

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Elektromagnetická kompatibilita klimatizačního  
zařízení**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2018/2019

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch MÜLLER**  
Osobní číslo: **E16B0037P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**  
Název tématu: **Elektromagnetická kompatibilita klimatizačního zařízení**  
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

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

1. Seznamte se podrobně s problematikou elektromagnetické kompatibility (EMC).
2. Stanovte technické požadavky na zkoušky EMC klimatizačního zařízení.
3. Zpracujte na základě technických možností program zkoušek.
4. Proveďte vybrané zkoušky EMC na vzorku klimatizační jednotky.
5. Vyhodnoťte provedené zkoušky a posuďte zkoušené zařízení z hlediska EMC.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Skupina norem pro zjišťování elektromagnetické kompatibility el. zařízení.
2. Další dle pokynů konzultanta a vedoucího diplomové práce.

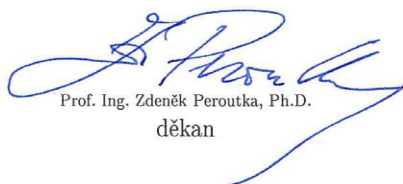
Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Jiří Laurenc, CSc.

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 5. října 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. června 2019

  
Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

## **Abstrakt**

Předkládaná bakalářská práce se zabývá elektromagnetickou kompatibilitou klimatizačního zařízení. V první části práce je obecně popsána problematika elektromagnetické kompatibility a princip činnosti klimatizačního zařízení. Dále byly stanoveny požadavky na zkoušky elektromagnetické kompatibility klimatizačního zařízení a na základě technických možností sestaven program zkoušek. V praktické části byly vyhodnoceny výsledky zkoušek a učiněno rozhodnutí, zda měřený přípravek vyhověl požadavkům českých technických norem.

## **Klíčová slova**

Elektromagnetická kompatibilita, elektromagnetická susceptibilita (odolnost), elektromagnetická interference (rušení), elektromagnetické pole, klimatizační jednotka, norma, zkouška, funkční kritéria.

**Abstract**

This bachelor thesis deals with the electromagnetic compatibility of the air conditioning system. In the first part of this thesis is generally described the issue of electromagnetic compatibility. Furthermore, the requirements for electromagnetic compatibility tests of air conditioning equipment were set and a test program was drawn up based on technical possibilities. The test results were evaluated in practical part and a decision was made if the measured product met the requirements of Czech technical standards.

**Key words**

Electromagnetic compatibility, electromagnetic immunity, electromagnetic interference, electromagnetic field, air conditioning unit, standard, test, functional criteria.

## **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 6.6.2019

Vojtěch Müller

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Laurencovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále konzultantu bakalářské práce Ing. Miroslavu Hromádkovi, Ph.D. za pomoc s realizací měření a rady ohledně vyhodnocování zkoušek. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Hubinskému z firmy Daikin Industries Czech Republic s.r.o. za možnost uskutečnění této práce a za propůjčení klimatizační jednotky.

## Obsah

OBSAH.....	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
ÚVOD.....	11
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	12
1.1 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA .....	12
1.2 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA BIOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ.....	12
1.3 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ .....	13
1.3.1 <i>Elektromagnetická susceptibilita</i> .....	15
1.3.2 <i>Elektromagnetická interference</i> .....	15
1.4 ZÁKLADNÍ POJMY V OBLASTI EMC .....	15
1.5 DRUHY RUŠENÍ.....	17
1.6 FUNKČNÍ KRITÉRIA.....	17
1.7 KLIMATIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ.....	18
2 PRAKTICKÁ ČÁST .....	20
2.1 PROGRAM ZKOUŠEK .....	21
2.2 ZKOUŠKY ODOLNOSTI .....	22
2.2.1 <i>Zkouška odolnosti elektrostatickým výbojem</i> .....	22
2.2.2 <i>Zkouška odolnosti – vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole...</i>	25
2.2.3 <i>Zkouška odolnosti rychlými elektrickými přechodovými jevy (skupiny impulzů)</i>	27
2.2.4 <i>Zkouška odolnosti rázovým impulzem</i> .....	30
2.2.5 <i>Zkouška odolnosti proti rušení šířeným vedením, indukovaným vysokofrekvenčními poli</i> .....	32
2.2.6 <i>Zkouška odolnosti magnetickým polem síťového kmitočtu</i> .....	33
2.2.7 <i>Zkouška odolnosti krátkodobými poklesy, krátkým přerušením a pomalými změnami napětí</i> .....	35
2.3 ZKOUŠKY VYZAŘOVÁNÍ .....	37
2.3.1 <i>Měření charakteristik elektromagnetického rušení, způsobených spotřebiči pro domácnost, elektrickým nářadím a podobnými přístroji</i> .....	37
2.3.1.1 <i>Konduktivní emise</i> .....	38



2.3.1.2	Vysokofrekvenční charakteristiky rušení měřené anténou .....	42
2.3.1.2.1	Měření logaritmicko-periodickou anténou .....	43
2.3.1.2.2	Měření trychtýřovou anténou.....	47
2.3.1.3	Modifikace .....	48
2.3.2	Měření mezi pro emise proudu harmonických .....	50
2.3.3	Měření změn napětí, kolísání napětí a flikru v rozvodných sítích nízkého napětí 54	
ZÁVĚR.....		56
SEZNAM OBRÁZKŮ .....		58
SEZNAM TABULEK .....		60
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....		61
PŘÍLOHY .....		1
PŘÍLOHA A – NAMĚŘENÉ HODNOTY KONDUKTIVNÍCH EMISÍ.....		2
PŘÍLOHA B – MODIFIKACE – EMISE MĚŘENÉ ANTÉNAMI.....		4

## Seznam symbolů a zkratek

EMC .....	Electromagnetic Compatibility – Elektromagnetická kompatibilita
EMI.....	Electromagnetic Interference – Elektromagnetické vyzařování
EMS .....	Electromagnetic Susceptibility – Elektromagnetická odolnost
EN.....	European Norm – Evropská norma
ČSN .....	Česká technická norma
QPK .....	Quasipeak – Kvazivrcholová hodnota
PK.....	Peak – Maximální hodnota
AV .....	Average – Střední hodnota
EUT .....	Equipment under test – Testované zařízení
L.....	Fázový vodič
N .....	Nulový vodič
E.....	Intenzita elektrického pole [V/m]
H .....	Intenzita magnetického pole [A/m]
U .....	Elektrické napětí [V]
I.....	Elektrický proud [A]
f.....	Frekvence [Hz]
t.....	čas [s]

## Úvod

V dnešním světě plném elektrických zařízení je potřeba, aby vše bezproblémově fungovalo za všech okolností. To znamená, že veškerá zařízení musí být schopna fungovat navzdory elektromagnetickému prostředí, kterému jsou vystavena, a zároveň svou činností neovlivňovat zařízení jiná. Z tohoto důvodu byla napsána tato bakalářská práce zaměřující se na Elektromagnetickou kompatibilitu. Pro nalezení určité rovnováhy v tom, jaké meze jsou pro správnou činnost systémů ještě únosné, jsou zde technické normy, které byly sepsány na základě dohody jednotlivých států světa. V této práci se vychází z českých technických norem, které jsou převzaty z norem evropských.

Elektromagnetická kompatibilita zahrnuje veškerá elektrická zařízení a systémy, které se neustále vyvíjejí a stoupá jejich aktivně využívané množství. Proto je důležité, aby stanovené podmínky byly splněny a nic nebylo zanedbáno, v opačném případě by zařízení mohla ztrácet svou funkčnost a v krajních případech by mohlo docházet až k nehodám. Také je třeba přihlédnout k tomu, že elektromagnetické záření může mít negativní vliv na lidský organismus, proto by se této problematice měla věnovat patřičná pozornost. Tato práce si však dává za cíle zabývat se pouze jedním konkrétním případem. Testovaným zařízením bude klimatizační jednotka v rámci vývoje firmy Daikin Industries Czech Republic s.r.o.

První část této práce se bude obecně zabývat problematikou EMC, ve které budou vysvětleny hlavní pojmy a učiněno rozdělení problematiky na elektromagnetické rušení a elektromagnetickou odolnost. V této části bude také principiálně popsána klimatizační jednotka.

V praktické části stanovíme jednotlivé testy a po jejich realizaci, s přihlédnutím k technickým normám, vyhodnotíme, zda klimatizační jednotka vyhověla zkouškám EMC či nikoliv. Pro testy imunity stanovíme funkční kritéria, do kterých měřený přípravek spadal. U testů emisí na základě naměřených tabulek a grafů vyhodnotíme, zda nedošlo k překročení požadavků daných normou. V případě negativních výsledků by se stanovila opatření, po kterých by při novém testování zařízení již požadavkům vyhovělo.

# 1 Teoretická část

Teoretická část si klade za úkol čtenáře seznámit s problematikou elektromagnetické kompatibility, zkráceně EMC. Nejprve je v práci EMC obecně popsána a rozdělena na její hlavní okruhy. Také bude zdůvodněno, proč tato problematika nemůže být zanedbána a jaké následky by to mohlo nést. V této práci je hlavním předmětem zkoumání klimatizační jednotka, proto zde bude také principiálně popsána.

## 1.1 Elektromagnetická kompatibilita

Elektromagnetická kompatibilita pojednává o schopnosti zařízení, systému či přístroje vykazovat správnou činnost v prostředí, ve kterém působí jiné zdroje elektromagnetického signálu, který může být způsoben uměle nebo přírodně. Zároveň však musí platit, že zařízení svou elektromagnetickou činností nenaruší správný chod dalších zařízení, umístěných ve stejném prostředí. Musí tedy platit koexistence zařízení či systémů, které se nacházejí ve stejném elektromagnetickém prostředí a jejich vzájemná činnost neovlivňuje normální funkce těchto zařízení či systémů. [1] [2]

Elektromagnetická kompatibilita jako vědní obor vznikla v oblasti vojenské a kosmické techniky. Obě oblasti měly k dispozici nejvyspělejší technologie, ale tyto technologie byly zároveň často umístěny v malých prostorech a důsledky jejich nekompatibility (neslučitelnosti) se zde projeví jako první. Důsledkem neslučitelnosti potom byly havárie letadel či lodí, při kterých docházelo i ke ztrátám na životech, proto se této problematice začala věnovat patřičná pozornost. Až po velkém rozvoji mikroprocesorové a komunikační techniky a jejím proniknutí do společnosti se EMC stalo problematikou každodenního života. [3]

## 1.2 Elektromagnetická kompatibilita biologických systémů

EMC biologických systémů zkoumá celkové elektromagnetické pozadí životního prostředí a stanovuje přípustné úrovně signálů, ať už užitečných nebo rušivých, s ohledem na jejich dopad na živé organismy. Nevýhodou je, že doposud neexistují jednoznačné výsledky tohoto působení, protože každý člověk reaguje na působení elektromagnetického pole jinak na základě svých adaptačních, kompenzačních a regeneračních vlastností. Hlavním rozdělením této části problematiky je působení elektromagnetického pole na člověka v pracovním procesu (například průmyslové objekty), ale také dlouhodobé

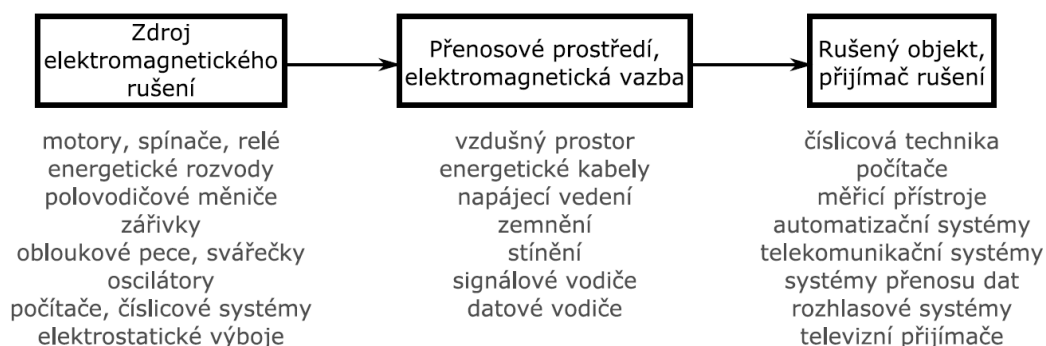
bezděčné působení elektronizovaného životního prostředí (například domácnosti), kde lidé tráví velkou část svého volného času. [1]

Na lidský organismus mohou působit takzvané tepelné účinky elektromagnetického pole, to se týká vysokofrekvenčních a mikrovlnných polí. Zkoumá se výsledek ohřevu tkání vystavených vysokým úrovním polí. Při překročení příslušných hodnot výkonových hustot elektromagnetického pole může dojít k tepelnému poškození organismu. [2]

Jako netepelné účinky elektromagnetického pole jsou chápány vlivy na nervový, kardiovaskulární a imunitní systém. Tyto účinky však nejsou jednoznačně prokazatelné, proto se v hygienických normách po světě objevují velké rozdíly v přípustných dávkách elektromagnetického záření. [2]

### 1.3 Elektromagnetická kompatibilita technických systémů

Pro tuto práci zásadnější částí problematiky je EMC technických systémů a zařízení. Tato oblast se zabývá vzájemným působením a koexistencí technických prostředků, zvláště elektrotechnických a elektronických přístrojů, prostředků a zařízení. Z hlediska zkoumání EMC pro dané zařízení či systém se vychází ze základního řetězce EMC, který je vidět na obrázku níže. [1]

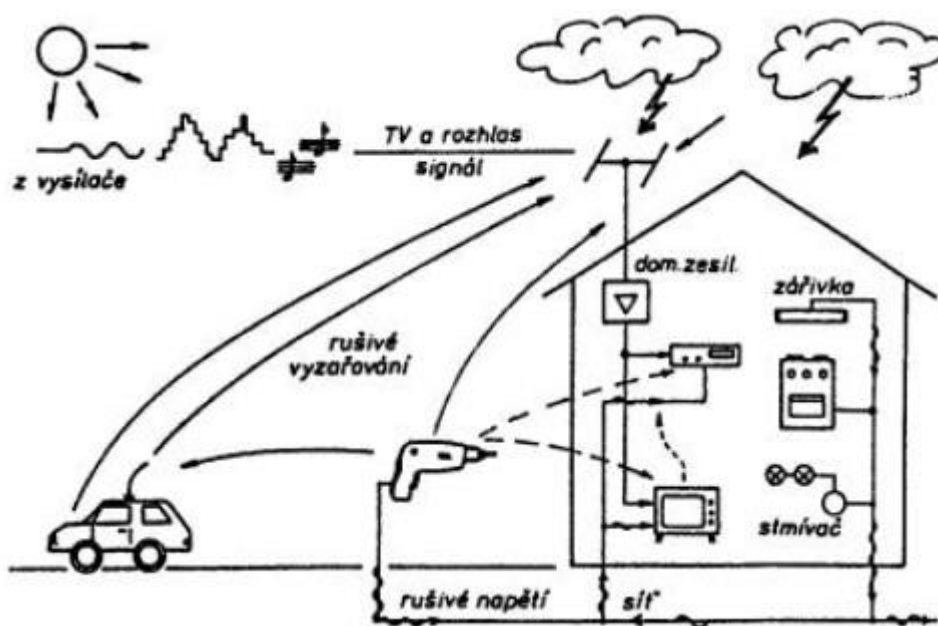


**Obrázek 1** Základní řetězec EMC a příklady jednotlivých oblastí [2]

Zdroj elektromagnetického rušení zahrnuje obecné mechanismy vzniku rušení a sledujeme jeho charakter a intenzitu. Tento zdroj může být přírodní nebo umělý. Mezi přírodní zdroje signálu rušení se řadí například Slunce, záření z vesmíru nebo elektrické procesy v atmosféře. Za umělé zdroje rušení považujeme zdroje rušivého signálu vytvořeného lidskou činností, k nimž se řadí nejrůznější technická zařízení příkladem uvedená v Obrázku 1. Další částí řetězce EMC je přenosové prostředí a elektromagnetická vazba. Elektromagnetická vazba se zabývá cestou a způsobem, jak se dostává energie ze zdroje rušení do rušeného objektu, tedy přijímače rušení. Poslední částí EMC řetězce

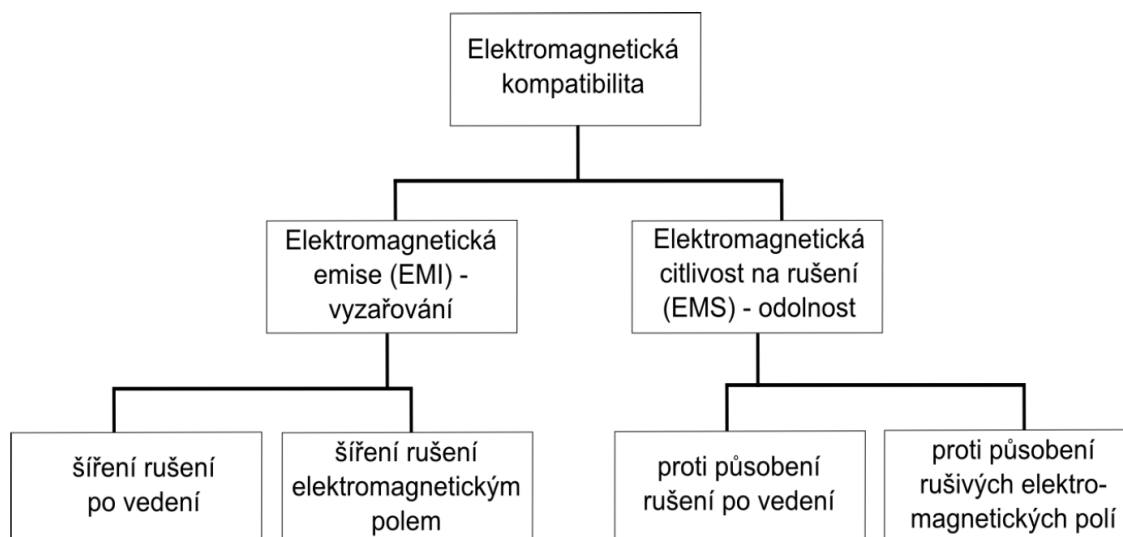
je samotný rušený objekt. Tato část řetězce se zabývá analýzou rušivých účinků a jejich klasifikací z hlediska konstrukčních a technologických parametrů zařízení. Z toho plyne elektromagnetická odolnost zařízení. [2]

Obecně je však třeba brát v úvahu, že schéma z Obrázku 1 není takto zcela platné, protože každý systém nebo zařízení může být současně vysílačem i přijímačem elektromagnetického rušení. V reálné praxi se také nikdy nejedná o jediný zdroj rušení a jediný přijímač, jedná se vždy o souhrn systémů, které se vzájemně ovlivňují. Pro představu komplexnosti této problematiky níže přikládám ilustrační obrázek. [1]



Obrázek 2 Příklad různého vzájemného působení rušivých signálů [1]

Celou tuto problematiku je dále možné rozdělit do dvou základních okruhů, kterými jsou elektromagnetická susceptibilita (EMS) a elektromagnetická interference (EMI). Dále lze ještě členit EMI podle způsobu šíření rušení a EMS podle prostředí působení rušení. Celé znázorněno na Obrázku 3. [2] [4]



Obrázek 3 Základní členění problematiky EMC [4]

### 1.3.1 Elektromagnetická susceptibilita

Elektromagnetická susceptibilita, jinak také odolnost, případně imunita, je elektromagnetická citlivost na rušení nebo odolnost vůči rušení. Je to schopnost zařízení či systému pracovat bez poruch nebo s přípustným definovaným vlivem v prostředí, ve kterém je určitá hladina elektromagnetického rušení. EMS se tedy týká odstraňování důsledků rušení, bez toho aniž by se zabývala odstraňováním jeho příčin, takže EMS stanovuje především technická opatření, která u zkoumaného objektu zvyšují jeho elektromagnetickou imunitu. [1] [2]

