapotřebí učinit následující kroky:

- *vygenerování C2V souboru*
- *přiložit C2V soubor do e-mailu pro info@arworld.us*
- *vložení licenčního souboru V2C, který byl zpětně obdržén e-mailem*

Po splnění těchto kroků bude aktivována plná verze programu. Ačkoli funkce nejsou odlišné od zkušební verze, tato aktivace je bezplatná a bude možné využívat program i po uplynutí zkušební doby. [10]

2.2 Hlavní nabídka programu



Obr 2.2.1 Hlavní nabídka softwaru emcware®

Na Obr 2.2.1 se nachází hlavní nabídka pro software emcware®, kde jednotlivé prvky představují:

Výběr režimu (1), kde je možnost výběrů z daných režimů již výše zmiňovaných v úvodu kapitoly.

Nastavení standardizovaného testu měření (2), tento blok obsahuje přednastavené standardy a možné chování pro různé druhy režimu.

Seznam zařízení (3), zde je možno zadávání a spravování parametrů zařízení, která budou využívána během testu.

Nastavení zařízení (4), zde se využívají zadané parametry ze seznamu zařízení (3). Zde se přiřazují zařízení, která budou využita během testu a pro nastavení komunikace mezi těmito zařízeními.

Nastavení testu (5), umožňuje nastavení a definování všech parametrů jak pro test, tak pro nastavení zařízení a jejich limit v aktuálním testu.

Řízení testu (6), tento blok je využíván k řízení testu pro určitý standard. Pro každý standard vypadá blok odlišně. Standard je vybrán z bloku pro nastavení měření (2).

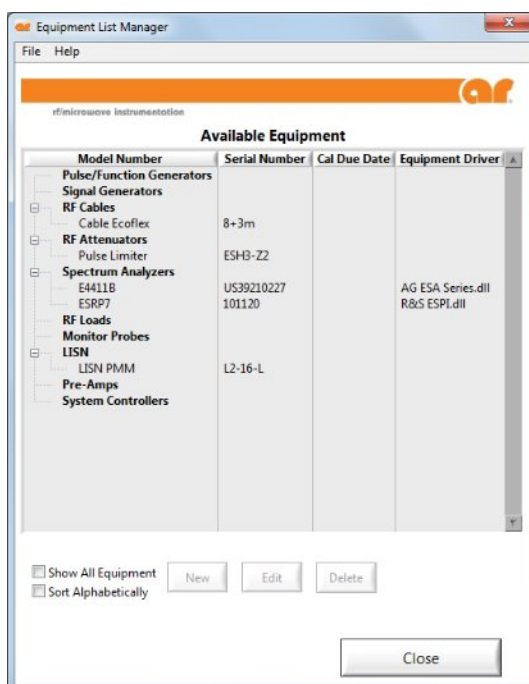
Stav licence (7), jsou zde potřebné informace pro aktivaci programu a je důležité splnit kroky, které jsou již zmíněny v kapitole 2.1.

Nastavení (8), zde jsou možnosti pro změny chování programu během kalibrace a testu.

AR systém (9), zde lze vybrat zařízení, která jsou od firmy AR Inc. a pro tato zařízení jsou všechny parametry nastaveny automaticky, jak pro test, tak pro kalibraci. [10]

2.3 Seznam zařízení

Před začátkem testu je nutno přidat možná zařízení a jejich parametry, které jsou k dispozici. K tomu slouží seznam zařízení. Opět pro každý (jiný) test mohou být vložena jiná zařízení, která jsou potřebná pro měření. Na Obr 2.2.2 je příklad seznamu pro zařízení z testu měření emisí na vedení.



Obr 2.2.2 Seznam zařízení pro emise na vedení

Pro vložení nových zařízení je nutno zvolit přístroje, které budou přidány. Například pro spektrální analyzátor je vybrána kolonka *Spectrum Analyzers*. Zařízení lze:

- **přidávat pomocí tlačítka *NEW***
- **opravovat parametry již zadaného zařízení pomocí tlačítka *EDIT***
- **mazat ze seznamu pomocí tlačítka *DELETE***

Po zvolení volby přidání nebo opravovat zařízení se objeví tabulka, která je na Obr 2.2.3, kde jsou zadávány parametry už konkrétního zařízení. Např. u již zmíněných spektrálních analyzátorů bude tabulka obsahovat pouze sériové číslo zařízení a ovladače pro komunikaci se zařízením. Na Obr 2.2.3 je ukázka tabulky pro propojovací kabely, kde je možné zadávat i parametry kabelu pro určitý kmitočtový rozsah.

Frequency(MHz)	Correction(dB)
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

Obr 2.2.3 Možnost tabulky pro přidávání kabelu

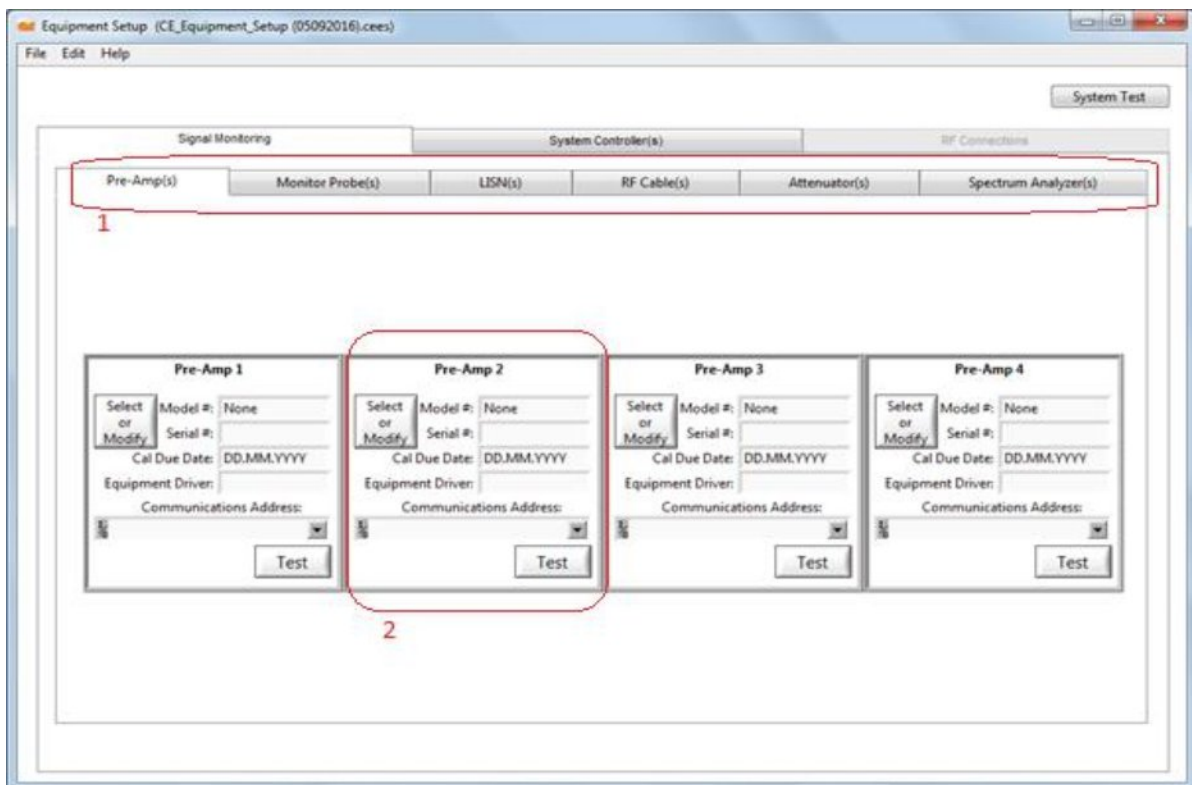
První část tabulky (1) je pro všechna zařízení, která lze přidat, stejná. Zadávají se zde parametry pro název a sériové číslo zařízení.

Druhá část tabulky (2) je pro různá zařízení jiná a zadávají se zde specifické parametry zařízení, jako je např. na Obr 2.2.3 pro kabel a jeho útlum závislý na frekvenci (3).

