

Elektroakustické detektory v laboratorních cvičcích

Electroacoustic detectors in labs

Petr Zdráhal

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Zdráhal**
Osobní číslo: **A12828**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Elektroakustické detektory v laboratorních cvičeních**

Zásady pro vypracování:

1. V teoretické části práce vypracujte literární rešerši zaměřenou na elektroakustické detektory.
2. V rešerši porovnejte elektroakustické detektory s jinými typy detektorů.
3. Navrhněte laboratorní úlohu pro elektroakustické detektory vhodné pro výuku předmětu Technické prostředky bezpečnostního průmyslu.
4. Laboratorní úlohu prakticky realizujte a ověřte její funkčnost.
5. Vypracujte vzorové protokoly a posuďte náročnost úlohy z pohledu studenta.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management I. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7.
2. KŘEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2. S.l.: Cricetus, 2003, 351 s. ISBN 80-902-9382-4.
3. UHLÁŘ, Jan. Technická ochrana objektů II. díl: Elektrické zabezpečovací systémy II. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie české republiky, 2005, 229 s. ISBN 80-725-1189-0.
4. KADLEC, František. Zpracování akustických signálů: Elektrické zabezpečovací systémy II. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 189 s. ISBN 80-010-2588-8.
5. VALOUCH, Jan. Projektování bezpečnostních systémů. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 152 s. ISBN 978-80-7454-230-5.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2013

Ve Zlíně dne 25. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá elektroakustickými detektory, rozděluje a popisuje jednotlivé detektory podle jejich principu funkčnosti. Další část práce porovnává akustické detektory s jinými typy detektorů. V praktické části jsem sestavoval akustický detektor tlaku a ultrazvukový detektor. Následně je vytvořena laboratorní úloha pro předmět Technické prostředky bezpečnostního průmyslu, která se skládá z teoretické a praktické části měření. Tato úloha je na konci práce vypracována.

Klíčová slova: elektroakustický detektor, detektor tříštění skla, ultrazvukový detektor, akustický detektor tlaku

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with electroacoustic detectors, distributes and describes the detectors according to their principle of operation. Another part of the thesis compares the acoustic detectors with other types of detectors. In the practical part I have compiled the acoustic pressure detector and ultrasonic detector. Subsequently, there is created a laboratory task for the subject Technical equipment security industry, which consists of theoretical and practical measurements. This task is solved is at the end of the thesis.

Keywords: electroacoustic detector, glass break detector, ultrasonic detector, acoustic pressure detector

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu doc. Mgr. Milanovi Adámkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytoval během zpracovávání bakalářské práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY.....	11
2 AKUSTICKÉ VLNĚNÍ	13
2.1 ZVUK.....	13
2.1.1 Frekvence zvuku	13
2.1.2 Infrazvuk	14
2.1.3 Ultrazvuk.....	14
2.2 MIKROFONY	14
2.2.1 Směrová charakteristika	15
2.2.2 Rozdělení mikrofonů.....	15
2.2.2.1 Piezoelektrické mikrofony	16
2.2.2.2 Uhlíkové mikrofony.....	16
2.2.2.3 Elektretové mikrofony	17
2.2.2.4 Elektrodynamické mikrofony	18
2.2.2.5 Elektromagnetické mikrofony	18
2.2.2.6 Elektrostatické mikrofony.....	18
3 ULTRAZVUKOVÉ DETEKTORY	20
3.1 DOPPLERŮV JEV	20
3.1.1 Dopplerův jev v elektroakustických detektorech.....	23
3.2 POUŽITÍ A MONTÁŽ ULTRAZVUKOVÉHO DETEKTORU.....	23
4 DETEKTORY ROZBITÍ SKLA	25
4.1 PASIVNÍ KONTAKTNÍ DETEKTORY	25
4.2 PASIVNÍ BEZKONTAKTNÍ DETEKTORY	25
4.3 AKTIVNÍ BEZKONTAKTNÍ DETEKTOR ROZBITÍ SKLA.....	25
4.4 POUŽITÍ A MONTÁŽ DETEKTORŮ ROZBITÍ SKLA.....	26
5 MIKROFONNÍ (MIKROFONICKÉ) KABELY PRO POUŽITÍ V PLÁŠŤOVÉ OCHRANĚ	27
5.1 MIKROFONNÍ KABELY S DISKRÉTNÍMI SNÍMACÍMI PRVKY.....	27
5.2 MIKROFONNÍ KABELY S ROZLOŽENÝMI SNÍMACÍMI PARAMETRY	27
6 MIKROFONNÍ (MIKROFONICKÉ) KABELY PRO POUŽITÍ V PERIMETRICKÉ OCHRANĚ.....	29
6.1 MIKROFONNÍ KABELY S DISKRÉTNÍMI SNÍMACÍMI PRVKY	29
6.2 MIKROFONNÍ KOAXIÁLNÍ KABELY S ROZLOŽENÝMI SNÍMACÍMI PARAMETRY	29
7 POROVNÁNÍ ELEKTROAKUSTICKÝCH DETEKTORŮ S JINÝMI TYPY DETEKTORŮ.....	31
7.1 POROVNÁNÍ ULTRAZVUKOVÉHO DETEKTORU S PIR DETEKTOREM POHYBU	31
7.2 POROVNÁNÍ DETEKTORŮ TRÍŠTĚNÍ SKLA S MAGNETICKÝMI KONTAKTY	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
8 ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY PRO LABORATORNÍ ÚLOHY	35
8.1 AKUSTICKÝ TLAKOVÝ DETEKTOR	35
8.1.1 Popis zařízení	35

8.1.2	Schéma zapojení.....	36
8.1.3	Popis funkce	37
8.2	ULTRAZVUKOVÝ DETEKTOR.....	38
8.2.1	Popis zařízení	38
8.2.2	Zprovoznění (oživení) detektoru	39
8.2.3	Technické údaje ultrazvukového detektoru	40
8.2.4	Schéma zapojení.....	41
9	LABORATORNÍ ÚLOHA PRO ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY	42
	PRAKTICKÁ ČÁST	43
	AKUSTICKÝ TLAKOVÝ DETEKTOR	43
10	VYPRACOVANÁ LABORATORNÍ ÚLOHA PRO ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY.....	47
	POPIS AKUSTICKÉHO TLAKOVÉHO DETEKTORU	48
11	VYHODNOCENÍ NÁROČNOSTI NA VYPRACOVÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH Z PODLEDU STUDENTA.....	54
	ZÁVĚR	55
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	57
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK.....	60

ÚVOD

Ve své bakalářské práci se zaměřím na popis základních typů elektroakustických detektorů. Vysvětlím jednotlivé principy funkčnosti a na závěr vytvořím laboratorní úlohu věnovanou právě těmto akustickým detektorům. Zmiňovaná laboratorní úloha bude vytvořena pro studenty předmětu Technické prostředky bezpečnostního průmyslu, vyučujícího se ve druhém ročníku bakalářského studijního oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management. V závěru zhodnotím tuto laboratorní úlohu z hlediska náročnosti na vypracování a měření z pohledu studenta. Oba druhy detektorů, ultrazvukový a akustický detektor tlaku, byly vybrány právě proto, že tyto zmíněné typy doposud nebyly realizovány pro měření laboratorních úloh ve výše zmíněném předmětu.

Fyzickou bezpečnost objektu rozdělujeme do tří skupin. Jedná se o režimová opatření, fyzickou a technickou ochranu. Detektory patří do skupiny technické ochrany, kde jako základní technické prostředky řadíme mechanické zábranné systémy. Tyto mechanické zábranné systémy tvoří klasickou ochranu. Jedná se o vývojově nejstarší typ ochrany, který tvoří přírodní zábrany nebo v podobě umělých zábran to jsou zdi, ploty a mechanické zábranné systémy, které se integrují převážně s elektronickými bezpečnostními systémy. Mezi elektronické bezpečnostní systémy dále řadíme kamerové systémy (CCTV), systémy kontroly vstupu (ACCESS), elektronickou požární signalizaci (EPS) a poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (PZTS), do kterého spadají právě detektory. Cílem poplachového zabezpečovacího systému je odhalení neoprávněného vniknutí narušitele do chráněného prostoru. Tyto poplachové zabezpečovací systémy jsou tvořeny zpravidla z ústředny, optických a akustických výstražných prvků, detektorů narušení a přímých spojů, které zajišťují připojení detektorů do ústředny.

Za bezpečnost daného objektu můžeme považovat stav, kdy jsou rizika snížena na přijatelnou úroveň. Základním pilířem fyzické bezpečnosti je klasická ochrana. Plní jak odstrašovací a znesnadňující funkce tak i funkce estetické, právní a architektonické. V konečném důsledku je tahle ochrana často snadno překonatelná.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY

Úkolem detektorů obecně je snímání okolního prostředí pomocí fyzikálních a chemických veličin, tyto veličiny vyhodnocovat a tím nás informovat o vniknutí neoprávněné osoby nebo o přítomnosti nebezpečí ve snímaném prostředí.

Elektroakustické detektory jsou takové detektory, které jsou schopny detekovat překonávání překážek (bariér) plášťové ochrany objektu narušitelem nebo vniknutí neoprávněné osoby do prostoru. Při překonávání těchto překážek jako jsou například dveře, okna, oplocení, apod. vznikají akustické vlny, které se šíří povrchem materiálu nebo vzduchem v chráněném prostoru. Tyto akustické signály detektor zachycuje a vyhodnocuje. Akustické detektory pohybu v podobě ultrazvukových detektorů vysílají do chráněného prostoru akustický signál. V případě narušení tohoto prostoru se vyslaná vlna odrazí od narušitele, poté se přijme přijímačem a následně se vyhodnocují změny oproti signálu vyslanému.

Mezi elektroakustické detektory řadíme:

- ultrazvukové detektory (ultrasound detectors - US),
- detektory rozbití skla (glass break)
 - kontaktní detektory,
 - bezkontaktní detektory,
- mikrofonní (mikrofonické) kabely.

Akustické detektory můžeme rozdělit podle různých hledisek:

- Podle zdroje akustického signálu:

- **aktivní** – aktivní detektory vysílají do chráněného prostoru akustický signál, tento signál je zpět přijímán přijímačem, který vyhodnocuje změnu charakteristiky akustické vlny,
- **pasivní** – akustický signál, který vznikne při překonávání překážky narušitelem, nebo při pohybu narušitele v chráněném prostoru je sejmut přijímačem akustického signálu a vyhodnocen. [1]

- **Podle požitého frekvenčního pásma**
 - detektory pracující v akustickém pásmu 16 Hz – 20 kHz,
 - detektory pracující v ultrazvukovém pásmu (nad 20 kHz).

- **Podle místa použití:**
 - detektory na perimetrickou ochranu objektů,
 - detektory na plášťovou ochranu objektů,
 - detektory na prostorovou ochranu objektů,
 - detektory na předmětovou ochranu.

2 AKUSTICKÉ VLNĚNÍ

Akustické vlnění je vlnění podélné. Šíří se hmotným prostředím tak, že částice tohoto prostředí kmitají ve směru šíření vlnění. V určitých místech nastává větší zhuštění částic (místa o větším tlaku p), jinde je zase zhuštění menší (místa o menším tlaku p). Tyto tlakové změny se šíří v jednom prostředí konstantní rychlostí. Vzdálenost dvou sousedních míst o stejném zhuštění je rovna vlnové délce.

2.1 Zvuk

Zvuk je každé mechanické vlnění, které se šíří všemi směry v látkovém prostředí a je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem. Šíří se plyny, tekutinami i pevnými látkami ve formě zvukových vln. Zvuk je tvořen kmitáním částic pružného prostředí v rozsahu pro nás slyšitelných kmitočtů (20 Hz – 20 kHz). Zvuk je jedním ze základních dějů, ze kterých člověk získává informace o okolním světě. [2]

Neslyšitelný zvuk s kmitočty pod 20 Hz nazýváme infrazvukem a s kmitočty nad 20 kHz ultrazvukem.

2.1.1 Frekvence zvuku

Frekvence je člověkem vnímána jako výška tónu. Z fyzikálního hlediska se jedná o počet kmitů (periodických změn akustického tlaku) za jednu sekundu. Jednotkou frekvence je hertz.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{T} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

kde:

c = rychlost zvuku v daném prostředí [$\frac{m}{s}$]

λ = vlnová délka – dráha, kterou urazí zvuková vlna za dobu jednoho kmitu [m]

T = perioda (doba jednoho kmitu) [s]

2.1.2 Infrazvuk

Jedná se o vlnění nižší než 20 Hz, tuto frekvenci lidské ucho již nevnímá. Do infrazvuku řadíme například:

- otřesy a záchvěvy půdy,
- těžké dopravní prostředky vyvolávající kmity budov a půdy v rozmezí 1-10 Hz,
- zemětřesení způsobující kmity o frekvenci nižší než 1 Hz.