### 1.3.2 Elektromagnetická interference

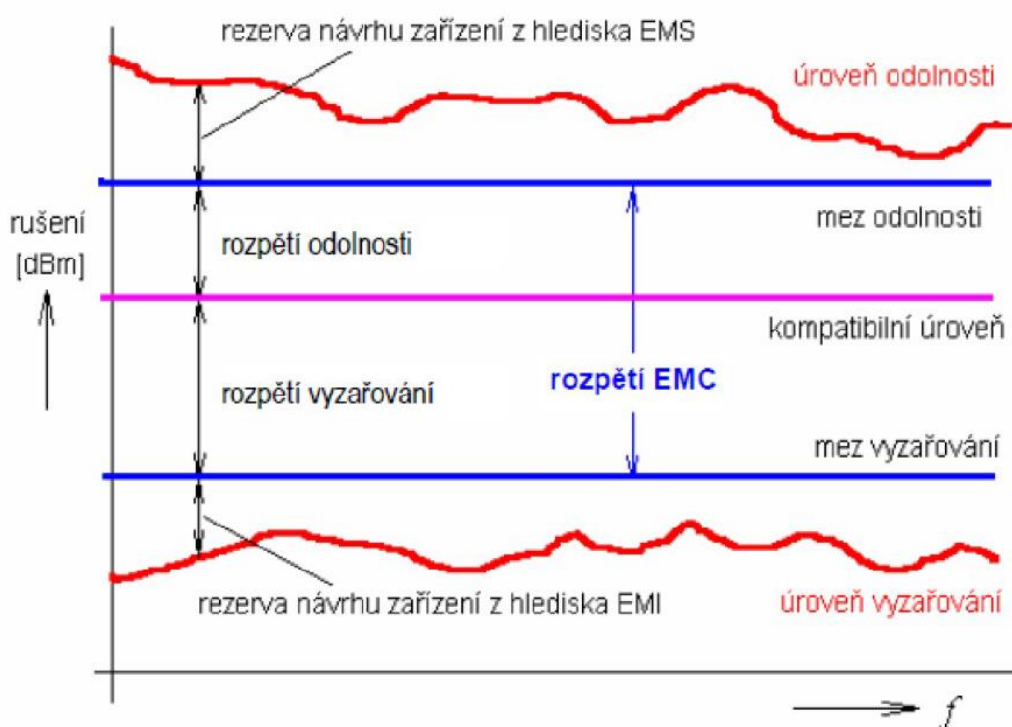
Elektromagnetická interference neboli rušení, popřípadě emise, je procesem, kdy zdroj rušení generuje signál, který se přenáší prostřednictvím elektromagnetické vazby do rušených zařízení. Rušivý signál, který by se volně šířil prostorem, by mohl způsobit nesprávnou funkčnost zařízení. Hlavním cílem EMI je tedy identifikace zdrojů rušení, dále popis a měření rušivých signálů a také identifikace parazitních a přenosových cest. Z tohoto důvodu se EMI zabývá především příčinami rušení u zařízení či systémů a jejich následnému odstranění. [2] [4]

## 1.4 Základní pojmy v oblasti EMC

V oblasti elektromagnetické kompatibility jsou nezbytné i některé základní pojmy, které jsou důležité pro samotné vyhodnocování EMC a budou zde nadefinovány. Prvním

pojmem je úroveň vyzařování, která určuje množství rušení generovaného daným spotřebičem nebo zařízením. Měření se provádí předepsaným způsobem a bývá vyjádřeno v decibelech vztažených k určité veličině v závislosti na frekvenci. S úrovní vyzařování souvisí mez vyzařování, což je maximální předepsaná úroveň vyzařování daného zařízení a je dána normou. Rozdíl těchto dvou hodnot je takzvaná rezerva návrhu. Tyto pojmy jsou stanoveny z hlediska EMI. Ze strany EMS je zde úroveň odolnosti udávající maximální úroveň rušení, které může působit na dané zařízení a je ještě zachována požadovaná kvalita provozu. Mezi odolností je chápána nejnižší předepsaná úroveň odolnosti zařízení a tento požadavek je dán normou. [1] [2]

Dalším pojmem je rozpětí EMC zařízení a je to rozdíl meze odolnosti a meze vyzařování. Také je zaveden pojem kompatibilní úroveň, jakožto maximální předepsaná úroveň celkového rušení, u kterého se předpokládá, že by mohlo ovlivňovat zařízení či přístroje za určitých provozních podmínek. Všechny základní pojmy jsou zobrazeny na obrázku níže. [1] [2]



Obrázek 4 Rozdělení základních pojmů [2]

Výše uvedené pojmy ilustrované obrázkem mohou dobře posloužit k pochopení vyhodnocování EMC zkoušek. Z obrázku je patrné, že úroveň odolnosti musí být vždy vyšší než mez odolnosti. Také musí platit, že úroveň vyzařování musí být menší než povolená maximální mez vyzařování. Aby bylo dosaženo rozpětí EMC zařízení, musí

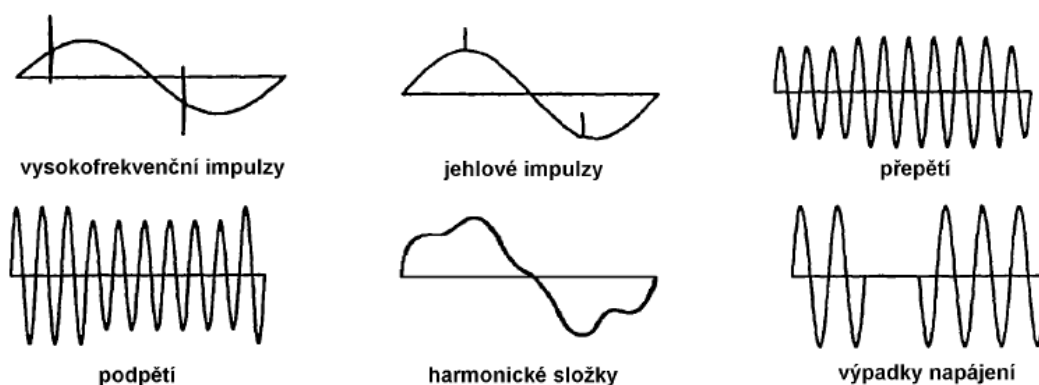


těž platit, že mez odolnosti musí být vyšší než mez vyzařování. [2]

Jednotlivé rezervy mezi úrovněmi a mezemi, ať už odolnosti nebo vyzařování, nejsou nikterak konkrétně definovány. Velikost těchto rezerv stojí tedy výhradně na výrobcích zařízení či přístrojů, kteří zároveň musí zajistit shodu s EMC, aby jejich zařízení mohla být uvedena na trh. Rezervy se však nedělají příliš velké, protože by zbytečně zvyšovaly náklady na odrušování a stínění. Oproti tomu při příliš malé rezervě by výrobci riskovali překročení požadovaných mezí a museli by svá zařízení dodatečně předělávat, což by zbytečně zvýšilo finanční náklady. Při určování těchto rezerv se tedy vychází ze zkušeností v oblasti vývoje, výroby a provozu daných zařízení. [2]

## 1.5 Druhy rušení

Druhy rušení lze klasifikovat podle mnoha kritérií, ale pro umělé technické rušení lze tuto problematiku rozdělit do tří základních skupin. Prvním z těchto rušivých signálů je šum, který ovlivňuje především tvar užitečného signálu, například křivku zdroje napájení. Šum mívá obvykle periodický charakter a zdrojem takového rušení bývají kupříkladu motory nebo svářečky. Druhým typem rušení jsou impulzy, které jsou způsobovány spínacími obvody, a vyznačují se velkým poměrem velikosti impulzů k době jejich trvání. Na užitečném signálu se tyto impulzy projevují jakožto kladné či záporné špičky. Třetí v řadě jsou přechodné jevy, které se projevují jako jednorázové rušivé signály s krátkou dobou trvání v řádu milisekund až několika sekund. Typicky tyto děje nastávají při zapínání nebo vypínání spotřebičů velkých výkonů. [6]



Obrázek 5 Příklad rušivých signálů [6]

## 1.6 Funkční kritéria

Pro určování susceptibility neboli odolnosti zařízení jsou dána funkční kritéria. Na základě těchto kritérií podrobujeme zařízení zkouškám, které jsou nadefinovány

normami. Požadavky v normách jsou děleny na základě toho, kde dané zařízení chceme provozovat, a můžeme je rozdělit na prostory obytné, obchodní a prostory lehkého průmyslu a těžkého průmyslu. Nejnížší nároky jsou kladeny na prostory obytné, na další prostory se tyto nároky zvyšují. Normou jsou dána tři základní funkční kritéria A, B a C, popřípadě se dá ještě dodefinovat čtvrté kritérium D. [4] [5] [6]

Funkční kritérium A nepřipouští žádné zhoršení činnosti či funkcionality zařízení v průběhu celé zkoušky i po ní a zařízení musí pokračovat ve své činnosti dle určení. [4] [6]

Funkční kritérium B připouští zhoršení činnosti zařízení během zkoušky, avšak nesmí se změnit aktuální provozní stav ani změna dat paměti a po ukončení zkoušky musí zařízení pokračovat ve své činnosti. [4] [6]

Funkční kritérium C umožňuje dočasnou ztrátu funkce zařízení. Po skončení zkoušky se činnost zařízení musí znovu obnovit nebo ji obnoví obsluha. [4] [6]

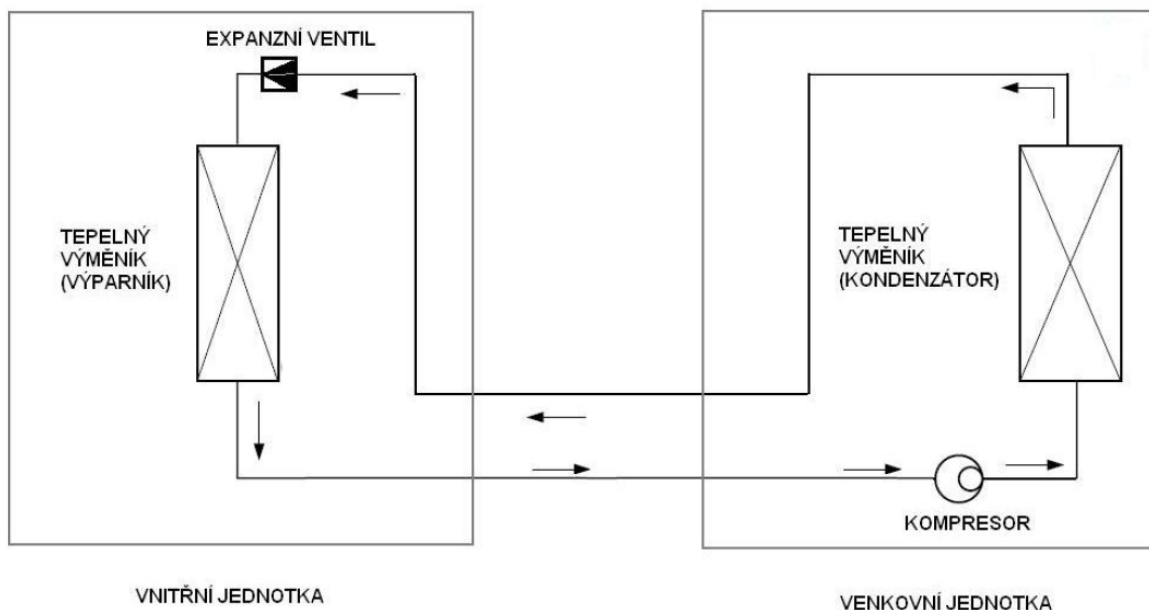
Dále je možné ještě dodefinovat neoficiální funkční kritérium D, které by bylo dáno nevratnou ztrátou funkce zkoušeného zařízení, tedy kdyby vlivem zkoušek odolnosti došlo k poškození či zničení zařízení. Z hlediska určování odolnosti je toto kritérium nepřijatelné a zařízení spadající do tohoto kritéria by bylo označeno jako nevyhovující při posuzování EMC. [4] [6]

## 1.7 Klimatizační zařízení

Klimatizační zařízení je soubor dvou jednotek a hlavní funkcí tohoto zařízení je chlazení a filtrace vzduchu. První částí klimatizačního zařízení je vnitřní jednotka, častěji označována jako indoor unit, která se umísťuje v prostředí s nárokem na teplotní komfortnost, jako jsou třeba domácnosti, pracoviště nebo obchodní domy. Druhou částí je takzvaná venkovní jednotka neboli outdoor unit, která se umísťuje na vnější stěny budov nebo na střechy. Obě jednotky jsou propojeny párem potrubí, kterým proudí chladicí médium. Jednoty jsou také propojeny kabelově, aby byla zajištěna komunikace desek s elektronikou. K vnitřní jednotce může být kabelově připojen ovladač, nebo je tato komunikace vyřešena bezdrátově. K venkovní jednotce musí být ještě přiveden kabel síťového napájení. [7] [8]

Hlavním úkolem při chlazení je odčerpat teplo z místnosti jinam s tím, že toto zařízení vzduch nevyměňuje, ale pouze ho upravuje. Klimatizační jednotka tedy pracuje na principu chladicího zařízení a vyměňuje a přesouvá energii. Při chlazení kompresor vhání stlačené plynné chladivo o vysoké teplotě přes kondenzátor. Díky ventilátoru

se vnikající teplo lépe rozptyluje a pomocí menší venkovní teploty je kondenzátor ochlazován. Důsledkem tohoto procesu dochází ke zkapalnění chladicího média, které je následně odváděno přes expanzní ventil do vnitřní jednotky. K ochlazování místnosti dochází díky ventilátoru, který rozptyluje studený vzduch získaný z ochlazeného média a zároveň výparník odebírá teplý vzduch z pokoje. Vlivem ohřívání a expanze se skupenství chladiva změní z kapalného opět na plynné. Plynné chladivo se vrací zpátky do venkovní jednotky, kde se celý proces znovu opakuje. [7] [8]



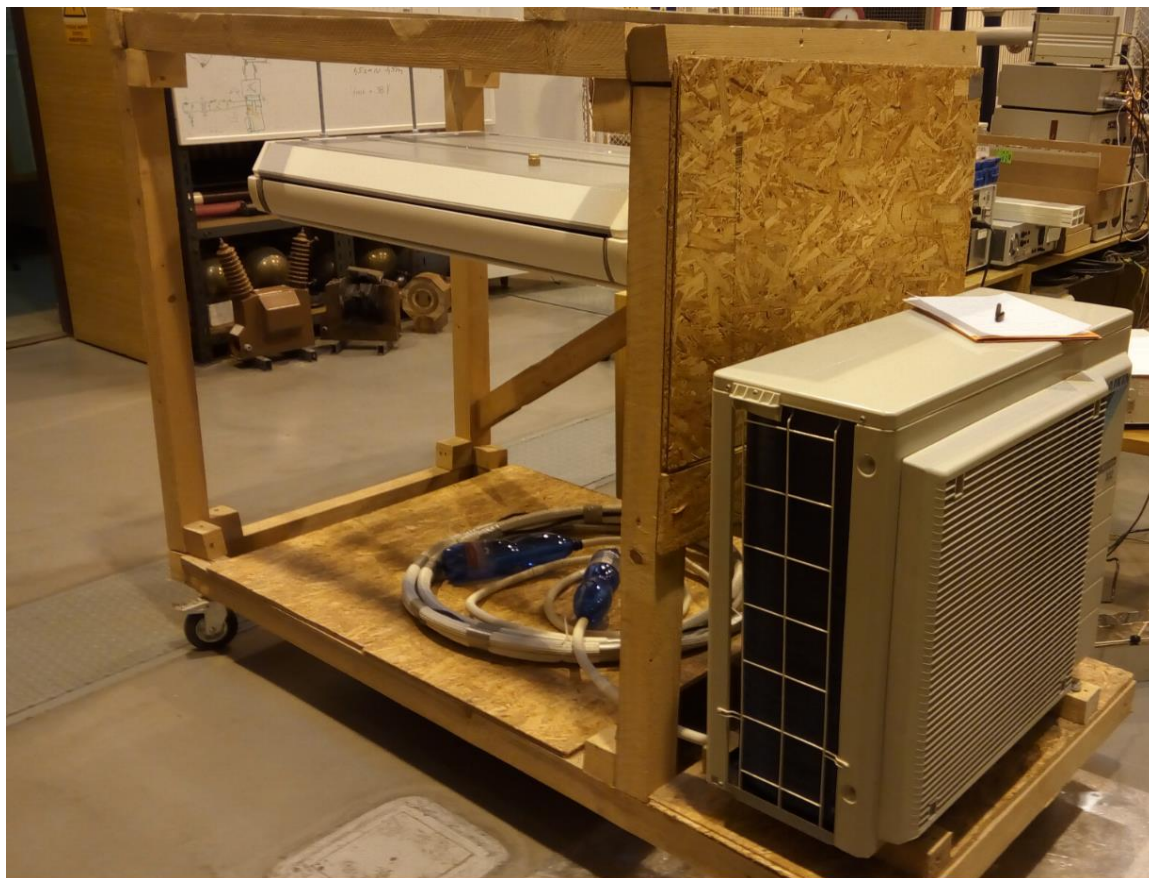
Obrázek 6 Princip klimatizačního zařízení [8]

Krom chlazení mají moderní klimatizace i funkci topení, která je založena na opačném principu než chlazení. Chladicí médium je poháněno opačným směrem, a aby to bylo možné, je třeba reverzní ventil, který přeměrovává tok média. Funkce výparníku umístěného ve vnitřní jednotce, který v režimu chlazení sloužil k rozvodu studeného vzduchu, je nyní kondenzátorem. Naopak kondenzátor venkovní jednotky změní svou funkci na výparník. Z kompresoru je stlačené médium o vysoké teplotě přiváděné do vnitřní jednotky, ve které probíhá rozptyl teplého vzduchu a je nasáván vzduch studený, který ochlazuje médium. Následně je médium přemístěno do venkovní jednotky, kde zkapalní a je přesunuto do kompresoru. [7] [8]

## 2 Praktická část

Praktická část této práce se zabývá testováním a vyhodnocováním EMC na konkrétním vzorku klimatizačního zařízení. Měřený vzorek byl podroben jak zkouškám susceptibility, tak i zkouškám interference. Na základě naměřených dat, která jsou postupně uvedena níže, je vyhodnoceno, zda testovaný vzorek vyhověl normativním požadavkům. Všechna měření byla prováděna v obou možných chodech zařízení a to v režimech chlazení i topení.

V rámci optimalizace produktů a snižování výrobních nákladů se v této práci použila kombinace jednotek, u kterých se hledají vhodné komponenty pro modifikaci desky plošného spoje. Tento požadavek byl stanoven ze strany firmy Daikin Industries Czech Republic s.r.o. Kombinace použitých jednotek byla venkovní jednotka spojená se stropní vnitřní jednotkou. Obě jednotky byly osazeny ve stojanu a jejich propojení bylo realizováno na základě normy ČSN EN 55014-1 ed. 4 odst. 7.3.1.20.4. Stanovená délka chladicího potrubí byla  $5\text{ m} \pm 0,3\text{ m}$  a bylo tvarováno jako cívka o průměru 1 m. Spojovací vedení muselo být vedeno podle chladicího potrubí. Vzdálenost od umělé sítě typu V byla 0,8 m.



Obrázek 7 Umístění jednotek ve stojanu

## 2.1 Program zkoušek

Ze strany firmy Daikin Industries Czech Republic s.r.o. byl dán požadavek na seznam zkoušek, kterým by mělo být dané klimatizační zařízení podrobeno. Na základě technických možností Západočeské univerzity, na které byla měření prováděna, byl následně sestaven program zkoušek. Dohromady se jednalo o 7 zkoušek odolnosti a 3 zkoušky emisí.

Pro maximální povolené hodnoty, popřípadě povolené funkční parametry, se vycházelo z kmenové normy pro prostředí lehkého průmyslu, obytných a obchodních prostor.

### Zkoušky odolnosti

- Zkouška odolnosti elektrostatickým výbojem
- Zkouška odolnosti – vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole
- Zkouška odolnosti rychlými elektrickými přechodovými jevy (skupiny impulzů)
- Zkouška odolnosti rázovým impulzem
- Zkouška odolnosti – odolnost proti rušení šířeným vedením, indukovaným vysokofrekvenčními poli
- Zkouška odolnosti magnetickým polem síťového kmitočtu
- Zkouška odolnosti krátkodobými poklesy, krátkým přerušením a pomalými změnami napětí

### Zkoušky vyzařování

- Měření charakteristik elektromagnetického rušení, způsobeným spotřebiči pro domácnost, elektrickým náradím a podobnými přístroji
- Měření mezí pro emise proudu harmonických
- Měření změn napětí, kolísání napětí a flikru v rozvodných sítích nízkého napětí

## 2.2 Zkoušky odolnosti

Zkoušky odolnosti se z praktického důvodu obvykle provádějí až po zkouškách emisí. Je to z důvodu, že některé ze zkoušek odolnosti mohou být pro testované zařízení náročné a mohlo by dojít i k jeho poškození. Jelikož měřený vzorek byl příliš velký a stojan by nebylo možné rovnou přemístit do bezodrazové komory pro zkoušky emisí, musely být upřednostněny tyto rizikovější zkoušky.