Dále pomocí tlačítka (4) je možné vložit specifické parametry pomocí textového souboru. Tento soubor bude obsahovat tabulku hodnot ve dvou sloupcích. Čísla musí být oddělena desetinou tečkou. Následně pomocí tlačítka *Save* (5) lze přidat zařízení do seznamu, kde se následně zobrazí, jak je vidět na *Obr 2.2.2*. [10]

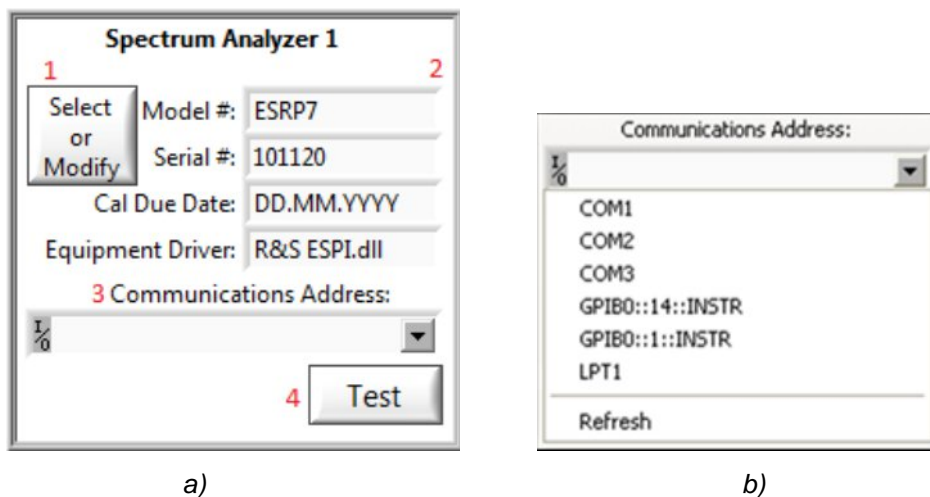
2.4 Nastavení zařízení

Jde o další krok po přidání všech zařízení do seznamu, která budou používána v daném měřicím řetězci. Toto okno vytvoří nastavení, které ovládá zařízení, jež budou využívána během testu. Pro ukázkou je použito nastavení pro měření emisí na vedení.



Obr 2.4.1 Okno pro nastavení zařízení

Na *Obr 2.4.1* se nachází okno, do kterého se vkládají a nastavují zařízení, která byla přidána do seznamu zařízení. Toto okno je rozděleno do dvou částí, kde oblast (1) obsahuje kategorie zařízení, která se dají využít během testu. V každé této kategorii se nacházejí individuální buňky (2), kam se zadávají specifické informace o zařízení.



Obr 2.4.2 a) vlastní buňka zařízení b) adresy pro komunikaci se zařízením

Na Obr 2.4.2a lze vidět buňku, do které se vloží příslušné zařízení. Tato buňka ještě může obsahovat doplňující informace o určitém zařízení, jako např. natočení antény v nastavení antény. Do buňky je vloženo příslušné použité zařízení, v tomto případě spektrální analyzátor, pomocí tlačítka (1), které otevře seznam zařízení.

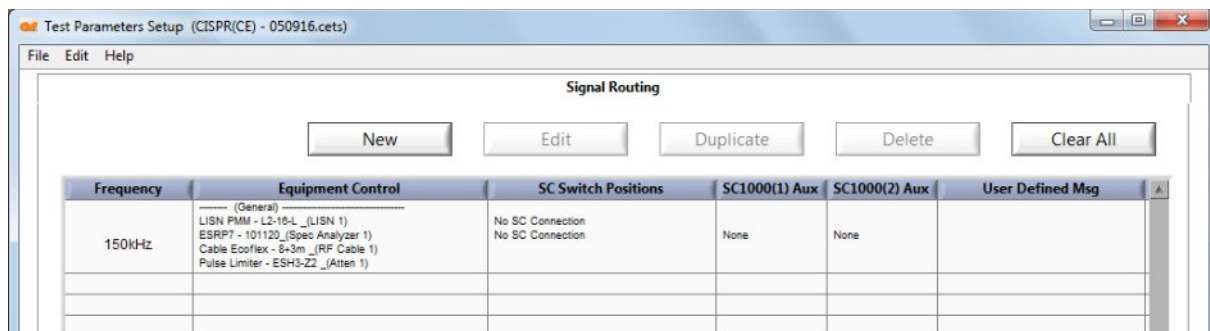
Pole (2) ukazuje informace o právě přidaném zařízení, které byly zadány při vyplňování seznamu.

Pole (3) je list možných komunikačních adres, jež jsou připojeny k počítači. Tyto adresy jsou vidět na Obr 2.4.2b a je nutné vybrat správnou adresu, na které se nachází zařízení, v tomto případě spektrální analyzátor.

Tlačítko (4) slouží pro test, zda program na vybrané adrese dokáže komunikovat se zařízením. Před měřením je důležité tento test zkusit, zda vůbec zařízení komunikuje s programem. Pokud ano, může se přejít na test. [10]

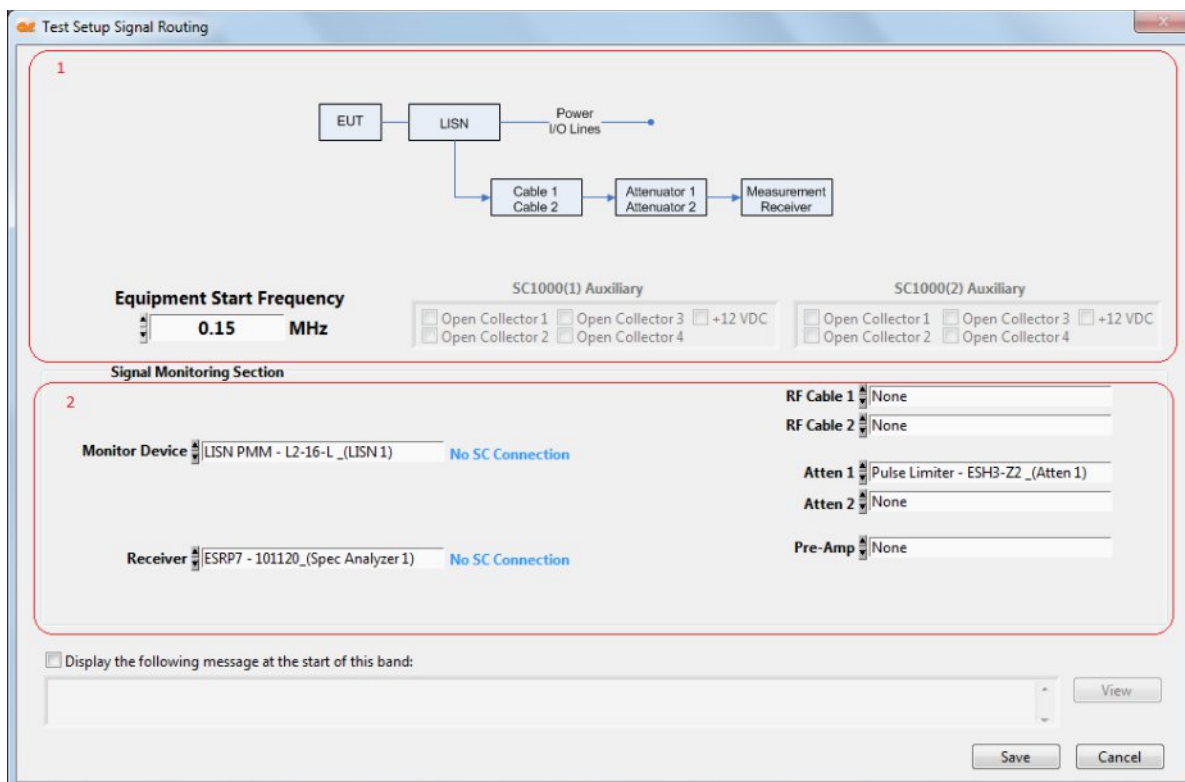
2.5 Nastavení testu

Po vytvoření nastavení pro používané zařízení se může přejít k vytvoření nastavení měřicího řetězce, kde je potřeba nadefinovat, jak se jednotlivá zařízení budou při testu chovat. Pro ukázkou byl vytvořen měřicí řetězec pro měření emisí na vedení.