2.1.3 Ultrazvuk

Ultrazvuk je akustické vlnění, jehož frekvence leží nad prahem slyšitelnosti lidského ucha, tj. nad 20 kHz. Ultrazvuk můžeme vytvořit pomocí křemenné destičky napojené na proměnné elektrické napětí. Jedná se o tzv. piezoelektrický jev. Jde o vlastnost materiálů reagovat na mechanické působení (deformaci) vytvořením elektrického náboje na svém povrchu. Tento jev se projevuje u některých krystalických materiálů, tzv. feroelektrik. Jde například o křemen nebo turmalín. Pokud křemennou destičku napojíme na proměnné elektrické napětí, destička se nám začne v rytmu napětí smršťovat a roztahovat, respektive kmitat. [3]

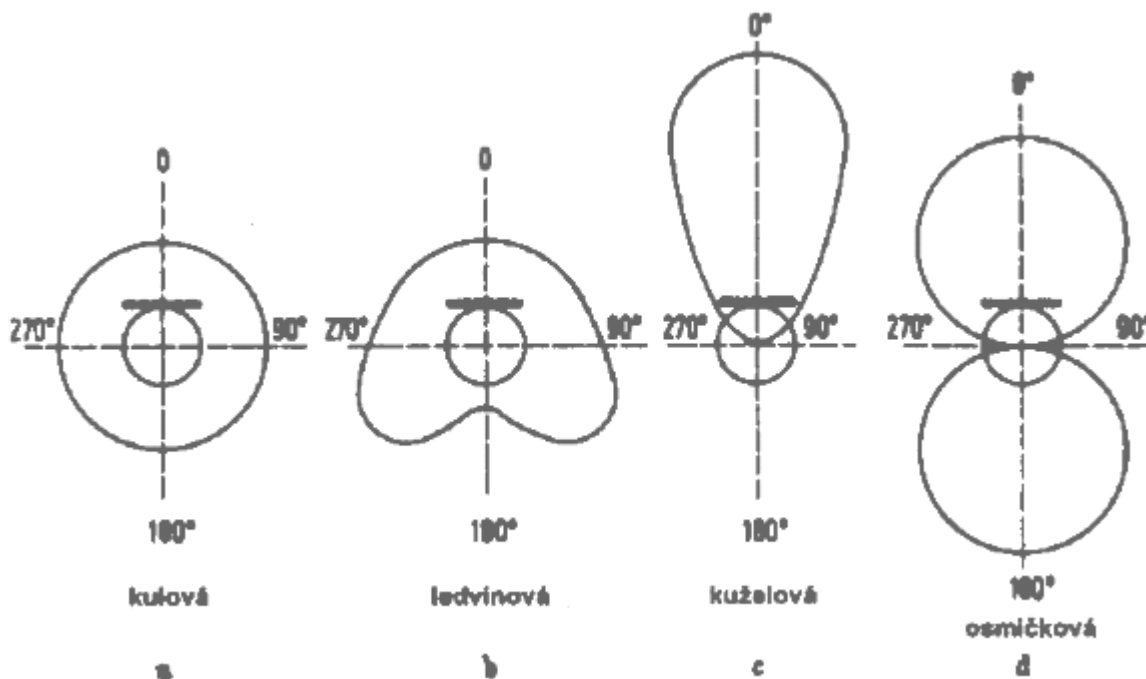
2.2 Mikrofony

Mikrofony nám slouží k přeměně akustického signálu na signál elektrický. Jakožto první člen elektroakustického řetězce mají podstatný vliv na výslednou kvalitu signálu. Akustický signál se projevuje změnami akustického tlaku, který rozechvívá mechanický systém (membránu), jehož pohyb je snímán elektromechanickým měničem. Jestliže akustický tlak působí pouze na jednu stranu membrány, mluvíme pak o tlakových mikrofonech, kde amplituda membrány nezávisí na směru ani na vzdálenosti zdroje, ale pouze na akustickém tlaku. Takový mikrofon je všesměrový a má kulovou směrovou charakteristiku.

Přivedeme-li akustický signál vhodným způsobem i na zadní stranu membrány, potom výchylka membrány nezávisí na velikosti akustického tlaku, ale na rozdílu akustického tlaku před a za membránou. Takovýmto typům mikrofonů se říká gradientní. Velikost výstupního signálu u gradientního mikrofonu je závislá na poloměru zakřivení akustické vlnoplochy. Gradientní mikrofony se používají pro snímání akustického signálu ve studiích a pro přenos řeči z hlučného prostředí.

2.2.1 Směrová charakteristika

Směrová charakteristika je závislá na citlivosti mikrofonu na úhlu, který svírá akustická osa mikrofonu s osou akustického zdroje. Tlakové mikrofony mají kulovou směrovou charakteristiku, gradientní mikrofony jsou směrové a podle konstrukce mohou mít osmičkovou, ledvinovou, kuželovou a super ledvinovou charakteristiku. Směrová charakteristika může být závislá na kmitočtu. [4]



Obrázek 1: Směrová charakteristika mikrofonů [4]

2.2.2 Rozdělení mikrofonů

Mikrofony můžeme rozdělovat podle těchto kritérií:

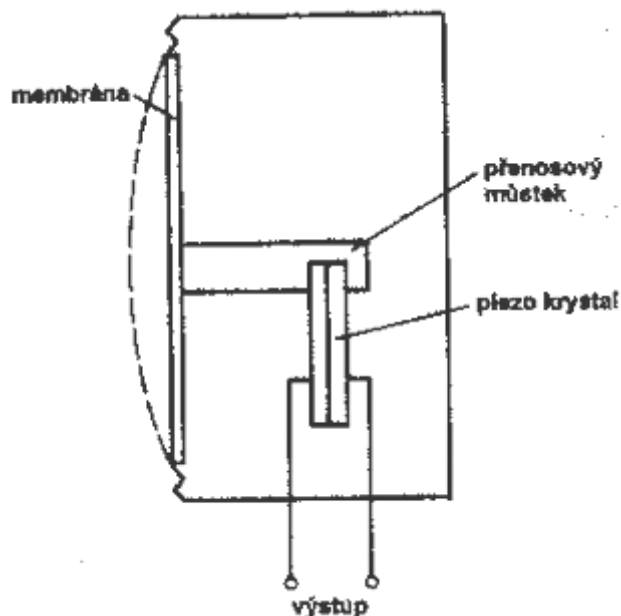
- podle druhu akustického přijímače (tlakové, gradientní, vlnové),
- podle směrové charakteristiky,
- podle druhu mechanického systému (membránové, bezmembránové).

Dále můžeme mikrofony dělit podle druhu elektromechanického měniče:

- piezoelektrické,
- uhlíkové,
- elektretové,
- elektrodynamické,
- elektromagnetické,
- elektrostatické.

2.2.2.1 Piezoelektrické mikrofony

Tyto mikrofony využívají piezoelektrický jev. Užívá ke své činnosti schopnosti krystalů některých látek poskytovat při mechanické deformaci elektrický signál. Může tedy pracovat bez vnějšího zdroje energie a může dodávat značné výstupní napětí.

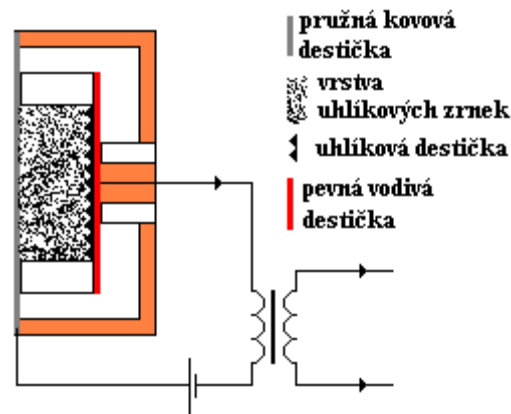


Obrázek 2: Piezoelektrický mikrofon [5]

2.2.2.2 Uhlíkové mikrofony

Uhlíkové mikrofony jsou založené na změnách odporu uhlíkových zrněk stlačovaných membránou. Vrstva těchto uhlíkových zrněk je z jedné strany uzavřena pružnou kovovou membránou a z druhé strany zvlhčenou uhlíkovou destičkou. Membrána se vlivem dopadu zvukového vlnění rozkmitá a stlačuje tím uhlíkovou vrstvu. S měnícím se tlakem se také mění i elektrický odpor této vrstvy. Tyto mikrofony jsou velmi citlivé,

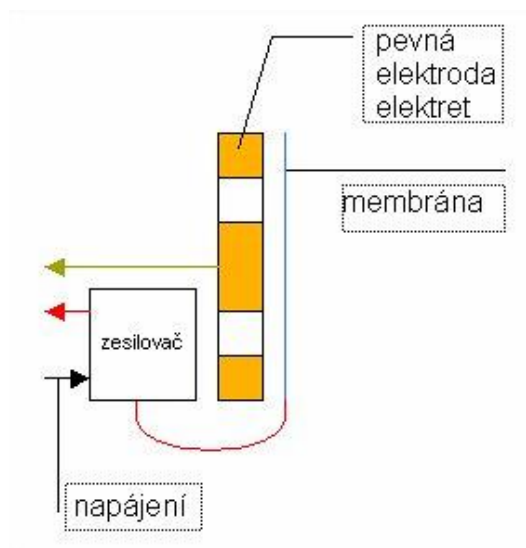
ale zkreslují zvuk a mají velký šum, proto se používají obvykle tam, kde nepotřebujeme dosáhnout velké kvality přenosu zvuku, například v telefonních přístrojích. [5]



Obrázek 3: Uhlíkový mikrofon [5]

2.2.2.3 Elektretové mikrofony

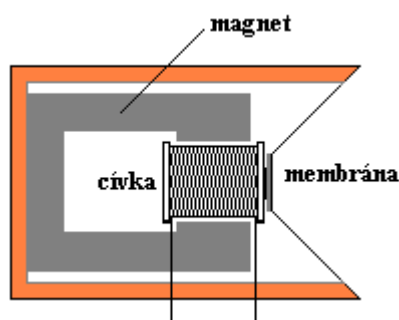
Elektretových mikrofonů je několik druhů. Tyto druhy mají společné to, že elektrický signál zde vzniká pohybem vodivé membrány a to v elektrickém poli a ne v magnetickém. Umožňuje to vlastnost některých izolantů (elektretu) trvale udržet elektrickou polarizaci. Tímto odpadá nutnost použití permanentního magnetu. Většina těchto mikrofonů je zapojena spolu s FET tranzistorem, který zesiluje elektrický signál, kvůli tomu tyto mikrofony potřebují elektrický signál.



Obrázek 4: Elektretový mikrofon [4]

2.2.2.4 *Elektrodynamické mikrofony*

Elektrodynamický mikrofon využívá ke své činnosti elektromagnetickou indukci. Membrána kmitající vlivem zvuku je spojena s cívkou, která se pohybuje v magnetickém poli, které je tvořené permanentním magnetem. Pohybem cívky v magnetickém poli vzniká elektrický signál



Obrázek 5: Elektrodynamický mikrofon [5]

2.2.2.5 *Elektromagnetické mikrofony*

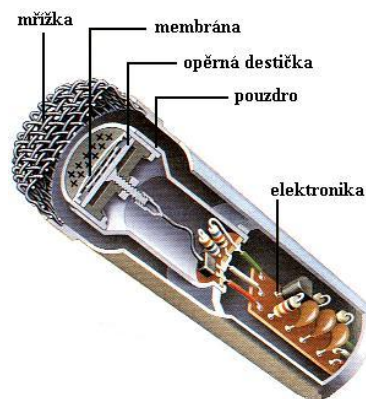
Elektromagnetické mikrofony pracují na stejném principu jako elektrodynamické, jen s tím rozdílem že snímací cívka je umístěna pevně a membrána pohybuje s clonou, regulující magnetické pole permanentního magnetu.

2.2.2.6 *Elektrostatické mikrofony*

V elektrostatickém mikrofonu tvoří membrána zachycující dopad zvukového vlnění jednu desku deskového kondenzátoru, v němž se kumuluje elektrický náboj. Druhou část kondenzátoru tvoří pevná elektroda, ke které je připojeno stejnosměrné napětí. Změny akustického tlaku rozechvívají membránu a tím se mění vzdálenost desek kondenzátoru a tedy i jeho kapacita. Pomalé vyrovnávání náboje při změně kapacity je zajištěno pomocí rezistoru, který zvýší vnitřní odpor zdroje polarizačního napětí. Zajistíme-li aby se náboj při změně kapacity kondenzátoru nemohl rychle vyrovnávat, potom se při zmenšení kapacity (zvětšení vzdálenosti pevné elektrody od membrány) zvětší napětí na kondenzátoru.

Náboj na kondenzátoru je možné získat buď pomocí zdroje stejnosměrného polarizovaného napětí, nebo pomocí elektretu, který je nanesen na jednu elektrodu a proto není zapotřebí zdroj polarizačního napětí.