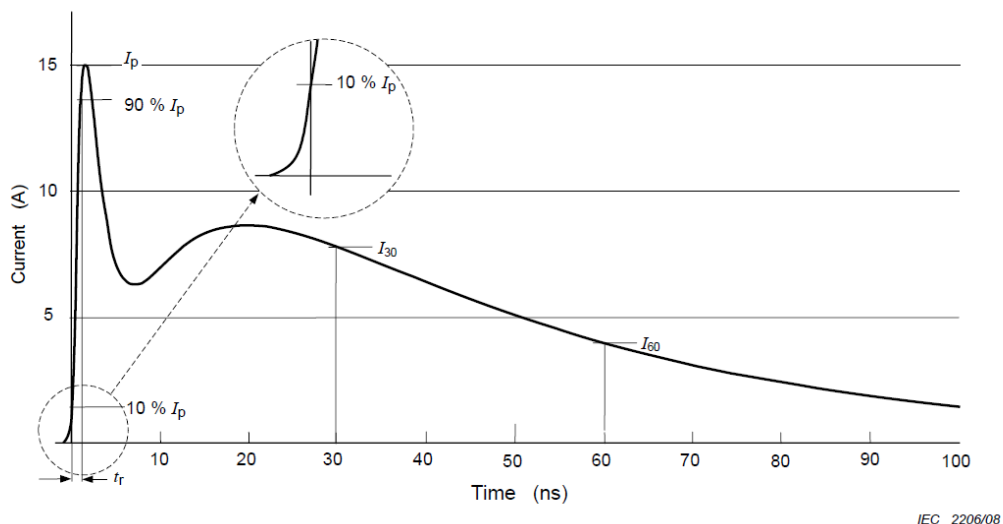
### 2.2.1 Zkouška odolnosti elektrostatickým výbojem

Zkoušku odolnosti elektrostatickým výbojem popisuje norma ČSN EN 61000-4-2. Zkouška odolnosti zařízení proti elektrostatickému výboji se provádí kvůli možnosti poškození citlivých součástí při průchodu elektrického náboje. Možnost vzniku elektrostatického výboje je zvýšena v prostředí s nízkou vlhkostí a nejčastěji k němu dochází při obsluze zařízení, nebo přímým kontaktem či jiné manipulaci se zařízením.

Vlastní zkouška odolnosti zařízení má dvě části. První část zkoušky je kontaktní a dochází při ní k přímému dotyku s kovovými částmi zařízení, jako jsou šrouby, desky, kryt nebo žebra výparníku. Na každé z testovaných míst je přiloženo 10 impulzů s časovým rozestupem 1 s o velikosti 4 kV v kladné i záporně polaritě.

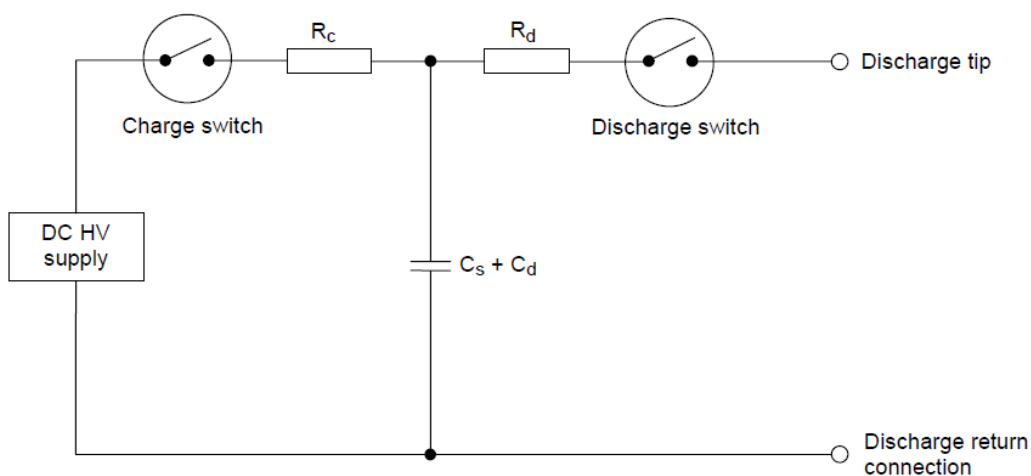
V druhé polovině zkoušky je přikládán vzduchový výboj do nekovových částí zařízení, konkrétně do displaye ovladače a jeho tlačítek. Tato zkouška simuluje lidskou obsluhu zařízení a možnost přeskočení statického náboje přes prsty ruky do vnitřku ovladače. Test se také skládá z 10 impulzů s časovým rozestupem 1 s v obou polaritách, ale přikládané napětí je tentokrát 8 kV. Obě části zkoušky jsou prováděny jak v režimu chlazení s minimální nastavenou teplotou 17°C, tak v režimu topení s maximální nastavenou teplotou 31°C.

Časový průběh vlny výstupního proudu elektrostatického generátoru je zobrazen níže. Průběh náběžné hrany je velmi strmý a časový interval mezi 10 % a 90 % první špičky proudu je 0,8 ns. Průběh celého impulzu je potom v řádu desítek nanosekund. [10]



Obrázek 8 Ideální průběh kontaktního výboje při 4 kV [10]

Zkušební generátor má parametry, které simulují dotyk lidského těla s částmi zařízení. Náhradní schéma obvodu generátoru je dáno obrázkem 9. Kapacita kondenzátoru  $C_s + C_d$  je 150 pF, přes rezistor  $R_c$  se kondenzátor nabíjí a vybíjecí odpor  $R_d$  má velikost 330  $\Omega$ . [10]



Obrázek 9 Schéma zapojení zkušební elektrostatického generátoru [10]

## Výsledek zkoušky

V průběhu zkoušky jsme přikládali vybíjecí pistoli ke všem částem klimatizační jednotky. Hledali jsme místa, kde by mohlo dojít s největší pravděpodobností k výboji, takže u kontaktního výboje jsme zkoušeli vybíjecí pistoli přikládat na šrouby nebo desky a jiné kovové části vnitřní a venkovní jednotky. Pro vzduchový výboj jsme elektrodu přikládali k displayi ovladače případně k jeho tlačítkům. Během celé zkoušky jsme

nezaznamenali žádné změny normálního chodu testovaného vzorku, tudíž jsme mohli vzorku přiřadit funkční kritérium A. Výsledky zkoušek jsou zobrazeny v tabulce níže pro oba režimy chodu klimatizační jednotky.

Tabulka 1 Vyhodnocení elektrostatických výbojů

Zkouška elektrostatickým výbojem							
Režim chlazení	Typ zkoušky	kontaktní				vzduchem	
	Příkládané napětí	4 kV				8 kV	
	Místo dotyku	Outdoor		Indoor		Ovladač	
	Polarita	+	-	+	-	+	-
	Funkční kritérium	A	A	A	A	A	A
	Přípustné kritérium	B				B	
Režim topení	Typ zkoušky	kontaktní				vzduchem	
	Příkládané napětí	4 kV				8 kV	
	Místo dotyku	Outdoor		Indoor		Ovladač	
	Polarita	+	-	+	-	+	-
	Funkční kritérium	A	A	A	A	A	A
	Přípustné kritérium	B				B	



Obrázek 10 Zkouška vzduchovým výbojem



### 2.2.2 Zkouška odolnosti – vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole

Zkouška odolnosti proti vyzařovanému vysokofrekvenčnímu poli je popsána normou ČSN EN 61000-4-3. Cílem této zkoušky je určení elektromagnetické odolnosti zařízení vůči spojitým elektromagnetickým polím vyzařovaným v kmitočtovém pásmu od 80 MHz do 3 GHz. Zkouška tedy simuluje vyzařování například ručních přenosných vysílačů nebo také stabilních vysílacích stanic, rozhlasových, televizních, vozidlových vysílačů a mobilních radiotelefonů i různé průmyslové vysokofrekvenční zdroje signálu. Jedinou možností, jak se tedy vyhnout ovlivňování elektrických zařízení vnějšími frekvencemi, je zvýšení elektromagnetické odolnosti proti vysokofrekvenčnímu záření. Hlavní veličinou této zkoušky je intenzita elektrického pole, která určuje, jaká energie bude zařízení elektromagnetickým polem ovlivňovat. [11]

Zkouška probíhala ve stíněné absorpční komoře z toho důvodu, aby nedocházelo k ovlivňování zařízení ležících v blízkosti této komory vlivem silného elektromagnetického pole. Zároveň stíněná absorpční komora pohlcuje vlivy vnějších signálů, které by se mohly dostat na zkušební zařízení. Absorpční komora je tedy ideálně stíněná místnost a všechny její stěny jsou z materiálů, které pohlcují elektromagnetické vlny. Používají se feritové absorpční desky a na ty se ještě umísťují pyramidové absorbéry z polystyrenu pokrytého polovodivou folií.

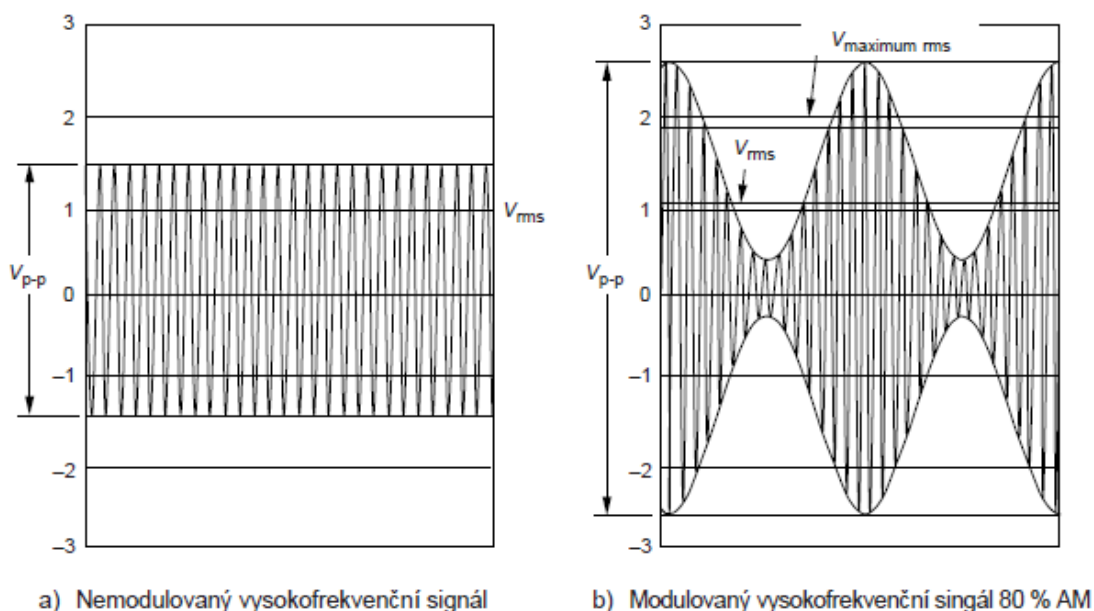
Zkouška vyzařování vysokofrekvenčního pole požaduje, aby byly absorbéry položeny i na podlaze a bylo tak dosaženo přesně definovaného elektromagnetického pole. Zkušební rozložení znázorňuje obrázek níže.



Obrázek 11 Zkušební rozložení pro ČSN EN 61000-4-3

Zkouška byla rozdělena do dvou částí a opět probíhala v obou režimech klimatizační jednotky. První část zkoušky probíhala ve frekvenčním pásmu 80 MHz – 1 GHz a byla pro ni použita logaritmicko-periodická anténa. Druhá část zkoušky byla ve frekvenčním pásmu 1,4 GHz – 2,7 GHz a byla použita trychtýřová anténa. Zkoušku je dále potřeba provést ještě v obou možných nastaveních antény, a to v horizontálním a vertikálním.

Zkušební úroveň intenzity elektrického pole byla zvolena na 3 V/m s 80% amplitudovou modulací pro všechny frekvence, přičemž jsme vycházeli z kmenové normy odolnosti pro prostředí obytné, obchodní a lehkého průmyslu. Umístění antény bylo 1,2 m nad zemí a frekvenční krok byl zvolen 1 % s odstupem 1 s. [9]



Obrázek 12 Definice tvarů vln na výstupu signálního generátoru [11]

### Výsledek zkoušky

V průběhu zkoušky musela být bezodrazová komora uzavřená a průběh zkoušky jsme sledovali na kameře umístěné v komoře. V průběhu celé zkoušky nedošlo k žádné abnormální činnosti klimatizační jednotky a ve všech zkoumaných nastaveních obstála na funkční kritérium A, které bylo i požadováno. Z tohoto důvodu můžeme tvrdit, že klimatizační jednotka v této zkoušce EMS obstála. Výsledky zkoušky jsou zaznamenány v tabulce níže.

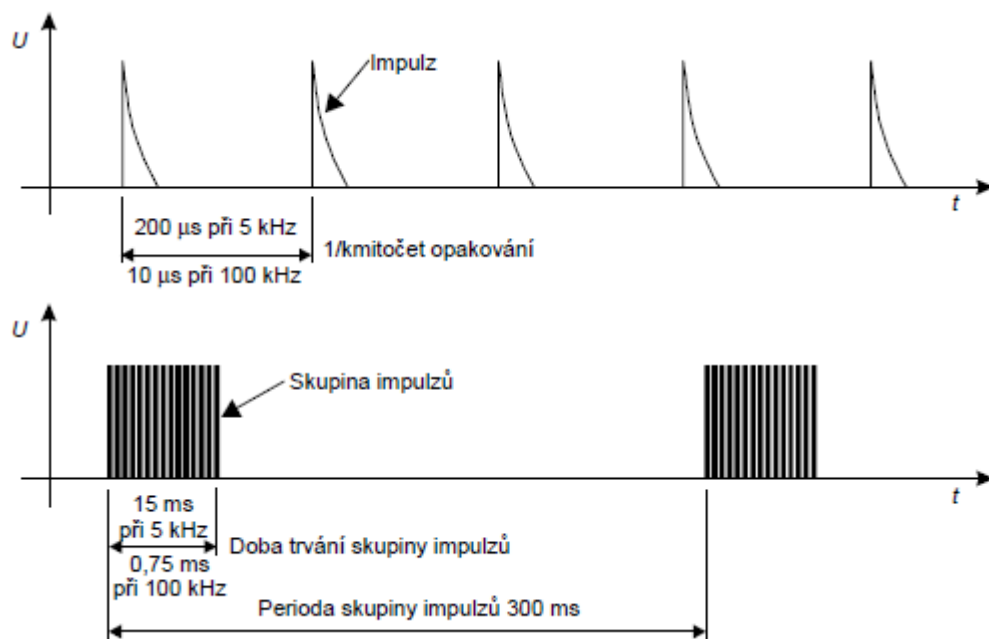
Tabulka 2 Vyhodnocení zkoušky vyzařovaného vysokofrekvenčního elektromagnetického pole

Vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole					
	Frekvenční rozsah	Intenzita elektrického pole	Polarita antény	Funkční kritérium	Přípustné kritérium
	f [Hz]	E [V/m]			
<b>Režim chlazení</b>	80 M - 1 G	3	H	A	A
			V	A	
	1,4 G - 2,7 G	3	H	A	
			V	A	
<b>Režim topení</b>	80 M - 1 G	3	H	A	A
			V	A	
	1,4 G - 2,7 G	3	H	A	
			V	A	

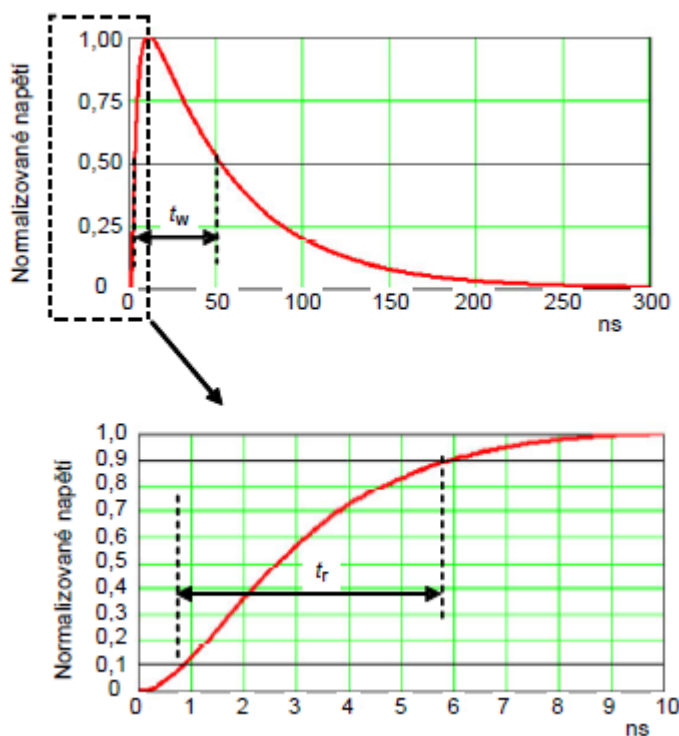
### 2.2.3 Zkouška odolnosti rychlými elektrickými přechodovými jevy (skupiny impulzů)

Test odolnosti proti rychlým přechodným jevům je dán normou ČSN EN 61000-4-4. Zkouška ověřuje odolnost zařízení proti opakovaným rychlým přechodným jevům. Skupiny impulzů obsahují velký počet přechodných jevů, které jsou zavedeny do vstupů, popřípadě výstupů napájení nebo ovládání. Charakteristická pro tuto zkoušku je vysoká amplituda, krátká doba náběhu, vysoký opakovací kmitočet a nízká energie přiváděných signálů. Tato zkouška představuje situaci, kdy je elektrické zařízení vystaveno přechodnému rušení způsobenému spínacími obvody, kdy dochází k přerušení indukčních zátěží nebo třeba odskočení kontaktů relé. [12]

Zkouška byla provedena pro kabel střídavého napájení s opakovací frekvencí 5 kHz a hodnotou 1 kV pro vrcholové napětí. Tvar napěťové vlny je dán vztahem 5 na 50 ns (5/50 ns), což znamená, že náběžná hrana impulzu je 5 ns a doba půltýlu, která určuje pokles signálu na 50 % z maximální hodnoty, je 50 ns. Doba trvání skupiny impulzů je 15 ms a doba periody této skupiny je 300 ms. [12]



Obrázek 13 znázornění elektrického rychlého přechodného jevu/skupiny impulzů [12]



Obrázek 14 Ideální tvar vlny jednoho impulzu do zátěže  $50 \Omega$  s jmenovitými parametry  $t_r = 5 \text{ ns}$  a  $t_w = 50 \text{ ns}$  [12]

Další část zkoušky byla ještě provedena pro signálový vodič u ovladače, kde byl signál přiveden nepřímou kapacitní vazbou s použitím kapacitních vazebních kleští. Tato kleština simuluje kabely, které by mohly být vedené společně se signálovým vodičem a tím by mohly zanášet rušení do ovladače klimatizačního zařízení. Použitým napětím bylo

0,5 kV a tvar vlny byl opět 5 na 50 ns opakovací frekvencí 5 kHz. [12]



Obrázek 15 Kapacitní vazební kleště

### Výsledek zkoušky

Zkouška byla opět provedena v režimu topení a chlazení a přiváděné impulzy byly v kladné i záporné polaritě. Během zkoušky nedošlo k žádnému zhoršení chodu či abnormalitě u zkoumaného přípravku, tudíž jsme mohli udělit funkční kritérium A. Požadavek daný kmenovou normou byl na funkční kritérium B. Vyhodnocení zkoušky je v tabulce 3.