Obr 2.5.1 Okno pro nastavení testu

Na Obr 2.5.1 je zobrazeno okno, kde se přidá nový řetězec pro měření. Zobrazena je jen horní část tabulky, protože spodní není podstatná. Přidání nového řetězce se provede stisknutím tlačítka *New*.



Obr 2.5.2 Okno pro přiřazení zařízení do měřícího řetězce

Na Obr. 2.5.2 je okno, které se zobrazí po stisknutí tlačítka *New*. Tato tabulka bude podobná i pro měření vyzařovaných emisí, avšak měřící řetězec bude jiný.

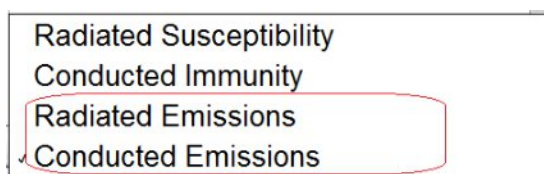
V oblasti (1) se nachází měřící řetězec, obsahující bloky s přístroji, které se použijí při testování emisí a jejich zapojení. Je zde i možnost zadat kmitočet, od kterého začne měření, avšak tato hodnota je pouze orientační pro účel uživatele.

V druhé oblasti (2) se vybírají zařízení do měřicího řetězce. Vybírá se mezi zařízeními, která byla přidána do buněk v nastavení zařízení. Při vybírání zařízení je nutno dát pozor, protože pro jeden řetězec lze vybrat jen jedno určité zařízení pro každý blok. Toto zařízení se pak nedá měnit během měření.

Dále se pomocí tlačítka *Save* uloží změny a řetězec se zobrazí v okně, které je na *Obr 2.5.1*. [10]

2.6 Měření emisí

V hlavní nabídce, která je na *Obr 2.2.1*, lze vybrat možný režim pro měření. Z nabídky, která je na *Obr 2.6.1*, se vybere měření emisí.



Obr 2.6.1 Výběr možnosti režimu pro měření emisí

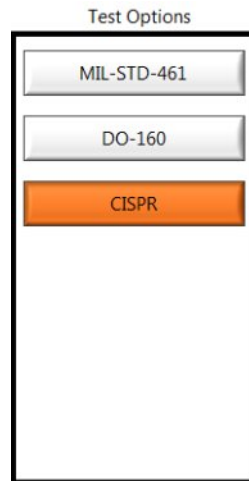
Měření emisí je oproti měření odolnosti nebo imunity rozdílné. Největší rozdíl tvoří nastavení testu, kde měření emisí obsahuje pouze možnost *Signal routing*. [10]

2.6.1 Emise na vedení

Po výběru měření emisí na vedení (Conducted Emissions), z nabídky pro režim měření, se musí ještě zvolit možnost, pro jaký standard bude měřeno. Tento standard se vybírá v hlavní nabídce a pro tento výběr bude využit CISPR, ze kterého vycházejí evropské standardy EN. V Českých normách je tento evropský standard přijatý pod názvem ČSN EN .

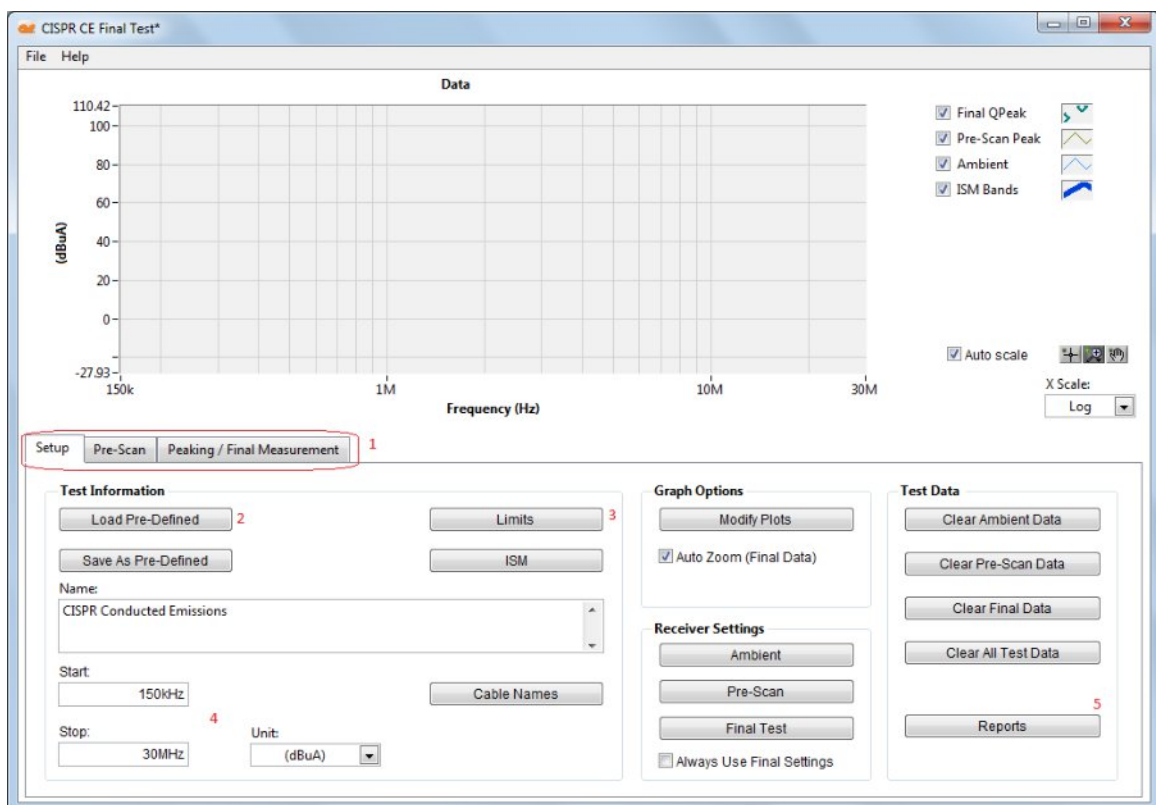
Na *Obr 2.6.2* se nachází okno z hlavní nabídky pro výběr zvolené normy.

Toto měření se využívá pro zjištění rušivých signálů po vedení a jednotlivých vodičích, které se k testovanému zařízení připojí. Měří se v rozmezí 150 kHz – 30 MHz.



Obr. 2.6.2 Výběr standardu CISPR

Následně po nastavení všech kroků pro vytvoření seznamu zařízení, nastavení a nastavení testu, lze pokračovat k samotnému testu. Po stisknutí tlačítka *Test* v pravé části hlavního menu se zobrazí okno, které je na Obr 2.6.3.



Obr 2.6.3 Nastavení průběhu testu

V horní části obrázku se nachází prostor pro výsledný graf z měření a příslušná legenda ke grafu. Toto pole s grafem je stejné pro všechny možnosti v poli (1) a proto v následujících obrázcích bude vybraná část z pole (1).

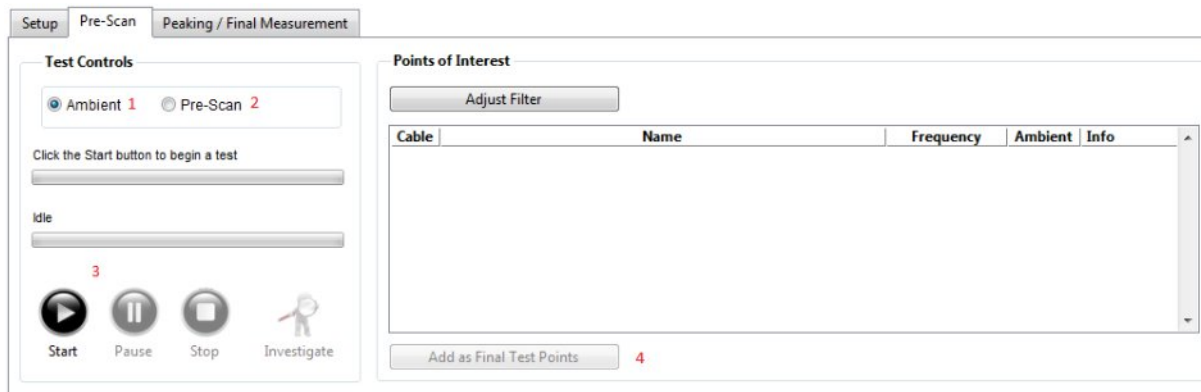
V poli (1) se nachází možnosti pro test, kde *Setup* je nastavení k testu, *Pre-Scan* změří příslušný graf s maximálními hodnotami a *Peaking / final measurement* je měření pouze pro vybrané hodnoty z *Pre-Scanu*.

