

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



**Diplomová práce**

**Analýza bezdrátových přenosů v PZTS**

**Bc.Zuzana Hrobařová**

© 2016 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zuzana Hrobařová

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Analýza bezdrátových přenosů v PZTS**

Název anglicky

**Analysis of wireless transmissions in I&HAS**

---

### Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku bezpečnostních rizik bezdrátových přenosů v PZTS. Hlavním cílem je provést analýzu bezpečnostních rizik bezdrátové komunikace, která probíhá mezi detektory a ústřednou PZTS. Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- provést měření bezdrátových přenosů
- provést testování, zda lze bezdrátovou komunikaci mezi detektory a ústřednou PZTS ovlivnit

### Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na testování bezdrátových přenosů v PZTS a následné zpracování naměřených dat. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

**Doporučený rozsah práce**

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

**Klíčová slova**

pásma ISM, frekvence, spektrální analyzátor, poplachové zabezpečovací a tísňové systémy, přenos

---

**Doporučené zdroje informací**

HEŘMAN, J., et al.: Elektrotechnické a telekomunikační instalace. Praha: Verlag Dashöfer, 2008. ISSN 1803-0475.

KŘEČEK, S., a spol.: Příručka zabezpečovací techniky. Blatná: Circetus, 2006. 313s. ISBN 80-902938-2-4.

UHLÁŘ, J.: Technická ochrana objektů, II.díl, Elektrické zabezpečovací systémy II. Praha: PA ČR, 2005. 229s. ISBN 80-7251-189-0.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Hart, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

Elektronicky schváleno dne 20. 1. 2015

**doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2015

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2016

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza bezdrátových přenosů v PZTS vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědoma, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědoma že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne..... \_\_\_\_\_

## Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Hartovi, Ph.D., za jeho ochotu, vstřícný přístup a cenné rady.

## **Analýza bezdrátových přenosů v PZTS**

**Abstrakt:** Tato diplomová práce se zabývá bezdrátovou komunikací u poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů (dále jen PZTS). Hlavním cílem práce je zjistit bezpečnostní rizika bezdrátové komunikace mezi detektory a ústřednou a případně doporučit, jak lze těmto rizikům předcházet. Výzkum probíhal na různých typech detektorů. V první, teoretické, části práce jsou popsány typy detektorů, druhy bezdrátové komunikace a teoretická bezpečnostní rizika těchto komunikací. V praktické části jsou výše popsaná bezpečnostní rizika zkoumána v praxi a byla měřena komunikace mezi detektory a ústřednou. V závěru práce jsou doporučení, jak se lze těmto rizikům vyhnout.

**Klíčová slova:** pásma ISM, frekvence, spektrální analyzátor, poplachové zabezpečovací a tísňové systémy, přenos

## **Analysis of wireless transmissions in I&HAS**

**Summary:** This dissertation deals with Intrusion and Hold-up Alarm System wireless communication (I&HAS). The main objective is to determine security risks of wireless communication between detectors and PBX, eventually to recommend how to avoid these risks. The research was conducted on different detector types. The first theoretical part of dissertation describes variety detector types, wireless communication types and theoretical security risks of these communications. The practical part of dissertation describes the above mentioned security risks investigated in practice as well as the measurement of communication between detectors and PBX. The recommendations how to avoid these risk are placed at the end of dissertation.

**Keywords:** ISM bands, frequencies, spectral analyzer, Intrusion and Hold-up Alarm System, transmission

## Obsah:

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Metodika práce .....	3
4	Přehled řešené problematiky .....	5
4.1	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (PZTS).....	6
4.1.1	Dělení detektorů PZTS .....	7
4.1.2	Technická ochrana z hlediska umístění detektorů.....	8
4.1.3	Detektory narušení střeženého prostoru .....	8
4.1.4	Detektory otevření .....	14
4.1.5	Detektory narušení skleněných ploch.....	15
4.1.6	Detektory prostředí .....	18
4.1.7	Výstražná zařízení .....	21
4.1.8	Ústředny .....	21
4.2	Bezdrátová komunikace.....	24
4.2.1	Dělení podle reprezentace signálu.....	24
4.2.2	Dělení podle použitého pásma.....	26
4.2.3	Dělení podle hospodaření s kmitočty .....	26
4.2.4	Dělení podle rozsáhlosti .....	27
4.2.5	Dělení podle typu komunikace .....	29
4.2.6	Členění pásem a jejich správa .....	30
4.2.7	Pásmo ISM (industrial, scientific and medical) .....	31
4.2.8	Elektromagnetické rušení .....	31
5	Praktická část práce .....	33
5.1	Pohybový detektor JA-83P .....	34
5.2	Pohybový detektor PMD75 - 868 (0702-141) .....	36
5.3	Pohybový detektor PMD2P - 868 (1211 - 059) - bezdrátový PIR.....	38
5.4	Bezdrátový pohybový detektor IR8M .....	39
5.5	Bezdrátový pohybový detektor RWT95P86800A.....	41
5.6	Pohybový detektor PMD75 - 433 (0702-140) .....	42

5.7	Bezdrátový detektor pohybu AZ-10P .....	43
5.8	Nízkofrekvenční rušičky pro ISM 433 a ISM 868 .....	44
5.9	Přirozené rušení .....	46
5.10	Zhodnocení použitých bezdrátových detektorů .....	47
6	Výsledky a diskuse .....	50
7	Závěr a doporučení .....	53
	Seznam použitých zdrojů .....	55
	Seznam obrázků .....	56
	Seznam tabulek.....	58



# 1 Úvod

Problémem dnešní doby je "co si člověk nezajistí, to už nikdy neuvidí". Například pokud si někdo nezamkne auto nebo kolo před obchodem, kolo tam už po jeho návratu nejspíš nebude, auto bude v lepším případě "jen" vykradené. Proto se dnes už poměrně dost využívají poplašné zabezpečovací a tísňové systémy. Komunikace mezi jednotlivými detektory a ústřednami může probíhat drátově nebo bezdrátově.

Nevýhodou drátových systému je fakt, že je potřeba například rozbourat zeď, do které se musí kabely instalovat. Navíc některé systémy mají spoustu kabelů a bývá problém je všechny uklidit, případně se v nich pak vyznat, pokud se něco přihodí. Naproti tomu instalace bezdrátových komponent PZTS je daleko snazší. Komunikace mezi ústřednou a detektory probíhá, jak již vyplývá z názvu, bezdrátově. Tato komunikace probíhá převážně v pásmu ISM 433 a ISM 868.

Pásma ISM 433 a 868 budou v práci popsána podrobněji. Pásmo ISM 433 má vyhrazenou frekvenci mezi 433 a 434,79MHz. Problémem tohoto pásma je jeho současná přehlcenost, kvůli které dochází ke vzájemnému rušení. Proto se začíná více využívat pásmo ISM 868, pro které je vyhrazena frekvence 868 až 870MHz. Ovšem i u tohoto pásma dojde časem k přehlcení, proto je potřeba otestovat, zda komunikace probíhá tak, jak by měla a nemůže dojít k rušení.(Hart, Nídlová, 2015)

## 2 Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce bude analýza rizik bezdrátových přenosů v poplašných zabezpečovacích a tísňových systémech. Bezdrátové přenosy budou testovány pomocí komunikace mezi detektory a ústřednou. Dílčími cíly této práce budou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- provést měření bezdrátových přenosů
- testovat, zda lze bezdrátovou komunikaci mezi detektory a ústřednou PZTS ovlivnit
- otestovat přirozené rušení
- otestovat rušičky v pásmu ISM 433 a ISM 868
- zhodnotit jednotlivé přenosy u testovaných detektorů
- zhodnotit detektory z hlediska parametrů s přihlédnutím ke zjištěným naměřeným výsledkům.

### 3 Metodika práce

Jak již bylo uvedeno dříve, cílem této diplomové práce je analýza bezdrátových přenosů v PZTS. V teoretické části bude popsána bezdrátová komunikace, poplašné zabezpečovací a tísňové systémy a jejich rozdělení z hlediska chráněného prostoru, všeobecný popis nejpoužívanějších detektorů a bude podrobněji rozebráno pásmo ISM, ve kterém probíhá komunikace u PZTS. Pro tuto část práce bude nastudována odborná literatura, případně proběhne konzultace s odborníky.

V praktické části bude probána samotná analýza bezdrátových přenosů v PZTS. Tato analýza bude provedena pomocí měření komunikace mezi ústřednou a detektory. Měření bude uskutečněno pomocí spektrálního analyzátoru *Spectran HF-6060*, který měří intenzitu bezdrátové komunikace u vybraných PZTS.

Testování bude provedeno na základě norem ČSN EN 50 131-1 (Poplachové systémy - Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy - Část 1: Systémové požadavky) a ČSN EN 50 131-5-3 (Poplachové systémy - Elektrické zabezpečovací systémy - Část 5-3: Požadavky na zařízení využívající bezdrátové propojení).

Měření bude probíhat na pozemcích České zemědělské univerzity v Praze ve standardních laboratorních podmínkách, tzn. relativní vlhkost vzduchu okolo 60% a teplota cca 20°C a bude se měřit na následujících zařízeních:

- ✓ nízkofrekvenční rušičky pro pásmo ISM 433 a ISM 868
- ✓ Spectran HF-6060 s anténou
- ✓ JA-83P bezdrátový PIR detektor pohybu osob
- ✓ PMD75 - 868 (0702-141) - PIR s imunitou vůči zvířatům do cca 40 k
- ✓ bezdrátový detektor PMD2 - 868 (1211 - 059)
- ✓ bezdrátový detektor IR8M
- ✓ pohybový detektor RWT95P86800A
- ✓ bezdrátový pohybový detektor PMD75 - 433 (0702-140)
- ✓ bezdrátový pohybový detektor AZ - 10P

Detektory pohybu budou instalovány na příslušná místa a pomocí spektrálního analyzátoru Spectran HF-6060 budou zaznamenávány bezdrátové přenosy. Signál vysílaný z detektorů bude zaznamenán pomocí softwaru MSC SpectrumAnalyzer. Po naměření bude vytvořen graf, kde budou pospojovány jednotlivé průchody pro každý detektor, které se u daného měření vyskytnou.

Dalším měřením bude měření intenzity umělého rušení. Jeho průběh bude obdobný jako měření na detektorech, jen se místo detektorů použijí nízkofrekvenční rušičky. Tímto bude změřena maximální hodnota intenzity umělého elektromagnetického rušení a následně bude opět pomocí softwaru MSC SpectrumAnalyzer vytvořen graf.

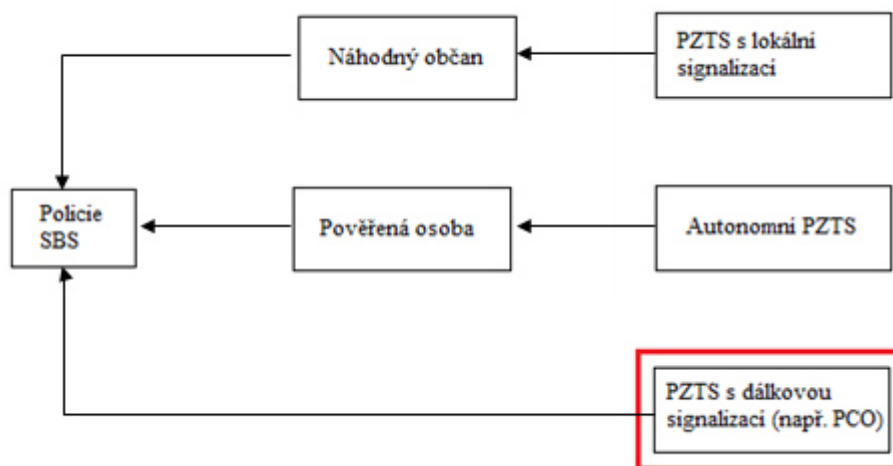
## 4 Přehled řešené problematiky

V této kapitole bude popsáno základní členění zabezpečovacích systémů, všeobecný popis detektorů a bezdrátová komunikace, která se využívá nejen při komunikaci mezi detektory a ústřednou.

### Předání poplachového signálu

Signál se dá přenášet různými způsoby, jak je vidět z blokového schéma níže (obr.č.1) a tato práce bude zaměřená především na dálkový přenos, viz zvýrazněná část schéma

obr.č.1 - Blokové schéma způsobu předání poplachového signálu



### Stupeň zabezpečení chráněného objektu

Stupeň zabezpečení objektu (tab.č.1) ovlivňuje míra rizika, která je závislá na typu objektu, hodnotě majetku uvnitř tohoto objektu, dále znalostmi narušitele o PZTS a jeho technickým vybavením. Většina objektů spadá do stupně 1 a 2, stupeň 3 se předpokládá jen u objektů typu bank, klenotnictví nebo objekty s přísně tajnými dokumenty a skutečnostmi podle kategorizace Národního bezpečnostního úřadu. Stupeň 4 se předpokládá jen výjimečně, např. u jaderných reaktorů, raketových zařízení apod.

tab.č.1 - Stupně zabezpečení chráněného objektu

Stupeň	Míra rizika	Typ prostorů	Typ útočníka
1	Nízké	Obytné objekty s méně cennými aktivy	Útočník s malou znalostí EZS (omezený sortiment snadno dostupných nástrojů)
2	Nízké až střední	Kancelářské prostory, obytné objekty, komerční prostory	Útočník má omezené znalosti EZS (běžné nástroje a přenosné přístroje, např. multimetr)
3	Střední až vysoké	Banky	Útočník je obeznámen s EZS (rozsáhlý sortiment nástrojů a přenosných elektronických zařízení)
4	Vysoké	Tajné archivy, muniční sklady	Útočník má podrobný plán vniknutí (kompletní sortiment zařízení a přístrojů, včetně prostředků pro náhradu prvků EZS)

Zdroj: [http://ezs.labskalouka.cz/pictures/stupen\\_.png](http://ezs.labskalouka.cz/pictures/stupen_.png)

#### 4.1 Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (PZTS)

Jak již uvedl Uhlář (2005) ve své knize, PZTS je soubor prvků schopných dálkově opticky, akusticky či kombinací obojího signalizovat přítomnost, vstup nebo jen pokus o vstup narušitele do střeženého objektu nebo prostoru.

PZTS se skládá z pěti základních prvků. Každý z těchto prvků plní své specifické funkce a společně tvoří "zabezpečovací řetězec".

- ✓ **detektor** - bezprostředně reaguje na fyzikální změny, které jsou spojené s narušením střeženého objektu nebo prostoru či na nežádoucí manipulaci se střeženým předmětem. Pokud detektor zaznamená tyto změny, reaguje na ně vysláním poplachového signálu nebo zprávy.
- ✓ **ústředna** - přijímá a zpracovává informace z detektorů podle stanoveného programu a požadovaným způsobem je realizuje. Také je možné díky ní ovládat a indikovat zabezpečovací systém. Ústředna dále zajišťuje napájení tohoto systému a inicializaci následného přenosu informací.
- ✓ **přenosové prostředky** - zprostředkovávají přenos výstupních informací z ústředny do místa signalizace, případně povelů opačným směrem
- ✓ **signalizační zařízení** - vyhlašuje poplach nebo výstrahu na základě převedení předaných informací

- ✓ **doplňkové zařízení** - usnadňuje ovládání systému nebo umožňuje realizovat některé speciální funkce

#### 4.1.1 Dělení detektorů PZTS

Detektory elektrických zabezpečovacích systémů se dělí na:

##### **Napájená (aktivní a pasivní)**

- ✓ *Pasivní detektory* - na změny v okolí reagují pasivně (např. PIR detektory)
- ✓ *Aktivní detektory* - si vytváří vlastní prostředí a pak detekují jeho změny (např. ultrazvukové detektory)

##### **Nenapájená (destrukční a nedestrukční)**

- ✓ *Destrukční detektor* - pouze jednorázová funkce - při vyhlášení poplachu dochází k jeho zničení (např. poplachové fólie)
- ✓ *Nedestrukční detektor* - při aktivaci nedochází k nevratným změnám (např. vibrační a magnetický kontakt)

Další dělení detektorů je závislé na zpracování získaného analogového signálu. Toto zpracování je velmi důležité, protože na něm spočívá spolehlivost detekce a odolnost proti falešným poplachům.

**Digitální zpracování signálu** - signál je zpracováván pomocí softwaru uloženého v mikroprocesoru. Je zde zajištěna lepší selekce poplachového signálu a oddělení od nežádoucího šumu a rušení.