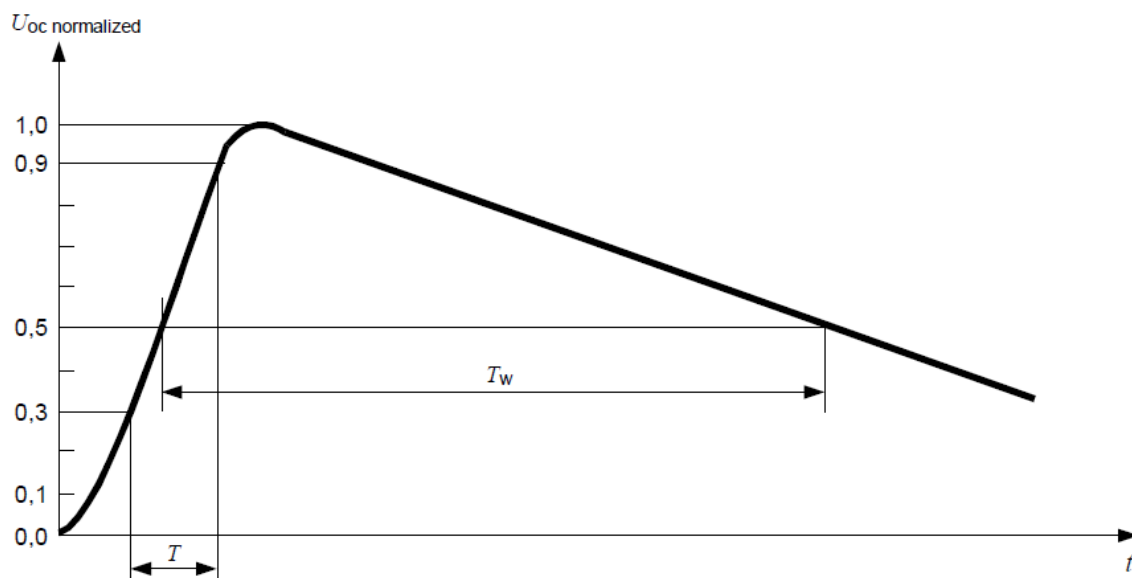
Tabulka 3 Vyhodnocení zkoušky rychlých elektrických přechodných jevů

Rychlé elektrické přechodné jevy (skupiny impulzů)						
		Opakovací kmitočty impulzů	Napětí	Polarita impulzů	Funkční kritérium	Přípustné kritérium
		f [kHz]	U [kV]			
Režim chlazení	Napájecí kabel	5	1	+	A	B
	Komunikační kabel			-	A	
	Komunikační kabel		0,5	+	A	
				-	A	
Režim topení	Napájecí kabel	5	1	+	A	B
	Komunikační kabel			-	A	
	Komunikační kabel		0,5	+	A	
				-	A	

## 2.2.4 Zkouška odolnosti rázovým impulzem

Zkouška odolnosti rázovým impulzem vychází z normy ČSN EN 61000-4-5. Rázový impulz je vysokoenergetický jednosměrný impulz napětí nebo proudu se strmým čelem a dlouhým týlem. Představuje atmosférické přepětí (bleskový výboj), který by mohl ohrozit elektrická a elektronická zařízení až do vzdálenosti 4 km. Velikost proudu bleskového výboje je až 200 kA. Další možnou příčinou rázového impulzu může být spínací přepětí, které se vyskytuje v napájecí síti a může být způsobeno libovolným zařízením, u kterého dochází k elektrickému oblouku. [13]

Normou jsou dány dva druhy impulzů. Jeden z nich reprezentuje spojení nakrátko a je to proudový impulz s tvarem vlny 8/20  $\mu\text{s}$ . Další představuje spojení naprázdno, což je napěťový impulz s tvarem vlny 1,2/50  $\mu\text{s}$ . Ve zkoušce se vlna volí podle velikosti vstupní impedance na svorkách zkušebního zařízení ku výstupní impedanci zdroje. Když je vstupní impedance menší než výstupní, volí se impulz proudový, naopak impulz napěťový. V našem případě byl zvolen impulz napěťový. [13]



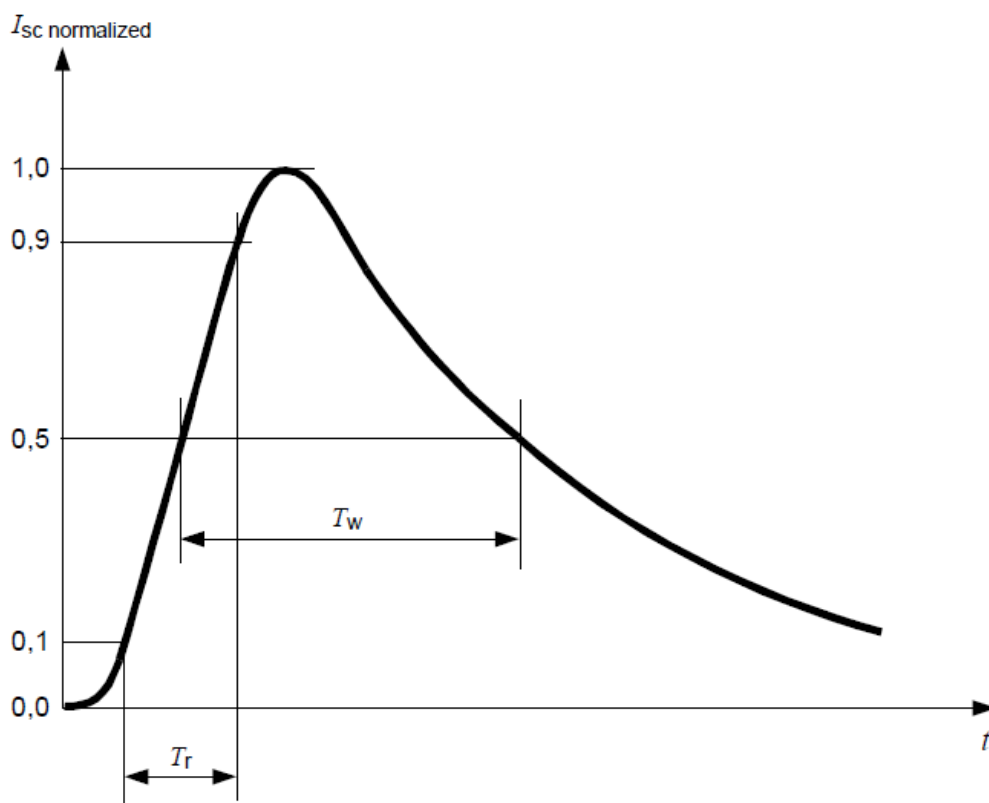
Náběžná doba:

$$T_f = 1,67 \times T = 10 \mu\text{s} \pm 30 \%$$

Doba trvání

$$: T_d = T_w = 700 \mu\text{s} \pm 20 \%$$

Obrázek 16 Vlna napětí naprázdno [13]



Náběžná doba:

$$T_f = 1,25 \times T_r = 5 \mu\text{s} \pm 20 \%$$

Doba trvání:

$$T_d = T_w = 320 \mu\text{s} \pm 20 \%$$

Obrázek 17 Vlna proudu nakrátko [13]

Dle kmenové normy jsme stanovili, že vrcholová hodnota napětí pro vazbu vodičů vazby L-N je 1 kV a pro vazby L-PE a N-PE byla zvolena hodnota 2 kV. Impulzy byly dále vysílány s fázovými posuvy vůči síťovému napětí s úhly  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  a  $270^\circ$ . Pro každé nastavení bylo vygenerováno 5 impulzů a časový rozestup mezi nimi jsme si zvolili 15 s. Všechny impulzy potom byly posílány jak v kladné, tak záporné polaritě. [20]

### Výsledek zkoušky

Klimatizační jednotka splnila zkoušku rázovým impulzem na funkční kritérium A ve všech zkoumaných nastaveních, přitom dle normy by postačovalo pouze funkční kritérium B. Žádné omezení funkcionality tedy nenastalo ani v režimu topení, ani v režimu chlazení.

Tabulka 4 Vyhodnocení zkoušky odolnosti rázovými impulzy

		Rázový impulz								
		1 kV		1 kV		2 kV		2 kV		
		+	-	+	-	+	-	+	-	
	Vazba	Fázový posun	Funkční kritérium	Přípustné kritérium	Funkční kritérium	Přípustné kritérium	Funkční kritérium	Přípustné kritérium	Funkční kritérium	
Režim chlazení	L-N	0°	A	A	B	B				
		90°	A	A	B	B				
		270°	A	A	B	B				
	L-PE	0°					A	A	B	B
		90°					A	A	B	B
		270°					A	A	B	B
	N-PE	0°					A	A	B	B
		90°					A	A	B	B
		270°					A	A	B	B
Režim topení	L-N	0°	A	A	B	B				
		90°	A	A	B	B				
		270°	A	A	B	B				
	L-PE	0°					A	A	B	B
		90°					A	A	B	B
		270°					A	A	B	B
	N-PE	0°					A	A	B	B
		90°					A	A	B	B
		270°					A	A	B	B

### 2.2.5 Zkouška odolnosti proti rušení šířeným vedením, indukovaným vysokofrekvenčními poli

Norma týkající se této zkoušky je ČSN EN 61000-4-6 a definuje metodiku pro testování elektromagnetické odolnosti, parametry testovací aparatury a stupně přísnosti pro zařízení, která jsou rušena signály šířícími se po napájecích a signálových vedeních a zemnicích spojeních. Zkouška má stanovit anténní efekty kabelů připojených k testovanému zařízení. Zdrojem, který by takové rušení mohl způsobovat, jsou myšleny úmyslné vysokofrekvenční vysílače ve frekvenčním rozsahu od 150 kHz do 80 MHz. Norma požaduje, aby testované zařízení mělo alespoň jeden vodivý kabel, který by mohl způsobit vazbu zařízení na vysokofrekvenční rušivá pole. Při této zkoušce odolnosti je zvolen zkušební signál s amplitudovou modulací sinusovou vlnou 1 kHz do hloubky 80 % obdobně jako u zkoušky odolnosti vyzařovaného vysokofrekvenčního pole popsané v předcházejících kapitolách. [14]

Pro zkoušku jsme dle kmenové normy pro odolnost zvolili velikost zkušebního napětí na 3 V. Velikost zvoleného kroku byla 1 % předcházející frekvence s časovým rozestupem 0,5 s. Použitý generátor pro toto testování byl CWS 500.





**Obrázek 18** Zkušební uspořádání pro zkoušku dle normy ČSN EN 61000-4-6

Pro zkoušku bylo třeba použít útlumové členy pro ochranu zdroje a okolní sítě. Vše je znázorněno na fotografii na obrázku 18, kde černá krabička chrání měnič zdroje před nepříznivými vlivy a šedá krabička chrání síť před vzniklým rušením.

### **Výsledek zkoušky**

Zkoušku jsme provedli pro přívodní napájení klimatizační jednotky v režimu topení i chlazení a dále na komunikační kabel ovladače přes feritové kleště. V průběhu zkoušky nenastala žádná porucha činnosti zkušebního zařízení, tedy bylo možné přiřadit funkční kritérium A, přičemž norma ani jiné kritérium nepřipouštěla.

#### **2.2.6 Zkouška odolnosti magnetickým polem síťového kmitočtu**

Zkouška odolnosti magnetickým polem síťového kmitočtu je dána normou ČSN EN 61000-4-8. Zkouška stanovuje požadavky na odolnost zařízení průmyslových instalací, elektráren, rozvoden vn a vvn a rušení je způsobeno proudem síťového kmitočtu ve vodičích nebo jinými přístroji, například transformátory. Proud normálních provozních podmínek způsobuje ustálené magnetické pole relativně malé intenzity a poruchový proud způsobuje intenzivní magnetická pole krátkého trvání, protože na něj většinou reagují nějaké ochrany. [15]

Námi zvolená intenzita magnetického pole pro domácí spotřebiče byla 3 A/m

a zkoumaný vzorek jsme vystavovali tomuto působení po dobu jedné minuty. Zkouška se prováděla při kmitočtu odpovídajícímu kmitočtu napájecí sítě tudíž 50 Hz.

Nezbytnou součástí této zkoušky je indukční cívka, ve které se průchodem proudu vytváří magnetické pole požadované intenzity a aplikuje se na EUT (equipment under test) ponorovou metodou. Indukční cívka musí generovat intenzitu pole odpovídající vybrané zkušební úrovni s definovanou homogenitou  $\pm 3$  dB. Cívka je jednozávitová a tvarovaná do čtverce s délkou strany 1 m a indukčností  $2,5 \mu\text{H}$ . [15]



Obrázek 19 Zkušební uspořádání pro ČSN EN 61000-4-8

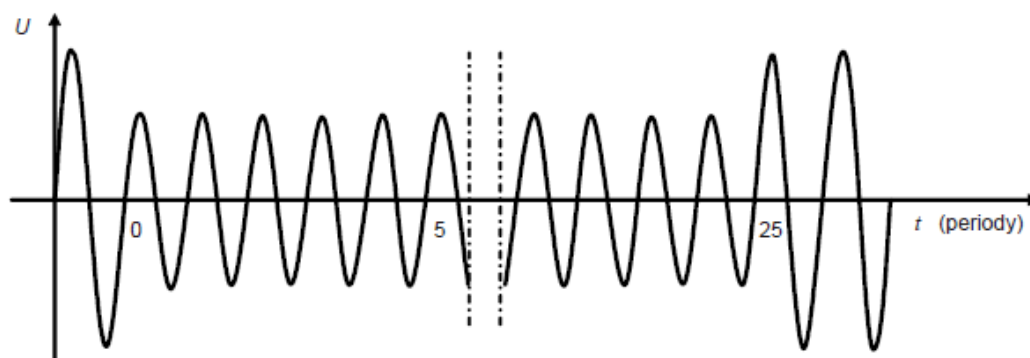
### Výsledek zkoušky

Indukční cívku jsme přikládali dle možností uspořádání klimatizačního zařízení ve stojanu jak k venkovní, tak k vnitřní jednotce. K venkovní jednotce jsme cívku přikládali svisle před ní a vodorovně kolem. Pro vnitřní jednotku jsme cívku přiložili pouze vodorovně pod a nad zkoušené zařízení. Jiné rozložení nebylo možné uskutečnit vzhledem k propozicím stojanu a jednotek. Přiložené magnetické pole nemělo na chod klimatizační jednotky vliv, tudíž jsme mohli udělit funkční kritérium A. Povolené funkční kritérium bylo také A.

### 2.2.7 Zkouška odolnosti krátkodobými poklesy, krátkým přerušením a pomalými změnami napětí

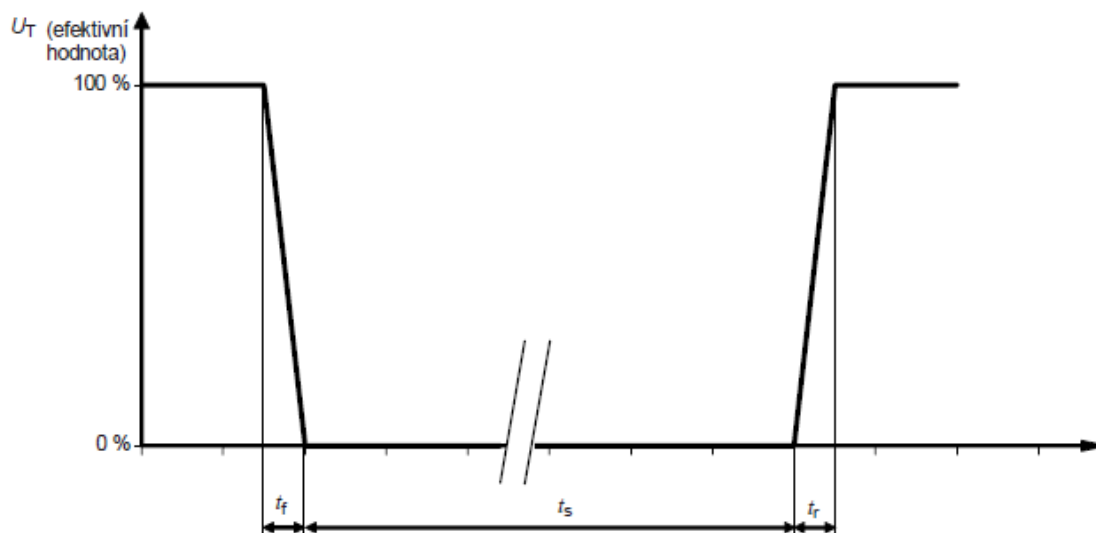
Norma ČSN EN 61000-4-11 specifikuje metodiku a provedení zkoušek odolnosti zařízení, která by mohla být citlivá na krátkodobé poklesy a krátká přerušení napájecího síťového napětí. V této zkoušce se zvažují zařízení, která jsou připojena do sítě nn o frekvenci 50 Hz a 60 Hz s fázovým proudem menším než 16 A. Změny napětí přiváděného do zařízení mohou být dány poruchami v síti a náhlými a velkými změnami zatížení. V síti se mohou vyskytovat dva nebo více po sobě následujících poklesů. Změny napětí jsou skokové a skok může začít i končit při jakémkoliv fázovém úhlu síťového napětí. [16]

Zkouška se provádí ve 4 různých případech popsanych v kmenové normě. Prvním je pokles napětí na 0 % síťové hodnoty na dobu 0,5 periody, převedeno na čas pro síťovou frekvenci 50 Hz je to 10 ms. Stejně se zkouška ještě provede pro 1 periodu průběhu napětí, což je 20 ms. Třetím případem je pokles napětí na 70 % ze síťové hodnoty 230 V a to odpovídá 161 V. Tento pokles má dobu trvání 25 period, tedy 500 ms. Posledním zkoumaným případem je přerušení napětí na 0 V po dobu 250 period, které odpovídají 5 s.



**POZNÁMKA** Napětí poklesne na 70 % po dobu 25 period. Skoková změna v okamžiku průchodu nulou.

**Obrázek 20** Krátkodobý pokles napětí – Průběh sinusovky krátkodobého poklesu napětí na 70 % [16]



**Legenda**

- $t_r$  Doba stoupaní napětí
- $t_f$  Doba klesání napětí
- $t_s$  Doba zmenšeného napětí

**Obrázek 21 Krátké přerušení napětí [16]**

**Výsledek zkoušky**

Krátkodobé poklesy napětí byly vždy provedeny 3-krát s časovým rozestupem 5 s a pro první tři testované případy jsme zaznamenali pouze malou změnu otáček motoru venkovní jednotky, ale tento pokles by bylo obtížné specifikovat a normální chod klimatizační jednotky to nenarušilo, proto jsme rozhodli pro udělení funkčního kritéria A. Pro přerušení napětí na dobu 5 s jsme udělili funkční kritérium B, došlo ke krátkému přerušení chodu klimatizační jednotky, ale v rozmezí 1-2 minut opět naběhla v režimu, ve kterém do té doby byla nastavena. Klimatizační jednotka opět obstála ve všech případech na lepší funkční kritérium, než je minimální požadované.

**Tabulka 5 Vyhodnocení zkoušky krátkodobých poklesů, krátkých přerušení a pomalých změn napětí**

Krátkodobé poklesy, krátká přerušení a pomalé změny napětí						
	Zkušební úroveň napětí	Procentuelní pokles síťového napětí	Počet period	Čas trvání	Funkční kritérium	Přípustné kritérium
	U [V]	U [%]	T [s <sup>-1</sup> ]	t [ms]		
Režim chlazení	0	0	0.5	10	A	B
	0	0	1	20	A	B
	161	70	25	500	A	C
	0	0	250	5000	B	C
Režim topení	0	0	0.5	10	A	B
	0	0	1	20	A	B
	161	70	25	500	A	C
	0	0	250	5000	B	C

## 2.3 Zkoušky vyzařování

Zkoušky vyzařování (emisí) probíhaly v bezodrazové komoře. Jelikož nebylo možné do komory přemístit celý stojan, musel být vzorek rozebrán a umístěn do komory v jiném rozložení. Nové rozložení muselo být přizpůsobeno možnostem komory a nebylo zcela správné. Vnitřní jednotka by měla být zavěšena ze stropu, podobně jak byla umístěna prve ve stojanu, ale místo toho jsme vnitřní jednotku museli umístit nastojato na stůl, který se v bezodrazové komoře nacházel. Klimatizační jednotka však správně fungovala i v takovémto rozložení. Jediné, co by takovéto rozložení ovlivnilo, by byl odtok kondenzátu. V měřeném prostředí ale byla nízká vlhkost a čas zkoušek byl poměrně krátký, proto se prakticky žádný kondenzát ani nevytvořil.



Obrázek 22 Nové zkušební uspořádání pro měření emisí

### 2.3.1 Měření charakteristik elektromagnetického rušení, způsobených spotřebiči pro domácnost, elektrickým nářadím a podobnými přístroji

Následující zkoušky byly prováděny podle normy ČSN EN 55014-1 stanovující požadavky na spotřebiče pro domácnost, elektrické nářadí a podobné přístroje z hlediska elektromagnetické interference, tedy emisí způsobených vlastním chodem zařízení. Zkoumají se konduktivní emise a také se v rámci zkoušky měří vysokofrekvenční charakteristiky pomocí antén. [17]

Jak bylo zmíněno v kapitole 2, u měřeného vzorku se hledají vhodné komponenty pro modifikaci desky plošného spoje. Z tohoto důvodu se očekávalo, že první skladba výsledků této zkoušky by mohla být nepříznivá. V případě nevyhovujících výsledků by se následně hledala modifikace, která by daný problém vyřešila. Také by mělo být zmíněno, že pro měření emisí vysoké frekvence norma umožňuje 2 varianty testování. Univerzita disponovala pouze jednou variantou testování, a proto by nebylo možné komplexně stanovit výsledek zkoušky. Výsledek druhé varianty zkoušky byl tedy naměřen v externí laboratoři pro poskytnutí uceleného pohledu na testované zařízení a je přiložen v příložené kapitole.