Tlačítko (2) slouží k nastavení limitních hodnot standardu CISPR. Jsou zde předdefinovány hodnoty limit pro špičkové, střední a kvazišpičkové hodnoty.

Tlačítko (3) slouží k vytvoření a editaci jednotlivých limit. Pokud se nenajde předdefinovaná limita v tlačítku (2), je možnost vytvořit vlastní nastavení limit pro měření, popřípadě upravit některou z předdefinovaných hodnot.

Pole (4) jsou přepisovatelné hodnoty pro začátek a konec měření a určují, v jakých hodnotách bude výstupní graf.

Tlačítko (5) slouží k vytvoření hlášení k průběhu měření a ke grafům. Toto hlášení bude vysvětleno podrobněji dále.



Obr 2.6.4 Měření grafu pro příslušné měření

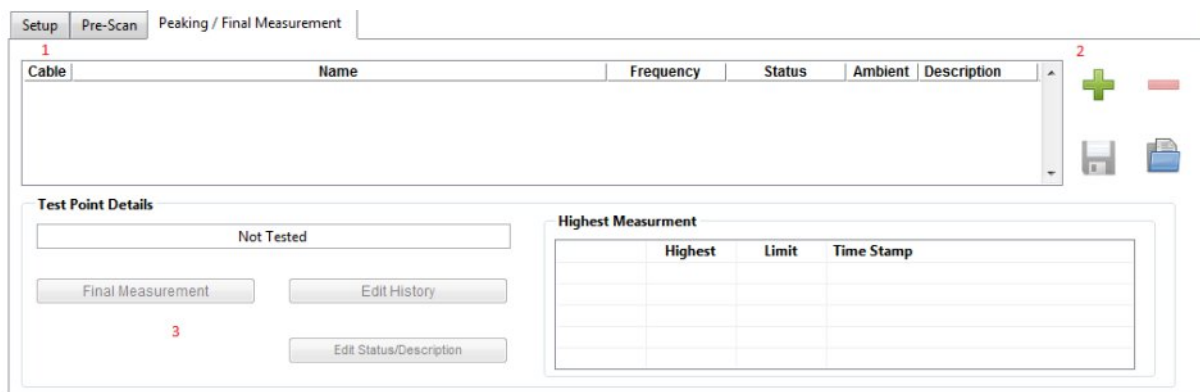
Na Obr 2.6.4 je pole, které umožňuje měřit graf testovaného zařízení a následně přidat maximální hodnoty do konečného měření. Zde je ještě důležité dodat, že naměřené maximální hodnoty, tedy body, jsou automaticky přiřazené programem. Uživatel má možnost zasáhnout a přidat další bod, který bude proměřován v konečném testu. Tento bod se přidá pomocí pravého tlačítka na myši v oblasti grafu, kde je možnost zvolit další bod.

Možnost (1) je pro měření pozadí. Slouží ke změření okolí testovaného zařízení, kdy toto zařízení ještě není v provozu.

Možnost (2) je pro měření rušivých signálů testovaného zařízení. Zařízení je již v provozu a vykresluje se graf, který ukazuje rušení právě testovaného zařízení.

Tlačítka v poli (3) slouží k zapnutí, pauze nebo přerušení testu. Při stisknutí *Start* se následně zobrazí okno, s možností volby počtu vodičů připojených k zařízení a možnost zvolení množství, které bude proměřováno. Dále se zobrazí okno, v jak rychlých intervalech se bude proměřovat příslušné pásmo *start-stop*. Nakonec se objeví okno s měřicím řetězem, přednastaveným z kapitoly 2.5.

Poslední tlačítko (4) slouží k převedení maximálních hodnot, které byly změřeny, do konečného testování, kde se proměří jen tyto maximální hodnoty kvazišpičkovým detektorem.



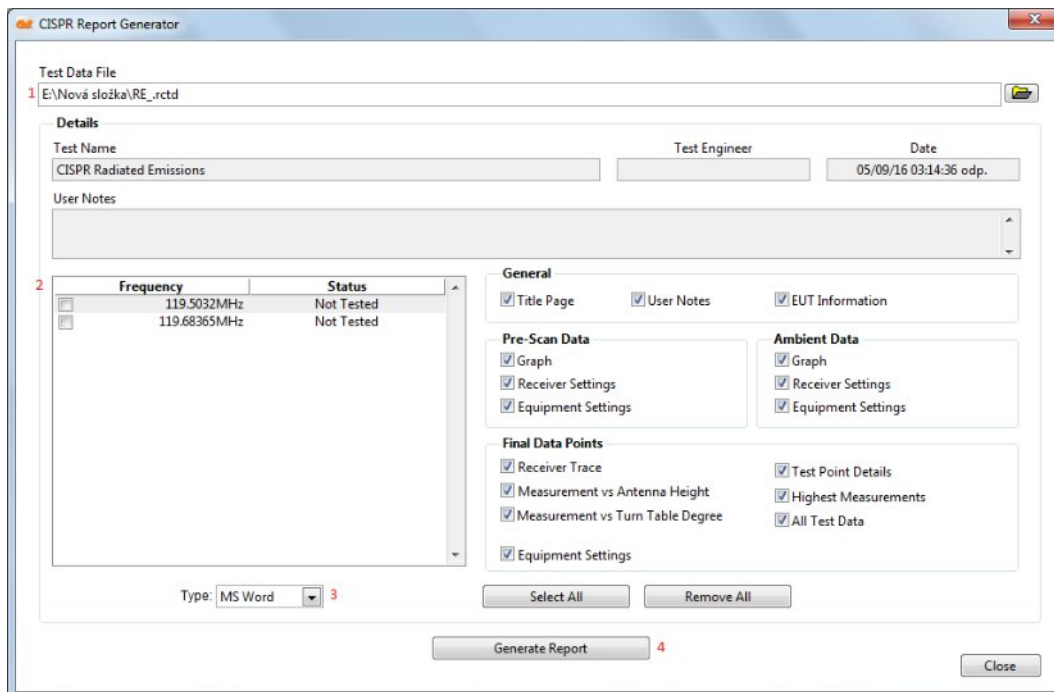
Obr 2.6.5 Konečný test měření

Na Obr 2.6.5 je pole pro konečné měření vybraných hodnot naměřených v *Pre-scan*.

Tabulka (1) ukazuje právě převedené vybrané hodnoty, které se budou následně proměřovat při stisknutí *Final measurement* z pole (3). Je zde vidět název vodiče, který byl proměřován.

Tlačítka v poli (2) slouží k přidání dalšího bodu pro měření. Díky těmto možnostem lze další bod jednoduše přidat do proměřovaných hodnot. Je zde i možnost uložení bodů, které program změřil a následně je použít déle nebo vložit do jiného měření.

Další důležitou věcí je vytváření hlášení z měření. Toto tlačítko je vidět na *Obr 2.6.3* pod volbou (5). Vlastní okno obsahuje *Obr 2.6.6*. Program nám dovoluje vytvořit hlášení do souborů MS Exel a Word, dle potřeby uživatele. Změna typu souboru se provádí pomocí (3) z obrázku.



Obr 2.6.6 Okno k vytvoření záznamu z měření

Aby se vytvořilo hlášení, musí se přiřadit testování, ke kterému toto hlášení má být vytvořeno. Přiřazený test je vidět v kolonce (1).

