

Elektroakustické detektory v zabezpečovací technice

Martin Mlčoch

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Mičoch**
Osobní číslo: **A14044**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Elektroakustické detektory v zabezpečovací technice**
Téma anglicky: **Electro-acoustic Detectors for Security Systems**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerší zaměřenou na detektory tříštění skla.
2. Uvedte základní dělení a zařazení detektorů tříštění skla.
3. Popište princip funkce, konstrukční prvky a vlastnosti detektorů tříštění skla.
4. Seznamte se s typy skleněných výplní používaných jako konstrukční prvky plášťů budov.
5. Vytvořte laboratorní úlohu pro výuku technických prvků bezpečnosti se zaměřením na bezkontaktní detektory tříštění skla.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. KŘEČEK Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. Vydání 3. Blatná: Cricetus, 2006. ISBN 80-902938-2-4. 314 s
2. IVANKA, Ján. Systemizace bezpečnostního průmyslu. 5. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. ISBN 978-80-7485-410-1.
3. Lukáš, L. Bezpečnostní technologie, systémy a management I. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7.
4. UHLÁŘ, Jan. Technická ochrana objektů. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2009, 229 s. ISBN 978-80-7251-313-0.
5. Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu. Vysoká škola báňská Technická univerzita Ostrava[online]. 13 duben 2005. Dostupné z:
http://homen.vsb.cz/ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm
6. KONSTRUKCE MIKROFONŮ. Elektroakustika[online]. Dostupné z:
http://www.elektroakustika.cz/types_microphones.html
7. Navrhujeme odolný detektor tříštění skla 1. část. cz[online]. 22 prosinec 2010. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/navrhujeme-odolny-detektor-tristeni-skla-1cast.html>
8. Satel [online]. 2015. Dostupné z:
https://www.satel.pl/cz/download/instrukcje/magenta_io_cz_0615.pdf

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

3. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

29. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/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 diplomovou/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 – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 30. 4. 2017


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku elektroakustických detektorů. Hlavním úkolem práce je seznámit se základními principy funkce a použitím detektorů tříštění skla. Teoretická část je zaměřena na vlastnosti, fyzikální princip funkce a konstrukční části bezkontaktních detektorů tříštění skla. Dále jsou analyzovány charakteristické vlastnosti skleněných ploch a způsob zpracování podnětu detektorem při pokusu o jejich destrukci. V praktické části jsou ověřeny vlastnosti konkrétního typu detektoru. K této problematice je vytvořena laboratorní úloha. Součástí laboratorní úlohy je zařízení k signalizaci poplachového stavu detektoru. Pro laboratorní úlohu je vypracován teoretický rozbor úlohy, postup měření a vzorový protokol. Detektor reaguje na akustický efekt způsobený destrukcí skleněných ploch. Akustický efekt je v rámci provedených měření zachycen a analyzován.

Klíčová slova:

Detektor tříštění skla, fyzikální princip, konstrukce, laboratorní úloha, poplachový signál, destrukce skleněných ploch, signalizační zařízení

ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on problematics of electro-acoustic detectors. The main task is to acquaint with basic principles of function and use glass break detectors. The theoretical part is focused on features, physical principle of function and constructional parts contactless glass break detectors. Further, there are analyzed characteristic features of glass surfaces and ways of processing of impulses by the detector at try of their destruction. In practical part there are verified features of specific type of detector. There is developed laboratory exercise to this problematics. The part of a laboratory exercise is device designed to signalization of detector alarm state. For a laboratory exercise there is developed theoretical analysis, measurement procedure and sample protocol. Detector react on acoustic effect caused by glass surface destruction. Acoustic effect is within performed measures captured and analyzed.