Na obrázku č. 6 je zobrazen elektrostatický mikrofon, na jehož membráně je permanentní kladný náboj, který přitahuje k opěrné destičce záporné náboje. Zvukové vlny způsobují chvění membrány, což způsobuje změnu velikosti mezery mezi membránou a opěrnou destičkou. Proto se k destičce přitahuje proměnlivý počet záporných nábojů. Tímto pohybem náboje tak vzniká časově proměnný elektrický proud, jehož časový průběh odpovídá časovému průběhu zvuku dopadajícímu na membránu. [4]



Obrázek 6: Elektrostatický mikrofon [4]

3 ULTRAZVUKOVÉ DETEKTORY

Ultrazvukové detektory (US – ultrasound detectors) jsou detektory aktivní, které díky jejich principu činnosti je možné použít jak pro prostorovou ochranu, tak pro plášťovou nebo předmětovou ochranu. Podstatou jejich činnosti je neustálé vysílání akustického signálu do chráněného prostoru a to o frekvenci nad prahem slyšitelnosti v oblasti 20 – 60 kHz. Nejčastěji používaná frekvence je okolo 40 kHz. Tato frekvence byla zvolena z důvodu neslyšitelnosti, spotřeby energie, ale také byl brán zřetel na minimalizaci možnosti použití vysílače a přijímače akustického signálu. Tento vyslaný signál se odrazí od překážky a zpětně je přijatý přijímačem detektoru. Potom se přijatý signál porovnává se změnami signálu vyslaného (amplituda, frekvence, fáze), které vznikají při pohybu narušitele ve snímaném prostoru. Tyto změny signálu vznikají u tzv. Dopplerova jevu. [1]

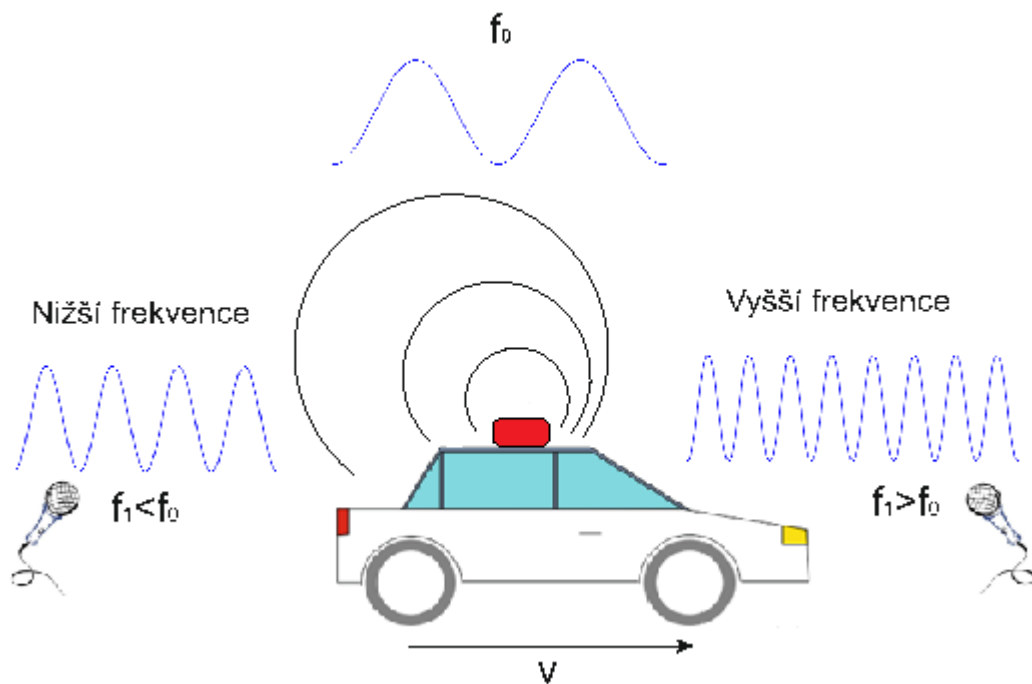
3.1 Dopplerův jev

Při vzájemném pohybu zdroje a přijímače signálu dochází ke změně frekvence a vlnové délky. Tuto změnu přijatého signálu oproti signálu vyslanému nám popisuje Dopplerův jev. Tento jev byl poprvé popsán v roce 1842 fyzikem a matematikem Christianem Andreasem Dopplerem (1803 - 1853).

Jestliže se zdroj, který vysílá akustický signál o určité frekvenci f_0 vůči přijímači nepohybuje, potom přijímač zaznamená stejnou frekvenci f_0 a vlnová délka takového signálu je daná vztahem:

$$\lambda = \frac{c}{f_0} = v \cdot T \quad (2)$$

Jestliže se zdroj nebo přijímač začne k pozorovateli přibližovat nebo oddalovat určitou rychlostí v , pak přijímač zaznamená frekvenci změněnou (vyšší nebo nižší) oproti frekvenci vyslané. Obecně platí, že pokud se zdroj signálu a přijímač k sobě navzájem přibližují, pak je přijatá frekvence vyšší než je frekvence původní. A naopak pokud se zdroj a přijímač od sebe vzdalují, potom je přijímaná frekvence nižší. Taková situace je znázorněna na obrázku č. 7. [6]



Obrázek 7: Znázornění Dopplerova jevu

Obecný vzorec Dopplerova jevu pro výpočet změny frekvence vzniklé vlivem pohybu:

$$f = f_0 \frac{c \pm v_p}{c \mp v_z} \quad (3)$$

Může zde nastat několik situací, které můžeme popsat těmito vztahy:

1) Zdroj akustického signálu je v klidu a přijímač se ke zdroji přibližuje nebo vzdaluje:

a. Přijímač se přibližuje ke zdroji:

$$f = f_0 \frac{c + v_p}{c} \quad (4)$$

b. Přijímač se od zdroje vzdaluje:

$$f = f_0 \frac{c - v_p}{c} \quad (5)$$

2) Přijímač akustického signálu je v klidu a zdroj se přibližuje nebo vzdaluje:

a. Zdroj signálu se k přijímači přibližuje:

$$f = f_0 \frac{c}{c - v_z} \quad (6)$$

b. Zdroj signálu se od přijímače vzdaluje:

$$f = f_0 \frac{c}{c + v_z} \quad (7)$$

3) Zdroj i přijímač signálu se navzájem pohybují:

a. Zdroj a přijímač se k sobě přibližují:

$$f = f_0 \frac{c + v_p}{c - v_z} \quad (8)$$

b. Zdroj a přijímač se od sebe vzdalují:

$$f = f_0 \frac{c - v_p}{c + v_z} \quad (9)$$

Kde:

f = přijatá frekvence

f_0 = frekvence vyslaná vysílačem (zdrojem signálu)

c = rychlost šíření zvuku (340m/s)

v_z = rychlost zdroje vůči přijímači

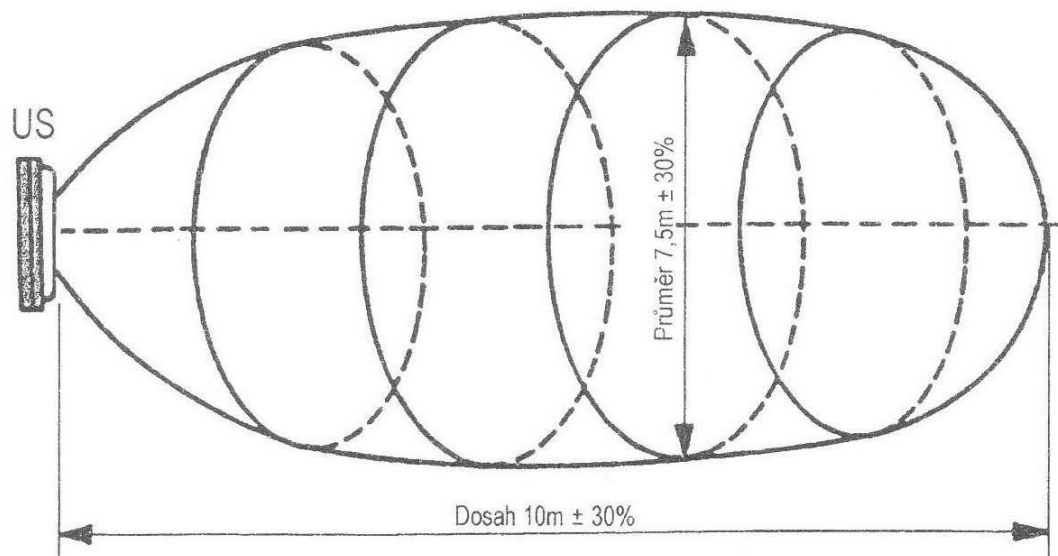
v_p = rychlost přijímače vůči zdroji

3.1.1 Dopplerův jev v elektroakustických detektorech

Jedná-li se o využití Dopplerova jevu v rámci elektroakustických detektorů, respektive v rámci ultrazvukových detektorů pohybu, pak může nastat pouze situace, kdy zdroj akustického signálu je v klidu a pohybuje se právě objekt, od kterého se signál odrazí zpět do přijímače, který je nejčastěji umístěn spolu v jednom pouzdře se zdrojem signálu.

3.2 Použití a montáž ultrazvukového detektoru

Abychom věděli, jakých chyb se můžeme dopustit při instalaci ultrazvukového detektoru, musíme vědět, na jakém principu detektor pracuje, jaký má dosah a detekční charakteristiku. Detekční charakteristika a tím i dosah je ovlivněn použitím zdroje a přijímače zvuku. V tomto případě bývá použit vysílač s piezoelektrickým krystalem a jako přijímač piezoelektrický měnič a to o frekvenci převážně 40 kHz. Typický příklad detekční charakteristiky ve volném prostředí je znázorněn na obrázku č. 8.



Obrázek 8: Detekční charakteristika US detektoru ve volném prostředí [4]

Z hlediska aplikace US detektoru je nutné znát základní informace:

- US detektor je instalován na místa, kde se předpokládá pravděpodobný pohyb narušitele a tento pohyb směřoval k detektoru nebo od něj,
- dosah nepřesahuje zpravidla 10 m,

- detektor může být ovlivněn prouděním vzduchu, pohybem závěsů nad topením nebo klimatizací v době střežení,
- v chráněném prostoru, kde jsou předměty absorbující zvuk (pěnové materiály, koberec, čalouněný nábytek, ...) se může výrazně snížit dosah detektoru,
- předměty, které jsou umístěny v dosahu detektoru až po jeho instalaci, mohou způsobovat falešné poplachy (nedoporučuje se instalovat ve skladech),
- otřesy budovy,
- instalace více US detektorů se doporučuje použít pouze tehdy, jsou-li vysílače synchronizovány nebo kmitočtově stálé tak, aby nebyl možný vzájemný negativní vliv. [5]

Nastavení US detektoru nám popisuje instalační manuál přímo k jednotlivým typům detektorů. U většiny těchto detektorů můžeme nastavit dosah, kdy vždy postupujeme od nejmenšího dosahu. Jakmile dosáhneme požadovaného pokrytí, dosah dále nezvětšujeme. V takovém případě máme ideálně nastavený dosah detektoru při minimální náchylnosti k falešným poplachům.

V rámci pravidelné údržby musíme kontrolovat, zda nebyly změněny akustické vlastnosti chráněného prostoru a to například změnami v interiéru jako jsou obklady stěn či stropu, žaluziemi, přemístěním nábytku. [8]

Ultrazvukové detektory jsou většinou používány v kombinaci s pasivními infračervenými detektory. Samostatné použití takového detektoru je spíše používáno v oblasti zabezpečení vnitřního prostoru motorových vozidel, kde tento detektor negativně neovlivňuje extrémně vysoká teplota nebo v zimním období teplota pod bodem mrazu a vysoká vlhkost. [7]

4 DETEKTORY ROZBITÍ SKLA

Patří do oblasti plášťové ochrany na ochranu stavebních otvorů osazených větší skleněnou plochou (okna, balkónové dveře, výlohy). Tyto detektory vyhodnocují charakteristický akustický zvuk během a po rozbití skla.

Detektory rozbití skla se dělí na:

- pasivní kontaktní detektory,
- pasivní bezkontaktní detektory,
- aktivní bezkontaktní detektory.

4.1 Pasivní kontaktní detektory

Tříštění skla vyvolává charakteristický zvuk, který se šíří sklem jako vlnění v pevném tělese. Toto vlnění zachycuje detektor, který je pevně spojen s plochou skla z důvodu nejmenší ztráty při přenosu zvuku. Vlnění je snímáno piezoelektrickým mikrofonem, který dokáže detekovat nejen rozbití skla, ale také jeho řezání. Snímané zvuky jsou dále vyhodnocovány elektronikou uvnitř detektoru.

4.2 Pasivní bezkontaktní detektory

Při rozbití skleněných ploch se nejprve sklo díky své pružnosti prohne a tím vznikne v místnosti prudká změna tlaku charakterizována jako zvuková vlna (infrazvuk). Ve druhé fázi při překonávání těchto skleněných ploch je jejich prasknutí a následný dopad na podlahu. Tím vznikne zvuk o vyšší frekvenci v pásmu od 12 – 15 kHz a trvá delší dobu než fáze první. Tento zvuk vznikne bezprostředně po první fázi. Tyto detektory jsou umístěny ve vhodné vzdálenosti od střežené skleněné plochy a analyzují zvuky, které se šíří vzduchem.

4.3 Aktivní bezkontaktní detektor rozbití skla

Tyto detektory se používají u nejvyššího stupně zabezpečení. Vysílají do prostoru akustický signál (ultrazvuk) a zpětně odražený signál je digitálně zpracovaný a porovnáván s vyslaným signálem. Podobně jako u ultrazvukových detektorů pohybu dochází za předpokladu rozbití skla ke změnám frekvence ultrazvukové vlny (Dopplerův jev). Principem je porovnání časového průběhu spektra rozdílné frekvence se vzorky uloženými v paměti přístroje odpovídajícími rozbití či řezání skla. [1]

4.4 Použití a montáž detektorů rozbití skla

Kontaktní detektory se používají převážně ke střežení neotevíratelných skleněných ploch. Detektor připevňujeme s dodržáním odstupe od hrany rámu přibližně 50 mm.