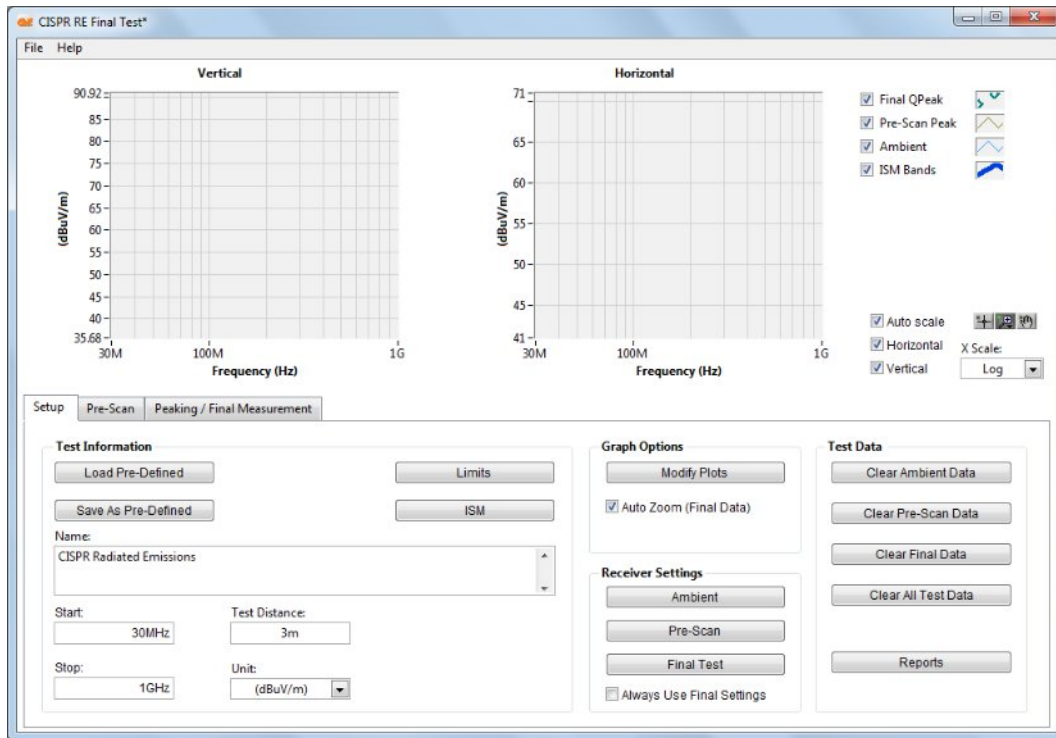
V tabulce (2) se nacházejí změřené maximální hodnoty, které následně budou v hlášení. *Status* poukazuje na fakt, jestli byla maximální hodnota testována ve finálním testu.

Po nastavení a přidání všech vlastností, které budou v hlášení, se může vytvořit hlášení do souboru pomocí tlačítka (4). [10]

2.6.2 Vyzařované emise

Po výběru měření vyzařovaných emisí (Radiated emissions), je potřeba opět vybrat standard, který bude používán. Bude využíván standard CISPR, jako u měření emisí na vedení.

Toto měření se využívá pro zjištění vyzařovaného rušivého signálu od testovaného zařízení. Měří se v rozmezí 30 MHz – 6 GHz.



Obr 2.6.7 Hlavní okno pro měření vyzařovaných emisí

Měření vyzařovaných emisí je obdobné jako měření emisí na vedení. Jsou zde pouze minimální rozdíly v nastavení testu.

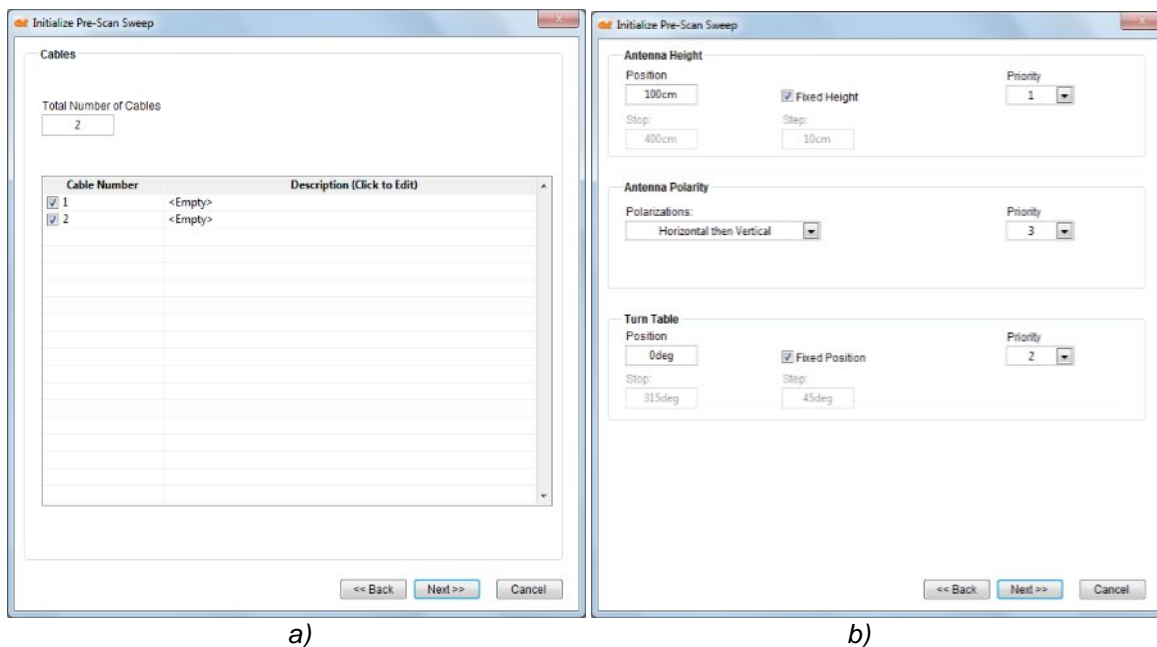
Nejdříve se musí nastavit všechny parametry pro měření, jako přidání zařízení do seznamu zařízení, jejich nastavení a jako poslední přidání zařízení do měřicího řetězce.

Měření probíhá stejným způsobem, kde se nejdříve provede *Pre-Scan*, který najde maximální body pro finální měření. Body mohou být přidávány opět stejným způsobem, jako tomu bylo u měření emisí na vedení.

První rozdíl je v grafu v horní části okna. Pro měření vyzařovaných emisí se anténa natáčí v horizontálním a vertikálním směru. U měření emisí na vedení byl pouze jeden graf.

Další rozdíl je v přednastavených normách. Vyzařované emise se měří od 30 MHz výše, kdežto emise na vedení se měří do 30 MHz.

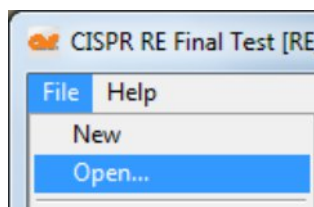
Poslední větší rozdíl je v nastavování parametrů *Pre-Scanu*. Na *Obr 2.6.8* jsou okna při spuštění *Pre-Scanu*. Vlevo *Obr 2.6.8a* je výběr a přidání kabelů pro měření emisí na vedení a vpravo *Obr 2.6.8b* je natočení otočného stolu, posuvná výška antény a směr antény. [10]



Obr 2.6.8 a) nastavení kabelů b) parametry antény a stolu pro měření emisí

2.7 Uložené soubory z měření

Po dokončení měření program uloží výsledky a nastavení testu do souboru. Tento soubor je důležitý pro vytváření hlášení, kde se musí nahrát (*Obr. 2.6.6* kolonka (1)). A může být využit i při přenášení výsledků mezi počítači. Při startu testu, zvolením položky *File* v levém horním rohu a volbou *Open*, může být otevřen již měřený soubor uložený např. na přenosném médiu.