Keywords:

Glass break detector, physical principle, construction, laboratory exercise, alarm signal, glass surface destruction, signaling device

Poděkování

Tímto chci poděkovat svému vedoucímu panu doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za vedení, odborné rady, poskytnutý čas a zapůjčení měřících přístrojů, při zpracování mé bakalářské práce. Dále chci poděkovat panu Ing. Lubomíru Macků, Ph.D. za zapůjčení příslušenství k měřicímu přístroji.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SYSTEMIZACE PRVKŮ OBJEKTOVÉ BEZPEČNOSTI	11
1.1 KOMPLEXNÍ ZAJIŠTĚNÍ FYZICKÉ BEZPEČNOSTI OBJEKTU	11
1.1.1 Režimová opatření	11
1.1.2 Fyzická ochrana	11
1.1.3 Systémy technické ochrany.....	12
1.1.4 Poplachové systémy	12
1.2 ZAJIŠTĚNÍ FYZICKÉ BEZPEČNOSTI Z HLEDISKA PROSTOROVÉ ORIENTACE OBJEKTU.....	13
1.3 POPLACHOVÉ ZABEZPEČOVACÍ A TÍŠŇOVÉ SYSTÉMY.....	13
2 DETEKTORY TŘÍŠTĚNÍ SKLA JAKO OCHRANA SKLENĚNÝCH PLOCH	14
2.1 SYSTEMIZACE DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA	14
2.1.1 Dělení detektorů tříštění skla	14
2.2 KONTAKTNÍ DETEKTORY TŘÍŠTĚNÍ SKLA	15
2.2.1 Pasivní kontaktní detektor tříštění skla	15
2.2.2 Aktivní kontaktní detektor tříštění skla.....	15
2.3 BEZKONTAKTNÍ DETEKTORY TŘÍŠTĚNÍ SKLA	16
2.3.1 Pasivní bezkontaktní detektory tříštění skla.....	16
2.3.2 Aktivní bezkontaktní detektory tříštění skla	17
3 PRINCIP FUNKCE A POUŽITÍ DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA	18
3.1 FYZIKÁLNÍ ZÁKLAD PRO FUNKCI DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA	18
3.1.1 Akustika	18
3.1.1.1 Šíření zvuku v prostoru.....	18
3.1.1.2 Šíření zvuku v pevných látkách	20
3.1.2 Piezoelektrický jev	21
3.2 KONSTRUKČNÍ PRVKY POUŽÍVANÉ V BEZKONTAKTNÍCH DETEKTORECH TŘÍŠTĚNÍ SKLA (GLASS BREAK)	21
3.2.1 Mikrofony	21
3.2.1.1 Elektretový mikrofon.....	22
3.2.1.2 Piezoelektrický mikrofon.....	23
3.2.2 Další konstrukční prvky detektoru tříštění skla	24
3.3 ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU	24
3.3.1 Jednopásmové systémy	24
3.3.2 Vícepásmové systémy	25
3.3.3 Mechanismus zpracování akustického signálu detektorem	25
3.3.4 Algoritmus vyhodnocení akustické události	27
3.4 INSTALACE DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA	28
3.5 VLASTNOSTI DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA	30
3.5.1 Použití detektoru na různé typy skel	30
3.5.2 Citlivost detektoru.....	31
3.5.3 Antimasking	31

3.5.4	Tamper	31
3.5.5	Autotest	32
3.5.5.1	Použití testeru	32
3.5.6	Elektromagnetická kompatibilita	32
3.5.7	Další vlastnosti detektorů tříštění skla	33
3.6	ODOLNOST DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA PROTI VZNIKU FALEŠNÝCH POPLACHŮ	33
3.6.1	Minimalizace rizika vzniku falešných poplachů	34
3.6.2	Zdroje falešných poplachů detektorů tříštění skla	35
4	CHARAKTERISTIKA SKLENĚNÝCH VÝPLNÍ POUŽÍVANÝCH JAKO KONSTRUKČNÍ PRVKY PLÁŠTŮ BUDOV	36
4.1	MECHANISMUS TŘÍŠTĚNÍ SKLA	36
4.2	DRUHY A VLASTNOSTI SKLENĚNÝCH VÝPLNÍ	37
4.2.1	Jednovrstvá skla	38
4.2.2	Izolační dvojskla a trojskla	38
4.2.3	Vrstvená skla	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
5	NÁVRH LABORATORNÍ ÚLOHY	41
5.1	BEZKONTAKTNÍ DETEKTOR TŘÍŠTĚNÍ SKLA SATEL MAGENTA	41
5.1.1	Měření parametrů detektoru tříštění skla	42
5.1.1.1	Měření reakce detektoru na frekvence zvuku v závislosti na nastavení citlivosti detektoru	43
5.1.1.2	Měření poplachového signálu detektoru	45
5.2	ZAŘÍZENÍ K SIGNALIZACI STAVU DETEKTORU	45
5.2.1	Popis funkce signalizačního zařízení	46
5.2.2	Návrh a výroba signalizačního zařízení	47
5.2.2.1	Výpočty k návrhu signalizačního zařízení	49
5.2.2.2	Výroba DPS nažehlením toneru na cuprexit	50
5.2.2.3	Seznam použitých součástí	51
5.2.2.4	Výsledný výrobek zařízení pro signalizaci stavu detektoru	53
5.3	LABORATORNÍ ÚLOHA	53
5.3.1	Zadání	54
5.3.2	Kontrolní otázky	55
6	MĚŘENÍ CHARAKTERISTICKÝCH VLASTNOSTÍ TŘÍŠTĚNÍ SKLA	56
6.1	POSTUP MĚŘENÍ	56
6.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	57
6.2.1	Měření prováděna s použitím okenní výplně	57
6.2.2	Měření prováděna s použitím zavařovací sklenice	60
6.2.3	Úder do plastové krabice	61
	ZÁVĚR	62
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK	69