**Analogové zpracování signálu** - poplachový stav vzniká, když dojde k překročení vyhodnocené prahové úrovně - je nutné, aby se toto překročení opakovalo několikrát během definovaného časového úseku. (Křeček, 2003)

#### 4.1.2 Technická ochrana z hlediska umístění detektorů

Při instalaci detektorů je potřeba dbát pokynů výrobce, jinak by nemusely plnit svůj účel. Vždy je nutné přihlížet k rizikovým faktorům použití daného typu detektoru nejen z hlediska možného náhodného nebo úmyslného omezení funkčnosti, ale i možnosti vzniku planých poplachů (Kindl, 2004)

Rozlišuje se pět typů ochran z hlediska střežených prostor:

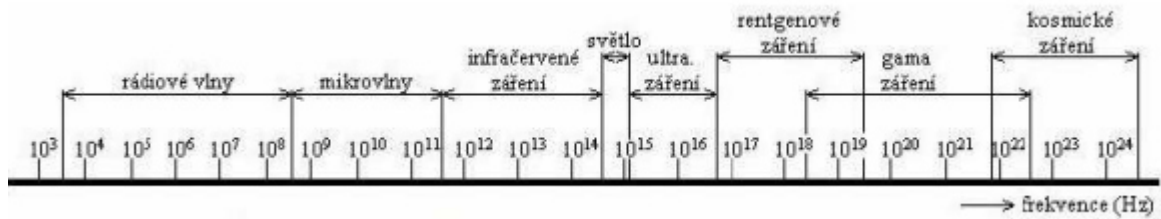
- ✓ obvodová ochrana - je určena k hlídání obvodu objektu, přičemž hranice hlídaného prostoru bývá vymezena obvykle přírodními nebo umělými bariérami (ploty, zdi, apod.).
- ✓ plášťová ochrana - signalizuje narušení pláště objektu, pokud detektor detekuje jakékoliv narušení konvenčních i nekonvenčních vstupních jednotek. Střežená může být celá budova nebo jen vyčleněný komplex místností a prostor ve větším objektu.
- ✓ prostorová ochrana - signalizuje změny v chráněném prostoru
- ✓ předmětová ochrana - signalizuje neoprávněnou manipulaci s chráněným předmětem nebo úschovným místem. Tato ochrana bývá u trezorů nebo sbírkových předmětů.
- ✓ klíčová ochrana - signalizuje narušení klíčových míst objektu - jsou to místa, kde se předpokládá pohyb pachatele (chodby, schodiště, haly, apod.)

#### 4.1.3 Detektory narušení střeženého prostoru

Do této skupiny se řadí detektory, které detekují pohyb nebo přítomnost osob ve střeženém prostoru. Tyto detektory se nazývají pohybové a využívají se pro střežení vnitřních i venkovních prostorů. Vzhledem k tomu, že tyto detektory pracují na různých fyzikálních principech, využívají také odlišné části kmitového spektra (viz. obr.č. 2) (Křeček, 2003)



obr.č.2 - Spektrum elektromagnetického vlnění



#### 4.1.3.1 PIR detektory

Pasivní infračervené detektory (Passiveinfrared sensor) patří k nejpoužívanějším prvkům systému PZTS. Zachycují změny vyzařované narušitelem v infračerveném pásmu kmitočtového spektra elektromagnetického vlnění. Z výše uvedeného vyplývá, že jsou schopny zachytit pohyb těles, které mají jinou teplotu než dané pozadí. Například člověk s teplotou těla kolem 35°C vyzařuje záření s vlnovou délkou 9,3-9,4 $\mu$ m a toto záření je detekováno *pyroelementem*.

Pyroelement je základní součástí detektorů a skládá se ze sloučenin na bázi lithia a tantalu. Pracuje jako měnič gradientní povahy, což znamená, že detekuje jen změny dopadajícího záření. Lepší detektory jsou vybaveny dvojitým pyroelementem. Detektor se dále skládá z optiky, která dělí snímaný prostor na detekční zóny - aktivní a neaktivní zóny. Dále slouží k přenosu infračerveného záření z detekovaného prostředí na pyroelement. Pokud vstoupí narušitel do aktivní zóny dojde k zaznamenání nárůstu infračerveného signálu a v opačném případě naopak. Následně je průběh vyhodnocen elektronikou a pokud odpovídá průchodu osoby je vyhlášen poplach. (Uhlář, 2005)

Optika je tvořena jedním z těchto dvou základních elementů:

**Zrcadlová optika** - jedná se o segmentové zrcadlo vyrobené z plastu s napařenou kovovou vrstvou (detekční charakteristika je dána při výrobě)

**Fresnelova čočka** - výlisek z plastické hmoty obsahující soustavu čoček, které dělí snímaný prostor na zóny (výměnou čočky lze snadno změnit detekční charakteristiku)

Nejčastější typy PIR detektorů (viz obr.č.3) podle charakteristiky snímaného prostoru na základě tvaru čočky:

- ✓ vějíř (dosah 12-15 metrů, šířkový úhel 90°)
- ✓ záclona (dosah 12-15 metrů, šířkový úhel 15°)
- ✓ dlouhý dosah (dosah 20-35 metrů, šířkový úhel 15°)
- ✓ stropní (dosah 8-12 metrů, šířkový úhel 360°)

obr.č.3 - Typy PIR detektorů



Zdroj: <http://www.variant.cz/kategorie/ezs/vnitri-detekce/>

Detektory mohou být konstrukčně rozšířeny o následující funkce:

**Antimasking** - jde o aktivní ochranu detektoru pomocí infračerveného záření, při zakrytí dojde k vyhlášení poplachového stavu.

**PET imunita** - detektor je odolnější vůči zvířatům do určité hmotnosti.

**Černé zrcadlo** - díky tomuto rozšíření je snížen počet planých poplachů vyvolaných vlivem vysokého záření viditelného světla.

**Quad PIR** - jedná se o zdvojený pyrosensor zvyšující odolnost proti planým poplachům.

Hlavní výhodou těchto detektorů je snadná montáž a seřízení, jejich vysoká spolehlivost a malá spotřeba elektrické energie. Protože detektory nevyzařují žádné rušení, lze jich do prostoru instalovat více.

Nevýhodou je, že rychlé teplotní změny (podlahové topení apod.) a zařízení v místnosti mohou zvýšit riziko vzniku falešného poplachu. Toto riziko mohou zvýšit

i světelná rušení (slunce, světla automobilů) i proudění vzduchu (ventilace, klimatizace, topná tělesa).

#### **4.1.3.1.1 Příčiny a eliminace falešných poplachů u PIR detektorů**

První PIR detektory s jednoduchým pyroelementem byly velmi náchylné na časté falešné poplasy, pokud byly nasazeny v náročnějších podmínkách. Tyto poplasy byly vyvolány prouděním vzduchu, podlahovým topením, slunečním svitem přerušovaným mraky apod. Jako první opatření proti těmto falešným poplachům byla elektronická vyhodnocovací část PIR detektoru doplněna o počítání impulsů signálů snímacího pyroelementu. Tyto impulsy jsou počítány v závislosti na čase, to znamená, že detektor vyhlásí poplach až když přijme určitý počet impulsů v definovaném časovém intervalu.

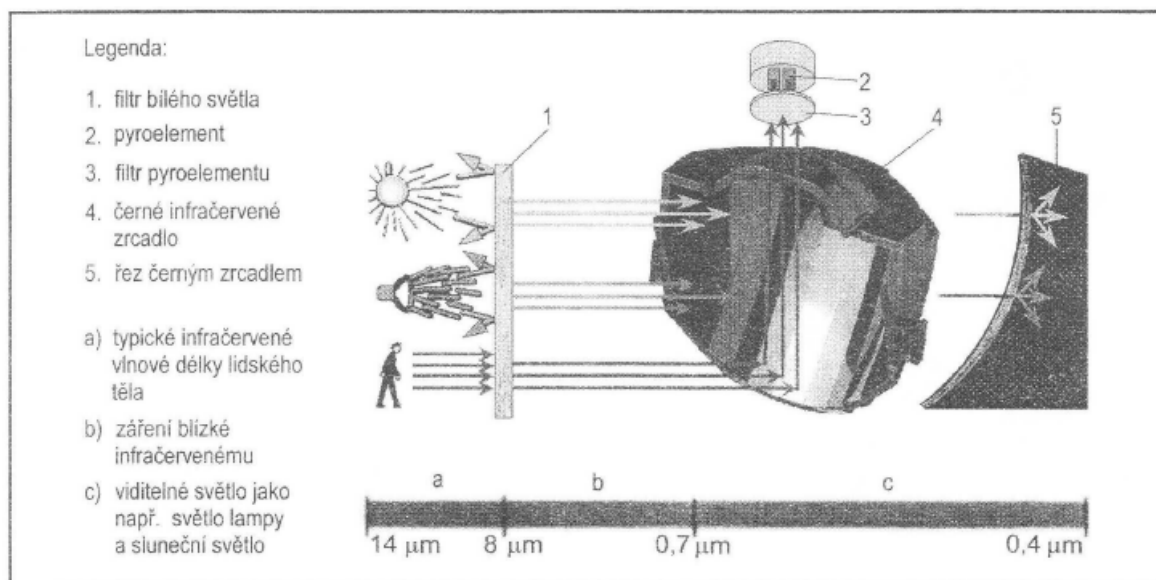
Dalším opatřením, které se podílí na eliminaci počtu falešných poplachů je omezení nežádoucích složek spektra (především v oblasti viditelného, tzv. bílého světla) dopadajících buď přímo nebo odraženě na pyroelement. Odfiltrování je částečně dosaženo vývojem nových materiálů pro Fresnelovy čočky, popřípadě pro kryty průhledných okének u detektorů se zrcadlovou optikou. Díky tomuto vznikla opálová čočka (dnes tuto čočku využívají všichni výrobci PIR detektorů), která zabrání dopadu většiny bílého světla na senzor (pyroelement).

Další snaha o odfiltrování zbývajících rušivých složek vedla k důslednému krytí samotného okénka pyroelementu speciální vrstvou a ke zhotovení "černého" zrcadla se speciálním povlakem odrážejícím jen infračervené záření, které je typické pro lidské tělo. Všechny nežádoucí vlnové délky jsou absorbovány v černém základním materiálu (viz obr.č.4). Díky této technologii mají PIR detektory třístupňový filtr bílého světla, jehož jednotlivé části jsou vzájemně sladěny tak, aby bylo dosaženo úplné odolnosti proti vnějším zdrojům světla:

- filtr bílého světla průhledu PIR detektoru je téměř nepropustný pro nežádoucí záření, které se vyskytuje i všech zdrojů bílého světla,
- černé infračervené zrcadlo odráží pouze infračervené délky typické pro lidské tělo,

- filtr pyroelementu odstraňuje všechny složky nežádoucího záření způsobeného rozptýleným světlem

obr.č.4 - Znárodnění eliminace nežádoucí části spektra použitím "černého zrcadla" u pasivních infradetektorů



Kvalitu PIR detektoru a podmínky jeho nasazení ovlivňuje teplotní kompenzace, která je zapotřebí k tomu, aby detektor nastavil automaticky výchozí podmínky pro svou správnou činnost. Je to přizpůsobení citlivosti obvodů zpracovávajících signály z pyroelementu vůči tepelnému pozadí prostoru, ve kterém je nasazen. Po zapnutí je PIR detektor v tzv. době náběhu, kdy si nastaví svou citlivost, která je pak nastavována průběžně se změnou tepelných podmínek.

Obyčejné PIR detektory k tomuto účelu využívají termistor, který mění svůj odpor v závislosti na teplotě. Nevýhodou je snížená citlivost detekce v prostorách s tepelným pozadím 30-40°C a naopak zbytečně vysoká citlivost při teplotě okolo 0°C. Špičkové detektory mají obvody automatické teplotní kompenzace (ATC), které vyrovnávají křivku závislosti citlivosti na teplotě okolí. (Uhlář, 2005)

#### 4.1.3.2 MW detektory

Mikrovlnný detektor (Microwave sensor) je aktivní detektor obsahující přijímač a vysílač mikrovlnného signálu. Detektory pracují v pásmech 2,5GHz, 10GHz a 24GHz. Je vyhodnocena odražená část vyslaného signálu - pracuje na principu Dopplerova jevu. Když

je narušitel v pohybu, odražená vlna se vrátí se změněnou fází a vyhlásí poplach. Tyto detektory se používají na místech, kam nelze instalovat infračervené detektory. Instalace více detektorů v jednom prostoru je možná, ale jen v případě, že každé pracuje v jiném kmitočtovém pásmu.

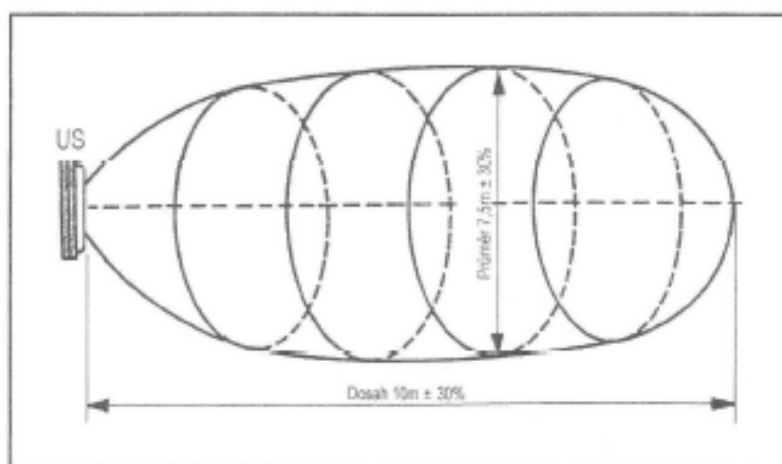
Nevýhodou těchto detektorů je, že mikrovlny procházejí skrz stěnu, což může vést k vyvolání falešného poplachu, v místnosti se nesmí vyskytovat ani žádné pokovené nebo kovové předměty a nesmí dojít k rušení zářivkami nebo pohybující se kapalinou v plastovém potrubí.

#### 4.1.3.3 US detektory

Ultrazvukový detektor (Ultrasonic sensor) pracuje na frekvenci v pásmu 20-45kHz. Vysílač vysílá vlnění o stálém kmitočtu - jde o aktivní prvek. Toto vlnění je nad pásmem kmitočtu slyšitelným lidským uchem. Detektor vytvoří v prostoru konstantní vlnění, které poukazuje na klidový stav. Vlnění, které se odráží od překážek je vyhodnoceno v přijímači. V případě, kdy do prostoru vstoupí narušitel, vlnění přijaté detektorem bude mít jinou hodnotu a tím dojde k vyhlášení poplachu.

US detektory mají dosah kolem 10 metrů a instalace by měla probíhat ve směru předpokládaného pohybu pachatele. Tyto detektory se využívají především k zabezpečení vnitřního prostoru automobilů. Na obr.č.5 je znázorněna charakteristika US detektoru (Krahulík, 2012).

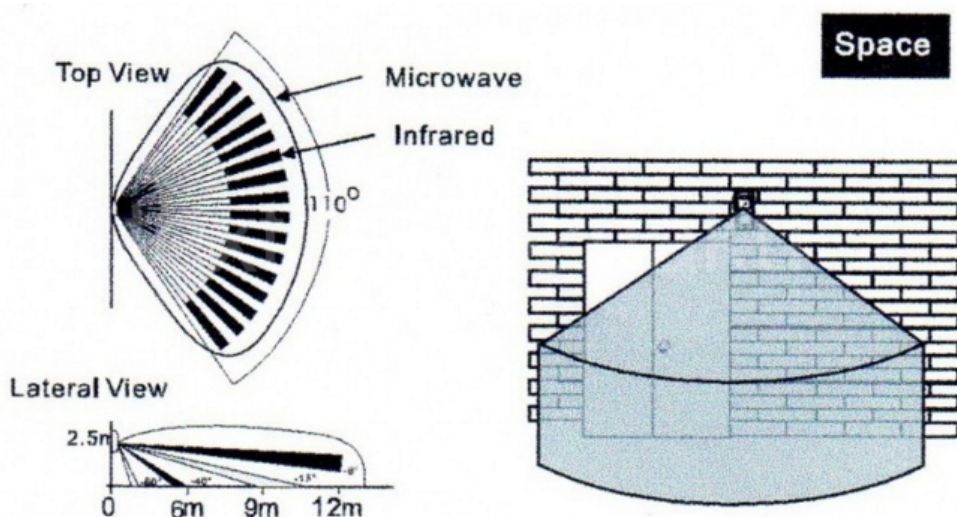
obr.č.5 - Charakteristika ultrazvukového detektoru ve volném prostředí



#### 4.1.3.4 Kombinované (duální) detektory

Aby bylo zabráněno vyvolání falešných poplachů, používají se detektory kombinované, které kombinují již zmíněné detektory. Nejčastějším typem duálního detektoru je pasivní infračervené s kombinací mikrovlnného (PIR+MW). Druhou variantou je kombinace PIR+US. Poplach je vyhlášen až v případě, že obě vyhodnocovací jednotky zaznamenají narušení střeženého prostoru. Pro detekci obou částí detektoru je vymezen časový interval, který je spuštěn záznamem o prvním narušení prostoru. Charakteristika duálního detektoru je zobrazena na obr.č.6.

obr.č.6 - Charakteristika duálního detektoru PIR+MW ve vertikální a horizontální rovině



Zdroj: [http://www.home-alarm.cz/files/prod\\_images/temp\\_big/vs-t2-diagram.jpg](http://www.home-alarm.cz/files/prod_images/temp_big/vs-t2-diagram.jpg)

#### 4.1.4 Detektory otevření

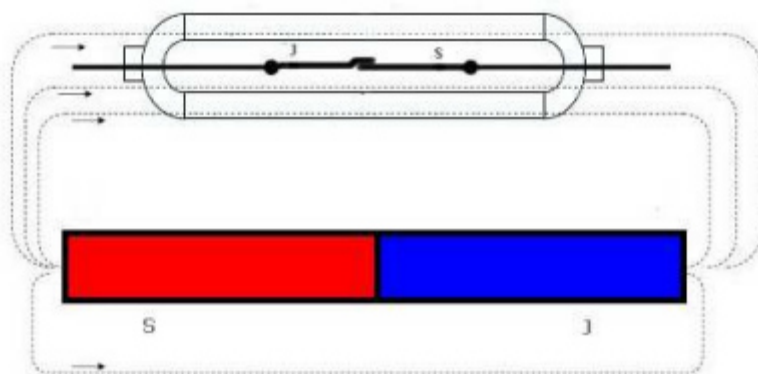
Jedná se o prvek plášťové ochrany. Patří sem detektory, které se snaží zabránit násilnému vniknutí do střeženého prostoru.