Bezkontaktní detektory se instalují především proti skleněné ploše (plochám). Při montáži je nutné brát v úvahu instrukce výrobce ohledně směrování snímacího prvku a hlavně uvedený maximální dosah detektoru s ohledem na konkrétní provedení skleněné plochy (tloušťka, provedení). K ověření funkčnosti těchto detektorů se používají speciální akustické testery, které obsahují digitální paměťový modul s uloženým zvukem tříštění skla.

Kritéria falešných poplachů

- detektory mohou být citlivé na dopravní ruch v podobě skřípavých zvuků,
- kontejner na sklo umístěný v blízkosti střežené plochy,
- pevně usazené a utěsněné skleněné plochy aby nemohly vibrovat,
- dodržet přímou viditelnost mezi detektorem a skleněnou plochou,
- detektor musí být umístěný s ohledem na detekční charakteristiku uvedenou výrobcem. [8]

5 MIKROFONNÍ (MIKROFONICKÉ) KABELY PRO POUŽITÍ V PLÁŠŤOVÉ OCHRANĚ

Podle způsobu zpracování signálu poplachové informace dělíme na:

- mikrofonní kabely s diskrétními snímacími prvky,
- mikrofonní kabely s rozloženými snímacími parametry.

5.1 Mikrofonní kabely s diskrétními snímacími prvky

Tyto kabely používáme na ochranu pláště budovy, které se zde instalují s použitím citlivých mikrofonů (převážně elektretové) na místech předpokládaného průniku narušitele (zdi, stropy, podlahy) nebo na ochranu trezorů v předmětové ochraně. Umisťují se buď na povrchu, nebo pod povrchem chráněné plochy. Po propojení snímačů je signál veden do vyhodnocovací jednotky, kde je porovnáván s klidovým stavem a při překročení prahové hodnoty je vyhodnocen jako poplach.

5.2 Mikrofonní kabely s rozloženými snímacími parametry

Tento systém využívá technologie detekce mikrofonním koaxiálním kabelem s rozloženými snímacími parametry, citlivými na mechanické namáhání, která odpovídá specifickým podmínkám při zabezpečení vnitřních prostor.

V tomto případě je snímacím prvkem tenký mikrofonní koaxiální kabel, který lze snadno umístit na zeď, uvnitř zdi či stropu, na střechy, atd. Připevňují se přímo na chráněný povrch do vhodného trubkového pouzdra použitého z důvodu zamezení jeho poškození, protože jsou velmi citlivé na mechanické namáhání. Pokud se narušitel bude pokoušet o překonání chráněné plochy, na které jsou umístěny detekční mikrofonní kabely, způsobí tím nepatrný pohyb tohoto kabelu.

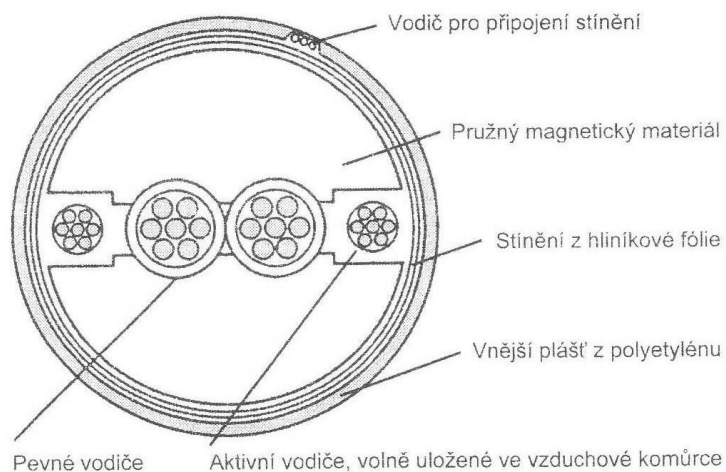
Jedna z možností využití elektromechanického jevu je triboelektrický efekt. Jde o signál vznikající uvnitř mikrofonního kabelu na základě tření jeho části při pohybu využívajícím přenosu náboje mezi vodiči uvnitř kabelu, čímž vznikne na konci kabelu střídavé napětí. Vyhodnocovací jednotka má potom za úkol zesilovat a analyzovat střídavý elektrický signál v akustickém frekvenčním pásmu odpovídajícím mechanickému buzení kabelu.

Snímané zvukové projevy jsou kmitočtově, časově a napěťově analyzovány a pak porovnány s nastavenými parametry, které jsou charakteristické pro narušení a převedeny

na elektrický signál. Těmito parametry mohou být záchvěvy nebo mechanické namáhání. Vyhodnocovací jednotky umožňují zpracování signálu z maximálně 600 m detekčního mikrofonního kabelu s konstantním rozdělením pravděpodobnosti detekce po celé délce.

Snímaný signál z detekčního kabelu je ve slyšitelném pásmu. Podle typu zvuku je možné pomocí vyhodnocovací jednotky posoudit, zda jde o skutečný poplach či poplach falešný.

Pro vysokou spolehlivost lze tento systém použít k zabezpečení objektů s vysokými stupni rizik. Jedná se například o banky, muniční sklady nebo trezorové místnosti.



Obrázek 9: Průřez mikrofonního koaxiálního kabelu [7]

6 MIKROFONNÍ (MIKROFONICKÉ) KABELY PRO POUŽITÍ V PERIMETRICKÉ OCHRANĚ

Primárně se mikrofonní kabely používají k perimetrické ochraně. Tento systém dokáže chránit pletivový, svařovaný plot apod. Při připevnění těchto kabelů k pevnému předmětu lze indikovat pokusy o průnik chráněnou plochou, řezání, demontáž, poškozování či neoprávněnou manipulaci s tímto kabelem. Tyto kabely se opět dělí na:

- mikrofonní kabely s diskrétními snímacími prvky,
- mikrofonní kabely s rozloženými snímacími parametry.

6.1 Mikrofonní kabely s diskrétními snímacími prvky

Snímacím prvkem je opět elektretový mikrofon instalovaný v liniovém provedení na drátěných plotech. Po propojení senzorů je signál sveden do vyhodnocovací jednotky a porovnáván s klidovým stavem, po překročení prahové hodnoty je signál vyhodnocen jako poplach. Samozřejmostí je ochrana proti vibraci pletiva, která vzniká vlivem působení povětrnostních podmínek. K tomu se využívá systém pro eliminaci těchto vlivů detekční meteorologickou jednotkou snímající rychlost větru a spolu s algoritmem vyhodnocení efektivně kompenzuje tyto nepříznivé vlivy. S tímto systémem se můžeme setkat spíše ve starších instalacích.

6.2 Mikrofonní koaxiální kabely s rozloženými snímacími parametry

Systém využívající snímání deformačních projevů, který je popsán výše v kapitole o mikrofonních kabelech pro použití v plášťové ochraně. Při namáhání těchto kabelů pohybem nebo vibracemi vzniká na jejich výstupu elektrický signál s průběhem charakterizujícím způsob namáhání. Signál je dále vyslán do vyhodnocovací jednotky, kde je zpracováván a procesorem je následně analyzován způsob narušení (přelézání, prostřívání).

Vyhodnocování poplachového signálu je řízeno tzv. adaptativním algoritmem uloženým v paměti EPROM, který umožňuje nastavit parametry digitálního obvodu podle skutečné situace překonávání plotu tak, že je na nejvyšší míru sníženo nebezpečí planých poplachů, které jsou způsobeny přírodními jevy nebo vlivy prostředí. Připojitelný senzor pro snímání okamžitých povětrnostních podmínek umožňuje přizpůsobit citlivost

vyhodnocovací jednotky aktuálnímu počasí, aniž by došlo ke snížení detekční schopnosti systému.

Vyhodnocovací jednotka je schopná sledovat až 300 m dlouhý chráněný úsek s přesností určení místa poplachu na 3 m. Instalace takového zařízení je velice snadná, protože ji lze velice rychle připevnit na plot pomocí plastických příchytek s roztečí 30 m. Při instalování na drátěné plochy je velmi nutné, aby byl takovýto plot stabilně upevněn tak aby se zamezilo vzniku vibrací způsobujících plané poplachy. Rizikovými planými poplachy mohou být:

- krupobití, sněhová vánice,
- silný déšť a vítr,
- vysoká zvěř.

7 POROVNÁNÍ ELEKTROAKUSTICKÝCH DETEKTORŮ S JINÝMI TYPY DETEKTORŮ

Porovnávat jednotlivé typy detektorů můžeme podle různých hledisek. Zaměřím se na porovnávání elektroakustických detektorů z hlediska použití detektorů a možných falešných poplachů. Každý detektor pracuje na různých fyzikálních principech a podle nich volíme typ detektoru pro konkrétní použití. Detektory nemůžeme použít všude z různých hledisek, např.: rušení, falešné poplachy atd.

Uvádím zde dvě tabulky, ve kterých porovnávám elektroakustické detektory s detektory jinými. První uvedená tabulka porovnává detektory pohybu, druhá tabulka porovnává detektory pro plášťovou ochranu.

7.1 Porovnání ultrazvukového detektoru s PIR detektorem pohybu

Tabulka 1: Porovnání US detektoru s PIR detektorem

	Dosah	Možnost použití více detektorů v místnosti	Počet falešných poplachů
Ultrazvukový detektor	10 m	Nedoporučuje se	4
PIR detektor	Standard: 15 m Dlouhý dosah: 30 m	ANO – neovlivňují se	5

Možné příčiny falešných poplachů u ultrazvukového detektoru:

- proudění vzduchu,
- zavěšené předměty (zavěsy, žaluzie),
- otřesy budovy (drnčení oken),
- zvířata.

Možné příčiny falešných poplachů u PIR detektoru:

- osvětlení automobilů, sluneční záření,
- ventilace, klimatizace, proudění vzduchu,
- zavěšené předměty (zavěsy, žaluzie),
- zvířata (myši, ptáci, psi, kočky),
- podlahové vytápění.

7.2 Porovnání detektorů tříštění skla s magnetickými kontakty

Tabulka 2: Porovnání detektorů tříštění skla s magnetickými kontakty

	Dosah	Počet chráněných ploch v místnosti	Počet falešných poplachů
Detektory tříštění skla	9 m	Ochrana více skleněných ploch	3
Magnetické kontakty	-	Ochrana jedné skleněné plochy či dveří	1

Možné příčiny falešných poplachů u detektorů tříštění skla:

- detektory mohou být citlivé na dopravní ruch v podobě skřípavých zvuků,
- kontejner na sklo umístění v blízkosti střežené plochy,
- vibrace skleněných ploch.

Možné příčiny falešných poplachů u magnetických kontaktů:

- drnčení oken

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY PRO LABORATORNÍ ÚLOHY

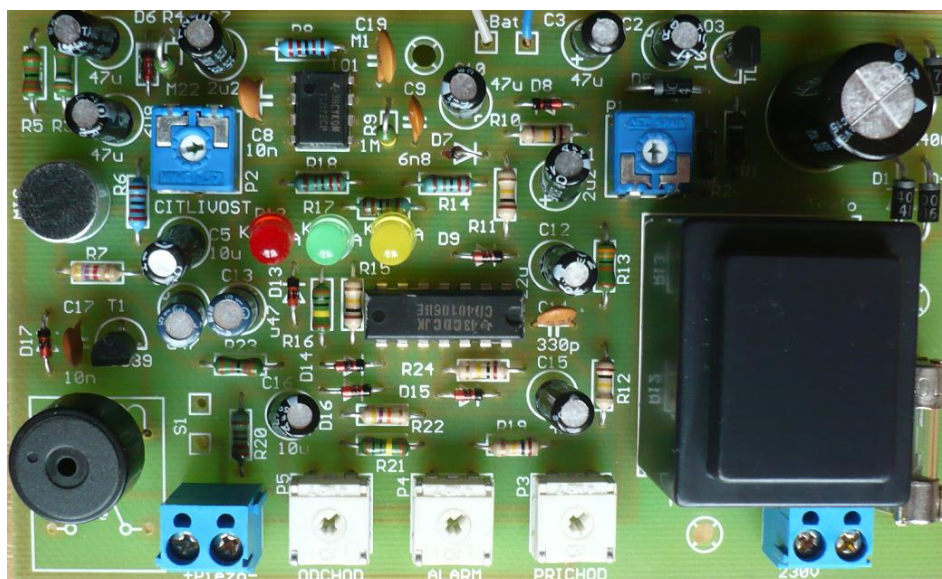
Pro vytvoření laboratorní úlohy do předmětu Technické prostředky bezpečnostního průmyslu pro obor Bezpečnostní technologie systémy a management jsem zvolil a následně realizoval dva typy detektorů:

- 1) Akustický tlakový detektor
- 2) Ultrazvukový detektor

8.1 Akustický tlakový detektor

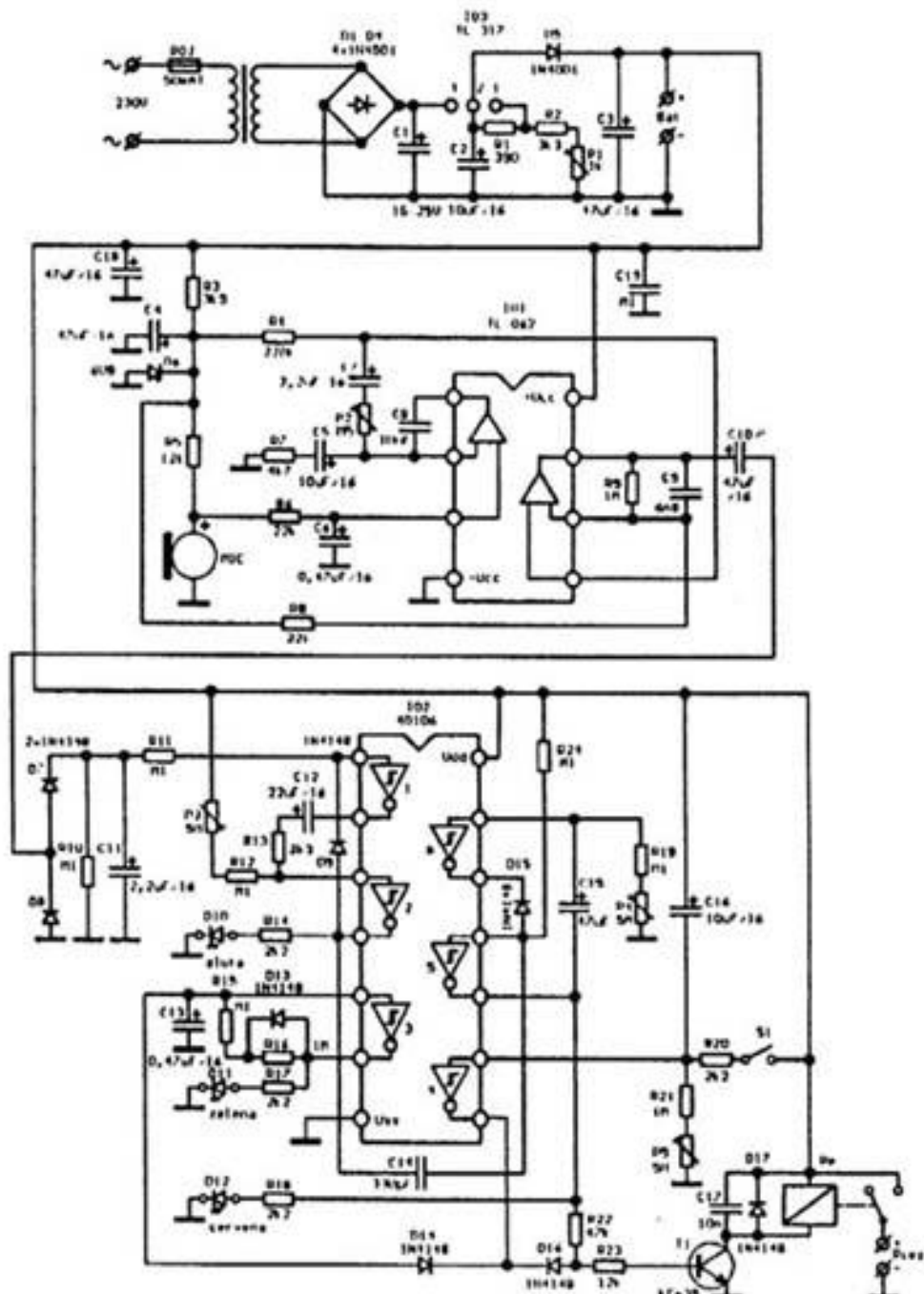
8.1.1 Popis zařízení

Jedná se o stavebnici zakoupenou v prodejně GES electronics. Tento akustický detektor snímá pomocí elektretového mikrofону tlakovou vlnu vznikající při vyražení nebo otevření okna či dveří. Při této situaci vznikne v místnosti prudká změna tlaku vzduchu, která se projeví jako zvuk o velmi nízké frekvenci. Zvuk je snímán mikrofónem a dále je tento signál zesílen a zpracován dalšími obvody. Z popisu vyplývá to, že tento detektor lze použít pouze v uzavřených prostorách. Citlivost zařízení lze regulovat podle potřeby. Je možné nastavit i jednotlivé časové úseky - dobu odchodu, aktivace a poplachu. Přístroj můžeme napájet přímo ze sítě (230 V) nebo z baterie (12 V). Při napájení ze sítě můžeme zajistit i dobíjení záložního akumulátoru. Kvůli bezpečnosti budeme pracovat pouze s 12 V akumulátorem.



Obrázek 10: Akustický tlakový detektor

8.1.2 Schéma zapojení



Obrázek 11: Schéma zapojení tlakového detektoru [9]

8.1.3 Popis funkce

Zařízení je možné rozdělit do tří částí:

- Zdroj napájecího napětí
- Vstupní část
- Vyhodnocovací část

1) Zdroj napájecího napětí

Jako základ zdroje je použit síťový transformátor s převodem z 230V na 12V / 0,1A. Samozřejmě je zde jištění 50mA trubičkovou pojistkou v primárním obvodu. Napětí z transformátoru je poté usměrněno v diodovém můstku diodami D1 až D4 a dále je vyfiltrováno kondenzátorem C1. Dioda D5 má zde ochrannou funkci, aby nedocházelo k vybíjení baterie při odpojení síťového napětí. Tato baterie je připojena paralelně k výstupu zdroje a má záložní funkci.

2) Vstupní část

Nejdůležitější součástí vstupního obvodu je mikrofonní elektretová vložka MCE 100 (v DPS označená jako MIC). Tímto prvkem je snímána změna tlaku vzduchu v místnosti. Citlivost tohoto mikrofonu je 5 mV/Pa. Signál z mikrofonu je veden přes dolní propust tvořenou R6 a C6 na neinvertující vstup jedné poloviny dvojitého operačního zesilovače IO1 (TL 062) tvořícího pásmovou propust pro nízké kmitočty. Signál je dále veden do druhé poloviny IO1, která je zapojena jako zesilovač. Mimo to, že IO1 vybírá jen určité frekvence, ještě se v něm signál zesílí. Na výstupu je zapojen zdvojovač napětí tvořený kondenzátorem C10, C11, diodami D7 a D8. Na tom se signál usměrní a bude mít téměř dvojnásobnou hodnotu. Nakonec je signál veden do třetí části a tou je vyhodnocovací obvod.

3) Vyhodnocovací obvod

Tento obvod se skládá z několika postupně spuštěných monostabilních klopných obvodů. Tyto klopné obvody jsou tvořeny integrovaným obvodem IO2, který tvoří 6 invertorů obsahujících na vstupu Schmittův klopný obvod, to znamená, že pro překlopení do log. 0 je prahové napětí větší, než prahové napětí pro překlopení do log. 1. Rozdíl těchto napětí se nazývá hystereze. Signál ze vstupní části je přiveden na MKO1 (invertor 1 a 2), který určuje délku doby aktivace, tj. doba než se spustí poplach. Doba aktivace zařízení

respektive příchodu, lze nastavit trimrem P3 označený na DPS jako PŘÍCHOD. Jedná se o dobu, do které musíme zařízení po příchodu deaktivovat, aby nedošlo k poplachu, tento stav je indikován žlutou LED diodou D10. Poté se impulsem z MKO1 přes C14 spustí MKO2 (invertor 5 a 6), ten nám určuje dobu poplachu – indikováno červenou LED diodou D12. V případě vyvolání alarmu se spustí současně i piezo siréna. Zelená LED dioda D11 nám bliká (tvořeno invertorem 3), pokud je zařízení v aktivním režimu. [9]

8.2 Ultrazvukový detektor

8.2.1 Popis zařízení

Druhý typ pro vytvoření laboratorní úlohy jsem zvolil ultrazvukový detektor pohybu, který jsem sestavoval podle schématu zapojení uvedeného v Praktické elektronice A Radio. Tento detektor využívá Dopplerův jev. Z toho vyplývá, že pokud zdroj signálu vysílá ultrazvukové vlny do prostoru, ve kterém se objeví pohybující se těleso, od kterého se vlny odrazí, potom je přijatý kmitočet oproti vyslanému rozdílný v závislosti na pohybu tělesa. Pokud se těleso bude pohybovat směrem od detektoru, přijatá frekvence bude nižší a naopak. Přijímací část detektoru zpracovává směs vysílaného a všech odražených kmitočtů.

Jako vysílač a přijímač je použit ultrazvukový vysílač a přijímač s pracovním kmitočtem 40 kHz. Vysílač je tvořen obvodem 4047, pracujícím v astabilním režimu. Trimrem P1 můžeme nastavit kmitočet vysílaného signálu. Pro stabilizaci kmitočtu je napájecí napětí stabilizováno obvodem 78L09. V přijímací části je použit čtyřnásobný operační zesilovač. Průchodu rušivých signálů nízkého kmitočtu brání kondenzátory C10 a C11. Vyšší kmitočty jsou filtrovány kondenzátorem C12. Časová konstanta filtru je taková, že propustí signál o kmitočtu několika Hz vzniklý interferencí přijímaných kmitočtů.

Diody D5 a D6 slouží jako ochrana T2 proti přepólování napětí a případným indukčním špičkám.

8.2.2 Zprovoznění (oživení) detektoru

Toto nastavení není potřeba realizovat pokaždé při měření laboratorní úlohy, ale jen za předpokladu, že dojde k pootočení trimru P1, kterým se nastavuje pracovní kmitočet vysílače X1.

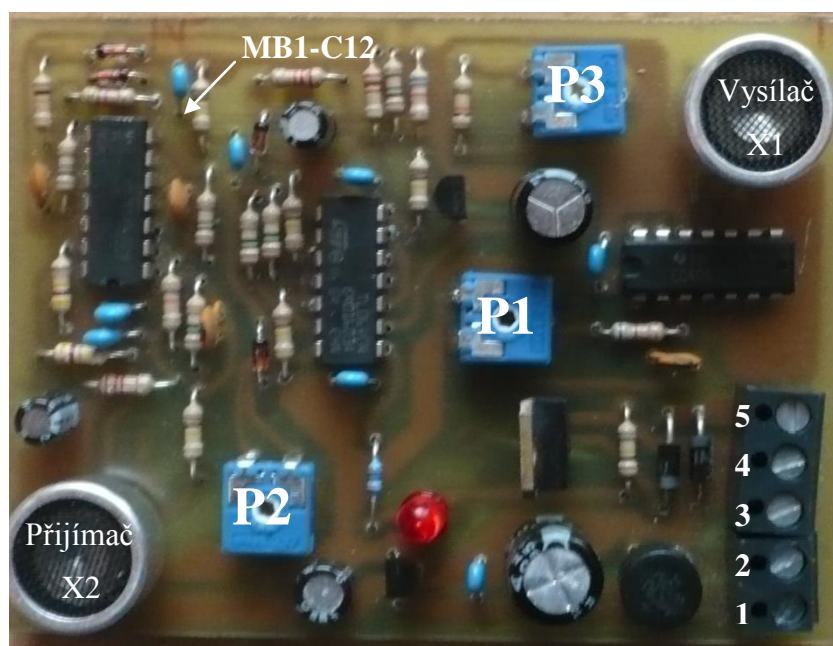
Před připojením napájecího napětí nastavíme trimry P1 a P2 do střední polohy, trimr P3 pak na minimum (otáčením běžce proti směru hodinových ručiček). Poté můžeme detektor připojit k napájecímu napětí a to v rozmezí od 12 V do 15 V (svorka označená číslem 1,2). Na polaritě v tomto případě nezáleží, je možné použít i střídavé napětí. Pokud máme připojené napájecí napětí, můžeme přistoupit k samostatnému měření, kdy potřebujeme mít mezi měřicím bodem MB1 (kondenzátor C12 - označený ve schématu zapojení) a záporném napětí (můžeme využít svorku č. 4) co největší napájecí napětí. Otáčením trimru P1 nastavíme kmitočet vysílače a to tak, že mezi těmito body nastavíme asi 4V. Musíme mít na zřeteli, že pokud při nastavování tohoto napětí použijeme kovový šroubovák, pak můžeme způsobit změnu kmitočtu oscilátoru. Stejně tak by neměla být v prostoru, kde detektor vysílá a přijímá ultrazvukové vlny ani naše ruka, či jiné pohybující se těleso. Po tomto nastavení napětí by měl být detektor plně funkční. Trimrem P3 si můžeme nastavit požadovanou citlivost zařízení, která se nastavuje a zkouší při minimální vybavovací době, abychom lehce poznali, kde detektor reaguje na pohyb [4]. Poplach je v tomto případě signalizován červenou LED diodou.