### 2.3.1.1 Konduktivní emise

Jako konduktivní emise můžeme chápat vznik signálů přenášených přes elektricky vodivé kabely do napájecí sítě. Vliv těchto signálů se zkoumá ve frekvenčním pásmu od 150 kHz do 30 MHz. Pro realizaci této zkoušky se používá umělá síť, která zajišťuje odfiltrování rušivých signálů, které by se mohly nacházet v napájecí síti vlivem jiných blízkých elektrických zařízení. Umělá síť také simuluje impedanci příslušné napájecí sítě v daném pásmu kmitočtů. U měřicího přijímače jsme nastavili maximální meze rušení v dB vztažených k  $\mu\text{V}$  pro jednotlivé frekvenční rozsahy stanovené normou. [17]

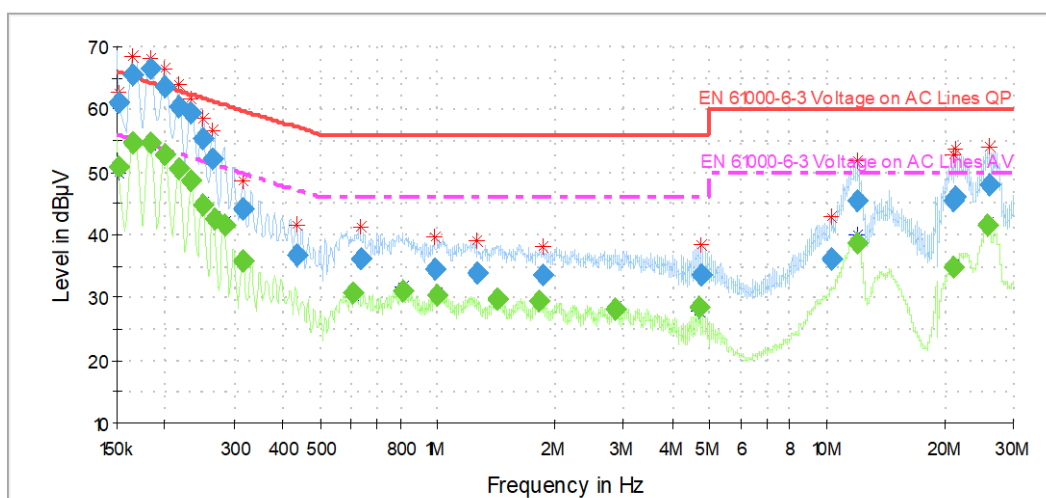
Tabulka 6 Požadavky pro zkoušku konduktivních emisí [17]

Kmitočtový rozsah	Rušivé napětí	
	Kvazivrcholová hodnota dB ( $\mu\text{V}$ )	Střední hodnota dB ( $\mu\text{V}$ )
0,15 až 0,50	66 do 56 (Klesá lineárně s logaritmem kmitočtu)	59 do 46 (Klesá lineárně s logaritmem kmitočtu)
0,50 až 5	56	46
5 až 30	60	50

Pro zaznamenání naměřených hodnot byl použit selektivní mikrovoltmetr (Rohde & Schwarz ESR7), který spojitě přeladřoval frekvenční pásmo. Z tabulky výše vyplývá, že je dán požadavek na měření střední a kvazivrcholové hodnoty rušení a měření se provádělo při střídání fázového a nulového vodiče. [17]

## Naměřené hodnoty

U následujících grafů je maximální povolená kvazivrcholová hodnota rušení označena červenou čarou a maximální povolená střední hodnota rušení fialovou přerušovanou čarou. Modrá křivka pak znázorňuje naměřené kvazivrcholové hodnoty emisí a křivka zelená jejich střední hodnoty. V bodech znázorněných hvězdičkou pak bylo prováděno ještě přesnější doměřování velikosti rušení, které je pak znázorněno zelenými a modrými body. Záznam konkrétních naměřených hodnot v těchto bodech je pak dán příslušnou tabulkou.

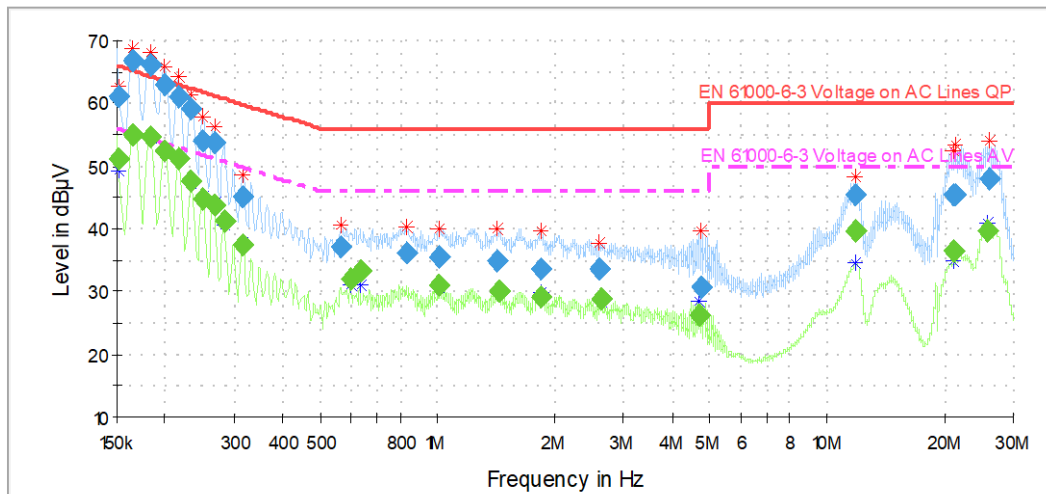


Obrázek 23 Konduktivní emise v režimu topení

Tabulka 7 Naměřené hodnoty konduktivních emisí v režimu topení

Frequency	Process State	QuasiPeak	Average	Limit	Margin	Meas. Time	Bandwidth	Line
MHz		dBµV	dBµV	dBµV	dB	ms	kHz	
0,152249	FINAL	---	50,76	55,88	5,12	1000,0	9,000	L1
0,152249	FINAL	60,91	---	65,88	4,96	1000,0	9,000	L1
0,165749	FINAL	---	54,72	55,17	0,45	1000,0	9,000	N
0,165749	FINAL	65,66	---	65,17	-0,48	1000,0	9,000	L1
0,183749	FINAL	---	54,63	54,31	-0,32	1000,0	9,000	N
0,183749	FINAL	66,46	---	64,31	-2,14	1000,0	9,000	L1
0,199499	FINAL	63,47	---	63,63	0,17	1000,0	9,000	N
0,199499	FINAL	---	52,66	53,63	0,97	1000,0	9,000	L1
0,215249	FINAL	---	50,52	53,00	2,48	1000,0	9,000	L1
0,215249	FINAL	60,38	---	63,00	2,62	1000,0	9,000	N
0,233249	FINAL	---	48,73	52,33	3,61	1000,0	9,000	L1
0,233249	FINAL	59,39	---	62,33	2,94	1000,0	9,000	L1
0,248999	FINAL	---	44,94	51,79	6,85	1000,0	9,000	N
0,248999	FINAL	55,29	---	61,79	6,50	1000,0	9,000	L1
0,264749	FINAL	52,21	---	61,28	9,07	1000,0	9,000	L1
0,266999	FINAL	---	42,48	51,21	8,73	1000,0	9,000	L1

0,282749	FINAL	---	41,60	50,74	9,14	1000,0	9,000	L1
0,316499	FINAL	---	36,00	49,80	13,80	1000,0	9,000	N
0,316499	FINAL	44,08	---	59,80	15,72	1000,0	9,000	L1
0,433499	FINAL	36,88	---	57,19	20,31	1000,0	9,000	N
0,608999	FINAL	---	30,69	46,00	15,31	1000,0	9,000	N
0,631499	FINAL	36,04	---	56,00	19,96	1000,0	9,000	N
0,809249	FINAL	---	30,94	46,00	15,06	1000,0	9,000	N
0,982499	FINAL	34,62	---	56,00	21,38	1000,0	9,000	N
0,998249	FINAL	---	30,47	46,00	15,53	1000,0	9,000	N
1,254749	FINAL	33,89	---	56,00	22,11	1000,0	9,000	N
1,423499	FINAL	---	29,81	46,00	16,19	1000,0	9,000	N
1,823999	FINAL	---	29,40	46,00	16,60	1000,0	9,000	N
1,871249	FINAL	33,66	---	56,00	22,34	1000,0	9,000	N
2,852249	FINAL	---	28,29	46,00	17,71	1000,0	9,000	N
4,658999	FINAL	---	28,37	46,00	17,63	1000,0	9,000	L1
4,755749	FINAL	33,67	---	56,00	22,33	1000,0	9,000	L1
10,166999	FINAL	36,32	---	60,00	23,68	1000,0	9,000	L1
11,872499	FINAL	45,40	---	60,00	14,60	1000,0	9,000	N
11,937749	FINAL	---	38,77	50,00	11,23	1000,0	9,000	N
20,991749	FINAL	45,48	---	60,00	14,52	1000,0	9,000	N
21,023249	FINAL	---	34,79	50,00	15,21	1000,0	9,000	N
21,383249	FINAL	46,12	---	60,00	13,88	1000,0	9,000	N
25,669499	FINAL	---	41,75	50,00	8,25	1000,0	9,000	L1
26,090249	FINAL	48,00	---	60,00	12,00	1000,0	9,000	L1



Obrázek 24 Konduktivní emise v režimu chlazení

Tabulka 8 Naměřené hodnoty konduktivních emisí v režimu chlazení

Frequency	Process State	QuasiPeak	Average	Limit	Margin	Meas. Time	Bandwidth	Line
MHz		dBµV	dBµV	dBµV	dB	ms	kHz	
0,152249	FINAL	61,18	---	65,88	4,70	1000,0	9,000	N
0,152249	FINAL	---	51,13	55,88	4,74	1000,0	9,000	N
0,165749	FINAL	---	54,99	55,17	0,18	1000,0	9,000	N
0,165749	FINAL	66,68	---	65,17	-1,51	1000,0	9,000	N



0,183749	FINAL	66,17	---	64,31	-1,86	1000,0	9,000	N
0,183749	FINAL	---	54,68	54,31	-0,36	1000,0	9,000	N
0,199499	FINAL	---	52,47	53,63	1,16	1000,0	9,000	N
0,199499	FINAL	63,03	---	63,63	0,60	1000,0	9,000	L1
0,215249	FINAL	---	51,18	53,00	1,82	1000,0	9,000	N
0,215249	FINAL	60,94	---	63,00	2,06	1000,0	9,000	N
0,233249	FINAL	59,12	---	62,33	3,21	1000,0	9,000	N
0,233249	FINAL	---	47,71	52,33	4,62	1000,0	9,000	N
0,248999	FINAL	54,10	---	61,79	7,69	1000,0	9,000	L1
0,248999	FINAL	---	44,92	51,79	6,87	1000,0	9,000	N
0,266999	FINAL	53,57	---	61,21	7,64	1000,0	9,000	N
0,266999	FINAL	---	43,75	51,21	7,46	1000,0	9,000	N
0,282749	FINAL	---	41,22	50,74	9,52	1000,0	9,000	N
0,314249	FINAL	45,17	---	59,86	14,68	1000,0	9,000	N
0,316499	FINAL	---	37,57	49,80	12,23	1000,0	9,000	N
0,563999	FINAL	37,02	---	56,00	18,98	1000,0	9,000	N
0,597749	FINAL	---	32,10	46,00	13,90	1000,0	9,000	N
0,631499	FINAL	---	33,43	46,00	12,57	1000,0	9,000	N
0,829499	FINAL	36,20	---	56,00	19,80	1000,0	9,000	N
1,007249	FINAL	35,58	---	56,00	20,42	1000,0	9,000	N
1,009499	FINAL	---	30,98	46,00	15,02	1000,0	9,000	N
1,414499	FINAL	34,82	---	56,00	21,18	1000,0	9,000	N
1,434749	FINAL	---	30,14	46,00	15,86	1000,0	9,000	N
1,830749	FINAL	33,61	---	56,00	22,39	1000,0	9,000	N
1,837499	FINAL	---	29,30	46,00	16,70	1000,0	9,000	N
2,579999	FINAL	33,58	---	56,00	22,42	1000,0	9,000	N
2,627249	FINAL	---	28,89	46,00	17,11	1000,0	9,000	N
4,694999	FINAL	---	26,26	46,00	19,74	1000,0	9,000	L1
4,715249	FINAL	30,77	---	56,00	25,23	1000,0	9,000	N
11,759999	FINAL	45,50	---	60,00	14,50	1000,0	9,000	N
11,784749	FINAL	---	39,68	50,00	10,32	1000,0	9,000	N
20,955749	FINAL	45,52	---	60,00	14,48	1000,0	9,000	N
21,070499	FINAL	---	36,40	50,00	13,60	1000,0	9,000	N
21,401249	FINAL	45,33	---	60,00	14,67	1000,0	9,000	N
25,592999	FINAL	---	39,53	50,00	10,47	1000,0	9,000	L1
25,968749	FINAL	47,90	---	60,00	12,10	1000,0	9,000	L1

## Výsledek zkoušky

Z naměřených hodnot je patrné, že klimatizační jednotka neobstála ve zkoušce konduktivních emisí ani v jednom z možných režimů. K překročení povolené hodnoty došlo ve frekvenčním pásmu od 165 KHz do 184 KHz v obou režimech chodu. K největší odchylce od povolené hodnoty došlo při režimu topení a to o 2,14 dB ( $\mu\text{V}$ ) pro kvazivrcholovou hodnotu u připojení fázového vodiče. Krom hodnot, které překročily povolené maximum, jsme naměřili i poměrně hodně bodů, které se k povolené mezi blížíly. Přitom se obecně uvádí, že pro bezpečnost výsledku měření by se naměřené hodnoty měly pohybovat v rozmezí alespoň o 3 dB pod normou povolenou mezi.

### 2.3.1.2 Vysokofrekvenční charakteristiky rušení měřené anténou

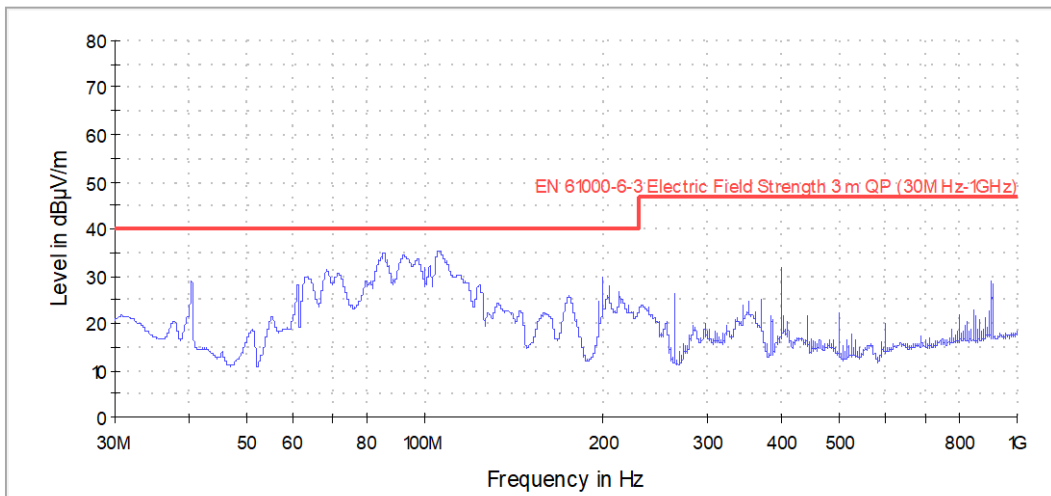
Každé elektrické zařízení produkuje, krom rušivého signálu, který se přenáší po vedení, také rušivý signál šířený volně prostorem. V této zkoušce se měří intenzita elektrického pole vztažená k dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ ). Pro měření je potřeba dvou typů antén a to logaritmicko-periodická, pro frekvenční rozsah navazující na konduktivní emise a končící v 1 GHz, a trychtýřová anténa využívající se pro nejvyšší frekvence v rozsahu od 1 GHz do 6 GHz. Měření je dále třeba provádět ve stíněné absorpční komoře, aby nedocházelo k ovlivňování výsledků z vnějšího okolí.

Norma požaduje umístění antény do vzdálenosti 10 m od měřeného přípravku. Prostorové možnosti komory ale toto umístění neumožňují, proto je ještě možné měřený přípravek umístit do vzdálenosti 3 m od antény a povolený rozsah emisí zvýšit o 10 dB.

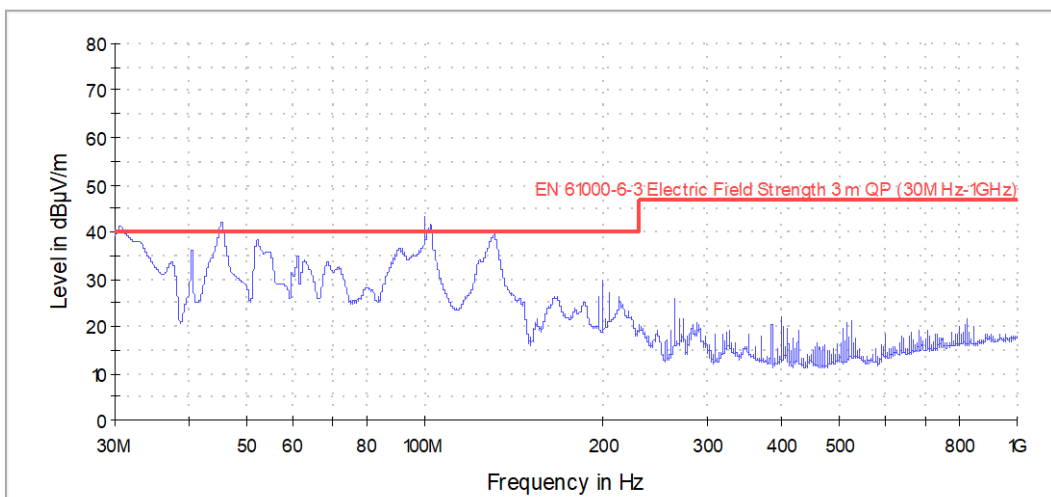
**Tabulka 9** Požadavky pro měření vysokofrekvenčních charakteristik anténami přepočítané na vzdálenost 3 m [17]

Kmitočtový rozsah	Intenzita elektrického pole			
	GHz	Kvazivrcholová hodnota dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )	Střední hodnota dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )	Maximální hodnota dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
0,03 až 0,23		40		
0,23 až 1		47		
1 až 3			50	70
3 až 6			55	75

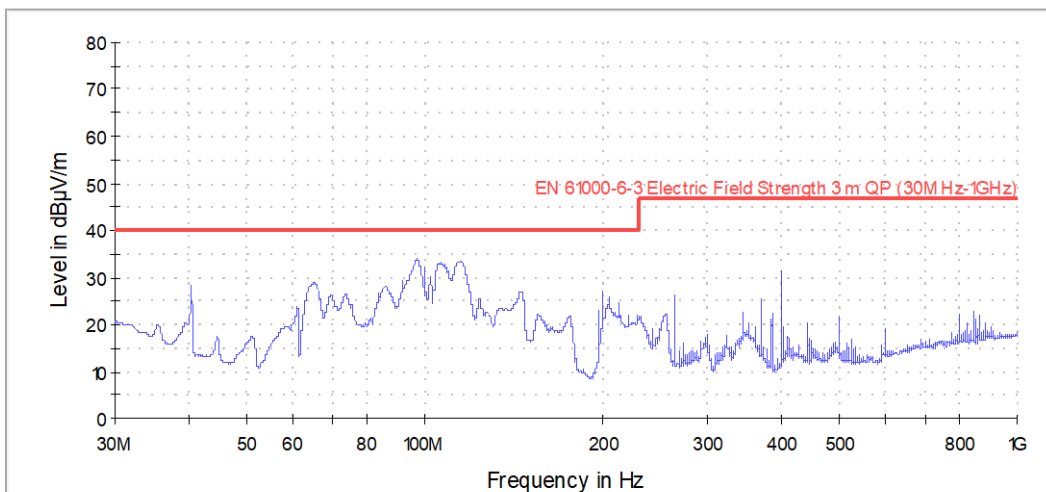
### 2.3.1.2.1 Měření logaritmicke-periodickou anténou



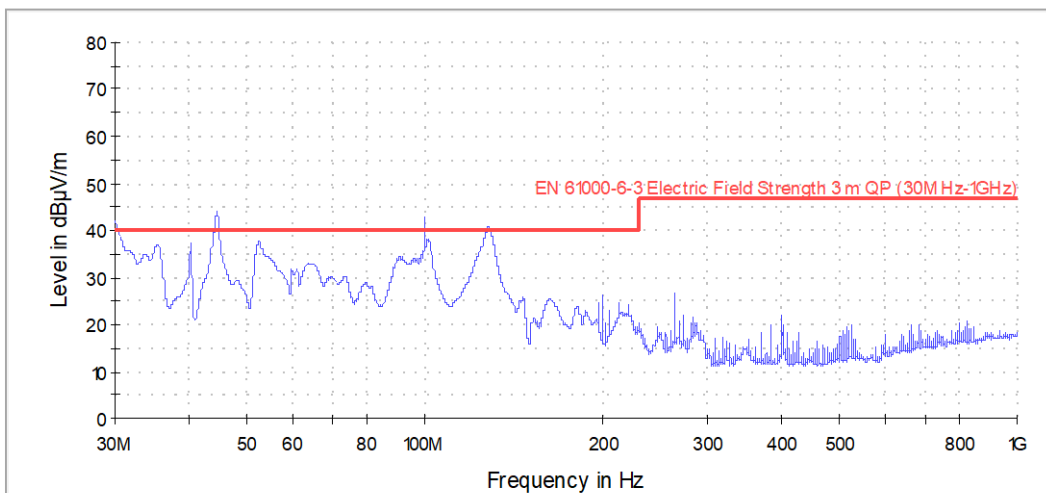
Obrázek 25 Charakteristika měřených emisí pro režim topení v horizontální poloze