##### 4.1.4.1 Magnetické kontakty

Tyto detektory nemají vyhodnocovací jednotku a nemají žádné nároky na napájení. Detektor tvoří jazýčkový kontakt a permanentní magnet. Jazýčkový kontakt se skládá ze dvou feromagnetických plíšků a je zatavený ve skleněné mikrotrubičce, která je naplněná ochrannou atmosférou. Magnetem je zmagnetizovaný feritový váleček. V klidovém stavu je jazýčkový kontakt sepnut pomocí magnetu. Pokud dojde k narušení (oddálení magnetu)

je kontakt rozepnut a tím dojde k vyhlášení poplachu. Na obr.č.7 je zobrazen magnetický kontakt sepnutý.

obr.č.7 - Magnetický kontakt (sepnutý)



Magnet se umísťuje na pohyblivou časť okna či dverí a jazýčkový kontakt sa upevňuje na pevnou konštrukciu (rám). Pri aplikácii je dôležité stanoviť maximálnu a minimálnu pracovnú vzdialenosť, ktoré sú predpísané výrobcem. Provádí sa buď povrchová alebo skrytá montáž priamo do dverí či oken.

Výhodou tohoto detektoru je jednoduchá montáž s pomerne vysokou životnosťou.

Nevýhodou je možnosť zmagetizovania pomocou priloženého magnetu - len u jednoduchších provedení.

#### 4.1.5 Detektory narušení skleněných ploch

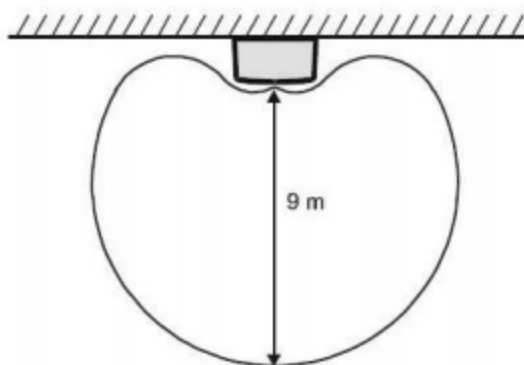
Tyto prvky se řadí do plášťové ochrany. Používají se pro zabezpečení skleněných ploch a pláště budovy a vyrábějí se ve dvou variantách - kontaktní a bezkontaktní. Poplach je vyhlášen už při první déle trvající mechanické změně střežené plochy.

##### 4.1.5.1 Akustické detektory tříštění skla

Tento detektor je pasivní a bezkontaktní. Vyhodnocují slyšitelnou část zvuku, která je typická pro tříštění skla o rozdílných velikostech a tloušťkách skleněné plochy. Chvění chráněných ploch nesnímají ovšem kontaktně, ale na dálku, přenosem zvuku vzduchem. Toto chvění se vyhodnocuje piezoelektrickým nebo elektretovým mikrofónem. Následuje pásmová propust, propouštějící pouze část spektra, typickou pro tříštění skla. Kvalitnější

detektory mají těchto propustí více a vyhodnocují přítomnost zvuku v několika částech spektra, čímž snižují možnost vyhodnocení obdoby zvuků a tím vyvolání planých poplachů. Nejnovější typy těchto detektorů vyhodnocují zvukové spektrum ve více diskretních kmitočtech a vyvolávají poplach až poté, co jsou v určitém časovém intervalu ve zvuku obsaženy tyto diskretní kmitočty. Směrová charakteristika tohoto detektoru je znázorněna na obr.č.7 (Uhlář, 2005)

obr.č.7 - Směrová charakteristika GBS



Výhodou je střežení všech skleněných ploch v dosahu detektoru. Detektor ovšem musí na chráněné plochy vidět. Mezi detektorem a sklem musí být zachován volný prostor - žádné žaluzie ani závěsy.

Nevýhodou je vznik falešných poplachů - tyto falešné poplachy mohou vyvolat různé negativní vlivy v okolí (dopravní provoz, kontejnery na sklo, přítomnost drobné zvěře a jiné). Při instalaci detektoru je nutné zkontrolovat, zda není sklo opatřeno bezpečnostní nebo jinou fólií.

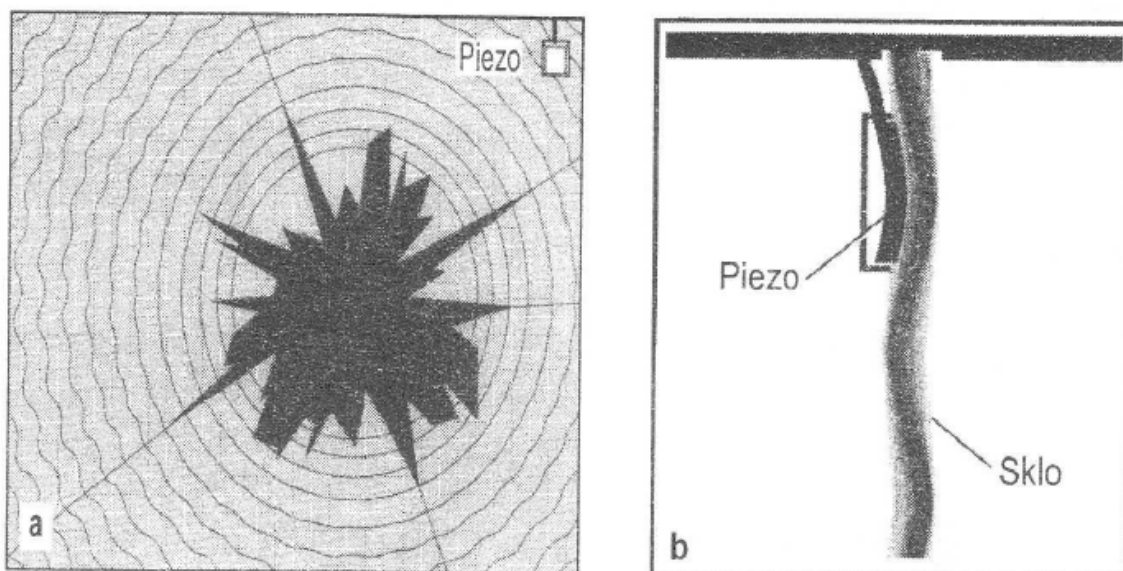
V praxi se využívají dva typy akustických detektorů - *jednopásmová* a *vícepásmová*.



#### 4.1.5.2 Pasivní detektory tříštění skla

Jedná se o kontaktní detektor, který se připevňuje na skleněnou plochu a tam detekuje energii vzniklou při rozbíjení skla.. Jde o piezoelektrický senzor obsahující piezokrystal naladěný na rezonanční kmitočet v pásmu 40-120kHz. Elektronika ve vyhodnocovací jednotce vyhodnocuje jen kmitočty charakteristické pro určitý druh destrukce skla (řezání skla diamantem atd.). Tyto kmitočty se hmotou šíří jako vlnění v pevném tělese. Jak již bylo uvedeno výše, detektor se připevňuje na skleněnou tabuli a je třeba dbát na co nejmenší ztráty přenosu zvuku. Vlnění, které vzniká při narušení skleněné plochy, je vyhodnoceno piezosenzorem a dojde k vyhlášení poplachu. Na obr.č.8 je znázorněno šíření rázové energie ve skle. (a) a její přeměny na elektrický signál (b)

obr.č.8 - Znáznornění šíření rázové energie ve skle (a) a její přeměny na elektrický signál (b)



Tento detektor není citlivý na rušivé hluky v zabezpečeném prostoru. Jako výhodu lze uvést i fakt, že detektor svou viditelnou instalací upozorňuje na přítomnost zabezpečovacího zařízení.

Nevýhodou je nutnost pohyblivého přívodu při instalaci na otevírané plochy. Při instalaci na dělené skleněné plochy je nutné, aby na každou z těchto ploch byl umístěn vlastní detektor.

Patří sem i destrukční detektory - fóliové polepy a poplachové fólie a skla.

#### 4.1.5.3 Aktivní detektory tříštění skla

Tyto detektory se využívají pro nejvyšší úroveň rizik. Jsou to kontaktní detektory a obsahují vysílací a přijímací část. Elektronická část sleduje nevratné fyzikální změny struktury chráněné skleněné plochy, především změny přenosu ultrazvukového signálu ve skle oproti normálnímu stavu, který je v elektronice detektoru zaznamenán v paměti.

Výjimečně se využívají i optické systémy, které využívají infračervené světlo. Pokud dojde k rozbití skleněné plochy, dojde ke změně přenosových parametrů signálu mezi vysílačem a přijímačem a následně k vyhlášení poplachového stavu. Tyto detektory mají velký dosah a díky tomu je lze využít ke střežení plochy až 25m<sup>2</sup> (podle typu detektoru a skla). I když je detekční schopnost těchto detektorů podstatně větší než u pasivních detektorů rozbití skla, je pravděpodobnost vzniku planých poplachů podstatně nižší. (Krahulík, 2012).

#### 4.1.6 Detektory prostředí

Do této skupiny patří tzv. speciální detektory. Používají se jako doplňkový sortiment k pohybovým detektorům a jejich základní funkcí je detekování různých veličin a látek uvnitř hlídané plochy.

##### 4.1.6.1 Požární detektory

Detekují vznik požáru v hlídaném prostoru. V praxi se využívají především dva typy detektorů - tepelné a opticko-kouřové. Poplach je signalizován výstražným znamením zabudované sirény a předáním zprávy ústředně. Ústředna pak může pomocí SMS informovat majitele budovy.

**Teplotní detektory** (viz obr.č.9) - vyhodnocuje se maximální teplota v místnosti, případně rychlost jejího nárůstu (kombinace s termodiferenciálním detektorem). Aktivační teplota bývá nastavena na cca 60°C. Jejich nevýhodou je zpoždění při reakci na vzniklý požár - pro vyhlášení poplachu je potřeba plamen, který způsobí zvýšení teploty.

obr.č.9 - Teplotní detektor



Zdroj: <http://www.variant.cz/kategorie/ezs/vnitřni-detekce/>

**Opticko-kouřové detektory** (viz obr.č.10) - součástí detektoru je vyhodnocovací komora, která je prosvětlována IR diodou. Pokud se do komory dostane kouř, je vyhodnocena světelná ztráta a detektor vyhlásí poplach. Oproti teplotnímu detektoru má tento výhodu, že není potřeba přímého plamene, stačí jen doutnání. Nevýhodou je potřeba čištění komory, pokud se detektor nachází v prašném prostředí.

obr.č.10 - Opticko-kouřový detektor



Zdroj: <http://www.variant.cz/kategorie/ezs/vnitřni-detekce/>

#### 4.1.6.2 Detektory zaplavení

Tyto detektory se využívají na místech, kde by mohlo dojít k zatopení nebo úniku vody (koupelny, kuchyně, sklepy, apod.). K vyhlášení poplachu dochází, pokud kapalina spojí detekční kontakty. Tím dojde k aktivaci vnitřní sirény detektoru pro místní výstrahu a k ústředně se předá poplachová zpráva. Při výběru vhodného detektoru je potřeba znát pracovní teplotu a vlhkost v daném prostředí. Tento detektor je zobrazen na obr.č.11.

*obr.č.11 - Detektor zaplavení*



*Zdroj: <http://www.variant.cz/kategorie/ezs/vnitřni-detekce/>*

#### **4.1.6.3 Detektory úniku plynu**

Slouží k indikaci a detekci nebezpečných plynů v hlídaném prostoru. Existují různé druhy detektorů, které detekují rozdílné plyny - propan, butan, zemní plyn, oxid uhelnatý, vodík, atd.

Při instalaci těchto detektorů je třeba dbát na váhu jednotlivých plynů vůči vzduchu a na základě tohoto umístit detektory co nejvýše nebo co nejnižší ve střeženém prostoru. Detektor úniku plynu je vidět na obr.č.12.

*obr.č.12 - Detektor úniku plynu CO*



*Zdroj: <http://www.variant.cz/kategorie/ezs/vnitřni-detekce/>*

#### **4.1.7 Výstražná zařízení**

Při vyhlášení poplachového stavu produkují akustický poplachový signál. Jejich akustický výkon je velmi silný a slouží pro maximální znepríjemnění pobytu narušitele v místnosti, případně výrazné upozornění na poplach. Lze je využít pro venkovní i vnitřní použití. Tento detektor se skládá z akustického měniče (většinou piezoelektrického), generátoru kolísavého tónu a výkonového měniče. Instalace se provádí tak, aby nebyl detektor snadno dostupný a lehce napadnutelný. Detektor může být doplněn i o optickou signalizaci - světelný maják.

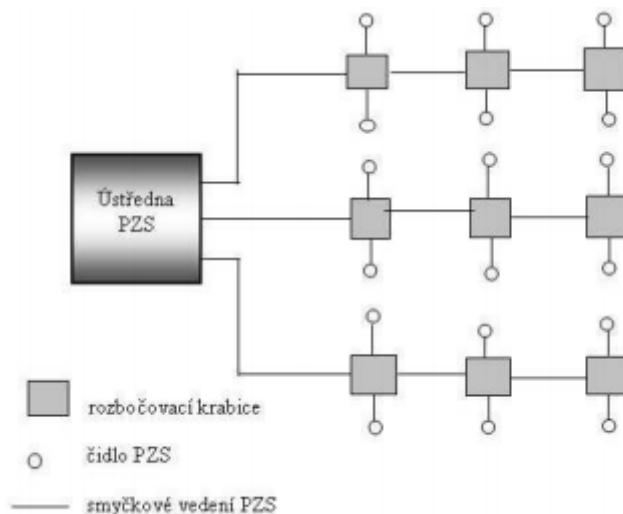
#### **4.1.8 Ústředny**

Hlavní činností ústředen je sběr informací o stavu jednotlivých detektorů a následné vyhodnocení těchto informací - vyvolání poplachových signálů. Pokud dojde k narušení chráněné plochy, detektory okamžitě informují ústřednu, která má obsluhou přesně definované rozhodovací schéma a je vyvolán poplachový signál. Jde o optickou nebo akustickou signalizaci a předání informace o poplachu na přijímací poplachové centrum nebo fyzické osobě. (Krahulík, 2012)

##### **4.1.8.1 Smyčkové ústředny**

Jak již z názvu vyplývá, jsou detektory a tísňové hlásiče k ústředně připojeny pomocí proudových smyček, které mají definovanou hodnotu a toleranci. Každá smyčka je připojena na vyhodnocovací obvod ústředny a má svůj zakončovací odpor. Jakákoliv změna tohoto odporu, vyvolaná aktivací detektoru nebo sabotáží, znamená vyhlášení poplachového stavu. Jejich nevýhoda spočívá v rozsáhlé kabeláži - poplachový kontakt, kabely pro napájení, sabotážní kontakt a dodatkové funkce (průchozí test, paměť poplachu, apod.) (obr.č.13) (Křeček, 2003)

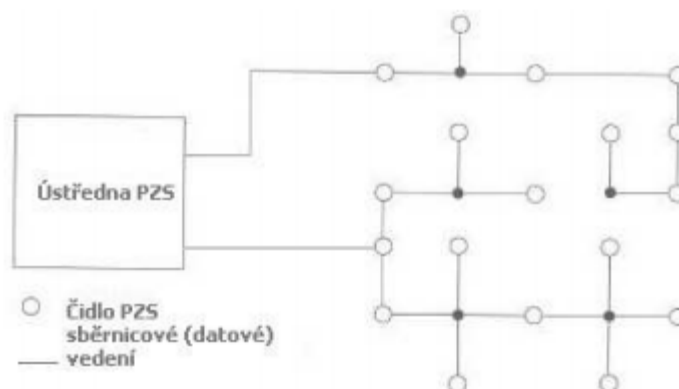
obr.č.13 - Schéma zapojení smyčkové ústředny



#### 4.1.8.2 Ústředny s přímou adresací detektorů

Ústředna komunikuje s detektory pomocí datového vedení (tzv. sběrnice) v časovém nebo frekvenčním režimu. Ústředna vysílá v pravidelných intervalech signály na jednotlivé detektory a přijímá jejich odezvy. Každý detektor tedy musí obsahovat komunikační modul. Oproti smyčkovým ústřednám mají tyto ústředny minimální kabeláž. Díky tomu, že má každý detektor svou adresu, může ústředna vyhodnotit, kde k napadení došlo a o jaký druh narušení se jedná.(obr.č.14)

obr.č.14 - Schéma zapojení sběrnice ústředny



Zdroj:[http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/19152/krahulik\\_2012\\_dp.pdf?sequence=1](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/19152/krahulik_2012_dp.pdf?sequence=1)

#### **4.1.8.3 Smíšené ústředny**

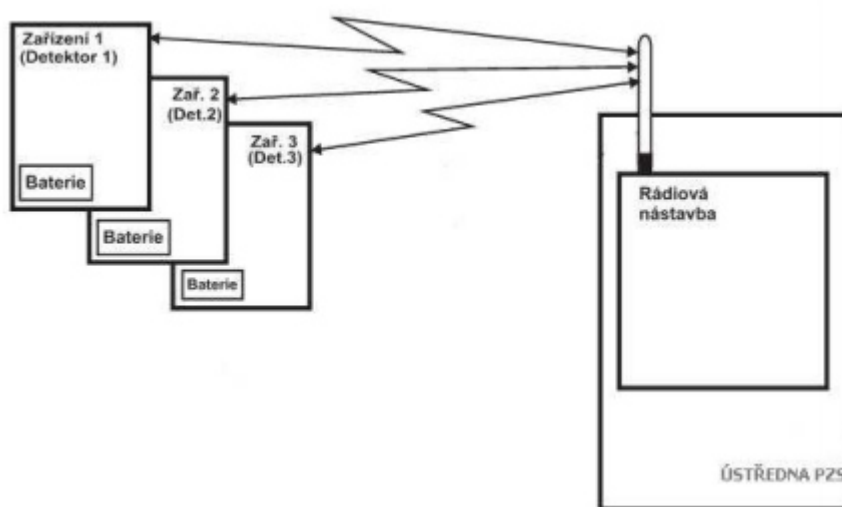
Jde o kombinaci analogové a sběrnice ústředny, přičemž každá ústředna má určitý počet linek. Pomocí těchto linek jsou k vlastní ústředně připojeny koncentrátoři, které slouží jako analogové ústředny - jejich úkolem je soustřeďovat informace z detektorů připojených do proudových smyček. Komunikačním kanálem mezi ústřednou a koncentrátoři je datová sběrnice. Na sběrnici mohou být připojeny také komunikační moduly, klávesnice a další prvky. (Prochorov, 2014)

#### **4.1.8.4 Ústředny s bezdrátovým připojením**

Jak vyplývá z názvu, komunikace mezi detektorem a ústřednou probíhá bezdrátově. Tyto ústředny pracují v pásmech 433MHz nebo 868MHz. Poplachový signál je kódovaný, aby nebylo možné ho lehce napadnout. Dosah tohoto připojení ve volném prostoru je od 100 do 500 metrů. Vzhledem k tomu, že nejsou detektory napájeny z ústředny, používají se k napájení baterie nebo 9V články. Samozřejmostí je indikace poklesu napětí (vybití baterie) buď akustickým signálem nebo signálem vyslaným do ústředny. V kombinaci s bezdrátovou ústřednou se používají především detektory pohybu, magnetické kontakty, detektory pro rozbití skla, tísňová tlačítka, sirény, snímače kouře, universální moduly pro připojení detektorů a ovládací prvky.