Uváděný dosah v návodu na sestavení detektoru je až 10 metrů, po odzkoušení se však maximální délka dosahu pohybovala jen okolo 4 metrů. [10]

8.2.3 Technické údaje ultrazvukového detektoru

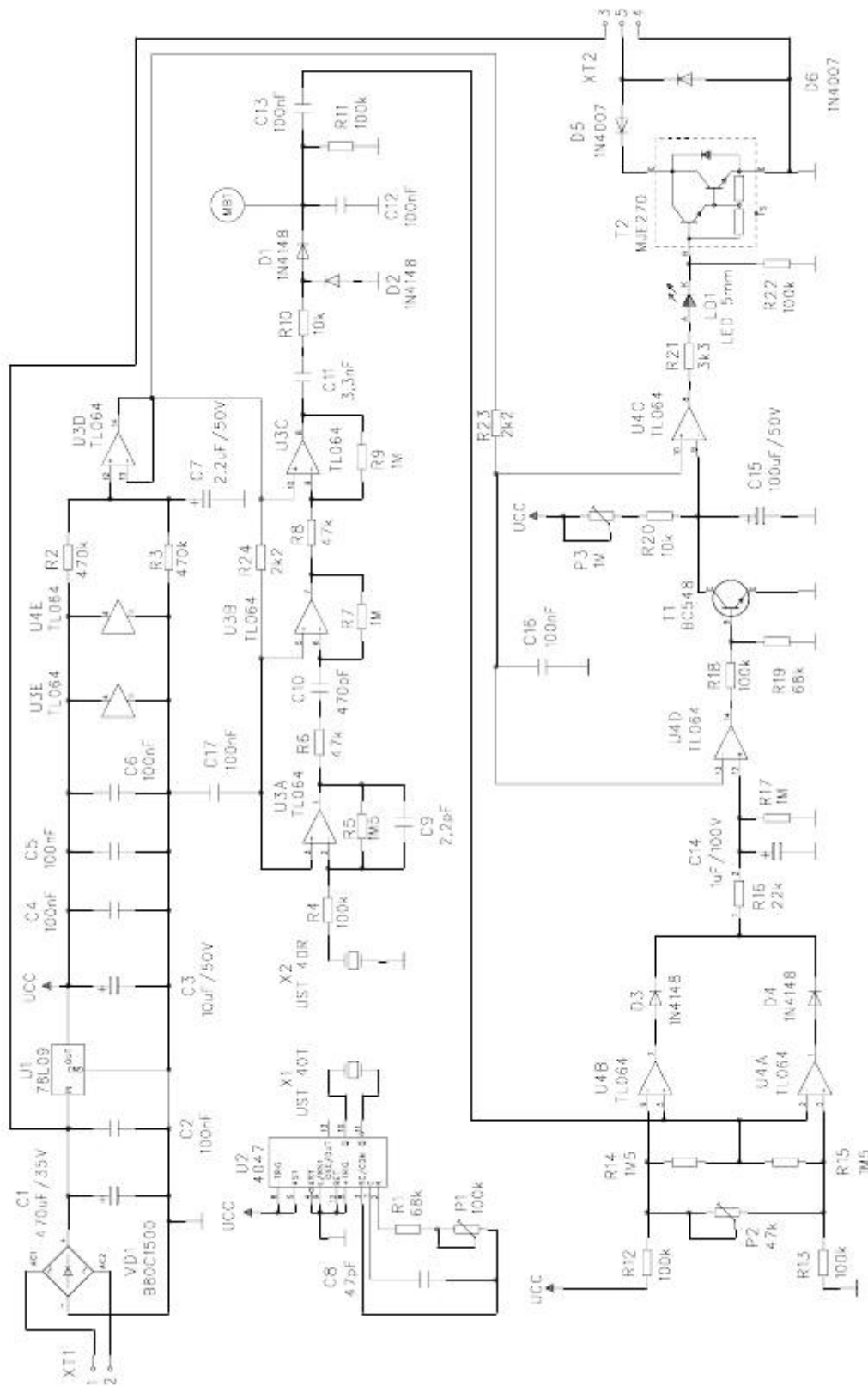
Tabulka 3: Technické údaje ultrazvukového detektoru

Rozměry:	70 x 94 mm
Napájecí napětí:	11-30 V (ss), 10-22 V (st)
Odběr proudu v klidu:	8 mA
Odběr proudu při spuštěném alarmu:	10 mA
Doba spuštění alarmu:	2 – 80 s
Pracovní kmitočet:	40 kHz \pm 1 kHz
Zatížení výstupu:	0,5 A/90 V
Dosah detektoru:	4 m



Obrázek 12: Ultrazvukový detektor

8.2.4 Schéma zapojení



Obrázek 13: Schéma zapojení ultrazvukového detektoru [10]

9 LABORATORNÍ ÚLOHA PRO ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY

TEORETICKÁ ČÁST

- 1) Napište obecný vzorec pro Dopplerův jev:

- 2) Z obecného vzorce pro Dopplerův jev určete následující situace, kdy zdroj i přijímač se pohybují. Napište tyto vztahy:
 - a) **Zdroj a přijímač zvuku se navzájem přibližují:**

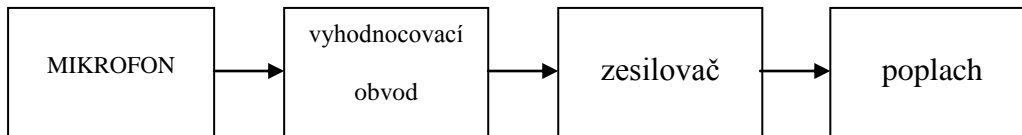
 - b) **Zdroj a přijímač se navzájem oddalují:**

- 1) Po silnici jede policejní automobil rychlostí 72 km/h se zapnutou sirénou o frekvenci 4 kHz. Automobil projede kolem stojícího chodce. Určete, jakou frekvenci zachytí chodec před a po průjezdu automobilu. Rychlost zvuku uvažujte 340 m/s. Situaci nejprve řešte obecnými vztahy a znázorněte ji pomocí obrázku.

Praktická část

Akustický tlakový detektor

1) Blokové schéma zapojení tlakového detektoru



2) Princip činnosti detektoru

Akustický detektor snímá pomocí elektretového mikrofону tlakovou vlnu vznikající při vyražení nebo otevření okna či dveří. Při této situaci vznikne v místnosti prudká změna tlaku vzduchu, která se projeví jako zvuk o velmi nízké frekvenci. Zvuk je snímán elektretovým mikrofonom. Dále je přijatý signál zesílen a zpracován dalšími obvody. Z popisu této stavebnice vyplývá to, že detektor lze použít pouze v uzavřených prostorách.

Zadání laboratorní úlohy:

1) Seznamte se s akustickým tlakovým detektorem

2) Oživte tlakový detektor

Připojte detektor na 12 V akumulátor. Dejte pozor na správnou POLARITU (kladný pól + (červený drát), záporný pól - (černý drát)). Detektor je v aktivním stavu pokud začne blikat zelená LED dioda.

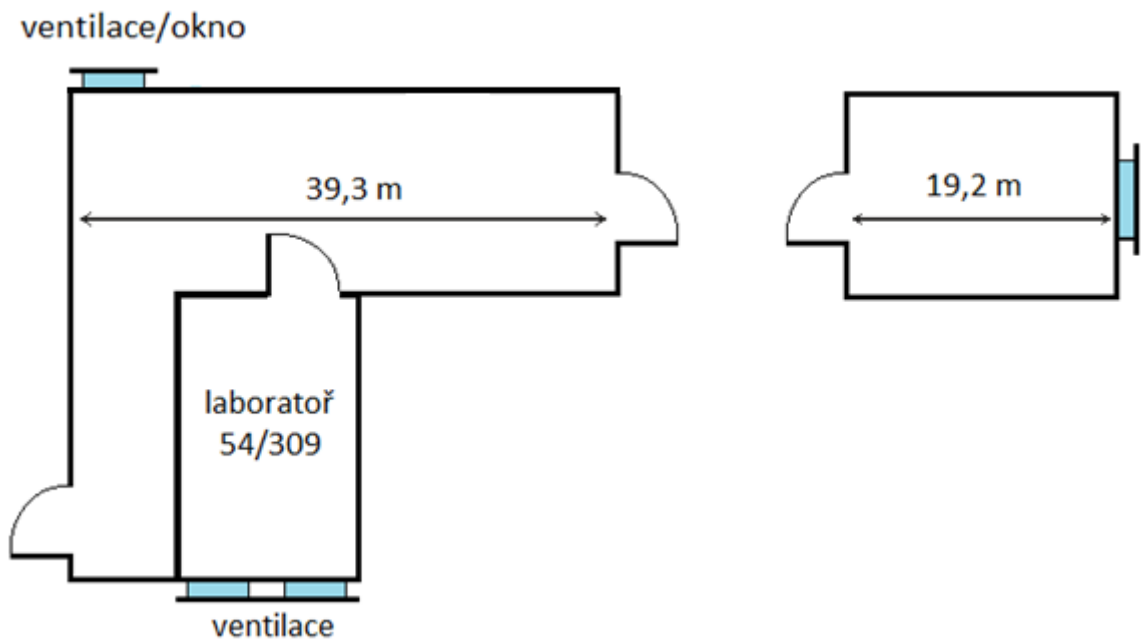
3) Ověřte funkčnost detektoru a nastavte na nejvyšší citlivost

Trimr, na desce plošného spoje označený jako CITLIVOST P2, nastavte tak, aby citlivost přístroje byla nejvyšší. Činnost zařízení vyzkoušejte otevřením okna nebo dveří v laboratoři. Detektor nejprve zareaguje rozsvícením oranžové LED diody, po chvíli se současně rozsvítí červená LED dioda (signalizující alarm) a spustí se siréna.

4) Ověřte citlivost (dosah) zařízení

Zjistěte, na jak velkou vzdálenost je schopno zařízení reagovat na otevření různých dveří v laboratoři a na chodbách umístěných na patře, popřípadě o poschodí níže. Začínajte od nejmenší místnosti (laboratoř, menší chodba na patře, chodba před laboratoří - viz obrázek). Při tomto měření musí být dveře a okna na chodbách uzavřeny. Zkoumejte dosah detektoru od všech zakreslených zdrojů akustického signálu (ventilace, okna, dveře), které jsou zakresleny na obrázku. Detektor postupně

posunujte směrem od zdroje akustického signálu až na konec chodby a zjistěte dosah a reakci detektoru na různá otevření ventilací, oken a dveří. Tím zjistíte, jestli je možné tento detektor použít i na chodbu dlouhou 39,3 m. Zakreslete, kde by bylo nejvýhodnější tento detektor nainstalovat, pokud bychom chtěli takovouto chodbu chránit tímto detektorem. Výsledky měření zakreslete.



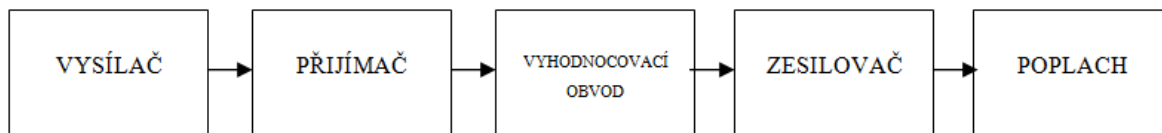
Obrázek 14: Vyznačení měřených místností pro měření laboratorní úlohy

Výsledek měření:

5) Napište, jaké výhody či nevýhody má tento akustický tlakový detektor

Ultrazvukový detektor

1) Blokové schéma zapojení ultrazvukového detektoru



2) Princip činnosti detektoru

Podstatou činnosti ultrazvukového detektoru je využití Dopplerova jevu. Z toho vyplývá, že pokud zdroj signálu vysílá ultrazvukové vlny do prostoru, ve kterém se objeví pohybující se těleso, od kterého se vlny odrazí, potom přijatý kmitočet oproti vyslanému je rozdílný v závislosti na pohybu tělesa. Pokud se těleso bude pohybovat směrem od detektoru, přijatá frekvence bude nižší a naopak. Přijímací část detektoru zpracovává směs vysílaného a všech odražených kmitočtů. Vysílač i přijímač pracuje na frekvenci s kmitočtem 40 kHz.

Zadání laboratorní úlohy:

1) Seznamte se s ultrazvukovým detektorem

2) Oživte ultrazvukový detektor

Připojte detektor na 12 V akumulátor. Na polaritě v tomto případě nezáleží. Ujistěte se, zda mezi svorkou číslo 4 a kondenzátorem číslo C 12 je nastaveno největší napětí (asi 4 V – při měření nesmí být před detektorem naše pohybující se ruka). Pokud je mezi těmito body napětí okolo 4 V můžete tento krok přeskočit a věnovat se měření detekční charakteristiky detektoru.

Pokud je napětí odlišné (menší jak 4 V), musíme provést nastavení pracovního kmitočtu vysílače X1. Připojený akumulátor odpojme na napětí a trimry P1 a P2 nastavíme do střední polohy, trimr P3 pak na minimum (otáčením běžce proti směru hodinových ručiček). Poté můžeme detektor opět připojit k napájecímu napětí. Pokud máme připojené napájecí napětí, můžeme přistoupit k samostatnému měření, kdy potřebujeme mít mezi měřícím bodem MB1 (kondenzátor C12 - označený ve schématu zapojení) a záporném napětí (můžeme využít svorku č. 4) co největší napájecí napětí. Otáčením trimru P1 nastavíme kmitočet vysílače a to tak, že mezi těmito body nastavíme asi 4V. Musíme mít na zřeteli, že pokud při nastavování tohoto napětí použijeme kovový šroubovák, pak můžeme způsobit změnu kmitočtu oscilátoru. Stejně tak by neměla být

v prostoru, kde detektor vysílá a přijímá ultrazvukové vlny ani naše ruka, či jiné pohybující se těleso. Po tomto nastavení napětí by měl být detektor plně funkční. Trimrem P3 si můžeme nastavit požadovanou citlivost zařízení, která se nastavuje a zkouší při minimální vybavovací době, abychom lehce poznali, kam a jak detektor reaguje na pohyb. Alarm je potom signalizován červenou LED diodou.