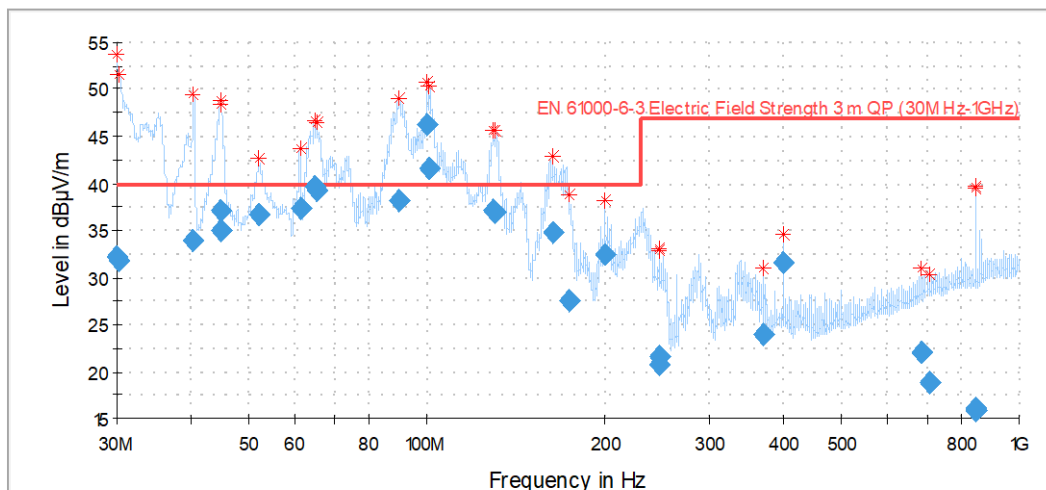
Obrázek 26 Charakteristika měřených emisí pro režim topení ve vertikální poloze



**Obrázek 27** Charakteristika měřených emisí pro režim chlazení v horizontální poloze



**Obrázek 28** Charakteristika měřených emisí pro režim chlazení ve vertikální poloze



Obrázek 29 Finální měření pro režim topení

Tabulka 10 Naměřené hodnoty pro finální měření v režimu topení

Frequency	Process State	QuasiPeak	Limit	Margin	Meas. Time	Bandwidth	Height	Pol	Azimuth
MHz		dBµV/m	dBµV/m	dB	ms	kHz	cm		deg
30,030000	FINAL	32,24	40,00	7,76	1000,0	120,000	300,0	V	-90,0
30,210000	FINAL	31,75	40,00	8,25	1000,0	120,000	300,0	V	-90,0
40,440000	FINAL	33,91	40,00	6,09	1000,0	120,000	300,0	V	0,0
44,850000	FINAL	37,04	40,00	2,96	1000,0	120,000	200,0	V	0,0
45,030000	FINAL	34,97	40,00	5,03	1000,0	120,000	200,0	V	0,0
52,080000	FINAL	36,75	40,00	3,25	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
61,110000	FINAL	37,40	40,00	2,60	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
64,530000	FINAL	39,76	40,00	0,24	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
65,190000	FINAL	39,23	40,00	0,77	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
89,610000	FINAL	38,21	40,00	1,79	1000,0	120,000	200,0	V	-90,0
100,080000	FINAL	46,33	40,00	-6,33	1000,0	120,000	200,0	V	180,0
101,040000	FINAL	41,64	40,00	-1,64	1000,0	120,000	200,0	V	90,0
129,630000	FINAL	37,07	40,00	2,93	1000,0	120,000	100,0	V	0,0
130,560000	FINAL	36,90	40,00	3,10	1000,0	120,000	100,0	V	0,0
162,900000	FINAL	34,73	40,00	5,27	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
173,670000	FINAL	27,53	40,00	12,47	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
200,220000	FINAL	32,50	40,00	7,50	1000,0	120,000	100,0	H	-90,0
246,780000	FINAL	21,63	47,00	25,37	1000,0	120,000	100,0	H	0,0
246,990000	FINAL	20,77	47,00	26,23	1000,0	120,000	100,0	H	0,0
369,720000	FINAL	23,85	47,00	23,15	1000,0	120,000	100,0	H	0,0
400,410000	FINAL	31,56	47,00	15,44	1000,0	120,000	100,0	H	0,0
683,190000	FINAL	22,03	47,00	24,97	1000,0	120,000	100,0	V	-90,0
702,840000	FINAL	18,87	47,00	28,13	1000,0	120,000	100,0	V	180,0
840,390000	FINAL	15,90	47,00	31,10	1000,0	120,000	300,0	H	180,0
840,510000	FINAL	16,08	47,00	30,92	1000,0	120,000	300,0	H	180,0

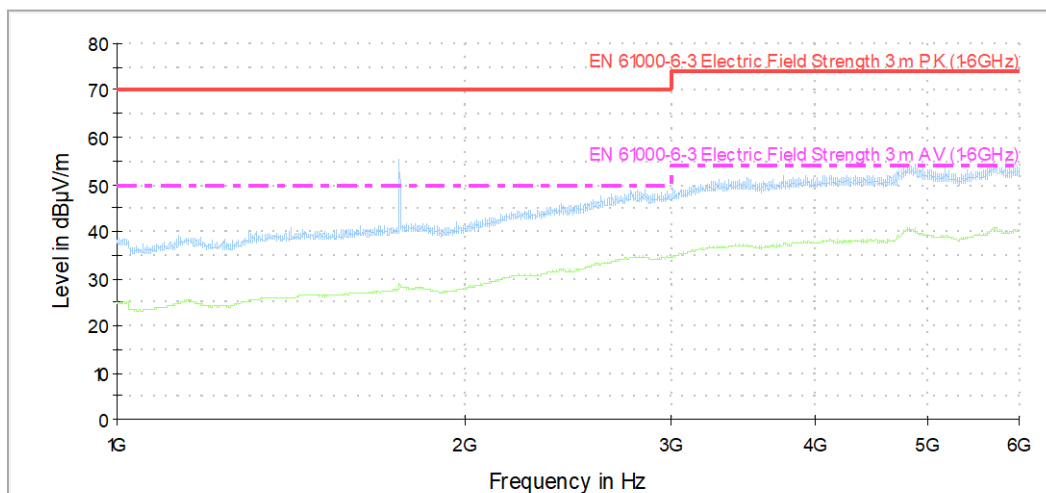
## Výsledek zkoušky

Zkouška byla opět provedena v obou režimech klimatizační jednotky. Také bylo každé měření prováděno v horizontální a vertikální poloze antény. První čtyři měření byly provedeny v postavení klimatizační jednotky čelem proti anténě a anténa byla umístěna ve výšce 1 m. Z naměřených grafů si lze povšimnout, že pro horizontální polohu byla norma splněna v obou režimech klimatizační jednotky, ale u vertikální polohy byla povolená mez opět překročena, a tudíž došlo k nesplnění normativních požadavků i pro tento frekvenční rozsah od 30 MHz do 1GHz.

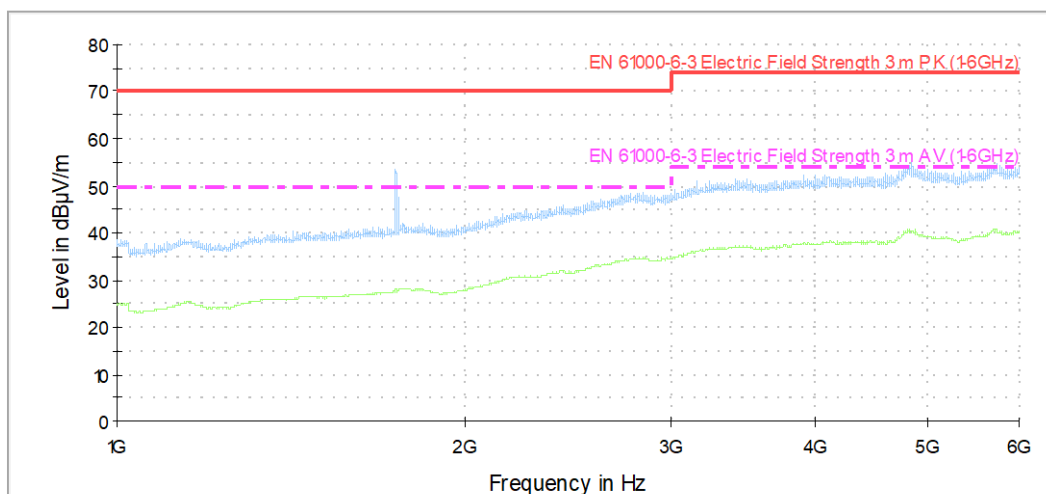
Finální měření jsme se rozhodli s ohledem na časovou náročnost provést pouze v režimu topení, který byl z hlediska emisí problematičtější, protože naměřené charakteristiky byly velice podobné v obou režimech klimatizační jednotky. Tento test se prováděl v režimu hold maximum, při kterém se hledají maxima, která se následně zapisují a vytváří se tak plné spektrum. Spektrální analyzátor rychle zapisuje maximální hodnoty rušení a v nejvyšších bodech se pak doměřuje kvazivrcholová hodnota rušení. Měřený přípravek byl umístěn na otočném podstavci a program si ho tak mohl natáčet na potřebnou orientaci a to buď  $0^\circ$ ,  $\pm 90^\circ$  nebo  $180^\circ$ . Výška antény se posouvala v rozmezí 1 m, 2 m a 3 m. Polarita antény se opět střídala v horizontální a vertikální poloze. Výstupem testu je tabulka a graf, kde došlo v jednom nastavení k překročení povolené meze až o 6,33 dB.

Zkouška pro měření charakteristik logaritmicko-periodickou anténou tedy nevyšla, avšak dalo by se argumentovat, že toto rozložení klimatizační jednotky je velice nestandardní, protože vnitřní i venkovní jednotky byly umístěny bezprostředně u sebe, což reálně neplatí a jednotky jsou umístěny každá zvlášť ve vzdálenosti několika metrů, a proto i skladba rušivého signálu by pak mohla být jiná.

### 2.3.1.2.2 Měření trychtýřovou anténou



Obrázek 30 Charakteristika měřených emisí pro režim topení v horizontální poloze



Obrázek 31 Charakteristika měřených emisí pro režim topení ve vertikální poloze

### Výsledek zkoušky

Měření trychtýřovou anténou bylo provedeno pouze v režimu topení, protože výsledné charakteristiky obou režimů byly vždy vesměs podobné a u vysokých frekvencí této zkoušky se ani nepředpokládá u zařízení jako klimatizační jednotka, že by mělo dojít k překročení povolené meze. Zkouška se opět provedla ve vertikální a horizontální poloze antény, která byla umístěna ve výšce 1,2 m nad zemí a orientace klimatizační jednotky

se opět nastavovala na  $0^\circ$ ,  $\pm 90^\circ$  a  $180^\circ$ .

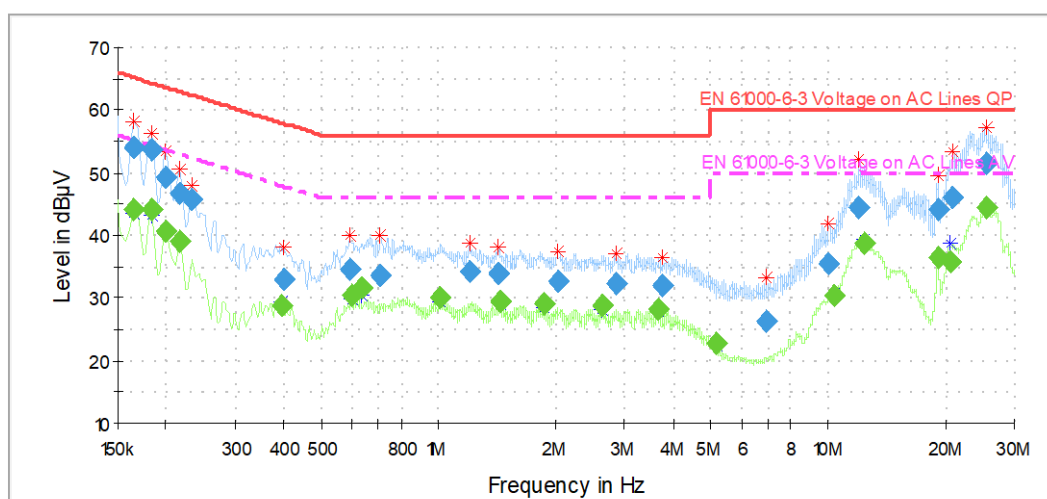
V grafech příslušných této zkoušce je povolena mez maximální hodnoty intenzity elektrického pole znázorněna červenou barvou a k ní příslušná naměřená charakteristika barvou modrou. Střední hodnota povolené intenzity elektrického pole je znázorněna přerušovanou fialovou čarou a k ní příslušná charakteristika barvou zelenou. Je tedy patrné, že předpoklad této zkoušky byl splněn a charakteristiky se pohybují poměrně hluboko pod svými hraničními křivkami.

### 2.3.1.3 Modifikace

Z důvodu, že většina z výše popsaných emisních zkoušek nevyšla, bylo zapotřebí najít modifikaci klimatizační jednotky, díky které by požadavky norem byly splněny. Jak bylo výše zmíněno použitá klimatizační jednotka je v rámci vývoje a hledají se na ní vhodné úpravy na desce plošného spoje. Konkrétně by se modifikovala deska plošného spoje umístěného ve vnitřní jednotce.

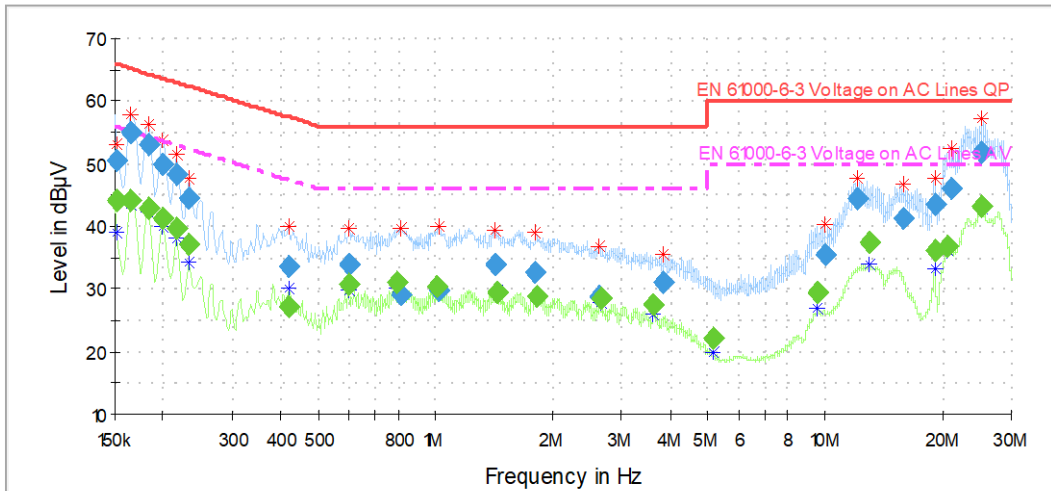
U desek plošných spojů se pro snížení EMI používají cívky (tlumivky) a kondenzátory v určitém zapojení, aby fungovaly jako filtry. U desky plošného spoje se tedy nahradila původní tlumivka, tlumivkou o vyšší hodnotě indukčnosti.

Po připojení zmodifikované desky plošného spoje bylo opět možné zopakovat měření konduktivních emisí a emisí šířených prostorem. Pro kompletní posouzení jsou v této kapitole ještě připojeny výsledky z externího měření vyzařovaného výkonu, které nebylo možné v rámci univerzity měřit. Zkouška vyzařovaného výkonu je druhou variantou pro měření emisí ve frekvenčním rozsahu od 30 MHz do 300 MHz.



Obrázek 32 Konduktivní emise v režimu topení po modifikaci





Obrázek 33 Konduktivní emise v režimu chlazení po modifikaci

Tabulka 11 Vyzařovaný výkon – kvazivrcholová hodnota

Frequency [MHz]	QP [dB(pW)]	
	Level	Limit
32,00	27,0	45,0
39,95	37,3	45,4
44,15	40,3	45,5
48,00	31,6	45,7
60,60	32,5	46,1
64,75	30,5	46,3
75,70	25,8	46,7
81,75	23,9	46,9
103,15	29,4	47,7
113,85	30,1	48,1
133,60	22,9	48,8
157,20	28,9	49,7

Tabulka 12 Vyzařovaný výkon – střední hodnota

Frequency [MHz]	AV [dB(pW)]	
	Level	Limit
40,00	26,3	45,4
44,35	28,6	45,5
46,20	22,1	45,6
60,90	22,2	46,1
64,00	20,0	46,3

## Vyhodnocení modifikace

Změna tlumivky měla dobrý vliv na konduktivní emise a obě měřené charakteristiky vyšly bezpečně pod maximální povolenou hladinou rušení, tabulky s konkrétními výsledky viz příloha. Na skladbu rušení měřeného anténami měla změna tlumivky pouze minimální vliv a charakteristiky jsou velice podobné s přechozími, proto jsou také uvedeny až v příloze. Charakteristiky v rozmezí od 1 GHz do 6 GHz již nebylo třeba znovu proměřovat, jelikož tyto zkoušky vycházely s bezpečnou rezervou a nepředpokládalo se, že by změna tlumivky mohla mít na jejich průběh vliv.

Jelikož zkoušky rušení měřenými anténami v rozmezí od 30 MHz do 1 GHz stále nevycházely, je možné v normě nalézt ještě jedno přípustné řešení a to takové, že by se ve frekvenčním pásmu od 30 MHz do 300 MHz měřil vyzařovaný výkon za pomoci absorpčních kleští. V tomto frekvenčním rozsahu totiž stále docházelo k přesahu povolených mezí. Jelikož Západočeská Univerzita neměla pro tuto zkoušku potřebné vybavení, zkouška byla dodělána externě a její výsledky jsou znázorněny tabulkami výše. Zkouška vyzařovaného výkonu má vyhovující výsledky a v souhrnu i s ostatními měřeními zmodifikované jednotky dle normy ČSN EN 55014-1 bylo dosaženo uspokojivých výsledků a takto zmodifikovanou klimatizační jednotku lze považovat z hlediska těchto emisních zkoušek za vyhovující

### 2.3.2 Měření mezí pro emise proudu harmonických

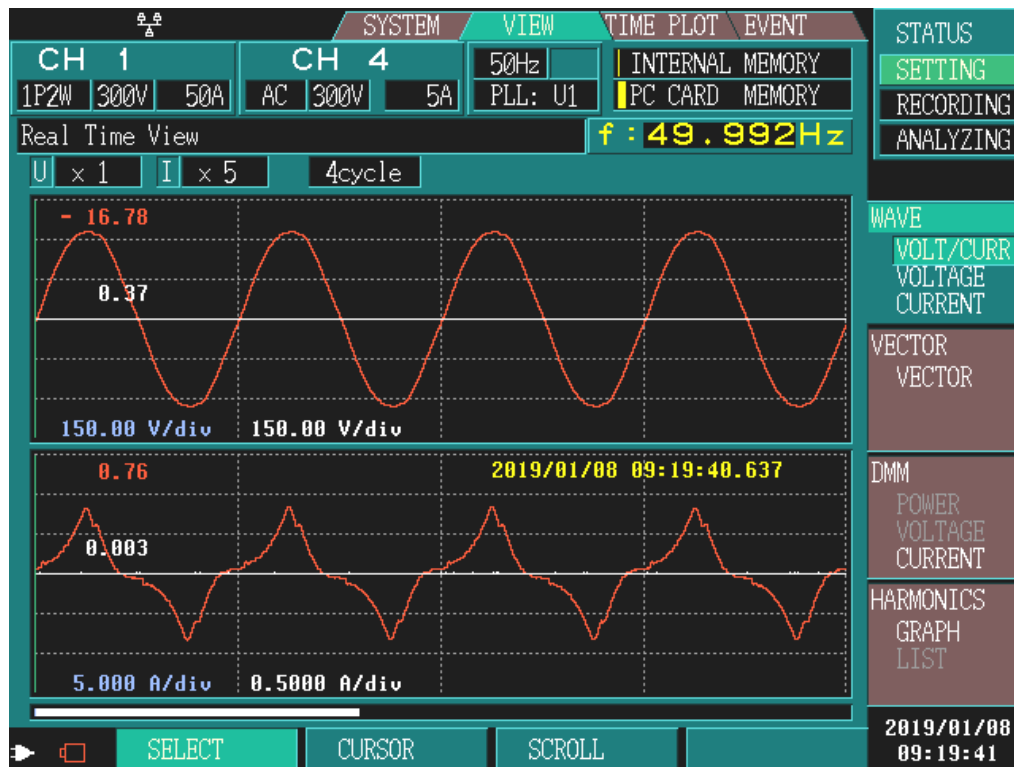
Zkouška pro měření emisí proudu harmonických je popsána normou ČSN EN 61000-3-2. Tato norma stanovuje meze pro emise harmonických ze zařízení, aby při vyhovění těmto požadavkům pro souhrn zařízení, která jsou provozována ve své blízkosti, byla zajištěna patřičná kompatibilní úroveň. Jako vyšší harmonické jsou chápány celistvé násobky základního síťového kmitočtu a skladba vyšších harmonických v síti bývá jedním z ukazatelů kvality elektrické energie. Zdroji vyšších harmonických jsou zařízení s prvky výkonové elektroniky a zařízení s nelineární VA charakteristikou. Jako následek rušení vyššími harmonickými by mohlo být zkrácení životnosti zařízení. [18]