Mezi výhody tohoto systému patří doba montáže, velká flexibilita, jednoduchá konfigurace a možnost doplnění dalších komponentů. Nevýhodou je nutnost napájení každého detektoru vlastním zdrojem napětí, s čímž je spojena častá výměna baterií a také vznik falešných poplachů. Níže, na obr.č.15 je zobrazeno, jak probíhá bezdrátová komunikace ústředny a detektorů. (Křeček, 2003)

obr.č.15 - Bezdrátová komunikace detektorů



## 4.2 Bezdrátová komunikace

Bezdrátové technologie, využívající bezdrátovou komunikaci, se dělí podle mnoha aspektů -např. podle reprezentace signálu, frekvenčního pásma, podle hospodaření s kmitočty či podle rozsáhlosti. Dále se dělí bezdrátový přenos na jednosměrný a obousměrný. Všechny tyto aspekty budou dále popsány.

### 4.2.1 Dělení podle reprezentace signálu

Sítě využívající bezdrátový přenos se dělí následovně:

- ✓ optické bezdrátové sítě (FSO - free spaceoptics)
- ✓ rádiové sítě
- ✓ infračervené sítě
- ✓ magnetické sítě

#### 4.2.1.1 Optické bezdrátové sítě (FSO - free-spaceoptics)

Díky tomuto řešení lze dosáhnout při nízkých nákladech velmi vysokých přenosových rychlostí na krátkých vzdálenostech. Vznik této technologie se datuje na 60.léta minulého století, ale její rozmach přichází až v dnes, protože je potřeba stále větší přenosová kapacita pro připojení uživatelů k rychlým páteřním optickým sítím. Výhodou



této technologie je, že mají přenosovou kapacitu optických sítí, ale zároveň jednoduchost a rychlost instalace bezdrátových sítí. Přenosové rychlosti, které nynější produkty FSO podporují, nabízejí 100 Mbit/s, 155 Mbit/s (OC-3), 622 Mbit/s (OC-12) až pořádkově gigabity za sekundu (momentálně do 2,7 Gbit/s). Jejich nevýhodou je nutnost přímé viditelnosti, např. mlha, déšť apod. mohou být podstatnou překážkou. Může dojít k výraznému zkrácení přenosové vzdálenosti, případně k úplnému zamezení přenosu.

#### **4.2.1.2 Rádiové sítě**

Využívají se rádiové vlny o takových kmitočtech, které se efektivně šíří volným prostorem. Rádiové sítě se ze všech druhů sítí využívají nejčastěji a to proto, že se dají využít jak v osobních sítích (PAN), místních sítích (LAN), metropolitních sítích (MAN), tak i v rozlehlých sítích (WAN). Signál se šíří všemi směry a může procházet i překážkami. Vlastnosti rádiových vln se mění v závislosti na použité frekvenci, tzn. při nižších frekvencích tyto signály mohou "obejít" terénní překážky, ale síla tohoto signálu rychle klesá se vzdáleností od vysílajícího zdroje. Při vyšších frekvencích mají vlny tendenci se šířit přímočaře a díky tomu se dají snadněji směřovat. Nevýhodou vyšších frekvencí je, že jsou citlivější na atmosférické podmínky (déšť, mlha, smog a jiné). Frekvence nad 100 MHz jsou tzv. "mikrovlenné přenosy". V pásmu nad 100 MHz se elektromagnetické vlny mohou šířit přímočaře, díky tomu je možné soustředit jejich energii do poměrně úzce směřovaného paprsku.

S ohledem na relativně velký dosah rádiových vln je nutná koordinace konkrétních frekvencí a dílčích frekvenčních pásem tak, aby nedocházelo k nežádoucímu vzájemnému ovlivňování, popřípadě k "prolínání" jednotlivých přenosů. Proto je v oblasti rádiových vln nejsilnější a nejpřísnější centrální dohled nad přidělováním jednotlivých frekvencí a jejich využitím. Jejich nevýhodou je nepřilíš velká šířka přenosového pásma. (Peterka, 1998)

#### **4.2.1.3 Infračervené sítě**

Tyto sítě se využívají na velmi krátké vzdálenosti (dálkové ovládání televize, apod.). Výhodou těchto sítí je nenáročnost implementace a nízká cena. Protože se jedná o sítě s omezeným dosahem, není zapotřebí žádná licence nebo povolení od spojů. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že tento signál neprochází překážkami. Další nevýhodou je, že se nedají využít mimo budovu (Slunce vyzařuje i v infračervené části spektra a tím dochází

k rušení). Jsou dvě možnosti šíření infračerveného záření - přímo (koncentrované paprsky jsou namířeny směrem k příjemci) nebo rozptýleně (DFIR, DiffusedInfrared) (paprsky jsou vyslány všemi směry a odrazem od stěn se dostanou k cíli. (Klimpl, 2009)

#### **4.2.1.4 Magnetické sítě**

Magnetická indukce slouží pro dvoubodovou i vícebodovou komunikaci mezi zařízeními na velmi krátkou vzdálenost (2-3 metry). Přenos probíhá pomocí elektromagnetických vln pole vytvořeného magnetickou indukcí. Elektrický proud procházející magneticko-indukčním systémem vytváří magnetické pole a ASIC (ApplicationSpecificIntegratedCircuit) poté moduluje signál tak, aby v sobě zakódoval přenášená data. Jedničky a nuly binárních dat reprezentují 90° posuny fáze signálu v jednom ze dvou směrů. Anténa pak zesiluje a vysílá signál. Výhodou těchto sítí je, že pracují v pásmu 13,5 MHz určeném pro účely ISM, které se příliš nevyužívá.

#### **4.2.2 Dělení podle použitého pásma**

Český telekomunikační úřad (ČTU) určil kmitočtová pásma pro jednotlivé radiokomunikační služby, rádiová zařízení a stanovil obecné podmínky pro přidělení kmitočtů. Kmitočtové spektrum se na základě toho dělí na licenční a bezlicenční.

Bezlicenční (jinak také nazývané volné pásmo) se využívá pro malé sítě, kde je rozhodující především hledisko ekonomické. Pro používání frekvencí v tomto pásmu není nutná licence ČTU, ale je nutné dodržovat podmínky stanovené generální licenci. Nevýhodou bezlicenčního pásma je velký počet sítí, které v tomto pásmu pracují. Dochází tedy ke vzájemnému rušení a k přetížení jednotlivých sítí. Licenční pásmo má oproti tomu výhodu, že v nich nemůže dojít k přetížení nebo rušení, vzhledem k tomu, že každý operátor vlastní licenci má stabilně vyhrazenou určitou část pásma v obou směrech a s tou nakládá podle potřeby.(Peterka, 2001)

#### **4.2.3 Dělení podle hospodaření s kmitočty**

Podle hospodaření s kmitočty se rozlišují systémy buňkové a trunkové. Samostatnou kapitolou jsou satelitní bezdrátové sítě (LEO, GEO a další)

#### **4.2.3.1 Buňkové sítě**

Vzhledem k tomu, že počet dostupných kmitočtových pásem je poměrně omezený a například mobilní operátoři by s těmito frekvencemi nevystačili, fungují jejich sítě na tzv. buňkovém principu. Díky tomu lze využít jedno frekvenční pásmo několikrát. Buňkové sítě jsou založeny na rozdělení daného geografického území, na kterém operátor poskytuje své služby, na několik částí - buněk (obvykle mají tvar šestiúhelníku). Sousedící buňky mají vždy odlišnou frekvenci a díky tomu nedochází ke vzájemnému ovlivňování. V centru každé buňky je základnová stanice nebo-li base station. Tato stanice obsluhuje zákazníky vyskytující se v dané buňce. Pokud dojde k přemístění koncového zařízení z jedné buňky do druhé, základnové stanice to rozpoznají a komunikaci se zařízením si mezi sebou předají (tzv. handover). Toto předání by uživatel koncového zařízení neměl vůbec postřehnout. (Peterka, 2000)

#### **4.2.3.2 Trunkové sítě**

Trunková rádiová síť je technicky vyspělý, počítačem řízený typ sítě, která nabízí svým uživatelům celou řadu možností a v mnohém předčí stávající konvenční rádiové sítě, ve kterých všichni účastníci používají k hlasové komunikaci jednokanálovou retranslační nebo základnovou stanici. Tyto sítě využívají vícekanálové retranslační stanice řízené centrálním počítačem, který dynamicky přiděluje rádiové kanály jednotlivým účastníkům sítě. Komunikace v této síti probíhá tak, že účastník, který chce hovořit s jiným účastníkem v síti pouze stiskne klíčovací tlačítko na radiostanici či mikrofonu a centrální počítač mu automaticky přidělí volný komunikační kanál. Po skončení hovoru je kanál uvolněn a je opět k dispozici pro další účastníky. (Klimpl, 2009)

#### **4.2.4 Dělení podle rozsáhlosti**

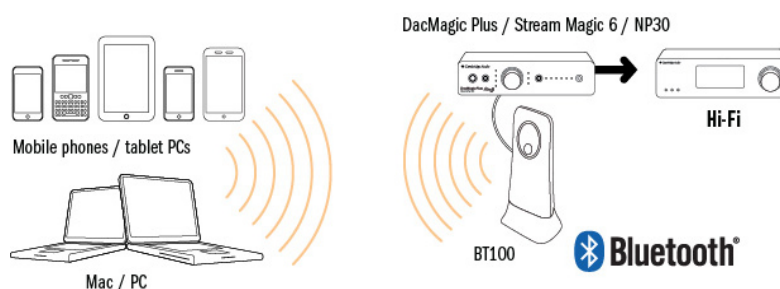
Další dělení bezdrátové komunikace je podle rozsáhlosti. Je rozdíl, zda je potřeba vytvořit komunikaci mezi dvěma zařízeními v jedné místnosti nebo zda spolu mají komunikovat zařízení přes celá města nebo dokonce země.

##### **4.2.4.1 WPAN (wireless personal area network)**

Jde o malé osobní sítě, které vznikají mezi přenosnými mobilními zařízeními (mobilní telefony, přenosné počítače), která se používají v rámci osobního pracovního

prostředí (POS, PersonalOperatingSpace). Osobní pracovní prostředí je prostor do vzdálenosti 10 metrů, který obklopuje osobu užívající mobilní telefon nebo počítač. Těmito standardy se zabývá normalizační skupina IEEE 802.15 a mezi nejpoužívanější systémy na bázi standardů 802.15 v oblasti sítí WPAN jsou Bluetooth, UWB a ZigBee.

obr.č.16 - Bluetooth



Zdroj: <http://www.hifionline.cz/userfiles/image/bt100-diagram-1351596280.jpg>

#### 4.2.4.2 WLAN (wireless local area network)

Tato technologie umožňuje vytvářet lokální bezdrátová propojení (většinou v jedné budově). Výhodou WLAN sítí je jednoduchost zavedení příslušných komponent pro bezdrátový přenos a také jejich případná velmi snadná demontáž. Do těchto sítí spadají sítě WiFi (WirelessFidelity) a HiperLAN.

#### 4.2.4.3 WMAN (wireless metropolitan area network)

Bezdrátové metropolitní sítě WMAN umožňují komunikaci mezi více místy v určité metropolitní oblasti (např. v areálu univerzity). Tato síť přináší úsporu financí a je časově méně nákladná než pokládka fixních spojů. Vývojem standardů pro metropolitní sítě se zabývá IEEE 802.16, která přispívá ke standardizaci vyvíjených technologií. Patří sem WiMAX (Worldwide Interoperability forMicrowave Access) a její korejská alternativa WiBro.

#### 4.2.4.4 WWAN (wirelesswide area network)

WWAN umožňuje uživatelům vytvořit bezdrátové připojení se vzdálenými veřejnými nebo soukromými sítěmi. Tato připojení lze udržovat v rozsáhlých geografických oblastech (města, země) za použití sítí anténních nebo satelitních systémů udržovaných poskytovateli bezdrátových služeb. Technologiemi patřícími do této skupiny

jsou systémy druhé generace (2G) a třetí generace (3G). Nejznámějšími technologiemi jsou UMTS, GPRS, CDMA2000, GSM, CDPD, Mobitex, HSDPA. Tyto sítě jsou označovány jako mobilní, nepatří tedy do skupiny bezdrátových, i když se jedná o bezdrátovou technologii.

#### **4.2.5 Dělení podle typu komunikace**

Další dělení je podle typu komunikace, kdy může jít o jednosměrnou nebo obousměrnou komunikaci.

##### **4.2.5.1 Systémy s jednosměrnou komunikací (SIMPLEX)**

Tyto systémy jsou jednodušší - ústředna slouží jako přijímač a detektor jako vysílač. Dříve byl u tohoto přenosu problém, že ústředna nebyla schopna zkontrolovat stav detektorů připojených k ní. Pokud tedy došlo k porušení, případně odcizení nějakého detektoru, ústředna neměla o jeho stavu žádnou informaci. Modernější systémy proto provádí kontrolu pomocí kontrolních zpráv. Problémem ovšem zůstává, že vzhledem k trvanlivosti baterií u napájených komponent jsou kontrolní zprávy odesílány v rámci hodin (efektivnější by byla vyšší četnost, ale baterie by se vybíjely příliš rychle) a proto se ústředna o vyřazení prvku dozvídá opožděně. Aby byly vyloučeny plané poplachu například vlivem nekvalitního signálu (jeho výpadku), vyhodnotí ústředna situaci jako poruchovou nebo poplachovou až pokud nedojde k doručení několika po sobě jdoucích kontrolních intervalů - tím dochází k dalšímu prodloužení doby pro vyhodnocení a případné vyhlášení poplachu. Nevýhodou tohoto systému je poměrně snadné zjištění modulace a kmitočtu, na kterém pracují - pokud dojde k použití dané frekvence, jen o vyšší intenzitě dojde k zahlcení přijímače a jeho vyřazení. (Křeček, 2003)

##### **4.2.5.2 Systémy s obousměrnou komunikací (DUPLEX)**

Všechny komponenty pracující v tomto systému jsou vybaveny přijímacím i vysílacím modulem. Tyto moduly pracují souběžně na dvou vyhrazených kmitočtech. Pokud dojde k narušení kteréhokoliv kanálu, jsou schopny se přeladit na jiné dva kanály, které nejsou narušeny. Tento typ komunikace, též nazývaný jako duplexní, odstraňuje nedostatky jednosměrné komunikace systému. Výhodou tohoto systému je, že si při zapnutí ověřuje všechny detektory. Dále možnost ověření, zda je přijatá poplachová informace skutečně poplach nebo jde o planý poplach. Systém má také zvýšenou odolnost

proti úmyslnému i neúmyslnému přerušení přenosu. V klidovém stavu detektory nevysílají a tím šetří baterie.