Obr 2.7.1 Možnost pro otevření souboru

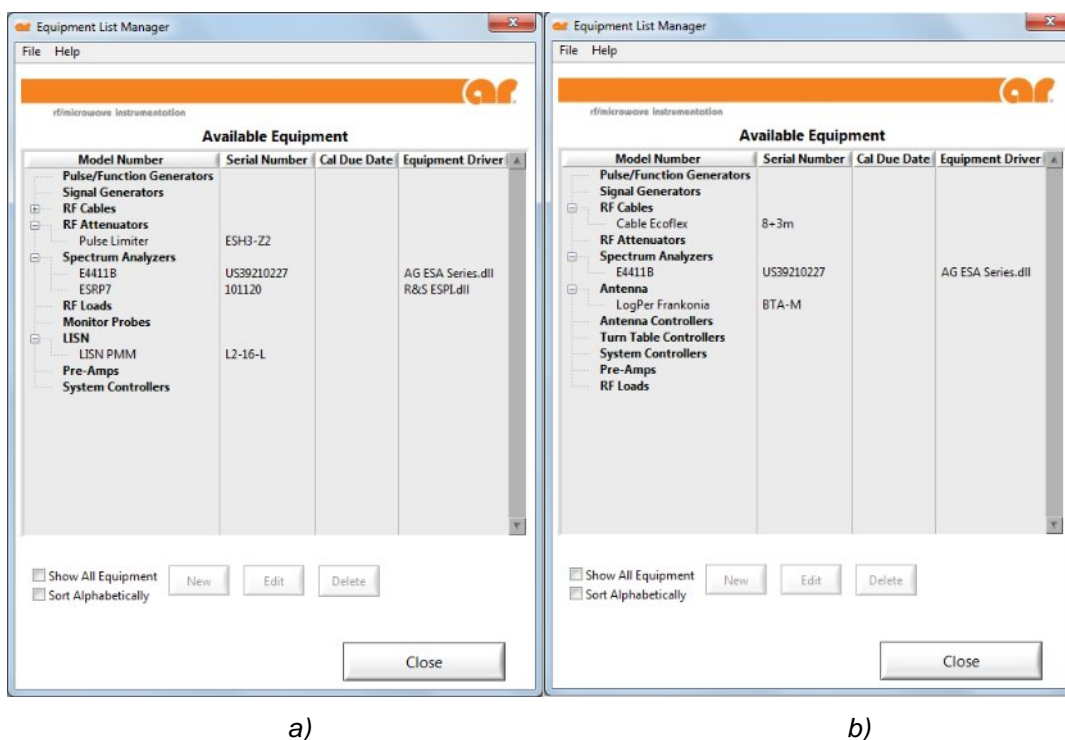
Program umožňuje pouze nahrání existujícího měření. Přístroje a měřicí řetězec, které byly použity v měření, se musí vytvořit samostatně.

3 Zkušební měření

Měření probíhalo pro emise, jak na vedení, tak vyzařované testovaným zařízením. Jak už bylo vysvětleno v předešlých kapitolách, nejdříve je potřeba zařízení přidat do seznamu, nastavit a poté musí být vytvořen měřicí řetězec. Budou využita tato zařízení:

- *spektrální analyzátor HP E4411B*
- *EMI přijímač R&S ESRP7*
- *pulzní omezovač ESH3 – Z2*
- *kabel Ecoflex délky 8m + 3m*
- *LISN PMM L2 - 16_L*
- *anténa logaritmicko – periodická Frankonia BTA – M*

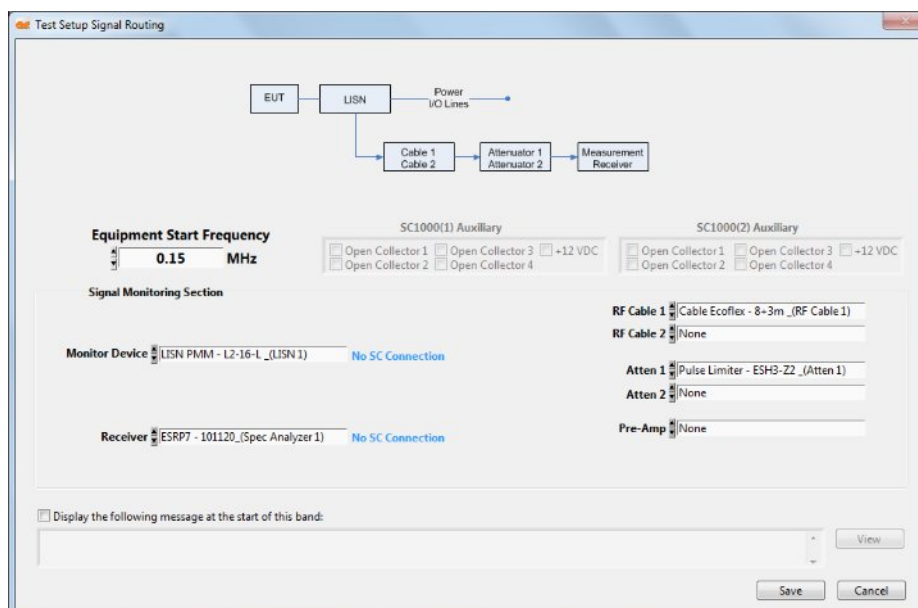
Na Obr 3.1 jsou zařízení přidána v seznamu a lze vidět, kde jaké zařízení bude využíváno.



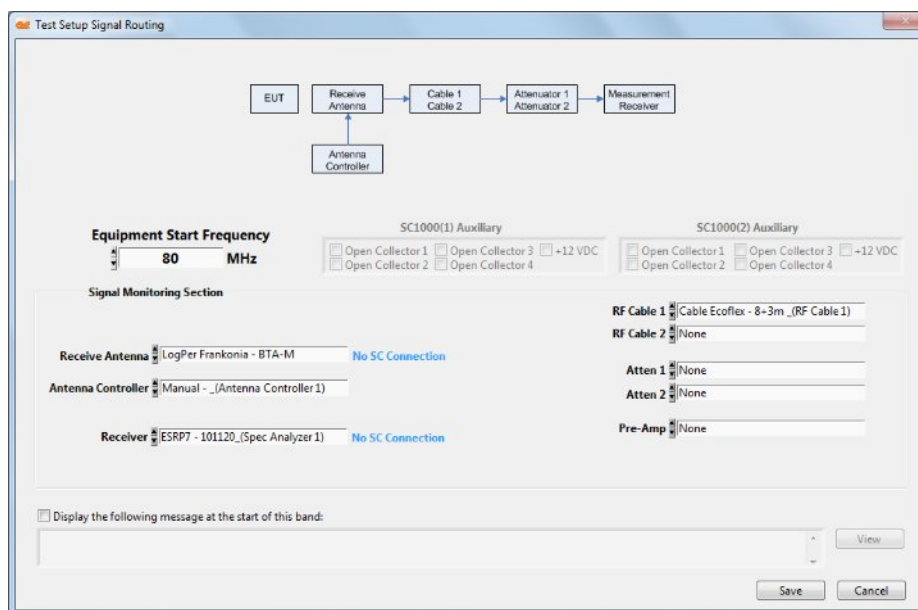
Obr 3.1 a) seznam emise na vedení b) seznam pro vyzařované emise

Dalším krokem, dle kapitoly 2.4, je nastavit zařízení. Zde se pouze přidají zařízení a přiřadí adresa pro komunikaci, která je potřebná u spektrálních analyzátorů, u nichž bude prováděn test, zda zařízení komunikuje po vybrané adrese.

Dalším krokem je vytvořit měřicí řetězec, který se bude následně měřit. Na Obr 3.2 a Obr 3.3 jsou vyobrazeny měřicí řetězce pro měření emisí a vyzářovaných emisí.