Tabulka 13 Meze proudu harmonických [18]

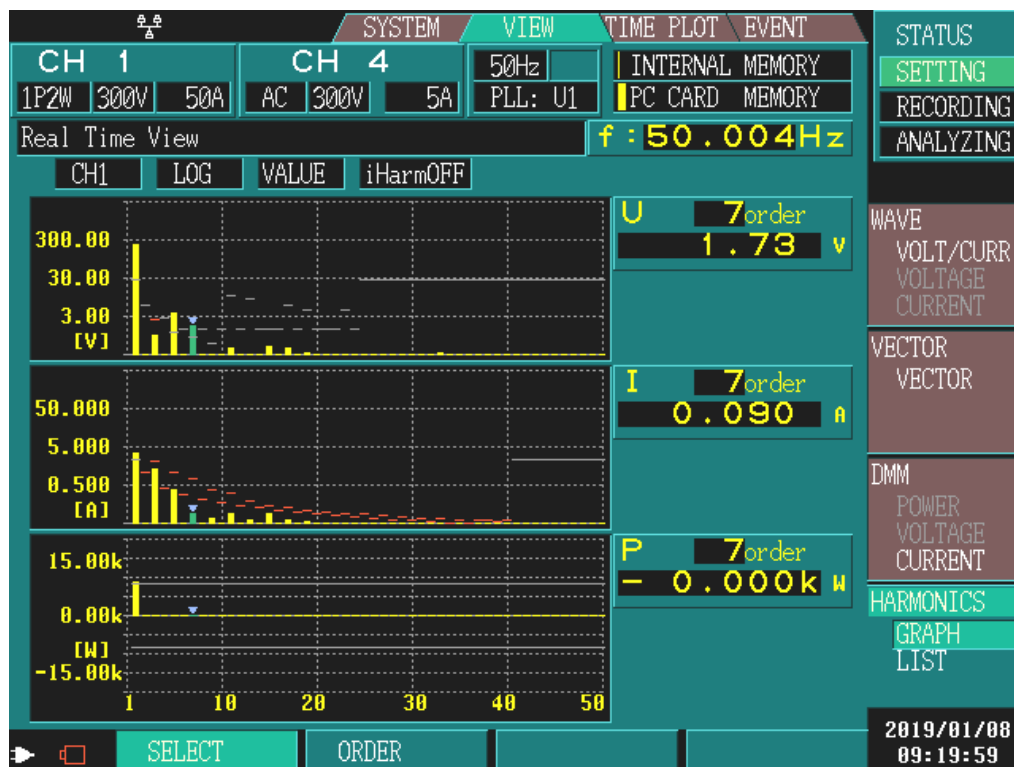
	Řád harmonické	Největší dovolený proud harmonické
	<b>n</b>	<b>A</b>
<b>Liché harmonické</b>	3	2,30
	5	1,14
	7	0,77
	9	0,40
	11	0,33
	13	0,21
	$15 \leq n \leq 39$	$0,15 \frac{15}{n}$
<b>Sudé harmonické</b>	2	1,08
	4	0,43
	6	0,30
	$8 \leq n \leq 40$	$0,23 \frac{8}{n}$

Pro měření této zkoušky se použil přístroj Hioky 3196 Power Quality Analyzer a zkušební podmínky pro klimatizaci byly stanoveny následovně. Řízení teploty muselo být nastaveno na nejnižší hodnotu v chladicím režimu a na nejvyšší teplotu v režimu ohřevu. Dále se proudy harmonických měří až po dosažení ustáleného stavu klimatizační jednotky.

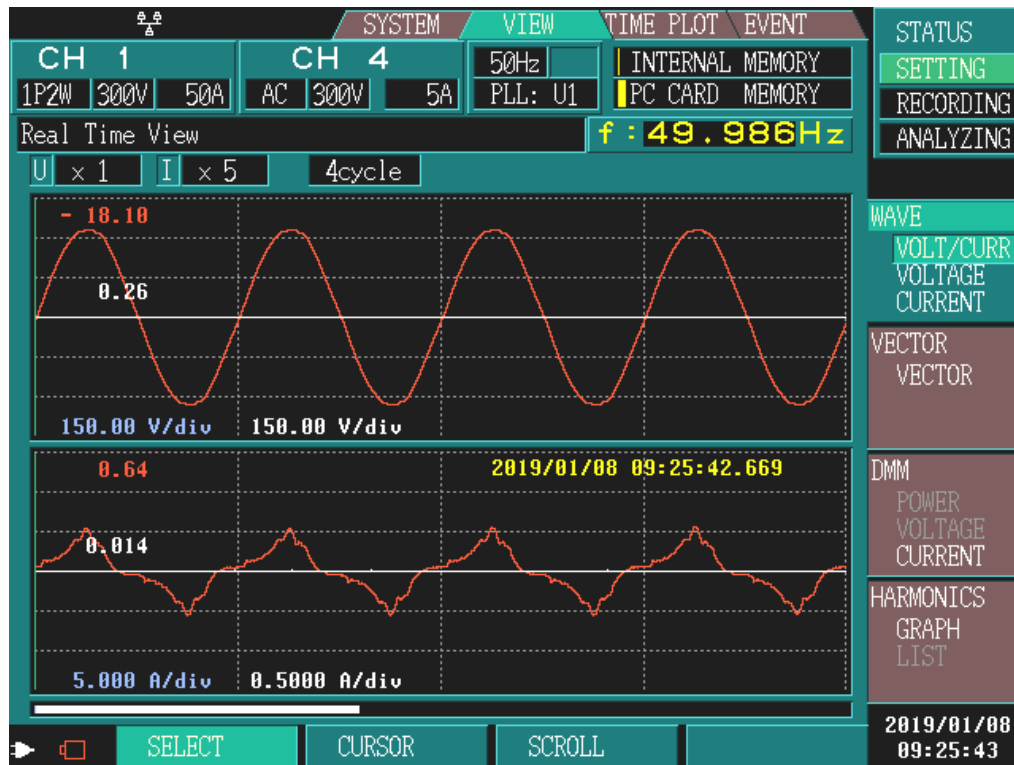
Naměřené hodnoty



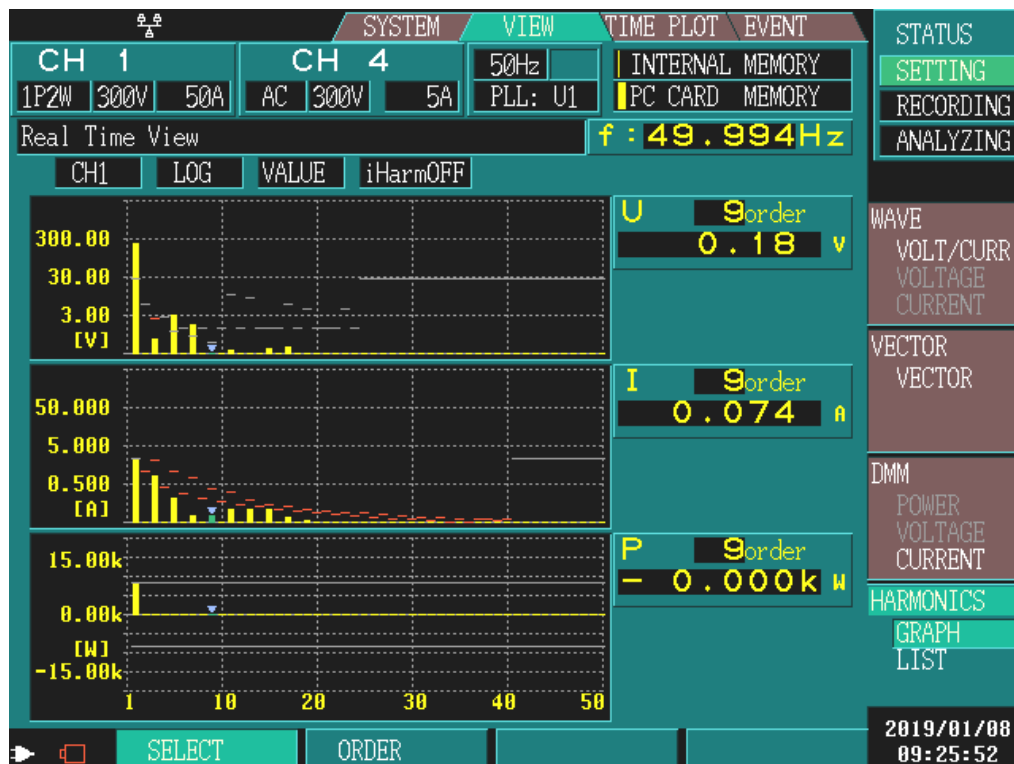
Obrázek 34 Časový průběh napětí a proudu pro režim chlazení



Obrázek 35 Skladba vyšších harmonických pro režim chlazení



Obrázek 36 Časový průběh napětí a proudu pro režim topení



Obrázek 37 Skladba vyšších harmonických pro režim topení

## Výsledek zkoušky

Pro vyhodnocení této zkoušky jsou důležité obrázky 35 a 37, kde je zaznamenána skladba vyšších harmonických a vyšší harmonické proudy, které jsou pro tuto zkoušku zásadní, jsou zaznamenány v prostředním grafu každého z obrázků. V grafu je znázorněna červenými linkami maximální povolená mez jednotlivých harmonických frekvencí a žluté sloupce potom zaznamenávají skutečnou naměřenou hladinu proudů. Z grafů je tedy patrné, že skladby vyšších harmonických proudů jsou příznivé a podmínky stanovené normou jsou splněny. Obrázky 34 a 36 jsou pouze ilustrativní a ukazují skutečný průběh měřených veličin v čase.

### 2.3.3 Měření změn napětí, kolísání napětí a flikru v rozvodných sítích nízkého napětí

Následující zkouška je popsána normou ČSN EN 61000-3-3. Zkouška se zabývá zkoumáním vlivu testovaného zařízení na změny napětí, kolísání napětí a flikru zanášeného do napájecí sítě. Flikr je druh kolísání napětí v napájecí síti a projevoval by se blikáním blízkých světelných zdrojů. Kolísání napětí je tedy třeba předcházet, neboť má negativní technické účinky a taktéž fyziologické, ve spojitosti s blikajícími světelnými zdroji. Kolísání napětí může být dáno změnami odběru a přerušovaným odběrem. [19]

K realizaci zkoušky jsme opět použili přístroj Hioky 3196 Power Quality Analyzer. V rámci zkoušky jsme měřili parametr  $P_{st}$ , který určuje krátkodobý nepříznivý vjem flikru. Tento parametr je určen na základě modelu světelného toku a modelu lidské reakce v závislosti na kolísání světelného toku. Jedná se tedy o okamžité měření flikru. Parametr dlouhodobého nepříznivého vjemu flikru  $P_{lt}$  jsme v rámci této zkoušky z časových důvodů zanedbali. V rámci této zkoušky bylo zapotřebí nejdříve změřit pozadí napájecí sítě a až následně určit vliv měřeného vzorku na síť. [19]

## Výsledek zkoušky

Zkouška se prováděla opět po ustálení chodu klimatizační jednotky a parametr  $P_{st}$  jsme změřili ve třech časech a to po 10 min, 20 min a 30 min po zapnutí klimatizační jednotky. Podmínkou stanovenou v normě bylo, že parametr  $P_{st}$  musí být menší než jedna. Z tabulky níže vyplývá, že podmínka byla splněna, tudíž klimatizační jednotka tuto emisní zkoušku splňuje.

**Tabulka 14** Výsledky zkoušky měření změn napětí, kolísání napětí a flikru

<b>Čas</b>	<b>Krátkodobý nepříznivý vliv flikru</b>
<b>t [min]</b>	<b>P<sub>st</sub> [-]</b>
10	0,199
20	0,252
30	0,199

## Závěr

Dle slov jednoho ze zakladatelů elektromagnetické kompatibility H. M. Schlike může být systém sám o sobě dokonale spolehlivý, bude však prakticky bezcenný v provozu, pokud současně nebude elektromagneticky kompatibilní. Spolehlivost a elektromagnetická kompatibilita jsou neoddělitelné požadavky na systém, který má fungovat v každé době a za všech okolností. Proto si tato práce dala za cíl čtenáře podrobně seznámit s problematikou elektromagnetické kompatibility a nastínit, k čemu by při jejím porušování mohlo dojít. Práce byla zaměřena na zkoumání elektromagnetické kompatibility na zapůjčeném vzorku klimatizační jednotky, proto zde byl popsán i základní princip činnosti tohoto zařízení.

V rámci technických možností univerzity byl stanoven seznam zkoušek, které se zabývaly jak elektromagnetickou odolností, tak elektromagnetickým vyzařováním. Celkem bylo stanoveno sedm zkoušek odolnosti a tři zkoušky vyzařování. Poslední dvě popsané zkoušky neměla univerzita akreditované, avšak jejich výstup splňuje to, co normy k nim vztažené požadují.

Všechny zkoušky odolnosti, kterým byla klimatizační jednotka podrobena, vyšly podle požadavků. Výsledná funkční kritéria často vycházela ve vyšší náročnostní kategorii než jaký byl minimální požadavek. U každé ze zkoušek je i stručný úvod do problematiky popisující základní požadavky a důvody, proč se daná zkouška provádí, popřípadě jaký jev simuluje.

Zkoušky vyzařování bezproblémově vycházely pro stanovení mezí proudu harmonických i pro zkoušku zaměřující se na kolísání napětí. Avšak měření charakteristik elektromagnetického rušení stanoveného normou ČSN EN 55014-1 nevycházelo. Hlavním důvodem nevyhovujících výsledků zkoušky bylo, že v rámci snižování výrobních nákladů byla použita levnější deska plošného spoje umístěná ve vnitřní jednotce. Aby klimatizační jednotka v rámci vývoje mohla splnit i zkoušky vyzařování a splnila tak požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu, bylo zapotřebí najít modifikaci, která by dostatečně snížila hladiny rušení.

Modifikována tedy byla již zmíněná deska plošného spoje a byla na ní vyměněna tlumivka. Nová měření přinesla vyhovující charakteristiky konduktivních emisí, ale pro emise anténami stále docházelo k přesahu maximální povolené hladiny rušení. Z tohoto důvodu byla využita možnost daná příslušnou normou a měřil se ještě vyzařovaný výkon. Tato zkouška musela být provedena externě, protože Západočeská Univerzita na ní



neměla potřebné vybavení. Výsledek zkoušky přinesl vyhovující výsledky, a proto bylo možné zmodifikovanou jednotku shledat z hlediska elektromagnetického vyzařování za vyhovující.

Pro celkové shrnutí tedy klimatizační jednotka obstála ve všech prováděných odolnostních testech. Zkoušky vyzařování zprvu nevycházely, ale po nalezení patřičné modifikace i tyto zkoušky vyhověly. Na základě všech naměřených a vyhodnocených dat je tedy možné klimatizační jednotku shledat jako elektromagneticky kompatibilní.

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 ZÁKLADNÍ ŘETĚZEC EMC A PŘÍKLADY JEDNOTLIVÝCH OBLASTÍ [2].....	13
OBRÁZEK 2 PŘÍKLAD RŮZNÉHO VZÁJEMNÉHO PŮSOBENÍ RUŠIVÝCH SIGNÁLŮ [1] .....	14
OBRÁZEK 3 ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ PROBLEMATIKY EMC [4].....	15
OBRÁZEK 4 ROZDĚLENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ [2].....	16
OBRÁZEK 5 PŘÍKLAD RUŠIVÝCH SIGNÁLŮ [6] .....	17
OBRÁZEK 6 PRINCIP KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ [8].....	19
OBRÁZEK 7 UMÍSTĚNÍ JEDNOTEK VE STOJANU.....	20
OBRÁZEK 8 IDEÁLNÍ PRŮBĚH KONTAKTNÍHO VÝBOJE PŘI 4 KV [10].....	23
OBRÁZEK 9 SCHÉMA ZAPOJENÍ ZKUŠEBNÍHO ELEKTROSTATICKEHO GENERÁTORU [10].....	23
OBRÁZEK 10 ZKOUŠKA VZDUCHOVÝM VÝBOJEM .....	24
OBRÁZEK 11 ZKUŠEBNÍ ROZLOŽENÍ PRO ČSN EN 61000-4-3 .....	25
OBRÁZEK 12 DEFINICE TVARŮ VLN NA VÝSTUPU SIGNÁLNÍHO GENERÁTORU [11].....	26
OBRÁZEK 13 ZNÁZORNĚNÍ ELEKTRICKÉHO RYCHLÉHO PŘECHODNÉHO JEVU/SKUPINY IMPULZŮ [12].....	28
OBRÁZEK 14 IDEÁLNÍ TVAR VLNY JEDNOHO IMPULZU DO ZÁTĚŽE 50 Ω S JMENOVITÝMI PARAMETRY $T_R = 5 \text{ NS}$ A $T_W = 50 \text{ NS}$ [12].....	28
OBRÁZEK 15 KAPACITNÍ VAZEBNÍ KLEŠTĚ .....	29
OBRÁZEK 16 VLNA NAPĚTÍ NAPRÁZDNO [13].....	30
OBRÁZEK 17 VLNA PROUDU NAKRÁTKO [13].....	31
OBRÁZEK 18 ZKUŠEBNÍ USPOŘÁDÁNÍ PRO ZKOUŠKU DLE NORMY ČSN EN 61000-4-6.....	33
OBRÁZEK 19 ZKUŠEBNÍ USPOŘÁDÁNÍ PRO ČSN EN 61000-4-8 .....	34
OBRÁZEK 20 KRÁTKODOBÝ POKLES NAPĚTÍ – PRŮBĚH SINUSOVKY KRÁTKODOBÉHO POKLESU NAPĚTÍ NA 70 % [16] .....	35
OBRÁZEK 21 KRÁTKÉ PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ [16] .....	36
OBRÁZEK 22 NOVÉ ZKUŠEBNÍ USPOŘÁDÁNÍ PRO MĚŘENÍ EMISÍ.....	37
OBRÁZEK 23 KONDUKTIVNÍ EMISE V REŽIMU TOPENÍ.....	39
OBRÁZEK 24 KONDUKTIVNÍ EMISE V REŽIMU CHLAZENÍ.....	40

OBRÁZEK 25 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH EMISÍ PRO REŽIM TOPENÍ V HORIZONTÁLNÍ POLOZE .....	43
OBRÁZEK 26 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH EMISÍ PRO REŽIM TOPENÍ VE VERTIKÁLNÍ POLOZE.....	43
OBRÁZEK 27 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH EMISÍ PRO REŽIM CHLAZENÍ V HORIZONTÁLNÍ POLOZE .....	44
OBRÁZEK 28 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH EMISÍ PRO REŽIM CHLAZENÍ VE VERTIKÁLNÍ POLOZE.....	44
OBRÁZEK 29 FINÁLNÍ MĚŘENÍ PRO REŽIM TOPENÍ .....	45
OBRÁZEK 30 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH EMISÍ PRO REŽIM TOPENÍ V HORIZONTÁLNÍ POLOZE .....	47
OBRÁZEK 31 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH EMISÍ PRO REŽIM TOPENÍ VE VERTIKÁLNÍ POLOZE.....	47
OBRÁZEK 32 KONDUKTIVNÍ EMISE V REŽIMU TOPENÍ PO MODIFIKACI.....	48
OBRÁZEK 33 KONDUKTIVNÍ EMISE V REŽIMU CHLAZENÍ PO MODIFIKACI... ..	49
OBRÁZEK 34 ČASOVÝ PRŮBĚH NAPĚTÍ A PROUDU PRO REŽIM CHLAZENÍ ...	52
OBRÁZEK 35 SKLADBA VYŠŠÍCH HARMONICKÝCH PRO REŽIM CHLAZENÍ..	52
OBRÁZEK 36 ČASOVÝ PRŮBĚH NAPĚTÍ A PROUDU PRO REŽIM TOPENÍ.....	53
OBRÁZEK 37 SKLADBA VYŠŠÍCH HARMONICKÝCH PRO REŽIM TOPENÍ.....	53