SEZNAM PŘÍLOH.....	70
---------------------------	-----------

ÚVOD

Již od pradávna bylo lidskou potřebou chránit své osobní vlastnictví. S rostoucím množstvím a hodnotou majetku se tato potřeba stále zvětšovala a bylo potřeba zlepšovat i úroveň jeho ochrany. Neustálý technologický vývoj nám nabízí celou řadu možností, jak svůj majetek a potažmo i sebe chránit.

Elektroakustické detektory patří mezi prvky poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a jsou důležitou součástí plášťové ochrany. Pláště dnešních moderních budov jsou často z velké části tvořeny skleněnými výplněmi, které se mohou stát potencionálním cílem narušitele pro vniknutí do budovy. Je tedy nutné takové to pokusy o vniknutí včas zaznamenat a informovat o této události zodpovědné osoby. Elektroakustické detektory se pro tento účel jeví jako nejlepší volba. Slouží tedy k detekci narušení skleněných ploch v plášti střeženého objektu. Plášťová ochrana je jednou z nejdůležitějších součástí bezpečnostního systému. Ze statistik vyplývá, že většina vloupání do objektů je realizována právě skrz skleněné výplně v plášti objektů. Při zabezpečení pláště objektu je nutné zvolit vhodnou kombinaci prvků mechanických zábranných systémů a technických prostředků ochrany. Hlavním úkolem těchto mechanických a technických prostředků ochrany je zamezit nebo alespoň znesnadnit narušiteli vstup do chráněného objektu.

Ve své bakalářské práci se zaměřím na bezkontaktní detektory tříštění skla. Nejprve se zaměřím na základní systematické zařazení těchto typů detektorů. Dále se budu zabývat principem funkce a konstrukcí samotného bezkontaktního detektoru tříštění skla. Bude zde popsán princip zpracování akustické události provázející rozbití skleněné plochy. Také je důležité charakterizovat vlastnosti skleněných ploch při jejich narušení, které tento typ detektoru vyhodnocuje. Aby detektor správně fungoval, je nutné zvolit vhodný postup instalace, na který se v teoretické části své práce také zaměřím. Hlavním cílem bakalářské práce je seznámit studenty s funkcí a použitím detektorů tříštění skla. K této problematice bude zpracována laboratorní úloha, ve které se studenti mohou, prakticky seznámit s tímto typem detektoru. V laboratorní úloze si studenti vyzkouší praktické použití tohoto typu detektoru. Následně si vyzkouší vyvolat různými způsoby poplachový stav detektoru. Ověří si tak jeho vlastnosti, reakci na různé podněty z okolí a rušivé vlivy. Součástí technického řešení bude také vlastní návrh vyhodnocovacího systému, jenž bude signalizovat různé stavy detektoru. Nakonec budou charakterizovány akustické projevy vznikající při destrukci skleněných ploch z hlediska frekvenčního pásma.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SYSTEMIZACE PRVKŮ OBJEKTOVÉ BEZPEČNOSTI

Objektová bezpečnost je soubor vzájemně na sebe navazujících opatření k zajištění ochrany zdraví, života a majetku. Jedná se o reakci na možné hrozby působící na všechna aktiva, která chceme v daném objektu chránit. Použitím prvků objektové bezpečnosti je zajištěno omezení interakcí mezi hrozbou a aktivem. Tím se snižuje riziko zneužití zranitelnosti aktiva hrozbou. Tato opatření slouží k zajištění dostupnosti, důvěrnosti a integrity aktiva.