Obr 3.2 Řetězec pro měření emisí na vedení

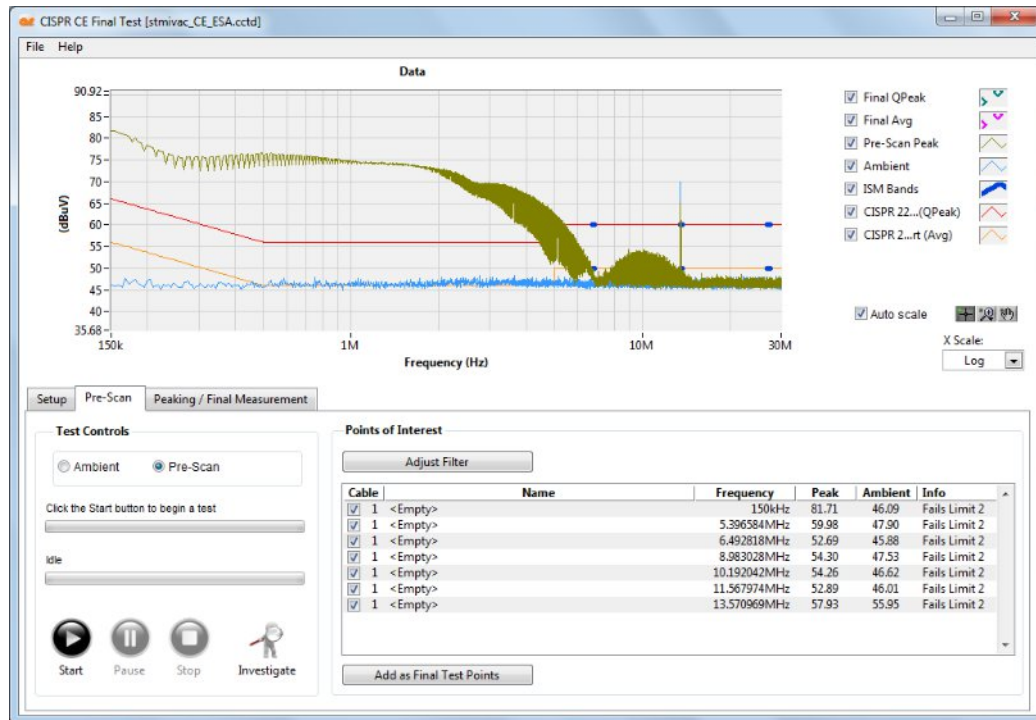


Obr 3.3 Řetězec pro měření vyzářovaných emisí

U měření emisí na vedení se využijí následně oba spektrální analyzátoři.

3.1 Měření emisí na vedení

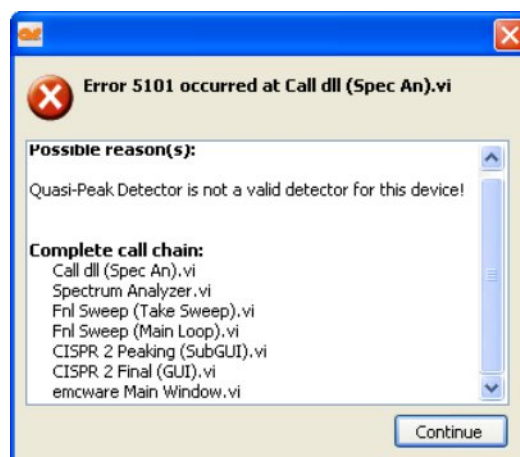
Při měření emisí na vedení byl využit standard CISPR 22 CLASS B ITE, což souhlasí s českou normou ČSN EN61000 – 6 – 3[13]. Měření bylo prováděno v kmitočtovém rozsahu od 150 kHz – 30 MHz a pouze pro jeden měřený vodič.



Obr 3.1.1 Měřené hodnoty pro spektrální analyzátor E4411B

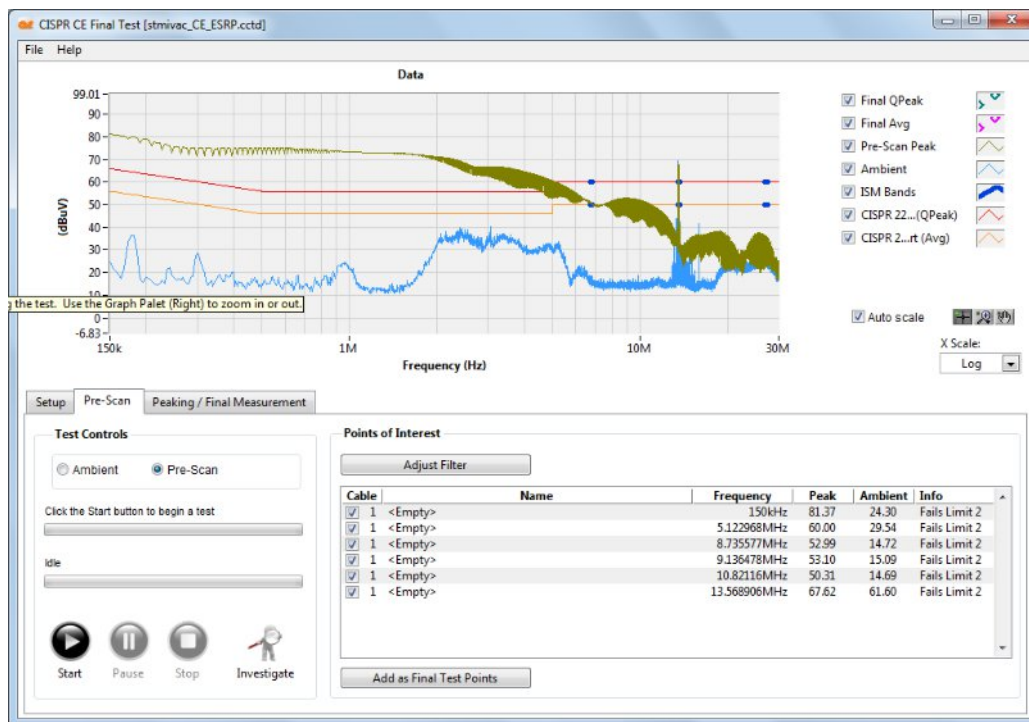
Na Obr 3.1.1 je graf a body hodnot, které přesahují zvolenou limitu. Graf je změřený spektrálním analyzátozem E4411B. Modrý průběh odpovídá měření pozadí (Ambient) a zelený průběh odpovídá testovanému zařízení.

Následně maximální hodnoty jsou přeneseny do finálního testování. Avšak tento spektrální analyzátor nemá kvazišpičový detektor a nelze tedy provést finální test. Na Obr 3.1.2 je chybné hlášení při pokusu o změření maximálních hodnot u finálního měření.



Obr 3.1.2 Chybné hlášení při finálním měření s E4411B

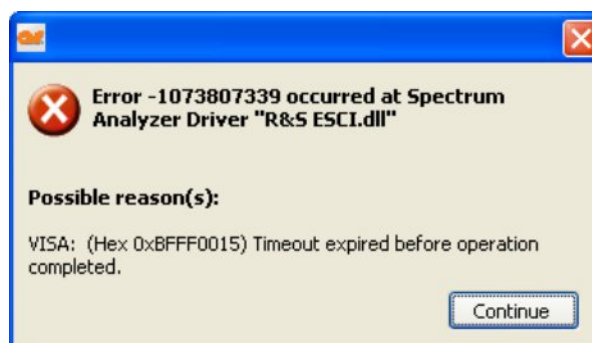
Na Obr 3.1.3 je ukázka měření s EMI přijímačem ESPR7.



Obr 3.1.3 Měření pro spektrální analyzátor ESPR7

Jsou zde opět vidět průběhy a body maximálních hodnot, které překračují limitu. Modrý průběh opět představuje pozadí (Ambient), avšak oproti analyzátoru E4411B je tento graf posunut od limity níže. Posun způsobuje menší dynamický rozsah analyzátoru E4411B oproti ESPR7. U E4411B pozadí (Ambient) zasahuje do limity, a to je nepřijatelné. Zelený průběh náleží opět testovanému zařízení.

Body se opět přenesou k finálnímu měření, avšak při měření došlo k chybě. I když tento analyzátor obsahuje kvazišpičkový detektor, byl problém s ovladači pro analyzátor. Na Obr 3.1.4 je chybné hlášení.