## Seznam tabulek

TABULKA 1 VYHODNOCENÍ ELEKTROSTATICKÝCH VÝBOJŮ .....	24
TABULKA 2 VYHODNOCENÍ ZKOUŠKY VYZAŘOVANÉHO VYSOKOFREKVENČNÍHO ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE .....	27
TABULKA 3 VYHODNOCENÍ ZKOUŠKY RYCHLÝCH ELEKTRICKÝCH PŘECHODNÝCH JEVŮ .....	29
TABULKA 4 VYHODNOCENÍ ZKOUŠKY ODOLNOSTI RÁZOVÝMI IMPULZY ...	32
TABULKA 5 VYHODNOCENÍ ZKOUŠKY KRÁTKODOBÝCH POKLESŮ, KRÁTKÝCH PŘERUŠENÍ A POMALÝCH ZMĚN NAPĚTÍ.....	36
TABULKA 6 POŽADAVKY PRO ZKOUŠKU KONDUKTIVNÍCH EMISÍ [17].....	38
TABULKA 7 NAMĚŘENÉ HODNOTY KONDUKTIVNÍCH EMISÍ V REŽIMU TOPENÍ.....	39
TABULKA 8 NAMĚŘENÉ HODNOTY KONDUKTIVNÍCH EMISÍ V REŽIMU CHLAZENÍ .....	40
TABULKA 9 POŽADAVKY PRO MĚŘENÍ VYSOKOFREKVENČNÍCH CHARAKTERISTIK ANTÉNAMI PŘEPOČÍTANÉ NA VZDÁLENOST 3 M [17]	42
TABULKA 10 NAMĚŘENÉ HODNOTY PRO FINÁLNÍ MĚŘENÍ V REŽIMU TOPENÍ .....	45
TABULKA 11 VYZAŘOVANÝ VÝKON – KVAZIVRCHOLOVÁ HODNOTA .....	49
TABULKA 12 VYZAŘOVANÝ VÝKON – STŘEDNÍ HODNOTA.....	49
TABULKA 13 MEZE PROUDU HARMONICKÝCH [18].....	51
TABULKA 14 VÝSLEDKY ZKOUŠKY MĚŘENÍ ZMĚN NAPĚTÍ, KOLÍSANÍ NAPĚTÍ A FLIKRU .....	55

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Prof. Ing. Jiří Svačina, CSc. Základy elektromagnetické kompatibility: Část 1 - Základní pojmy a členění oboru EMC [online]. [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00025/index.html>
- [2] DŘÍNOVSKÝ, Jiří, Tomáš FRÝZA, Václav RŮŽEK a Jiří ZACHAR. ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA: Přednášky ver. 2017/10/06. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2017.
- [3] VACULÍK, Pavel. Elektromagnetická kompatibilita pro každého [online]. 2006 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3109-elektromagneticka-kompatibilita-pro-kazdeho>
- [4] CAFOUREK, Petr. Shoda nově vyvíjeného produktu s EMC požadavky. Plzeň, 2014. diplomová práce (Ing.). ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Fakulta elektrotechnická
- [5] OBERREITER, Jiří. Vliv modifikací v elektrickém zařízení na splnění požadavků EMC norem. Plzeň, 2014. diplomová práce (Ing.). ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Fakulta elektrotechnická
- [6] SVAČINA, Jiří. ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2002
- [7] Jak funguje klimatizace: Chlazení a topení klimatizační jednotkou [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <http://www.s-klimatizace.cz/klimatizace/princip.php>
- [8] Klimatizace - princip [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.midea.cz/klimatizace---princip>
- [9] ČSN EN 61000-6-1. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 6-1: Kmenové normy - Odolnost - Prostředí obytné, obchodní a lehkého průmyslu. Ed. 2. Český normalizační institut Praha, 2007.
- [10] ČSN EN 61000-4-2. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-2: Zkušební a měřicí technika – Elektrostatický výboj – Zkouška odolnosti. Ed. 2. Český normalizační institut Praha, 2009.
- [11] ČSN EN 61000-4-3. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-3: Zkušební a měřicí technika - Vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole - Zkouška odolnosti. Ed. 3. Český normalizační institut Praha, 2006.
- [12] ČSN EN 61000-4-4. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-4: Zkušební a měřicí technika - Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů - Zkouška

- odolnosti. Ed. 3. Český normalizační institut Praha, 2013.
- [13] ČSN EN 61000-4-5. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-5: Zkušební a měřicí technika - Rázový impulz - Zkouška odolnosti. Ed. 3. Český normalizační institut Praha, 2015.
- [14] ČSN EN 61000-4-6. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-6: Zkušební a měřicí technika - Odolnost proti rušením šířeným vedením, indukovaným vysokofrekvenčními poli. Ed. 4. Český normalizační institut Praha, 2014.
- [15] ČSN EN 61000-4-8. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-8: Zkušební a měřicí technika - Magnetické pole síťového kmitočtu - Zkouška odolnosti. Ed. 2. Český normalizační institut Praha, 2010.
- [16] ČSN EN 61000-4-11. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 4-11: Zkušební a měřicí technika - Krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušení a pomalé změny napětí - Zkoušky odolnosti. Ed. 2. Český normalizační institut Praha, 2005.
- [17] ČSN EN 55014-1. Elektromagnetická kompatibilita - Požadavky na spotřebiče pro domácnost, elektrické nářadí a podobné přístroje - Část 1: Emise. Ed. 4. Český normalizační institut Praha, 2017.
- [18] ČSN EN 61000-3-2. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 3-2: Meze - Meze pro emise proudu harmonických (zařízení se vstupním fázovým proudem  $\leq 16$  A). Ed. 4. Český normalizační institut Praha, 2015.
- [19] ČSN EN 61000-3-3. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 3-3: Meze - Omezování změn napětí, kolísání napětí a flikru v rozvodných sítích nízkého napětí pro zařízení se jmenovitým fázovým proudem  $\leq 16$  A, které není předmětem podmíněného připojení. Ed. 3. Český normalizační institut Praha, 2014.
- [20] ČSN EN 61000-6-3. Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 6-3: Kmenové normy - Emise - Prostředí obytné, obchodní a lehkého průmyslu. Ed. 2. Český normalizační institut Praha, 2007.

## **Přílohy**

**Příloha A – Modifikace – Naměřené hodnoty konduktivních emisí**

**Příloha B – Modifikace – Emise měřené anténami**

## Příloha A – Naměřené hodnoty konduktivních emisí

Tabulka A1: Naměřené hodnoty konduktivních emisí v režimu topení

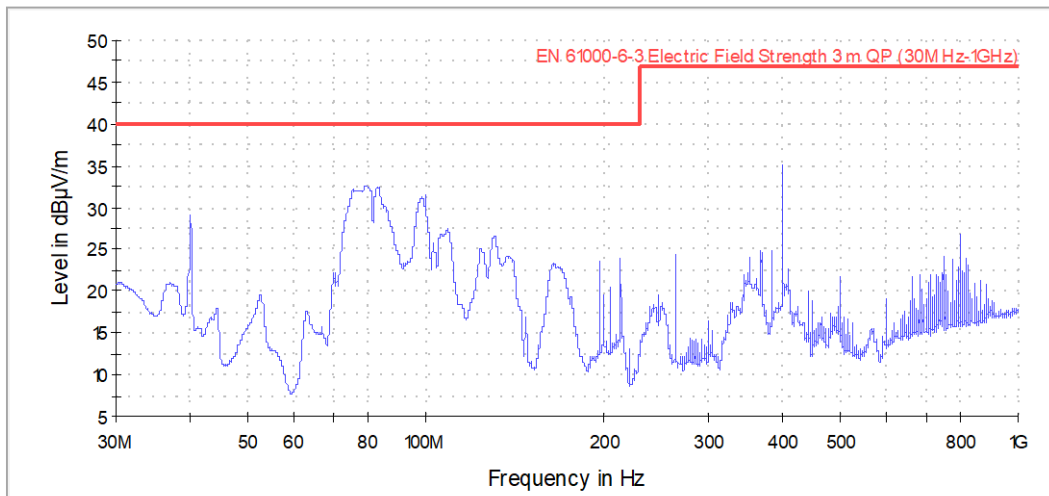
Frequency	Process State	QuasiPeak	Average	Limit	Margin	Meas. Time	Bandwidth	Line
MHz		dB $\mu$ V	dB $\mu$ V	dB $\mu$ V	dB	ms	kHz	
0,165749	FINAL	---	44,12	55,17	11,05	1000,0	9,000	N
0,165749	FINAL	54,10	---	65,17	11,07	1000,0	9,000	N
0,183749	FINAL	53,69	---	64,31	10,62	1000,0	9,000	L1
0,183749	FINAL	---	44,21	54,31	10,10	1000,0	9,000	N
0,199499	FINAL	---	40,79	53,63	12,85	1000,0	9,000	N
0,199499	FINAL	49,29	---	63,63	14,34	1000,0	9,000	N
0,217499	FINAL	46,84	---	62,91	16,08	1000,0	9,000	N
0,217499	FINAL	---	39,12	52,91	13,80	1000,0	9,000	N
0,233249	FINAL	45,71	---	62,33	16,62	1000,0	9,000	N
0,395249	FINAL	---	28,76	47,95	19,20	1000,0	9,000	L1
0,401999	FINAL	32,98	---	57,81	24,83	1000,0	9,000	L1
0,590999	FINAL	34,52	---	56,00	21,48	1000,0	9,000	L1
0,595499	FINAL	---	30,46	46,00	15,54	1000,0	9,000	L1
0,631499	FINAL	---	31,81	46,00	14,19	1000,0	9,000	L1
0,710249	FINAL	33,50	---	56,00	22,50	1000,0	9,000	L1
1,009499	FINAL	---	30,24	46,00	15,76	1000,0	9,000	L1
1,198499	FINAL	34,23	---	56,00	21,77	1000,0	9,000	L1
1,423499	FINAL	33,89	---	56,00	22,11	1000,0	9,000	L1
1,434749	FINAL	---	29,59	46,00	16,41	1000,0	9,000	L1
1,859999	FINAL	---	29,26	46,00	16,74	1000,0	9,000	L1
2,021999	FINAL	32,53	---	56,00	23,47	1000,0	9,000	L1
2,615999	FINAL	---	28,69	46,00	17,31	1000,0	9,000	L1
2,861249	FINAL	32,38	---	56,00	23,62	1000,0	9,000	L1
3,666749	FINAL	---	28,21	46,00	17,79	1000,0	9,000	L1
3,725249	FINAL	32,04	---	56,00	23,96	1000,0	9,000	L1
5,131499	FINAL	---	22,84	50,00	27,16	1000,0	9,000	L1
6,953999	FINAL	26,34	---	60,00	33,66	1000,0	9,000	N
10,020749	FINAL	35,41	---	60,00	24,59	1000,0	9,000	N
10,376249	FINAL	---	30,55	50,00	19,45	1000,0	9,000	N
11,921999	FINAL	44,40	---	60,00	15,60	1000,0	9,000	L1
12,335999	FINAL	---	38,71	50,00	11,29	1000,0	9,000	L1
19,110749	FINAL	---	36,43	50,00	13,57	1000,0	9,000	N
19,128749	FINAL	44,06	---	60,00	15,94	1000,0	9,000	N
20,663249	FINAL	---	35,99	50,00	14,01	1000,0	9,000	L1
20,899499	FINAL	46,08	---	60,00	13,92	1000,0	9,000	L1
25,291499	FINAL	---	44,45	50,00	5,55	1000,0	9,000	N
25,487249	FINAL	51,55	---	60,00	8,45	1000,0	9,000	N



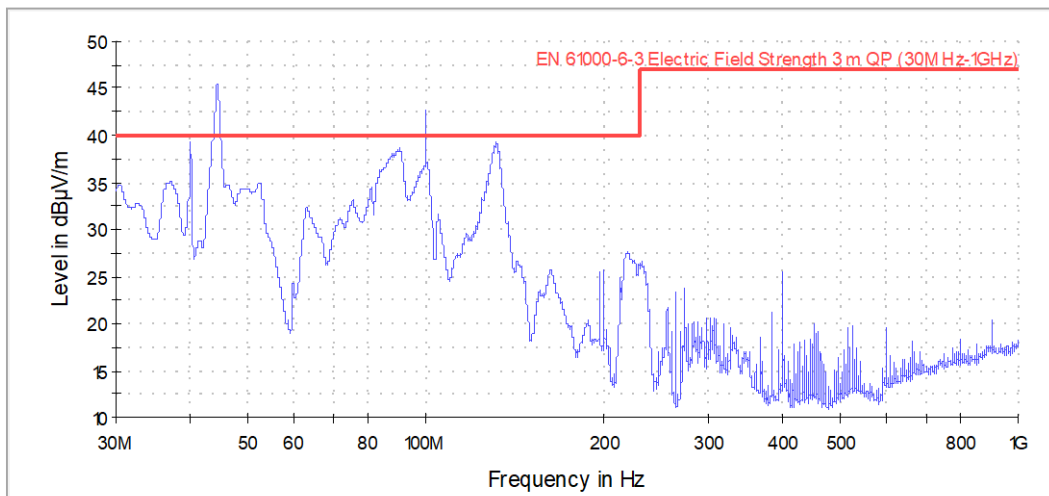
Tabulka A2: Naměřené hodnoty konduktivních emisí v režimu chlazení

Frequency	Process State	QuasiPeak	Average	Limit	Margin	Meas. Time	Bandwidth	Line
MHz		dB $\mu$ V	dB $\mu$ V	dB $\mu$ V	dB	ms	kHz	
0,152249	FINAL	---	44,28	55,88	11,60	1000,0	9,000	L1
0,152249	FINAL	50,67	---	65,88	15,20	1000,0	9,000	L1
0,165749	FINAL	---	44,25	55,17	10,92	1000,0	9,000	L1
0,165749	FINAL	54,85	---	65,17	10,32	1000,0	9,000	L1
0,183749	FINAL	---	42,98	54,31	11,34	1000,0	9,000	L1
0,183749	FINAL	53,02	---	64,31	11,29	1000,0	9,000	L1
0,199499	FINAL	49,94	---	63,63	13,69	1000,0	9,000	N
0,199499	FINAL	---	41,12	53,63	12,51	1000,0	9,000	N
0,215249	FINAL	48,36	---	63,00	14,64	1000,0	9,000	N
0,215249	FINAL	---	39,57	53,00	13,43	1000,0	9,000	N
0,233249	FINAL	44,59	---	62,33	17,74	1000,0	9,000	N
0,233249	FINAL	---	36,97	52,33	15,36	1000,0	9,000	N
0,417749	FINAL	33,46	---	57,49	24,03	1000,0	9,000	L1
0,419999	FINAL	---	27,28	47,45	20,17	1000,0	9,000	L1
0,597749	FINAL	---	30,88	46,00	15,12	1000,0	9,000	L1
0,599999	FINAL	34,07	---	56,00	21,93	1000,0	9,000	L1
0,797999	FINAL	---	31,03	46,00	14,97	1000,0	9,000	L1
0,818249	FINAL	29,06	---	56,00	26,94	1000,0	9,000	N
1,009499	FINAL	---	30,40	46,00	15,60	1000,0	9,000	L1
1,013999	FINAL	29,94	---	56,00	26,06	1000,0	9,000	N
1,412249	FINAL	33,91	---	56,00	22,09	1000,0	9,000	L1
1,434749	FINAL	---	29,46	46,00	16,54	1000,0	9,000	L1
1,808249	FINAL	32,53	---	56,00	23,47	1000,0	9,000	L1
1,823999	FINAL	---	28,97	46,00	17,03	1000,0	9,000	L1
2,638499	FINAL	28,69	---	56,00	27,31	1000,0	9,000	N
2,663249	FINAL	---	28,59	46,00	17,41	1000,0	9,000	L1
3,630749	FINAL	---	27,70	46,00	18,30	1000,0	9,000	L1
3,824249	FINAL	31,07	---	56,00	24,93	1000,0	9,000	L1
5,131499	FINAL	---	22,27	50,00	27,73	1000,0	9,000	L1
9,507749	FINAL	---	29,37	50,00	20,63	1000,0	9,000	N
9,941999	FINAL	35,63	---	60,00	24,37	1000,0	9,000	N
12,059249	FINAL	44,56	---	60,00	15,44	1000,0	9,000	L1
12,914249	FINAL	---	37,46	50,00	12,54	1000,0	9,000	L1
15,879749	FINAL	41,27	---	60,00	18,73	1000,0	9,000	N
19,056749	FINAL	43,53	---	60,00	16,47	1000,0	9,000	N
19,081499	FINAL	---	36,31	50,00	13,69	1000,0	9,000	N
20,546249	FINAL	---	36,73	50,00	13,27	1000,0	9,000	L1
21,032249	FINAL	46,09	---	60,00	13,91	1000,0	9,000	L1
25,196999	FINAL	---	43,12	50,00	6,88	1000,0	9,000	L1
25,208249	FINAL	51,81	---	60,00	8,19	1000,0	9,000	N

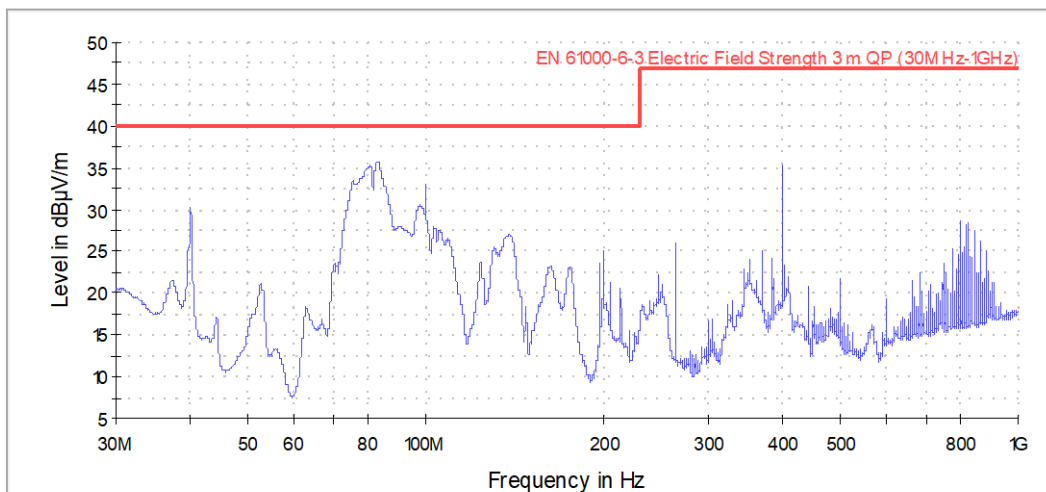
**Příloha B – Modifikace – Emise měřené anténami**



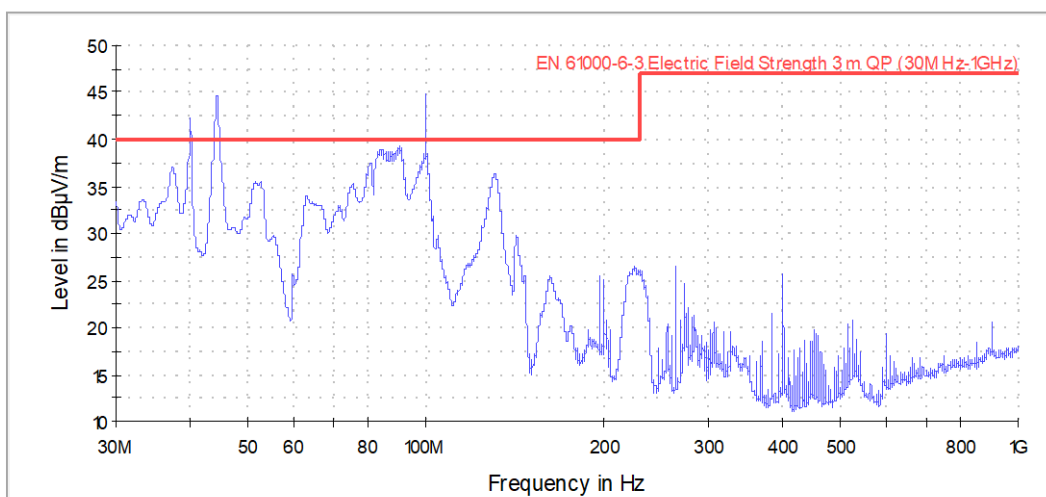
**Obrázek B1** Charakteristika měřených emisí pro režim topení v horizontální poloze



**Obrázek B2** Charakteristika měřených emisí pro režim topení ve vertikální poloze



**Obrázek B3** Charakteristika měřených emisí pro režim chlazení v horizontální poloze



**Obrázek B4** Charakteristika měřených emisí pro režim chlazení ve vertikální poloze