3) Zjistěte a poté nakreslete detekční charakteristiku ultrazvukového detektoru

4) Napište, jaké příčiny falešných poplachů mohou u ultrazvukového detektoru nastat

10 VYPRACOVANÁ LABORATORNÍ ÚLOHA PRO ELEKTROAKUSTICKÉ DETEKTORY

TEORETICKÁ ČÁST

1) Napište obecný vzorec pro Dopplerův jev:

$$f = f_0 \frac{c \pm v_p}{c \mp v_z}$$

2) Z obecného vzorce pro Dopplerův jev určete následující situace, kdy zdroj i přijímač se pohybují. Napište tyto vztahy:

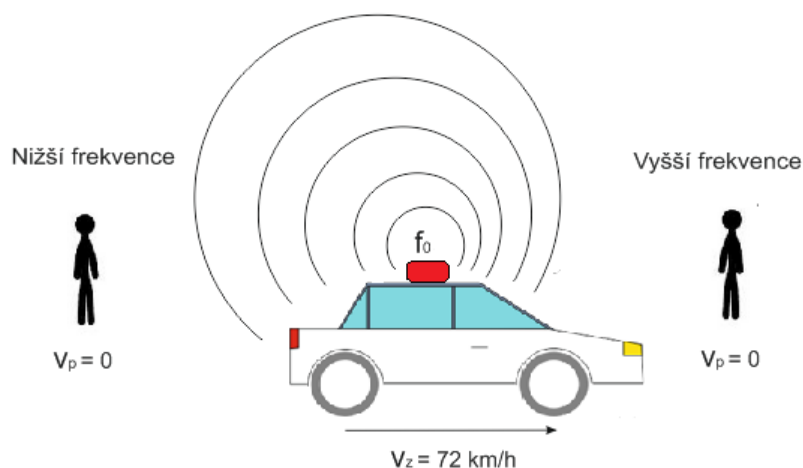
a) Zdroj a přijímač zvuku se navzájem přibližují:

$$f = f_0 \frac{c + v_p}{c - v_z}$$

b) Zdroj a přijímač se navzájem oddalují:

$$f = f_0 \frac{c - v_p}{c + v_z}$$

3) Po silnici jede policejní automobil rychlostí 72 km/h se zapnutou sirénou o frekvenci 4 kHz. Automobil projede kolem stojícího chodce. Určete, jakou frekvenci zachytí chodec před a po průjezdu automobilu. Rychlost zvuku uvažujte 340 m/s. Situaci nejprve řešte obecnými vztahy a znázorněte ji pomocí obrázku.



Obrázek 15: Znázornění situace ze 3. příkladu

$$v_z = 72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_p = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$f_0 = 4 \text{ kHz} = 4\,000 \text{ Hz}$$

$$c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- 1) Výpočet frekvence, kterou zachytí chodec před průjezdem policejního automobilu:

$$f = f_0 \frac{c \pm v_p}{c \mp v_z} \Rightarrow f = f_0 \frac{c}{c - v_z} = 4\,000 \frac{340}{340 - 20} = 4\,250 \text{ Hz} = \mathbf{4,25 \text{ kHz}}$$

Chodec zachytí před průjezdem automobilu akustický zvuk o frekvenci 4,25 kHz.

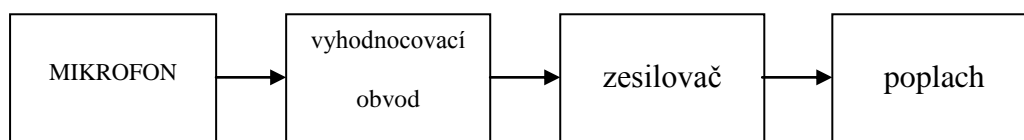
- 2) Výpočet frekvence, kterou zachytí chodec po průjezdu policejního automobilu:

$$f = f_0 \frac{c \pm v_p}{c \mp v_z} \Rightarrow f = f_0 \frac{c}{c + v_z} = 4\,000 \frac{340}{340 + 20} = 3\,777,7 \text{ Hz} \cong 3\,778 \text{ Hz} \\ = \mathbf{3,778 \text{ kHz}}$$

Chodec zachytí po průjezdu automobilu akustický zvuk o frekvenci 3,778 kHz.

Popis akustického tlakového detektoru

- 1) Blokové schéma zapojení tlakového detektoru



- 2) Princip činnosti detektoru

Akustický detektor snímá pomocí elektretového mikrofónu tlakovou vlnu vznikající při vyražení nebo otevření okna či dveří. Při této situaci vznikne v místnosti prudká změna tlaku vzduchu, která se projeví jako zvuk o velmi nízké frekvenci. Zvuk je snímán elektretovým mikrofónem. Dále je přijatý signál zesílen a zpracován dalšími obvody. Z popisu této stavebnice vyplývá to, že detektor lze použít pouze v uzavřených prostorách.

Zadání laboratorní úlohy:**1) Seznamte se s akustickým tlakovým detektorem****2) Oživte tlakový detektor**

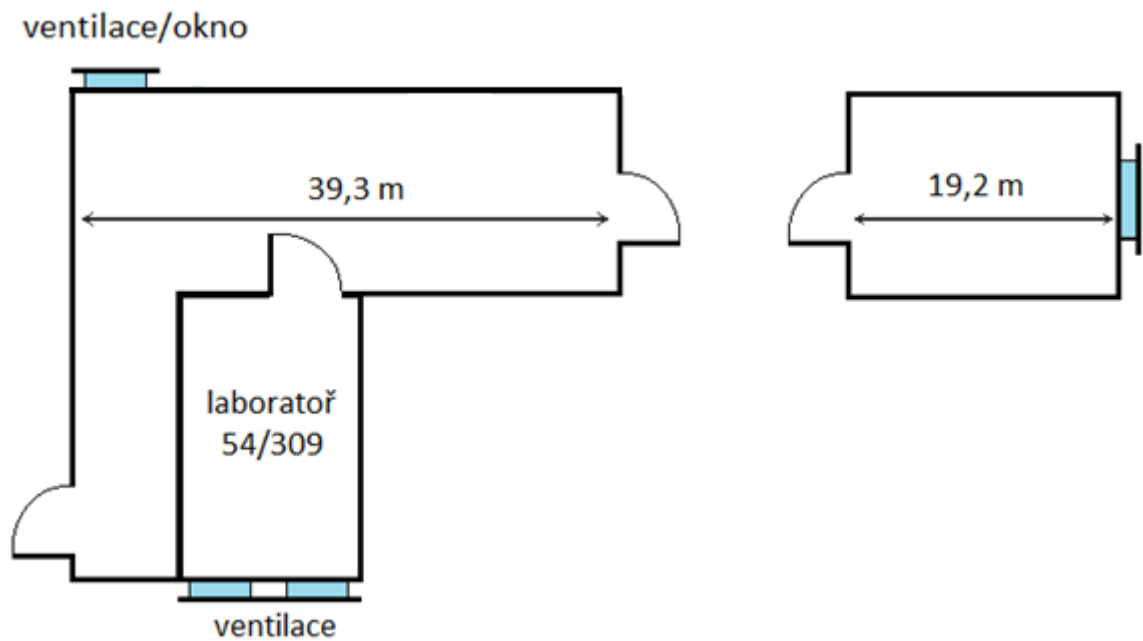
Připojte detektor na 12 V akumulátor. Dejte pozor na správnou POLARITU (kladný pól + (červený drát), záporný pól - (černý drát)). Detektor je v aktivním stavu pokud začne blikat zelená LED dioda.

3) Ověřte funkčnost detektoru a nastavte na nejvyšší citlivost

Trimr, na desce plošného spoje označený jako CITLIVOST P2, nastavte tak, aby citlivost přístroje byla nejvyšší. Činnost zařízení vyzkoušejte otevřením okna nebo dveří v laboratoři. Detektor nejprve zareaguje rozsvícením oranžové LED diody, po chvíli se současně rozsvítí červená LED dioda (signalizující alarm) a spustí se siréna.

4) Ověřte citlivost (dosah) zařízení

Zjistěte, na jak velkou vzdálenost je schopno zařízení reagovat na otevření různých dveří v laboratoři a na chodbách umístěných na patře, popřípadě o poschodí níže. Začínajte od nejmenší místnosti (laboratoř, menší chodba na patře, chodba před laboratoří - viz obrázek). Při tomto měření musí být dveře a okna na chodbách uzavřeny. Zkoumejte dosah detektoru od všech zakreslených zdrojů akustického signálu (ventilace, okna, dveře), které jsou zakresleny na obrázku. Detektor postupně posunujte směrem od zdroje akustického signálu až na konec chodby a zjistěte dosah a reakci detektoru na různá otevření ventilací, oken a dveří. Tím zjistíte, jestli je možné tento detektor použít i na chodbu dlouhou 39,3 m. Zakreslete, kde by bylo nejvýhodnější tento detektor nainstalovat, pokud bychom chtěli takovouto chodbu chránit tímto detektorem. Výsledky měření zakreslete.

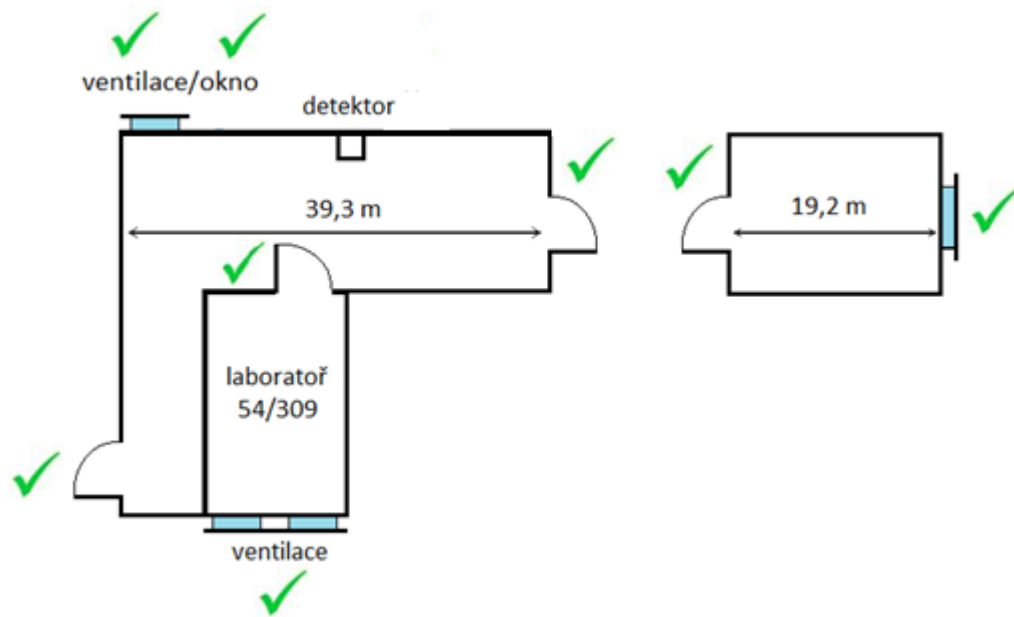


Obrázek 16: Vyznačení měřených místností pro měření laboratorní úlohy

Výsledek měření:

Akustický detektor tlaku při nastavení na nejvyšší citlivost reagoval na všechny okna a dveře v laboratoři i na chodbě. Při měření největší vzdálenosti dosahu detektor špatně reagoval na otevření ventilace na delší chodbě před laboratoří. Pokud se tato ventilace ovšem otevřela rychleji, tak detektor spustil alarm i na vzdálenost 39,3 m. Z měření tedy vyplývá, že tento detektor můžeme použít na chránění i této delší chodby. Detektor by se v tomto případě umístil uprostřed hlídaného objektu.

Jednotlivá měření se mohou měnit v závislosti na nastavení citlivosti detektoru.



Obrázek 17: Zakreslení použití detektoru a výsledek měření

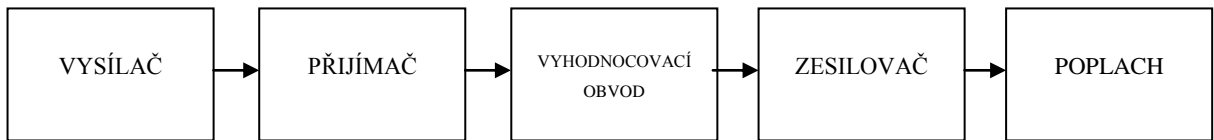
5) Napište, jaké výhody či nevýhody má tento detektor změny tlaku

Výhody: Jeden detektor umožňuje střežení otevření nebo vyražení jak oken, tak i dveří zároveň. Nepotřebujeme tedy několik typů detektorů, např. kontaktní detektor + detektor tříštění skla. Můžeme tak zabezpečit například celý byt jediným detektorem.

Nevýhody: Mohou nastat falešné poplachu při špatném nastavení citlivosti. Při velmi pomalém otevření okna či dveří detektor nevyhlásí poplach.