#### 4.2.6 Členění pásem a jejich správa

V tab.č.2 je vidět výřez rozdělení kmitočtového spektra pro Českou republiku. Čísla poznámek odpovídají číslování v kmitočtové tabulce.

tab.č.2 - Přidělení kmitočtových pásem v České republice

Kmitočtové pásmo	Přidělení v České Republice	Poznámka
432MHz – 438MHz	Amatérská	5.282
	Družicová amatérská	
	Radiolokační	5.279A
	Družicového průzkumu Země (Aktivní)	
	Pevná	
Pozemní pohyblivá	5.138	
862MHz – 890MHz		Pevná
	Pohyblivá kromě letecké pohyblivé	5.317A

Zdroj: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=37967](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37967)

**5.138** - Pásem 6765–6795 kHz (střední kmitočet 6780 kHz), 433,05–434,79 MHz (střední kmitočet 433,92 MHz) v Oblasti 1, kromě zemí uvedených v 5.280, 61–61,5 GHz (střední kmitočet 61,25 GHz), 122–123 GHz (střední kmitočet 122,5 GHz), 244–246 GHz (střední kmitočet 245 GHz) se předpokládá využívat pro průmyslové, vědecké a lékařské účely (ISM). Využívání těchto pásem pro účely ISM podléhá zvláštnímu oprávnění příslušné správy v souhlasu s ostatními správami, jejichž radiokomunikační služby by mohly být dotčeny. Při uplatňování tohoto ustanovení správy patřičně zohlední nejnovější příslušná doporučení ITU-R.

**5.279A** - Využívání tohoto pásma senzory ve službě družicového průzkumu Země (EESS) (aktivní) musí být v souladu s Doporučením ITU-R SA.1260-1. v pásmu 432–438 MHz navíc nesmí aktivní EESS působit škodlivé rušení letecké radionavigační službě v Číně. Ustanovení této poznámky nijak nezmenšují závazek, že EESS (aktivní) bude provozována jako podružná služba v souladu s 5.29 a 5.30. (WRC-03).

**5.282** - v pásmech 435–438 MHz, 1260–1270 MHz, 2400–2450 MHz, 3400–3410 MHz (jen v Oblasti 2 a 3) a 5650–5670 MHz může pracovat družicová amatérská služba s podmínkou, že nebude působit škodlivé rušení ostatním službám, pracujícím v souladu s tabulkou kmitočtových přidělení (viz 5.43). Správy, které povolují toto využívání, jsou

povinny zajistit, že každé škodlivé rušení působené vysíláním stanice družicové amatérské služby bude okamžitě odstraněno v souladu s ustanovením č. 25.11 Řádu. Využívání pásem 1260–1270 MHz a 5650–5670 MHz družicovou amatérskou službou je omezeno na vzestupný směr.

**5.317A** - Správy přejíci si zavádět Mezinárodní mobilní telekomunikace 2000 (IMT-2000) mohou využívat ty úseky pásma 806–960 MHz, které jsou přiděleny přednostně pohyblivé službě a jsou využívány nebo je toto využívání plánováno mobilními soustavami (viz Rezoluce 224). Takové využívání nevylučuje využití těchto úseků jinými aplikacemi služeb, jimž jsou přiděleny, a v Řádu nezakládá žádné přednosti.(Čanda, 2011)

#### **4.2.7 Pásmo ISM (industrial, scientific and medical)**

Jak je uvedeno výše, část kmitočtové tabulky je vyhrazena pro pásmo ISM. Toto pásmo je určeno primárně pro průmyslové, vědecké a lékařské nekomunikační účely, ale v tomto pásmu mohou být využívány i aplikace, které neslouží k přenosu informace (technologický ohřev, vědecké experimenty), ale musí být maximálně omezeno jejich vyzařování škodlivého rušení. V tomto pásmu neexistuje záruka pro vysílání nebo příjem bez rušení - nelze si tedy nárokovat ochranu před rušením od ostatních služeb. Do tohoto pásma spadají také technologie WiFi a Bluetooth (Čanda, 2011)

Pásmo ISM 433 a ISM 868 se využívají pro přenos v PZTS a také v mnoha různých průmyslových přenosech. Federální komise pro komunikaci (Federal Communications Commission) a Evropský ústav pro telekomunikační normy (European Telecommunications Standards Institute) stanovily tyto dvě pásma (ISM 433 a ISM 868) jako pásma bezlicenční, což znamená, že jsou bez licenčních poplatků a díky tomu se využívají i pro komerční účely. Rozdíl v těchto pásmech je především v jejich dosahu - ISM 433 má dosah několik desítek metrů a proto se využívá především pro instalace prováděné v malých objektech, ISM 868 má dosah stovky metrů a využívá se pro instalace prováděné v malých a středních objektech. (Cumming, 1994)

#### **4.2.8 Elektromagnetické rušení**

Zdrojem elektromagnetického rušení, též nazývaného jako elektromagnetický šum, jsou všechna zařízení, která pracují s měničem proudu a výkonovými tranzistory. Toto rušení lze dělit podle různých hledisek. Je možné ho dělit podle pásem na *úzkopásmové* a

*širokopásmové*. Úzkopásmové rušení, neboli "narrowband" vzniká záměrným užíváním zařízení typu mobilní telefon nebo rádio. Širokopásmové rušení, jinak nazývané též "broadband" vytvářejí zařízení jako jsou elektromotory, termostaty, vedení elektrického proudu apod. Další členění tohoto rušení je na *umělé elektromagnetické rušení* a *přirozené elektromagnetické rušení*. Přirozené elektromagnetické rušení vzniká používáním domácích spotřebičů, strojů a přístrojů, v městském prostředí i díky vedení vysokého napětí. Umělé elektromagnetické rušení je, jak už vyplývá z názvu, vyvoláno uměle čili úmyslně. Vzhledem k tomu, že elektromagnetické rušení může ovlivnit bezdrátový přenos, případně ho může vyřadit z provozu, je nutné zjistit sílu používaného signálu a jeho rušení v okolí. Z výše zmíněného se dá vytušit využití uměle vyvolaného rušení, legálně se využívá k zamezení odposlechů, zamezení dálkového odpalu bomby apod. a nelegálně se využívá k zamezení uzamčení automobilu nebo právě k zarušení komunikace mezi ústřednou a detektory v PZTS. (Hart, Nídlová, 2015) (Čtenářský servis, 2011)



## 5 Praktická část práce

Na začátku měření je stanovena hypotéza "Základna signálu bezdrátového přenosu je ve vymezeném pásmu 433-434,79 MHz nebo 868-870MHz", která bude po měření buď potvrzena nebo vyvrácena.

Měření bezdrátového přenosu probíhalo na detektorech pohybu v pásmech ISM 433 a ISM 868. Dále bylo k měření využito zařízení Spectran HF 6060 (viz.obr.č.17), na kterém byly nastaveny následující hodnoty:

Čas odběru vzorku (Sampletime)	- 50ms
Počet vzorků za cyklus (Samples)	- 500
Šířka pásma (Bandwidth)	- 1MHz

*obr.č.17 - Spektrální analyzátor Spectran HF-6060*



*Zdroj:[http://www.egerate-store.com/Pub/OdesisMc/\\_Root/1105.jpg](http://www.egerate-store.com/Pub/OdesisMc/_Root/1105.jpg)*

Měření probíhalo tak, že detektor byl instalován v místnosti cca 4 metry od spektrálního analyzátoru Spectran HF-6060, na který byl přímo namířen. Když byl detektor ve stavu střežení, docházelo k narušování střeženého prostoru - pohybu před detektorem. Detektor následně posílal poplašné signály do "ústředny", kterou představoval právě Spectran. Hned po odeslání jednoho poplašného signálu se detektor vždy na pět minut vypne, aby šetřil baterie. Po uplynutí tohoto času se detektor opět zaktivuje a střeží prostor až do dalšího zaznamenání pohybu a odeslání poplašného signálu. Tyto signály

byly dále zaznamenány pomocí softwaru MSC SpectrumAnalyzer. Následně byl za pomoci softwaru vytvořen graf pospojováním jednotlivých průchodů, které se během měření uskutečnily. Měření probíhalo cyklicky a bylo měřeno minimálně 3500 hodnot.

## 5.1 Pohybový detektor JA-83P

Pro první byl testován *JA-83P bezdrátový PIR detektor pohybu osob*(vizobr.č.18), který komunikuje v pásmu ISM 868MHz. Tento detektor vyrábí Jablotron a využívá systému Oasis. Charakteristika tohoto detektoru se dá měnit díky použití alternativních čoček. Vzhledem k tomu, že je detektor bezdrátový, je potřeba ho napájet baterii. Aby se baterie nevybíjely příliš rychle, funguje detektor v úsporném režimu. Jak již bylo uvedeno dříve, pokud dojde k zaznamenání pohybu ve střeženém prostoru, vyšle informaci do ústředny a na dalších 5 minut se uspí, čili nezaznamenává žádný další pohyb. Po uplynutí pěti minut se detektor opět přepne do stavu střežení a prostor střeží až do dalšího zaznamenaného pohybu. Díky tomuto režimu má baterie garantovanou životnost až 3 roky. Komunikační dosah tohoto detektoru je cca 300 metrů při přímé viditelnosti.

Tento detektor má v základu čočku se záběrem 120\*/12m, dále je možné detektor osadit následnými čočkami:

JS - 7904 - využívá se do dlouhých chodeb a její střední lalok má dosah až 20m

JS - 7910 - má jen horní vějíř 120\*/12m a tím pádem nepokrývá podlahu - je vhodný do místností, kde se pohybují po podlaze pohybují drobná zvířata

JS - 7902 - která tvoří vertikální vějíř (záclonu) - vytváří detekční stěnu

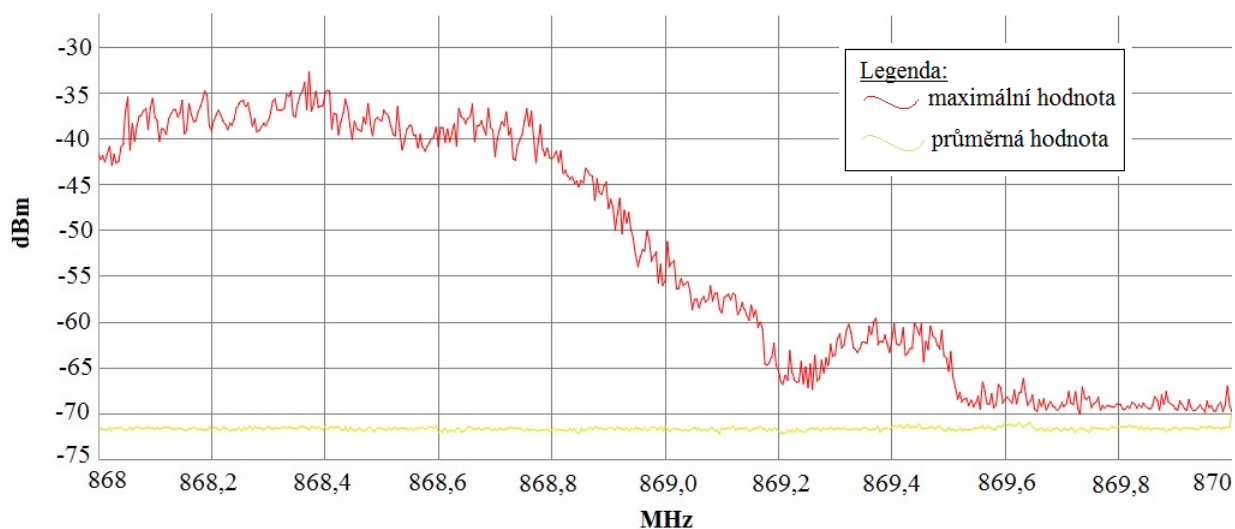
obr.č.18 - Bezdrátový detektor pohybu JA-83P



Zdroj: <http://www.alarmvideo.cz/ja83p-bezdratovy-pir-detektor-pohybu-p-575.html>

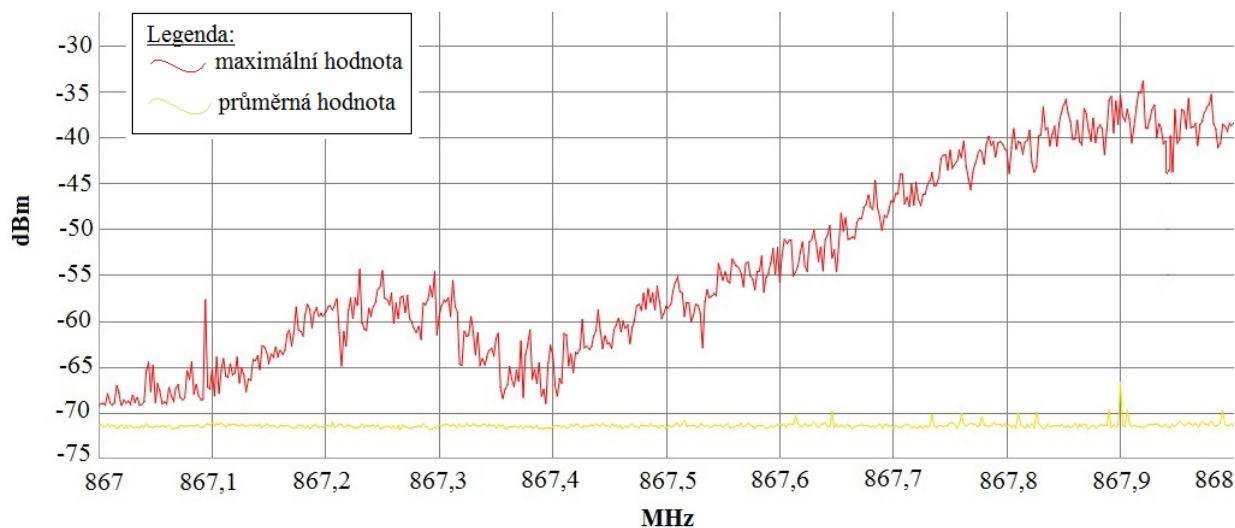
Na obr.č.19 je zobrazena charakteristika impulzů bezdrátového přenosu, které byly vysílány na základě vnějšího podnětu - pohybu v místnosti.

obr.č.19 - Graf bezdrátových přenosů z detektoru JA-83P



Jak je vidět z obr.č.19 vysílání detektoru částečně zasahuje i mimo své pásmo, což by mohlo způsobovat určité komplikace. Frekvence vysílání tohoto detektoru by měla být 868-870MHz. Na obr.č.20 je vidět, jak moc zasahuje vysílání mimo určenou frekvenci.

obr.č.20 - Graf vysílání mimo frekvenci u detektoru JA-83P



## 5.2 Pohybový detektor PMD75 - 868 (0702-141)

Dalším zařízením, na kterém probíhalo měření, byl detektor *PMD75 - 868 (0702-141) - PIR s imunitou vůči zvířatům do cca 40 k* (viz obr.č.21). Výrobcem tohoto detektoru je Paradox, využívá systém Spectra/Magellan a jak lze vytušit už z názvu, detektor komunikuje v pásmu ISM 868MHz. Jedná se o bezdrátový zdvojený digitální infrapasivní detektor, který je odolný vůči zvířatům do maximální hmotnosti 40kg. Detektor zpracovává signál digitálně, má duální protichůdnou detekci, digitální softwarovou teplotní kompenzaci a také digitální automatický čítač pulsů. Stejně jako předchozí detektor, i tento je napájen pomocí baterie.