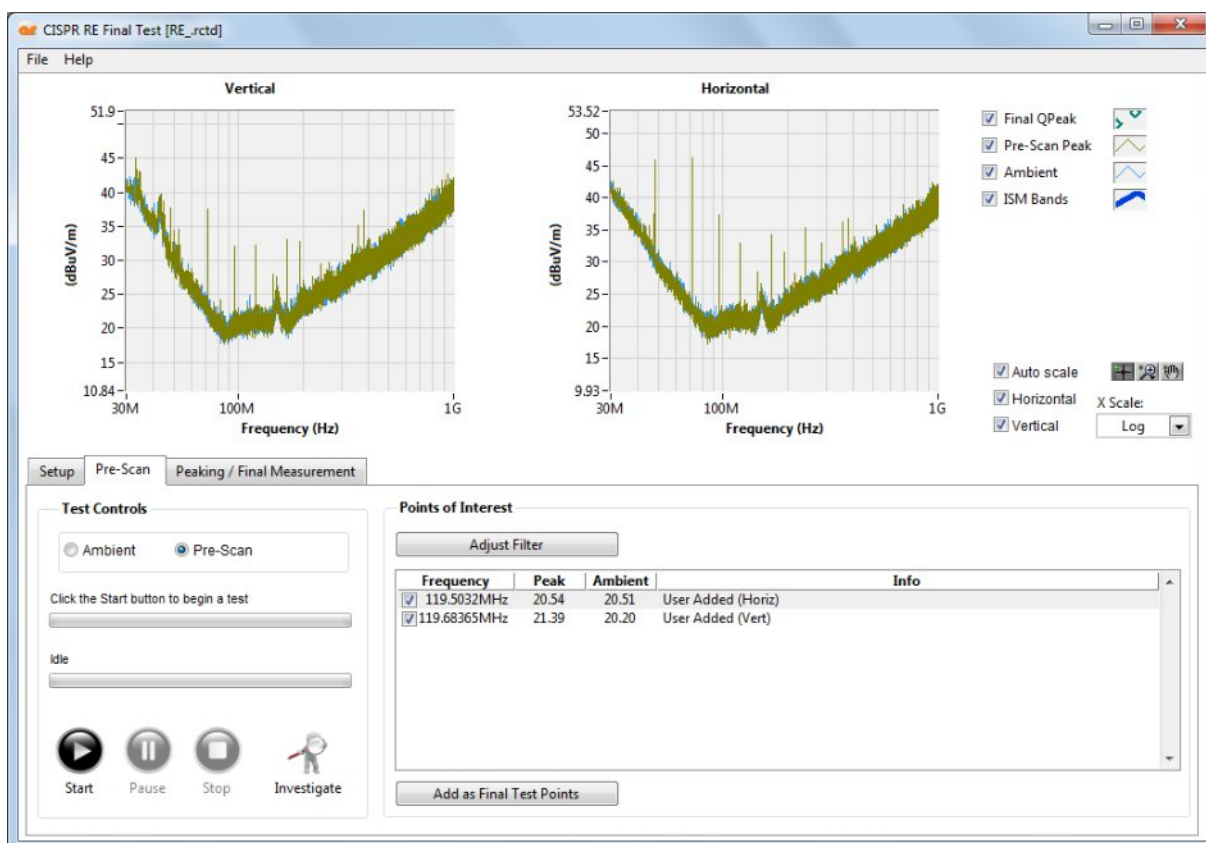
Obr 3.1.4 Chybné hlášení při finálním měření s ESPR7

Díky těmto chybám u obou spektrálních analyzátorů, se nemohlo dokončit finální měření. Následně bude vytvořené hlášení obsahovat pouze změřené grafy a prázdné strany, které náleží hodnotám, přesahujících limitu změřených při testu.

3.2 Měření vyzařovaných emisí

Při měření vyzařovaných emisí bude využit pouze spektrální analyzátor E4411B. Měření se provádělo od 30 MHz – 1 GHz, s anténou ve výšce jeden metr a pro jednu pozici natočení stolu. S anténou bude měřeno jak v horizontálním, tak vertikálním směru. Opět se využije standard CISPR, avšak v Obr 3.2.1 není zobrazena limita pro tento standard, protože toto měření probíhá do 1 GHz.

Nevýhodou při tomto měření je, že program neobsahuje žádné použitelné ovladače pro natáčení stolu nebo pohyb s anténou. Vše se musí dělat ručně nebo přes jiný program, který dokáže se stolem nebo anténou pohybovat.



Obr 3.2.1 Měřené hodnoty pro spektrální analyzátor E4411B

Na *Obr 3.2.1* je měření pro vyzařované emise. Modrý průběh, který je překryt, je pozadí (Ambient). Zelený průběh je pro testované zařízení, které vyzařuje rušivý signál.

Opět nebylo provedeno finální měření, protože spektrální analyzátor E4411B nemá kvazišpičkový detektor, pouze špičkový. Následné hlášení bude tedy opět obsahovat jen výsledné grafy a prázdné stránky pro maximální hodnoty.

4 Závěr

V první kapitole byla nastíněna problematika základních pojmů pro elektromagnetickou kompatibilitu a následně pro měření emisí, a to jak emisí na vedení, tak vyzařovaných.

V druhé kapitole jsou uvedeny kroky pro instalaci a aktivaci programu emcware®, popis hlavní nabídky. Nedílnou součástí druhé kapitoly je popis postupu pro přidání nových zařízení do programu, vytvoření řetězce pro měření a teoretický popis měření.

Třetí kapitola je zaměřena na zkušební testovací měření s programem emcware®. Tímto měřením byly zjištěny zajímavé poznatky.

Pro měření emisí na vedení byly využity oba spektrální analyzátory a zde se objevil první velký rozdíl. Jako testovací zařízení byl použit dotykový regulátor osvětlení. EMI přijímač ESPR7 má větší dynamický rozsah, čímž bylo změřeno pozadí (Ambient) lépe než tomu bylo u E4411B. ESPR7 je doplněn o kvazišpičkový detektor. Měření pro pozadí a zařízení proběhlo bez problémů a program určil špičkové hodnoty pro měření kvazišpičkovým detektorem, ačkoliv ne všechny uvažovatelné, ale ty mohou být uživatelem doplněny. I když EMI přijímač ESPR7 obsahuje kvazišpičkový detektor, nebylo možné proměřit špičkové hodnoty ve finálním měření chybou softwarového ovladače zařízení (chyba je na *Obr 3.1.4*). U spektrálního analyzátoru E4411B kvazišpičkový detektor chybí a na *Obr 3.1.2* je ukázáno okno, kde program správně určil absenci tohoto detektoru.

Následně pro měření vyzařovaných emisí byl použit pouze spektrální analyzátor E4411B, protože ESPR7 vykazoval větší útlum pro měření a nešlo s ním změřit správné výsledky. To bylo pravděpodobně způsobeno ovladačem zařízení, kdy se v softwaru nastavují i parametry pro útlumový člen a předzesilovač. Testovacím zařízením byl generátor o frekvenci 24 MHz. Při měření mělo být využito více měřicích řetězců, avšak program v průběhu měření tyto řetězce nastavoval náhodně a nelze jednoznačně určit, který bude následovat. Proto byl zvolen pouze jeden řetězec, s měřicí logaritmicko-periodickou anténou BTA – M. Programu chybí ovladače pro řízení pohybu točny i antény, proto je nutné pohybovat jimi manuálně, případně s využitím jiného ovládacího softwaru. Následné

měření probíhalo pro jedno nastavení natočení stolu, jednu výšku a obě polarizace antény. Opět díky absenci kvazišpičkového detektoru nemohlo být dokončeno finální měření.

Zkoumaný program emcware® v porovnání s profesionálním programem má řadu nedostatků. Profesionální program EMC32 od společnosti Rohde & Schwarz obsahuje ovladače pro manipulaci s anténou a točnou. Je přehlednější a lze zadávat více měřicích řetězců pro měření. Díky správným ovladačům dokáže změřit finální hodnoty a korektně nastavovat parametry EMI přijímače.

Program od firmy AR Inc. emcware® lze použít v případech, kde nepotřebujeme finální měření. Využití najde pro předcertifikační měření, aby výrobce elektronických zařízení měl přehled, zda jeho zařízení pravděpodobně splňuje dané standardy.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node2>
- [2] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node4>
- [3] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node5>
- [4] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node6>
- [5] VŠB Ostrava. Katedra420. VyukaEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/FEI/EMC/sylaby/1_Zakladni_pojmy_normalizace.pdf
- [6] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node39>
- [7] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node40>
- [8] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node44>
- [9] Ústav radioelektroniky. EncyklopedieEMC. [online]. [CIT: 23.5.2016]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node48>
- [10] AR Inc. Emcware® software, ver. 3.4.0. Dostupné z: help programu.
- [11] Vládna. Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionickým zářením. Z 5. Října 2015. [online]. [CIT:27.5.2016]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-291>
- [12] ČSN EN 55016. Specifikace přístrojů a metod pro měření vysokofrekvenčního rušení a odolnosti. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [13] ČSN EN61000 – 6 – 3 ed.3. Elektromagnetická kompatibilita – část 6-3 : Kmenové normy - Emise - Prostředí obytné, obchodní a lehkého průmyslu. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.