Ultrazvukový detektor

1) Blokové schéma zapojení ultrazvukového detektoru



2) Princip činnosti detektoru

Podstatou činnosti Ultrazvukového detektoru je využití Dopplerova jevu. Z toho vyplývá, že pokud zdroj signálu vysílá ultrazvukové vlny do prostoru, ve kterém se objeví pohybující se těleso, od kterého se vlny odrazí, potom přijatý kmitočet oproti vyslanému je rozdílný v závislosti na pohybu tělesa. Pokud se těleso bude pohybovat směrem od detektoru, přijatá frekvence bude nižší a naopak. Přijímací část detektoru zpracovává směs vysílaného a všech odražených kmitočtů. Vysílač i přijímač pracuje na frekvenci s kmitočtem 40 kHz.

Zadání laboratorní úlohy:

1) Seznamte se s ultrazvukovým detektorem

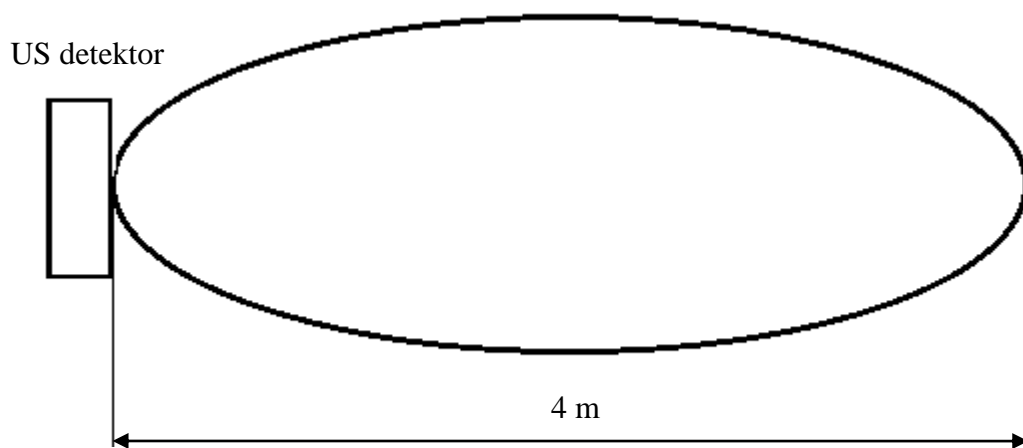
2) Oživte ultrazvukový detektor

Připojte detektor na 12 V akumulátor. Na polaritě v tomto případě nezáleží. Ujistěte se, zda mezi svorkou číslo 4 a kondenzátorem číslo C 12 je nastaveno největší napětí (asi 4 V – při měření nesmí být před detektorem naše pohybující se ruka). Pokud je mezi těmito body napětí okolo 4 V můžete tento krok přeskočit a věnovat se měření detekční charakteristiky detektoru.

Pokud je napětí odlišné (menší jak 4 V), musíme provést nastavení pracovního kmitočtu vysílače X1. Připojený akumulátor odpojíme na napětí a trimry P1 a P2 nastavíme do střední polohy, trimr P3 pak na minimum (otáčením běžce proti směru hodinových ručiček). Poté můžeme detektor opět připojit k napájecímu napětí. Pokud máme připojené napájecí napětí, můžeme přistoupit k samostatnému měření, kdy potřebujeme mít mezi měřícím bodem MB1 (kondenzátor C12 - označený ve schématu zapojení) a záporném napětí (můžeme využít svorku č. 4) co největší napájecí napětí. Otáčením trimru P1 nastavíme kmitočet vysílače a to tak, že mezi těmito body nastavíme asi 4V. Musíme mít na zřeteli, že pokud při nastavování tohoto napětí použijeme kovový

šroubovák, pak můžeme způsobit změnu kmitočtu oscilátoru. Stejně tak by neměla být v prostoru, kde detektor vysílá a přijímá ultrazvukové vlny ani naše ruka, či jiné pohybující se těleso. Po tomto nastavení napětí by měl být detektor plně funkční. Trimrem P3 si můžeme nastavit požadovanou citlivost zařízení, která se nastavuje a zkouší při minimální vybavovací době, abychom lehce poznali, kam a jak detektor reaguje na pohyb. Alarm je potom signalizován červenou LED diodou.

3) Zjistěte a poté nakreslete detekční charakteristiku a maximální dosah ultrazvukového detektoru



4) Napište, jaké příčiny falešných poplachů mohou u ultrazvukového detektoru nastat

Ultrazvukový detektor může vyhlásit poplach v případě pohybu závěsů nad topením nebo klimatizací, zavěšených předmětů, otřesů budov a poletujícího hmyzu v době střežení. Správné nastavení citlivosti, dosahu detektoru a jeho umístění je velmi důležité pro co největší omezení rizik falešných poplachů.

11 VYHODNOCENÍ NÁROČNOSTI NA VYPRACOVÁNÍ LABORATORNÍCH ÚLOH Z PODLEDU STUDENTA

Navržená laboratorní úloha pro elektroakustické detektory by studentům druhého ročníku oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management neměla dělat větší potíže. Jsou navrženy tak, aby byly osvojeny základní principy funkčnosti ultrazvukového detektoru a akustického detektoru tlaku. Jedná se o detektory používané v oblasti průmyslu komerční bezpečnosti. První část laboratorní úlohy je tvořena výpočtem příkladu. Druhá část tvoří samostatné měření jednotlivých typů detektorů.

Na tuto laboratorní úlohu se studenti nemusejí nijak zvlášť dopředu připravovat, pouze jim plně postačí, když si před měřením konkrétního detektoru přečtou postup pro měření úlohy a potom ji zrealizují měřením, popřípadě zaznačí do předem vyznačeného plánu nebo ve druhém případě vyznačí vyzařovací charakteristiku u ultrazvukového detektoru. Závěrečnou částí je vyhodnocení měřeného detektoru v podobě vypsání jeho výhod či nevýhod nebo vypsání možných příčin falešných poplachů. Laboratorní úlohu by studenti měli zvládnout vypracovat během jedné dvouhodinovky tohoto předmětu.

Oba druhy detektorů, ultrazvukový a akustický detektor tlaku, byly vybrány právě proto, že tyto zmíněné typy doposud nebyly realizovány pro měření laboratorních úloh ve výše zmíněném předmětu.

ZÁVĚR

V první části bakalářské práce jsem popsal a rozdělil akustické detektory podle jejich funkčnosti na ultrazvukové, detektory rozbití skla a na mikrofonní kabely. Dále jsem popsal a rozdělil základní typy mikrofonů, které se používají v elektrotechnice.

Praktická část tvoří popis dvou typů detektorů, které jsem sestavoval za účelem vytvoření laboratorní úlohy do předmětu Technické prostředky bezpečnostního průmyslu. Jedná se o předmět určený pro druhý ročník bakalářského studijního oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management. Následně je tato část tvořená návrhem laboratorní úlohy pro tento předmět. V laboratorní úloze je vždy popsán postup jak zrealizovat měření konkrétního detektoru. Laboratorní úloha byla navržena tak, aby si například při měření s akustickým detektorem tlaku studenti prakticky vyzkoušeli měření detektoru přímo v prostorách školy před laboratoří předmětu Technické prostředky bezpečnostního průmyslu. Musí si sami nastavit citlivost zařízení, tak aby toto měření mohli zrealizovat a vyzkoušet funkčnost zařízení. U ultrazvukového detektoru je potřeba nejdříve nastavit pracovní kmitočet tak, aby byla činnost zařízení při detekci pohybu nejvíce spolehlivá. Tento detektor je sestavený podle schématu zapojení uvedeného v Praktické elektronice A Radio, který je navržen tak, aby nebyl náročný na jeho sestavení a jeho oživení. V závěru práce je vytvořena vzorová vypracovaná a naměřená úloha, aby byly možné výsledky studentů při měření laboratorní úlohy porovnat. Jednotlivá měření se mohou měnit v závislosti na nastavení citlivosti detektoru, popřípadě na nastavení pracovního kmitočtu.

Elektroakustické detektory se běžně používají v průmyslu komerční bezpečnosti a to nejvíce v podobě detektorů rozbití skla. Ultrazvukové detektory jsou převážně používány v kombinaci s pasivními infračervenými detektory. Samostatné použití takového detektoru je spíše používáno v oblasti zabezpečení vnitřního prostoru motorových vozidel, kde tento detektor negativně neovlivňuje extrémně vysoká teplota nebo v zimním období teplota pod bodem mrazu a vysoká vlhkost.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

In the first part of my bachelor thesis I described acoustic detectors according by their functional on ultrasonic detectors, glass break detectors and on microphone cables. I further described and divided a basic types of microphones used in electrical engineering.

Practical part includes description of two types of detectors which I compiled to create laboratory task for subject Technical equipment security industry. This subject is intended for the second class of bachelor's study program Security technologies, systems and management. This part also contains laboratory tasks for this subject. Every laboratory task has always description about measurement specific detector. Laboratory task was made for every student so they can for example measuring with acoustic detector try at school ahead of laboratory of subject Technical equipment security industry. If students want to try functionality of device they have to set the sensitivity. The ultrasonic detector must first set the operating frequency so that the operation of the device when motion is detected most reliable. This detector is built according to the wiring diagram shown in Practical Electronics A Radio, which is designed in such a way that it is not demanding on its assembly and its recovery. At the end of the thesis there is sample task developed and measured, in order to be able to measure the results of students in laboratory tasks to compare. Individual measurements may vary depending on the sensitivity of the detector, or the setting of the frequency.

Electroacoustics detectors are commonly used in commercial security industry and mostly in the form of glass break detectors. Ultrasonic detectors are more used in combination with passive infrared detectors. Separate use of such a detector is rather used in securing the interior of the vehicle, where the detector does not adversely affect the extremely high temperature or winter temperatures below freezing and high humidity.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. 1. vyd. Zlín: VerBuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7
- [2] BARČOVÁ, Karla. *Akustické vlnění*. [online]. [cit. 2013-02-1]. Dostupné z: http://www.studopory.vsb.cz/studijnimaterialy/Sbirka_Fyzika/1_8_3_akustika.pdf
- [3] VLACHOVÁ, Magda. *Letem akustickým světem*. [online]. [cit. 2013-02-09]. Dostupné z: <http://kabinet.fyzika.net/dilna/akustika/letem-akustickym-svetem.php>
- [4] Mikrofony: Základní informace o šíření zvuku. [online]. 1999 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.zdenda.com/1999/01/mikrofony/>
- [5] Encyklopedie fyziky: Mikrofony. [online]. 2010 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/377-mikrofony>
- [6] Dopplerův jev - Motivace. [online]. [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: <http://www.aldebaran.cz/lab/doppler/index.php>
- [7] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů. Vyd. 1*. Praha: Policejní akademie české republiky, 2005, 229 s. ISBN 80-725-1189-0
- [8] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky. Vyd. 2*. S.l.: Cricetus, 2003, 351 s. ISBN 80-902-9382-4
- [9] GES electronics: *Poplachové zařízení s tlakovým čidlem / stavebnice* [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.ges.cz/cz/stavebnice-g199-GES07800045.html?cur=CZK>
- [10] Praktická elektronika A Radio: *Ultrazvukový detektor pohybu*. Praha: AMARO spol. s r. o., 1996, I, č. 4. ISSN 1 2 11 -328X

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACCESS	access control systems for use in security applications (systém kontroly vstupu pro použití v bezpečnostních aplikacích)
CCTV	closed circuit television (uzavřený televizní okruh)
DPS	deska plošného spoje
EPS	elektronická požární signalizace
FET	field effect transistor
IO	integrováný obvod
LED	Light-Emitting Diode (svítivá dioda)
MIC	microphone (mikrofon)
MKO	monostabilní klopný obvod
PIR	passiv infrared reciever (pasivní infračervený detektor)
PZS	poplachový zabezpečovací systém
PZTS	poplachový zabezpečovací a tísňový systém

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Směrová charakteristika mikrofonů [4]	15
Obrázek 2: Piezoelektrický mikrofon [5]	16
Obrázek 3: Uhlíkový mikrofon [5]	17
Obrázek 4: Elektretový mikrofon [4].....	17
Obrázek 5: Elektrodynamický mikrofon [5].....	18
Obrázek 6: Elektrostatický mikrofon [4]	19
Obrázek 7: Znázornění Dopplerova jevu.....	21
Obrázek 8: Detekční charakteristika US detektoru ve volném prostředí [4]	23
Obrázek 9: Průřez mikrofonního koaxiálního kabelu [7]	28
Obrázek 10: Akustický tlakový detektor	35
Obrázek 11: Schéma zapojení tlakového detektoru [9].....	36
Obrázek 12: Ultrazvukový detektor.....	40
Obrázek 13: Schéma zapojení ultrazvukového detektoru [10].....	41
Obrázek 14: Vyznačení měřených místností pro měření laboratorní úlohy	44
Obrázek 15: Znázornění situace ze 3. příkladu.....	47
Obrázek 16: Vyznačení měřených místností pro měření laboratorní úlohy	50
Obrázek 17: Zakreslení použití detektoru a výsledek měření.....	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání US detektoru s PIR detektorem.....	31
Tabulka 2: Porovnání detektorů tříštění skla s magnetickými kontakty.....	33
Tabulka 3: Technické údaje ultrazvukového detektoru	40