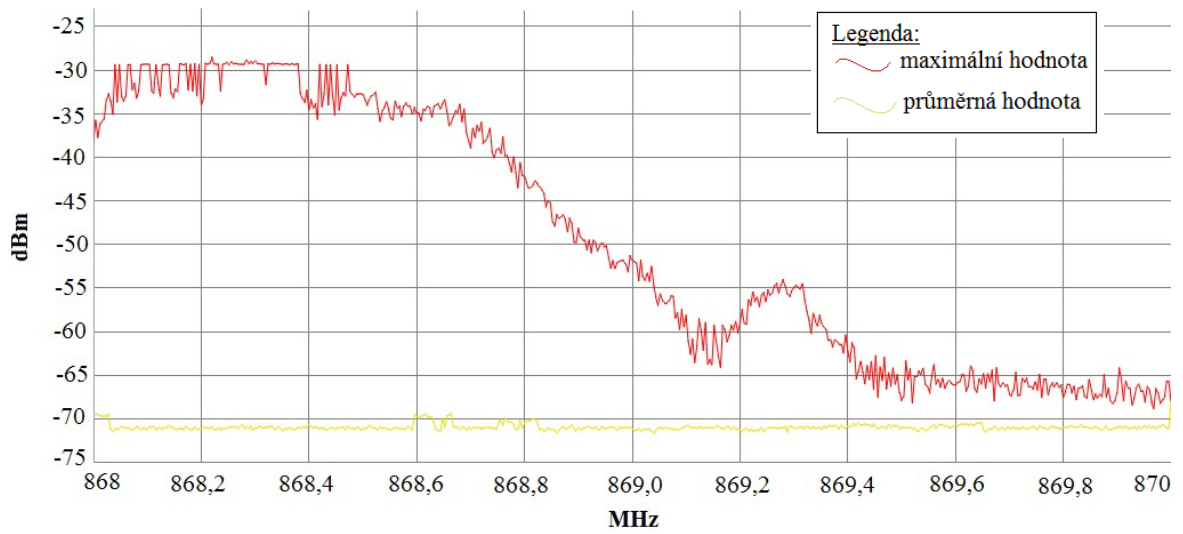
*obr.č.21 - Bezdrátový detektor pohybu PMD75 - 868*



*Zdroj: <http://www.eshop-zabezpeceni.cz/cs/detail/22706-PMD75---868.html>*

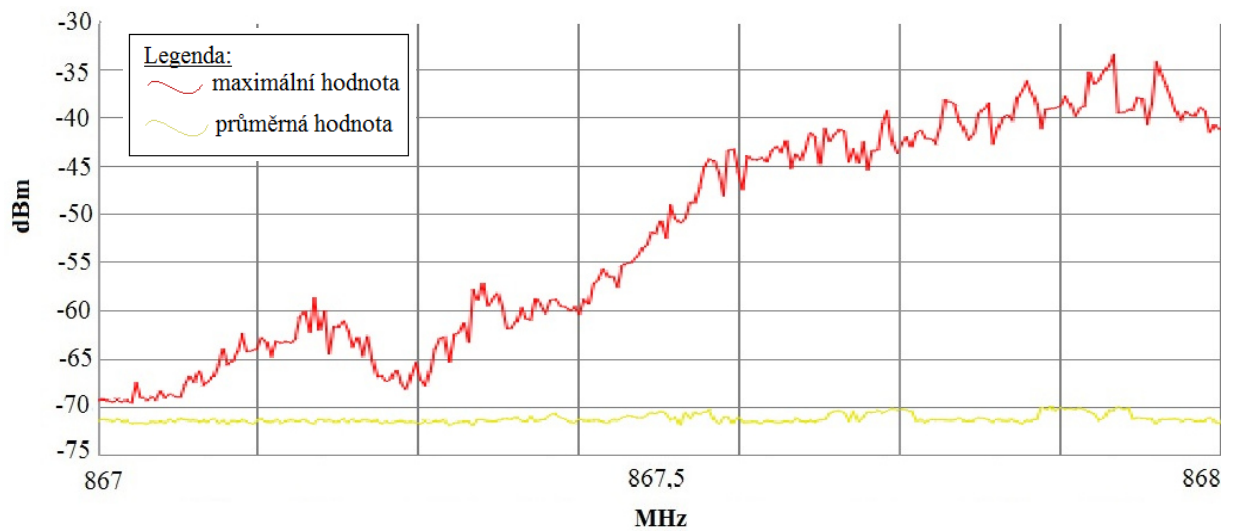
Měření probíhalo obdobně jako u prvního detektoru. Detektor byl instalován na zeď uvnitř laboratoře a střežil tento prostor. Následně dostával vnější impulzy (docházelo ke vstupům do chráněného prostoru) a vysílal poplašné signály do ústředny, které byly zaznamenány pomocí softwaru a nakonec z nich byl vygenerován graf, který je znázorněn na obr.č.22

obr.č.22 - Graf vysílaných signálů detektoru PMD75 - 868



I u tohoto detektoru dochází k částečnému zásahu mimo jeho frekvenci (tzn.868-870MHz) - jak je vidět z obr.č.22 a obr.č.23, frekvence ve které tento detektor vysílá je od 867 do 870MHz

obr.č.23 - Graf vysílání mimo frekvenci u detektoru PMD75 - 868



### 5.3 Pohybový detektor PMD2P - 868 (1211 - 059) - bezdrátový PIR

Dalším zařízením, na kterém probíhalo měření, byl detektor PMD2P - 868 (1211 - 059) (viz obr.č.24).Jedná se o bezdrátový analogový infrapasivní detektor, který je odolný vůči zvířatům do 18kg.

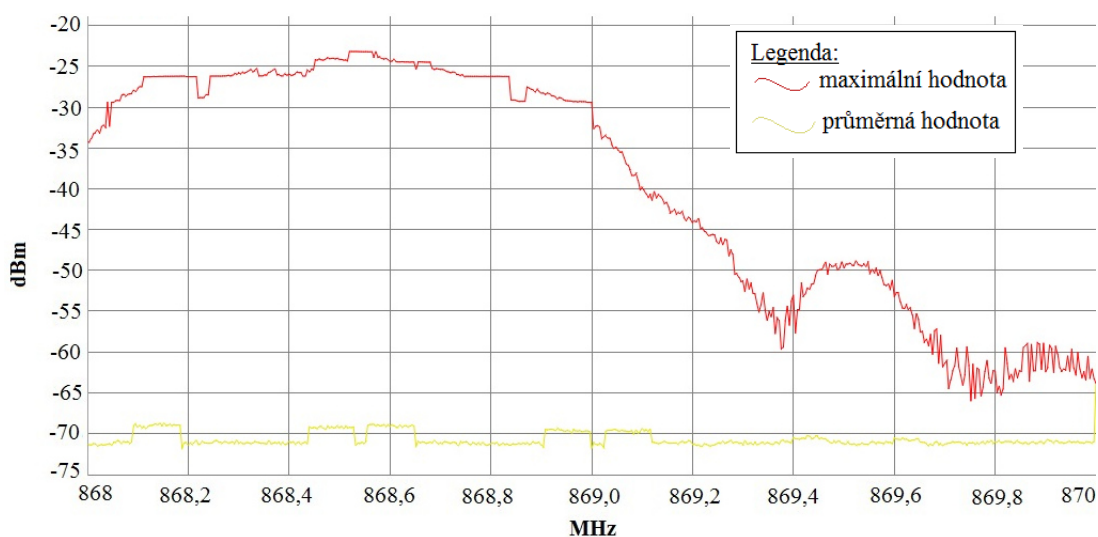
obr.č.24 - Detektor PMD2P - 868



Zdroj:<http://pohybova-cidla.heureka.cz/paradox-pmd2p-868/specifikace/#ng:01acbe63529face555bc2c4061f7f42a>

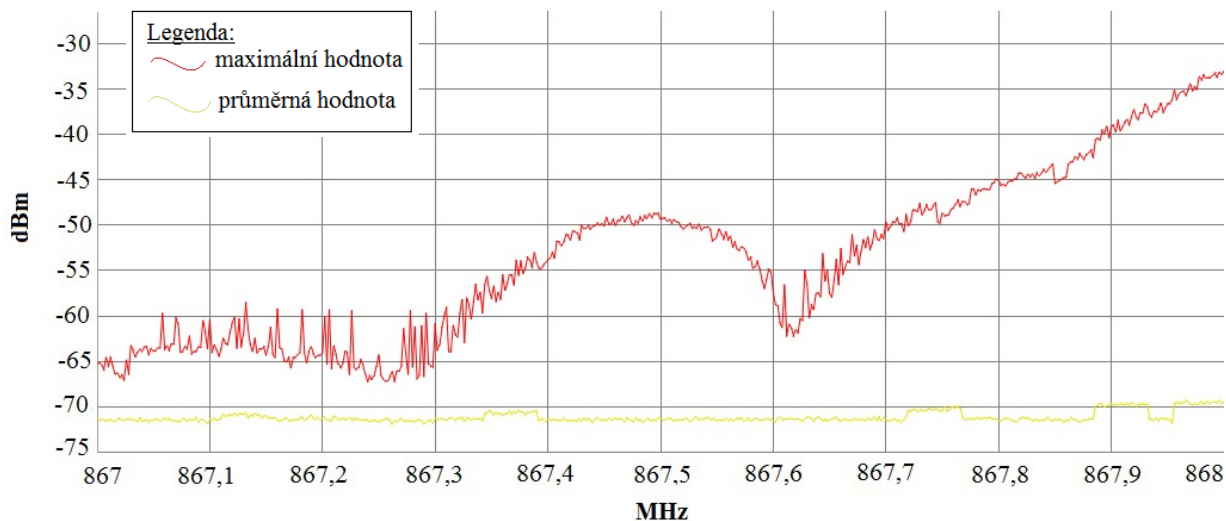
Toto měření probíhalo stejně jako předchozí dvě. Detektor byl instalován na zeď a opět hlídal střežený prostor, do kterého "narušitel" vstupoval. Obdobně jako předchozí detektory, vysílal detektor poplašné signály do ústředny, software je zaznamenával a poté byl vytvořen graf, který je znázorněn na obr.č.25.

obr.č.25 - Graf bezdrátové komunikace mezi ústřednou a detektorem pohybu PMD2P - 868



Stejně jako u předchozích detektorů i tento částečně vysílá mimo svou frekvenci - jeho frekvence vysílání se pohybuje mezi 867,6 a 870MHz. Na obr.č.26 je vidět vysílání mimo obvyklou frekvenci (868-870MHz).

obr.č.26 - Graf znázorňující vysílané signály mimo frekvenci detektoru PMD2P - 868



#### 5.4 Bezdrátový pohybový detektor IR8M

Detektor IR8M značky Honeywell byl dalším testovaným detektorem. Má dosah 12 metrů a vysílá na frekvenci ISM 868. Tento detektor je vyobrazen na obr.č.27.

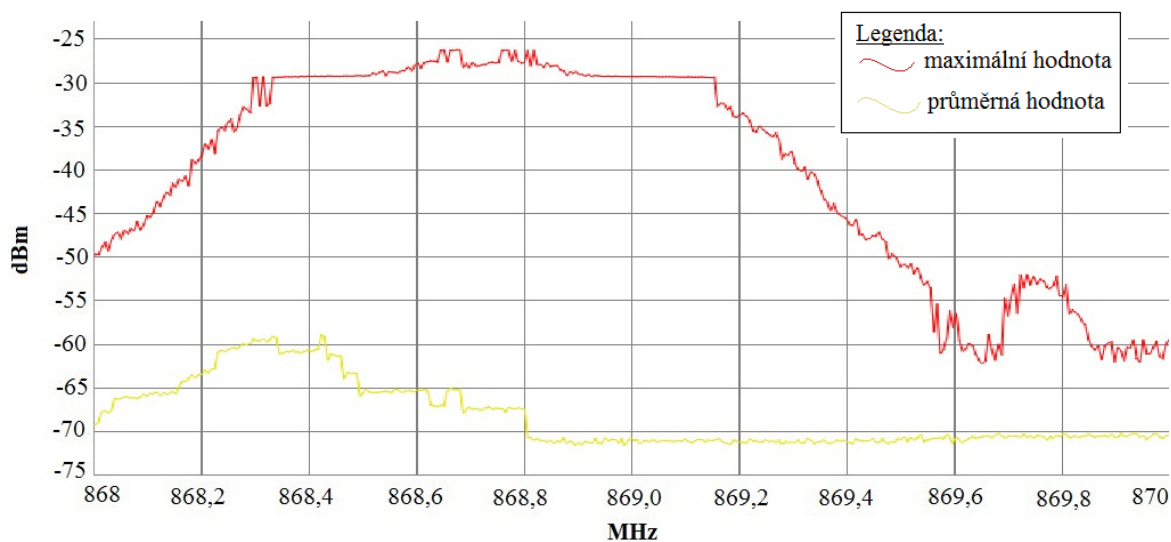
obr.č.27 - Pohybový detektor IR8M



Zdroj: <http://pl-eshop.adiglobal.com/image/cache/data/demo/7763.1-640x800.jpg>

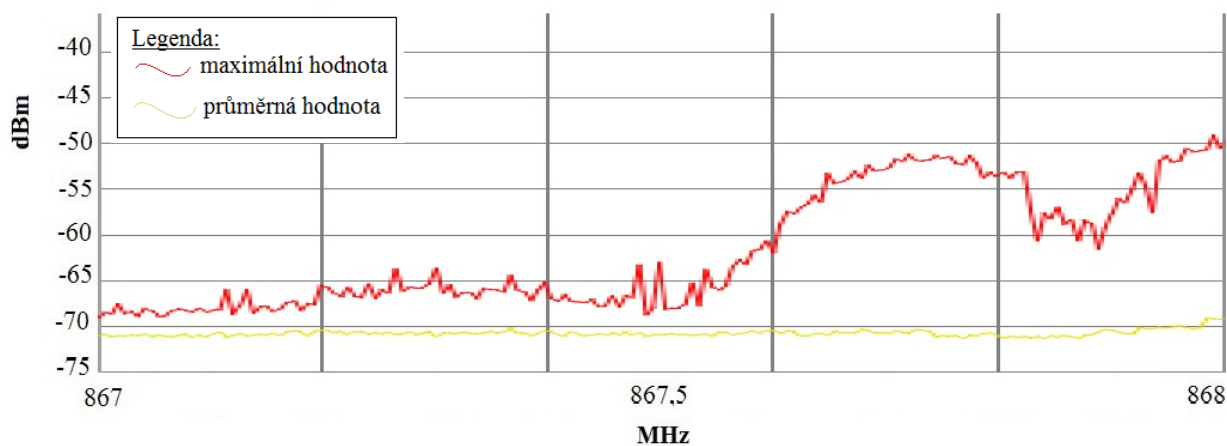
Na obr.č.28 je zobrazen graf, který byl za pomoci softwaru MSC SpectrumAnalyzer vygenerován a na kterém jsou zaznamenány signály obdržené z detektoru IR8M. Tyto signály byly detektorem vyslány při "napadení" střeženého prostoru.

obr.č.28 - Graf naměřených hodnot u detektoru IR8M



Jak je vidět na obr.č.29, i tento detektor při svém vysílání částečně zasahuje mimo svou frekvenci a jeho vysílání začíná už na frekvenci 867,5 MHz.

obr.č.29 - Graf hodnot naměřených mimo frekvenci u detektoru IR8M





## 5.5 Bezdrátový pohybový detektor RWT95P86800A

Tento detektor značky LightSYS a s označením *RWT95P86800A* byl posledním testovaným detektorem v pásmu 868-870 MHz. Tento detektor má dosah 15 metrů a má funkci PET, což znamená, že zvířata pohybující se po místnosti (ve výšce, která se dá očekávat) nevyvolají poplach. Na obr.č.30 je tento detektor vyobrazen.

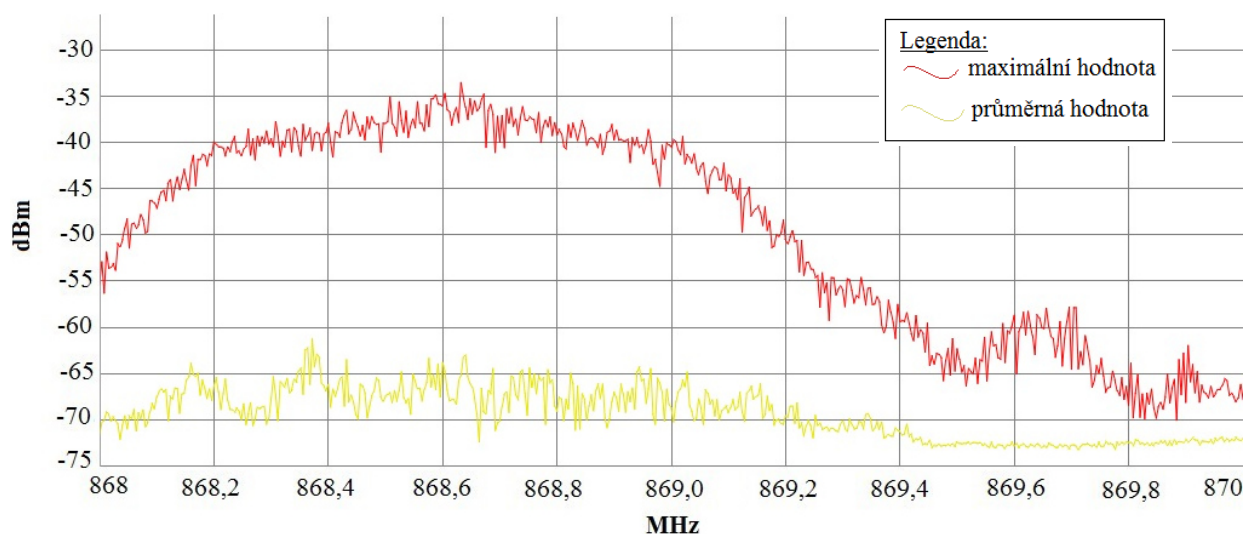
*obr.č.30 - Pohybový detektor RWT95P86800A*



*Zdroj: [http://www.blindoo.it/79-large\\_default/iwave-sensore-pir-pet-immunity-risco-rwt95p86800a-aratteristiche-copertura-15mx15m-elaborazione-digitale-del-segnale-tamper-anti.jpg](http://www.blindoo.it/79-large_default/iwave-sensore-pir-pet-immunity-risco-rwt95p86800a-aratteristiche-copertura-15mx15m-elaborazione-digitale-del-segnale-tamper-anti.jpg)*

Na obr.č.31 je zobrazen graf naměřených hodnot, na kterém je vidět, že i tento detektor má problém s částečným zásahem mimo svou frekvenci.

obr.č.31 - Graf naměřených hodnot pro detektor RWT95P86800A

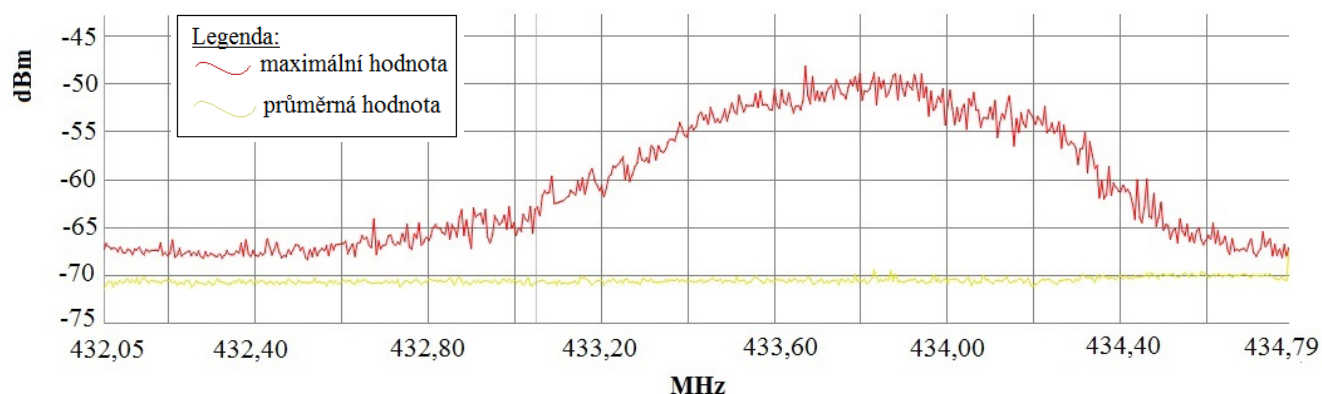


## 5.6 Pohybový detektor PMD75 - 433 (0702-140)

Dalším testovaným detektorem, na kterém probíhalo měření, byl detektor *PMD75 - 433 (0702-140) - PIR s imunitou vůči zvířatům do cca 40 k*. Tento detektor má stejné parametry jako detektor *PMD75 - 868 (0702-141)*, ale vysílá na frekvenci 433MHz. Měření probíhalo stejně jako na předchozích detektorech. Detektor byl instalován podle návodu výrobce a střežil prostor, do kterého "narušitel" opakovaně vstupoval. Jak již bylo uvedeno výše, i u tohoto detektoru je jednou z nevýhod to, že do ústředny vyšle signál o narušení a na 5 minut se "uspí".

Na obr.č.32 je zobrazen graf naměřených signálů, které ústředna obdržela při testování tohoto detektoru a ze kterých následně software tento graf vytvořil.

obr.č.32 - Graf naměřených hodnot v pásmu ISM 433



## 5.7 Bezdrátový detektor pohybu AZ-10P

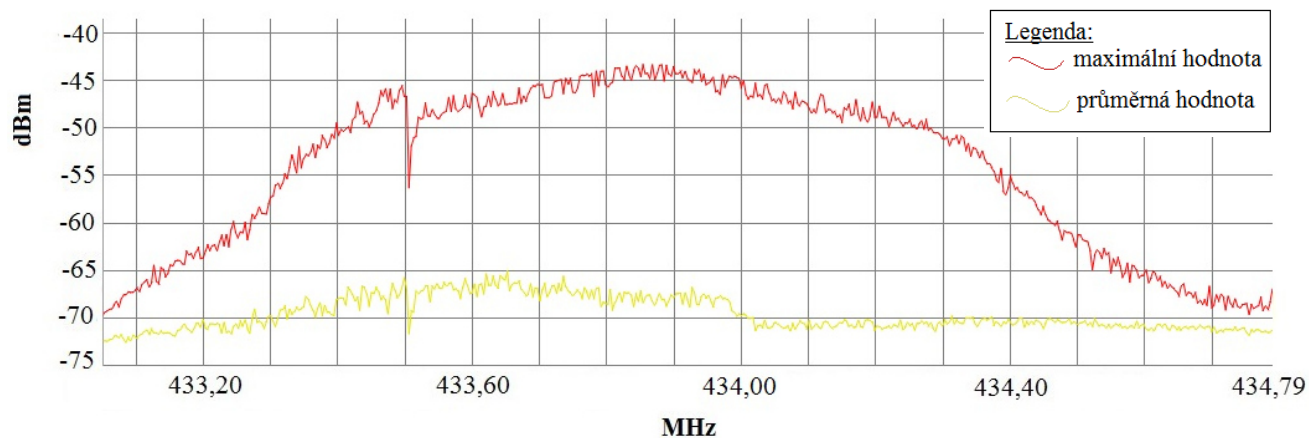
Další měření ve frekvenci 433 MHz probíhalo na detektoru *AZ-10P Bezdrátový PIR detektor AZOR* (viz obr.č.33). Tento detektor je vhodný do místností s více vstupy a jakoukoliv nežádoucí manipulaci či pokus o demontáž hlásí okamžitě do ústředny. Jeho výhodou je, že v pravidelných intervalech provádí autotest a svůj stav vysílá kontrolním přenosem do systému.

obr.č.33 - Bezdrátový detektor pohybu AZ-10P



Na obr.č.34 je zobrazen graf naměřených hodnot, které byly naměřeny stejně jako u předchozích detektorů.

obr.č.34 - Graf naměřených hodnot pro detektor AZ-10P



Jak je z grafu patrné, tento detektor vysílá ve své frekvenci, tzn. 433,00-434,79 MHz. Z toho vyplývá, že tento detektor jako jediný z testovaných detektorů nenaruší okolní vysílání svým zásahem do jejich pásma.

## 5.8 Nízkofrekvenční rušičky pro ISM 433 a ISM 868

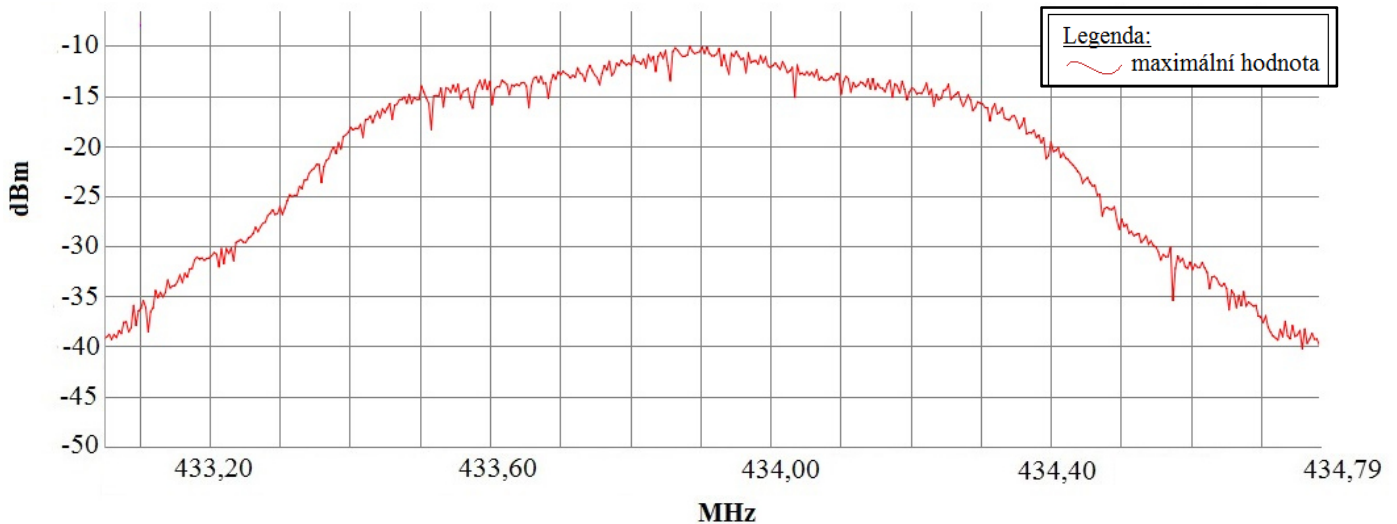
Jako poslední bylo testováno umělé elektromagnetické rušení, které bylo vyvoláno nízkofrekvenčními rušičkami (viz obr.č.35). Testování probíhalo v pásmu ISM 433 a ISM 868.

obr.č.35 - Nízkofrekvenční rušička



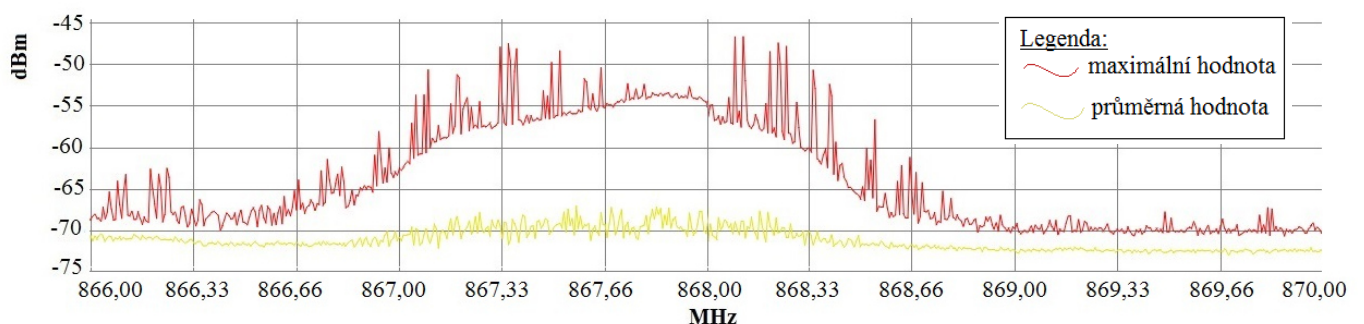
Jako první byla rušička testována v pásmu ISM 433. I u tohoto měření byl využit spektrální analyzátor Spectran HF-6060 a software MSC SpectrumAnalyzer. Rušička vysílala signál, který byl opět zaznamenáván pomocí Spectranu a za pomoci softwaru byl vytvořen graf, který je vidět na obr.č.36.

obr.č.36 - Graf získaných hodnot při testování rušičky v pásmu ISM 433



Poté byla rušička testována v pásmu ISM 868. Testování probíhalo stejně jako v pásmu ISM 433. A získané hodnoty jsou vyobrazeny v grafu na obr.č.37.

obr.č.37 - Graf znázorňující vysílané impulzy z rušičky v pásmu ISM 868



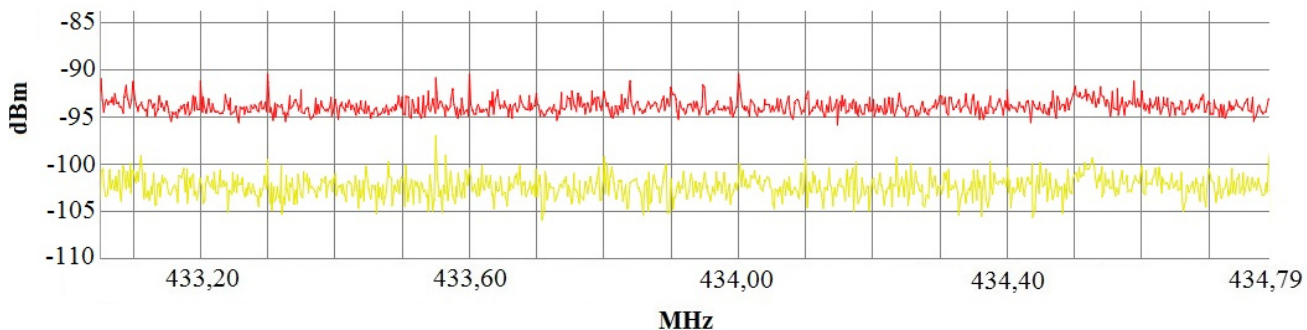
## 5.9 Přirozené rušení

Nakonec byla testována intenzita přirozeného rušení v pásmech ISM 433 a ISM 868. Toto měření bylo prováděno také v laboratoři ČZU a probíhalo po dobu 12 hodin. I k tomuto měření byl využit spektrální analyzátor Spectran HF-6060, na kterém byly nastaveny následující hodnoty:

Čas odběru vzorku (Sampletime)	- 50ms
Počet vzorků za cyklus (Samples)	- 500
Šířka pásma (Bandwidth)	- 1MHz

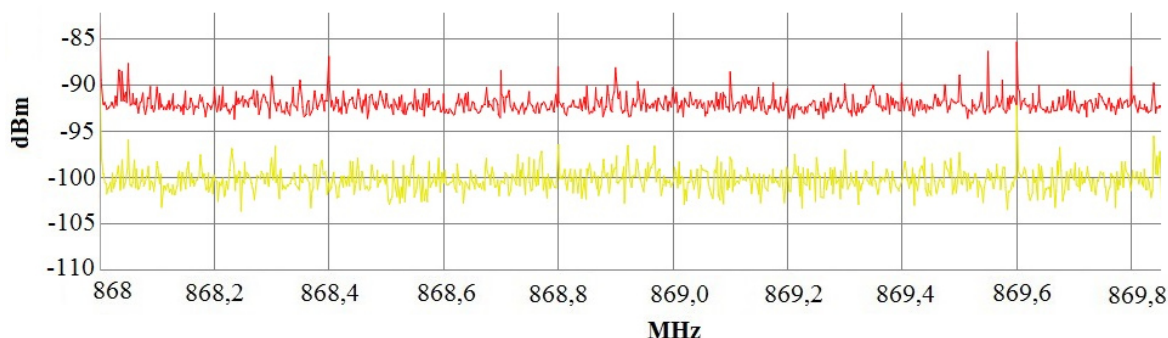
První byla měřena intenzita přirozeného elektromagnetického rušení okolí v pásmu ISM 433. Výstup z tohoto měření je patrný z obr.č.38. Tato frekvence se v dnešní době již využívá velmi málo, protože má menší rozsah a také špatnou odrazivost. Další nevýhodou této frekvence je, že je tolik frekventovaná, že klesá spolehlivost vysílání. Na této frekvenci dochází ke spoustě přenosů, které se dají považovat už samy za aktivní rušení přenosů.

obr.č.38 - Intenzita přirozeného elektromagnetického rušení v pásmu ISM 433



Po naměření intenzity přirozeného rušení v pásmu ISM 433 byla měřena intenzita přirozeného elektromagnetického rušení okolí i v pásmu ISM 868. Toto pásmo se v dnešní době začíná využívat stále více, především díky tomu, že má oproti pásmu ISM 433 větší dosah a je méně vytížené. Dosah tohoto pásma se pohybuje v řádu stovek metrů, navíc má dobrou odrazivost a průchodnost. Je velmi pravděpodobné, že časem dojde k rušení okolním vysíláním, jako je tomu v pásmu ISM 433, nicméně zatím je pravděpodobnost rušení okolním vysíláním velmi malá. Na obr.č.39 je znázorněn výstup z tohoto měření.

obr.č.39 - Intenzita přirozeného rušení v pásmu ISM 868



## 5.10 Zhodnocení použitých bezdrátových detektorů

V této kapitole bude porovnání jednotlivých detektorů z hlediska jejich parametrů jako je dosah, cena apod. a bude vyhodnocen nejvhodnější detektor pro pásmo ISM 433 a ISM 868. V tab.č.3 a tab.č.4 jsou vypsány parametry detektorů na kterých probíhalo měření.

tab.č.3 - Parametry detektorů - pásmo ISM 868

ISM 868	JA-83P	PM75-868	PMD2P - 868	IR8M	RWT95P86800A
dosah (m)	12x12	11x11	11x11	11x12	15x15
montážní výška (m)	2-2,5	2,1 - 2,7	1,8 - 2,7	2,3 - 2,7	2,2-2,7
provozní podmínky (°C)	-10 až 40	0 až 50	0 až 50	-10 až 55	-10 až 40
životnost baterie (roky)	cca 3	1,5 až 3	cca 2	3 až 4,5	3 až 5
síla signálu (dBm)	-33	-29	-23	-26	-34
počátek signálu (MHz)	867,4	867,25	867,65	867,5	867,45
cena (Kč)	1355	2329	1831	2540	1315

tab.č.4 - Parametry detektorů - pásmo 433

ISM 433	PMD75-433	AZ-10P
dosah (m)	11x11	10x10
montážní výška (m)	2,1 - 2,7	cca 2
provozní podmínky (°C)	0 až 55	5 až 40
životnost baterie (roky)	až 2	až 1
síla signálu (dBm)	-48	-43
počátek signálu (MHz)	432,6	433
cena (Kč)	2329	1360

Následně byly mezi detektory k jednotlivým parametrům přiděleny body ze škály od 1 do 10 (viz tab.č.5 a tab.č.6).

tab.č.5 - Bodové hodnocení u detektorů pro pásmo ISM 868

ISM 868	JA-83P	PM75-868	PMD2P - 868	IR8M	RWT95P86800A
dosah (m)	7	1	1	3	10
montážní výška (m)	5	7	10	1	4
provozní podmínky (°C)	6	8	8	10	6
životnost baterie (roky)	6	3	1	8	10
síla signálu (dBm)	3	5	10	8	1
počátek signálu (MHz)	3	1	10	7	5
cena (Kč)	8	3	5	1	10

tab.č.6 - Bodové hodnocení u detektorů pro pásmo ISM 433

ISM 433	PMD75-433	AZ-10P
dosah (m)	10	1
montážní výška (m)	10	1
provozní podmínky (°C)	10	1
životnost baterie (roky)	10	1
síla signálu (dBm)	1	10
počátek signálu (MHz)	1	10
cena (Kč)	1	10

Body byly pomocí metody váženého součtu přepočítány - tato je založena na konstrukci lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Užitek nula bude mít vždy nejhorší varianta a nejlepší varianta bude mít užitek 1. Ostatní varianty mají užitek mezi těmito krajními hodnotami nula a jedna. Z toho vychází, že je potřeba při užití této metody nahradit prvky  $y_{ij}$  vstupní kritériální matice hodnotami  $y'_{ij}$ . Tyto metody budou představovat užitek varianty  $X_i$  při hodnocení podle kritéria  $Y_j$ . Hodnoty  $y'_{ij}$  se pro maximalizační kritéria vypočítají podle následujícího vztahu:

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}$$



$D_j$  zde představuje nejnižší (při maximalizaci tedy nejhorší) kritériální hodnotu kritéria  $Y_j$  a  $H_j$  nejvyšší (při maximalizaci tedy nejlepší) kritériální hodnotu kritéria  $Y_j$ . (Jablonský, 2002)

Poté byly jednotlivým kritériím přiděleny váhy (podle důležitosti) a pomocí součtu přepočtených hodnot vynásobených jednotlivými vahami byly detektory vyhodnoceny (viz tab.č.7 a tab.č.8).

tab.č.7 - Tabulka přepočítaných hodnot včetně finálního vyhodnocení (ISM 868)

ISM 868	JA-83P	PM75-868	PMD2P - 868	IR8M	RWT95P86800A	váhy
dosah (m)	0,667	0,000	0,000	0,222	1,000	0,1
montážní výška (m)	0,444	0,667	1,000	0,000	0,333	0,05
provozní podmínky (°C)	0,000	0,500	0,500	1,000	0,000	0,07
životnost baterie (roky)	0,556	0,222	0,000	0,778	1,000	0,1
síla signálu (dBm)	0,222	0,444	1,000	0,778	0,000	0,18
počátek signálu (MHz)	0,222	0,000	1,000	0,667	0,444	0,2
cena (Kč)	0,778	0,222	0,444	0,000	1,000	0,3
vyhodnocení:	46,22%	23,72%	59,83%	44,33%	60,56%	1

tab.č.8 - Tabulka přepočítaných hodnot včetně finálního vyhodnocení (ISM 433)

ISM 433	PMD75-433	AZ-10P	váhy
dosah (m)	1	0	0,1
montážní výška (m)	1	0	0,05
provozní podmínky (°C)	1	0	0,07
životnost baterie (roky)	1	0	0,1
síla signálu (dBm)	0	1	0,18
počátek signálu (MHz)	0	1	0,2
cena (Kč)	0	1	0,3
vyhodnocení:	32%	68%	1

## 6 Výsledky a diskuse

Vysílání detektorů by se mělo pohybovat v pásmu ISM 868 mezi 868 až 870 MHz. Jak je vidět z tab.č.9 testované detektory mají pásmo vysílání posunuté doleva a jejich vysílání zasahuje už před hranici 868 MHz.

tab.č.9 - Výsledná tabulka pro ISM 868

ISM 868	JA-83P	PM75-868	PMD2P - 868	IR8M	RWT95P86800A
síla signálu (dBm)	-33	-29	-23	-26	-34
počátek signálu (MHz)	867,4	867,25	867,65	867,5	867,45
konec signálu (MHz)	869,25	869,15	869,35	869,6	869,55
mohutnost (MHz)	1,85	1,9	1,7	2,1	2,1

Jak již bylo uvedeno rozsah frekvence vysílání by se měl pohybovat mezi 868 až 870 MHz, což znamená, že rozptyl je 2MHz. Z tabulky je patrné, že by tři z pěti testovaných detektorů neměly problém splnit požadavky, ani kdyby se jejich vysílání posunulo do správného rozsahu frekvence.

V pásmu ISM 433 by se frekvence vysílání měla pohybovat mezi 433 a 434,79MHz, rozptyl je tedy 1,79MHz. V tab.č.10 je vidět vysílání jednotlivých testovaných detektorů.

tab.č.10 - Finální tabulka pro ISM 433

ISM 433	PMD75-433	AZ-10P
síla signálu (dBm)	-48	-43
počátek signálu (MHz)	432,6	433
konec signálu (MHz)	434,79	434,7
mohutnost (MHz)	2,19	1,7

Z tabulky je vidět, že detektor AZ-10P vysílá ve správném rozsahu frekvenci, ale detektor PMD75-433 zasahuje vysíláním i mimo svou frekvenci. Bohužel jen posun by tomuto detektoru nepomohl, protože jeho vysílání má rozptyl 2,19 MHz, což znamená, že přesahuje svou frekvenci o 0,4 MHz.

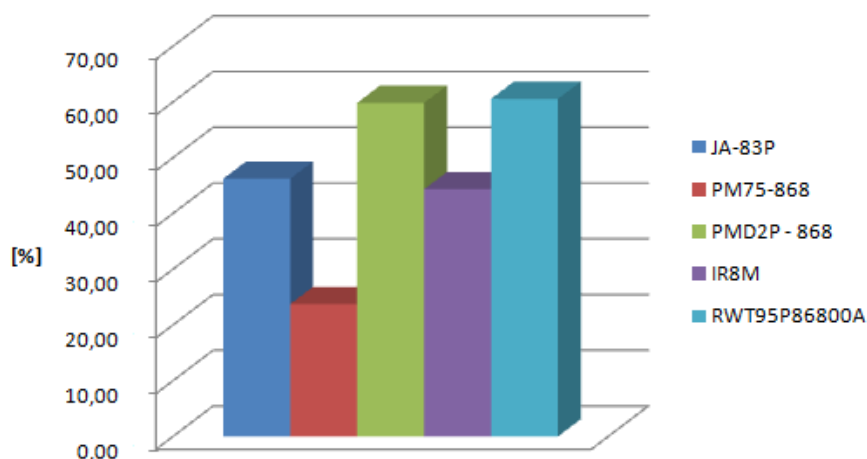
tab.č.11 -Síla signálu přirozeného rušení

	ISM 433	ISM 868
síla signálu (MHz) - min	-96	-93
síla signálu (MHz) - max	-91	-85

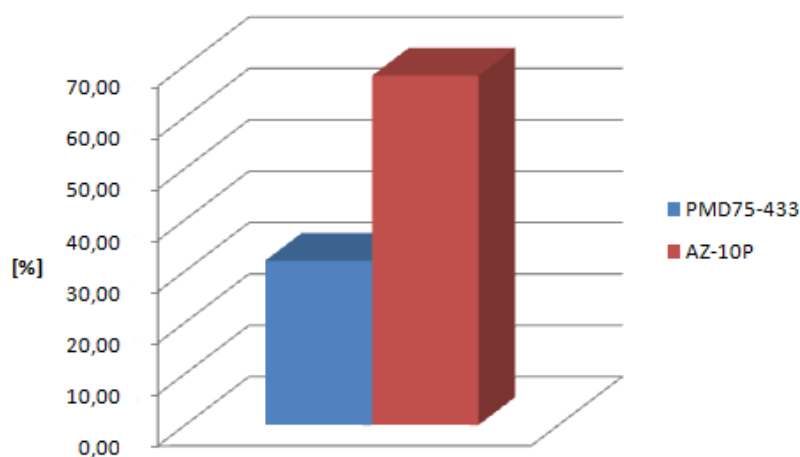
Jak plyne z tab.č.11 síla signálu příliš nekolísala ani v jednom pásmu, což znamená, že se v okolí nevyskytoval žádný bezdrátový přenos, který by probíhal v měřených pásmech.

Při hodnocení detektorů byly brány v potaz parametry jednotlivých detektorů a také síla a mohutnost jejich signálu. Jejich vyhodnocení je vidět na grafech na obr.č.40 a obr.č.41.

obr.č.40 - Zhodnocení bezdrátových detektorů v pásmu ISM 868



obr.č.41 - Zhodnocení bezdrátových detektorů v pásmu ISM 433



Z grafů vyplývá, že v pásmu ISM 868 jen s malým náskokem zvítězil detektor LightSYSRWT95P86800A a jen těsně se na druhém místě umístil detektor Paradox PMD2P - 868. V pásmu ISM 433 se značnou převahou zvítězil detektor Azor AZ-10P.

Z výše uvedeného vyplývá, že hypotéza stanovená na začátku měření "*Základna signálu bezdrátového přenosu je ve vymezeném pásmu 433-434,79 MHz nebo 868-870MHz*" je zamítnuta (viz tab.č.9 a tab.č.10)

## 7 Závěr a doporučení

Úkolem této práce bylo analyzovat bezdrátové přenosy v poplašných zabezpečovacích a tísňových systémech. V teoretické části proto byla popsána bezdrátová komunikace, nejprve všeobecná bezdrátová komunikace, kam patří například i Bluetooth nebo WiFi přenos. Bylo zde popsáno jak přenos probíhá, jaké technologie se využívají a jak a podle čeho se bezdrátové sítě dělí. Detailněji pak byla rozebrána komunikace v pásmu ISM 433 a 868. V těchto pásmech probíhalo měření, proto je jim věnován samostatný prostor v práci. Další kapitoly v teoretické části byly věnovány poplašným zabezpečovacím a tísňovým systémům a jejich dělení z hlediska chráněného prostoru. Tyto kapitoly slouží k lepšímu pochopení řešené problematiky. A protože měření probíhalo na detektorech, byly v teoretické práci popsány nejpoužívanější detektory, jejich princip fungování a výhody či nevýhody těchto detektorů.

V druhé, praktické, části bylo popsáno měření bezdrátové komunikace, které bylo testováno pomocí detektorů, spektrálního analyzátoru a softwaru MSC SpectrumAnalyzer. Ten zaznamenával jednotlivé impulzy vyslané detektorem. Pro uskutečnění měření bylo nutné detektor instalovat do výšky, kterou výrobce doporučuje přibližně do vzdálenosti 4 metrů od spektrálního analyzátoru. Instalace detektorů probíhaly podle návodu výrobce. Detektor byl aktivován, aby střežil hlídaný prostor, do kterého následně "narušitel" vstupoval. Detektor, při zaznamenání narušení, vyslal poplašný signál, který byl přes spektrální analyzátor zaznamenán softwarem. Po každém měření (minimálně 3500 hodnot) byl vygenerován graf, ze kterého je patrné, v jaké frekvenci detektor vysílá a jaká je síla signálu.

Z měření vyplývá, že ze sedmi testovaných detektorů jich šest zasahuje mimo vyhrazenou frekvenci. Toto by mělo být výrobcům detektorů ošetřeno, protože tyto detektory mohou svým vysíláním rušit okolní zařízení, která fungují na frekvencích v těsné blízkosti. Dále byly testovány nízkofrekvenční rušičky, které v pásmu ISM 433 fungují přesně tak, jak by měly, ale v pásmu ISM 868 zasahují mimo "svou" frekvenci.

Nakonec byly hodnoceny jednotlivé detektory z hlediska jejich parametrů. Hodnocení bylo provedeno pomocí bodovací metody, následně byly body přepočteny metodou váženého součtu a jednotlivým kritériím byly přiděleny váhy důležitosti. Nejvyšší

váha byla přidělena ceně, jako druhé nejdůležitější kritérium byl určen začátek signálu - detektor se začátkem nejbližší 868 MHz získal nejvíce bodů.

Tato práce poukazuje na nedostatky, které by do budoucna mohly způsobit problémy. Je velmi pravděpodobné, že pásmo ISM 868 se časem stane také velmi vytíženým a zařízení fungující v tomto pásmu se budou navzájem rušit. To by mohlo vést k vyvolávání planých poplachů. Proto by určitě bylo vhodné, aby si výrobci lépe hlídali, zda se jejich detektory skutečně pohybují v povolené frekvenci. Všechny z testovaných detektorů v pásmu ISM 868 začínají vysílat už před hranicí 868 MHz. Problém přetížení se zatím týká jen pásma ISM 433, ale z testovaných detektorů je patrné, že si výrobci jsou tohoto faktu vědomi a lépe hlídají, zda se detektory svým vysíláním pohybují v určité frekvenci.

## Seznam použitých zdrojů

CUMMING, N.: Security: A Guide to SecuritySystem Design and EquipmentSelection and Installation. Elsevier Science, 1994, 338 s., ISBN-13: 9780750642361

ČANDA, Pavel. *Bezdrátový přenos dat v pásmu ISM*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Jaromír Kolouch a Ondřej Pavelka

JABLONSKÝ, J. (2002) *Operační výzkum*. Praha: VŠE, 252 s. ISBN 80-864-1942-8

KINDL Jiří. *Projektování bezpečnostních systémů: I. díl – EPS, EZS*. Zlín: UTB, 2004. ISBN 80-7318-165-7

KLIMPL, Aleš. *Bezdrátový přenos dat*. Pardubice, 2009. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Oldřich Horák

KRAHULÍK, Lukáš. *Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy a návrh jejich funkčnosti*. Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Milan Adámek

KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Blatná: Cricetus, 2003, 351 s. ISBN 80-902-9382-4

PROCHOROV, Pavel. *Varianty nejčastějších zásahů na varovný signál PZTS*. Zlín, 2014. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Jiří Kameník

UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů: II. díl - EZS II*. Praha: PA-ČR, 2005, 229 s. ISBN 80-725-1189-0

### Internetové odkazy:

Čtenářský servis, *Elektromagnetické rušení a počítače*[online]. 2011 [cit. 2016-02-25].[https://www.elvac.eu/Portals/0/Docs/Clanky/Sdelovaci\\_technika/2011\\_05\\_elektromagn\\_eticke\\_ruseni\\_a\\_pc.pdf?ver=2015-12-28-100704-477](https://www.elvac.eu/Portals/0/Docs/Clanky/Sdelovaci_technika/2011_05_elektromagn_eticke_ruseni_a_pc.pdf?ver=2015-12-28-100704-477)

HART, Jan, NÍDLOVÁ, Veronika. *Testování pásem ISM 433 a 868 u přenosů v poplachových, zabezpečovacích a tísňových systémech. Automa [online].* 2015, 2015(06/2015) [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://automa.cz/res/pdf/53800.pdf>

PETERKA, Jiří: Bezdrátové přenosové cesty. EArchiv.cz [online]. 1998 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a98/a842k180.php3>

PETERKA, Jiří: Celulární (buňkový) princip. EArchiv.cz [online]. 2000 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a008s200/a008s201.php3>

PETERKA, Jiří: Druhy bezdrátových sítí. EArchiv.cz [online]. 2001 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b01/b1100012.php3>

## Seznam obrázků

obr.č.1 - Blokové schéma způsobu předání poplachového signálu

obr.č.2 - Spektrum elektromagnetického vlnění

obr.č.3 - Typy PIR detektorů

obr.č.4 - Znázornění eliminace nežádoucí části spektra použitím "černého zrcadla" u pasivních infradetektorů

obr.č.5 - Charakteristika ultrazvukového detektoru ve volném prostředí

obr.č.6 - Charakteristika duálního detektoru PIR+MW ve vertikální a horizontální rovině

obr.č.7 - Směrová charakteristika GBS

obr.č.8 - Znázornění šíření rázové energie ve skle (a) a její přeměny na elektrický signál (b)

obr.č.9 - Teplotní detektor

obr.č.10 - Opticko-kouřový detektor

obr.č.11 - Detektor zaplavení

obr.č.12 - Detektor úniku plynu CO



- obr.č.13 - Schéma zapojení smyčkové ústředny
- obr.č.14 - Schéma zapojení sběrníkové ústředny
- obr.č.15 - Bezdrátová komunikace detektorů
- obr.č.16 - Bluetooth
- obr.č.17 - Spektrální analyzátor Spectran HF-6060
- obr.č.18 - Bezdrátový detektor pohybu JA-83P
- obr.č.19 - Graf bezdrátových přenosů z detektoru JA-83P
- obr.č.20 - Graf vysílání mimo frekvenci u detektoru JA-83P
- obr.č.21 - Bezdrátový detektor pohybu PMD75 - 868
- obr.č.22 - Graf vysílaných signálů detektoru PMD75 - 868
- obr.č.23 - Graf vysílání mimo frekvenci u detektoru PMD75 - 868
- obr.č.24 - Detektor PMD2P - 868
- obr.č.25 - Graf bezdrátové komunikace mezi ústřednou a detektorem pohybu  
PMD2P - 868
- obr.č.26 - Graf znázorňující vysílané signály mimo frekvenci detektoru PMD2P - 868
- obr.č.27 - Pohybový detektor IR8M
- obr.č.28 - Graf naměřených hodnot u detektoru IR8M
- obr.č.29 - Graf hodnot naměřených mimo frekvenci u detektoru IR8M
- obr.č.30 - Pohybový detektor RWT95P86800A
- obr.č.31 - Graf naměřených hodnot pro detektor RWT95P86800A
- obr.č.32 - Graf naměřených hodnot v pásmu ISM 433
- obr.č.33 - Bezdrátový detektor pohybu AZ-10P
- obr.č.34 - Graf naměřených hodnot pro detektor AZ-10P
- obr.č.35 - Nízkofrekvenční rušička
- obr.č.36 - Graf získaných hodnot při testování rušičky v pásmu ISM 433

- obr.č.37 - Graf znázorňující vysílané impulzy z rušičky v pásmu ISM 868
- obr.č.38 - Intenzita přirozeného elektromagnetického rušení v pásmu ISM 433
- obr.č.39 - Intenzita přirozeného rušení v pásmu ISM 868
- obr.č.40 - Zhodnocení bezdrátových detektorů v pásmu ISM 868
- obr.č.41 - Zhodnocení bezdrátových detektorů v pásmu ISM 433

## **Seznam tabulek**

- tab.č.1 - Stupně zabezpečení chráněného objektu
- tab.č.2 - Přidělení kmitočtových pásem v České republice
- tab.č.3 - Parametry detektorů - pásmo ISM 868
- tab.č.4 - Parametry detektorů - pásmo 433
- tab.č.5 - Bodové hodnocení u detektorů pro pásmo ISM 868
- tab.č.6 - Bodové hodnocení u detektorů pro pásmo ISM 433
- tab.č.7 - Tabulka přepočítaných hodnot včetně finálního vyhodnocení (ISM 868)
- tab.č.8 - Tabulka přepočítaných hodnot včetně finálního vyhodnocení (ISM 433)
- tab.č.9 - Výsledná tabulka pro ISM 868
- tab.č.10 - Finální tabulka pro ISM 433
- tab.č.11 - Síla signálu přirozeného rušení