Pomocí prvků objektové bezpečnosti se předchází působení hrozeb, zejména kriminálního charakteru. Správné propojení prvků bezpečnosti může potencionálního narušitele odradit od jeho úmyslu, znesnadnit jeho postup nebo zamezit provedení trestné činnosti. [1]

Důkazem důležitost použití prvků objektové bezpečnosti je vysoký počet výskytu kriminality spojené s majetkovou trestnou činností. V roce 2015 to bylo 51 715 trestných činů. [2]

1.1 Komplexní zajištění fyzické bezpečnosti objektu

Systém zajištění ochrany zahrnuje:

- režimová opatření,
- fyzickou ochranu,
- systémy technické ochrany.

1.1.1 Režimová opatření

Režimová opatření jsou hlavní součástí bezpečnostní politiky organizace. Jde o soubor pravidel a vnitřních norem organizace, podle kterých se řídí pohyb osob a vozidel v objektu, nakládání s informacemi, systémy kontroly vstupů atd. Součástí režimových opatření je systém kontroly vstupů (Access Control System). Hlavním úkolem systému je zamezit nekontrolovanému vnášení a vynášení materiálu z objektu, a tím zamezit rozkrádání majetku organizace. [1]

1.1.2 Fyzická ochrana

Fyzická ochrana tvoří základ pro správnou funkci režimových opatření a technické ochrany objektu. Základním úkolem je reakce pracovníků fyzické ostrahy na nastalé krizové situace a jejich předcházení. Pracovníci fyzické ostrahy jsou vyškolení a vybaveni, pro zvládnutí krizových situací k minimalizaci dopadu vzniklé krizové události na aktiva organizace. Fyzická ochrana je poskytována státem nebo soukromou bezpečnostní službou. Státní ochrana

je poskytována bezplatně. Soukromá bezpečnostní služba poskytuje fyzickou ochranu za úplatu na základě živnostenského zákona č. 455/1991 Sb. [1]

1.1.3 Systémy technické ochrany

Prvky technické ochrany mají za cíl podpořit činnost pracovníků fyzické ostrahy, zvýšit její efektivitu. Jedná se o soubor technických prvků určených, k zastrašení narušitele, zpomalení jeho postupu a jeho případné odhalení při vniknutí do střeženého objektu. [1]

Zvyšováním efektivitivy fyzické ochrany rozumíme možnost snížení počtu pracovníků fyzické ostrahy a tím snížení provozních nákladů. Zabezpečení objektu pomocí prvků technické ochrany je z hlediska dlouhodobých nákladů méně finančně náročné. Vyžaduje vyšší vstupní investici, ale náklady na provoz jsou nesrovnatelně nižší v porovnání s náklady na pracovníka fyzické ostrahy. [3]

Systémy technické ochrany dělíme:

- mechanické zábranné systémy,
- poplachové systémy,
- mechatronické systémy.

Mezi mechanické zábranné systémy řadíme zámkové systémy, dveře, oplocení, skleněné výplně atd. Mechatronické bezpečnostní systémy představují kombinaci prvků mechanických a elektronických. Patří zde elektronické zámky, závory, turnikety atd. Mechatronické bezpečnostní systémy řeší nevýhody mechanického zabezpečení. Zejména potřebu jednoho stejného klíče pro všechny osoby oprávněné pro vstup do prostoru. Příkladem může být použití systému kontroly vstupů, kde je možné přiřadit každému uživateli autentické přístupové údaje prostřednictvím přístupového média (čipovou kartu, heslo, biometrický údaj atd.).

1.1.4 Poplachové systémy

Podle normy ČSN EN 50131-1 je poplachový zabezpečovací systém definován jako: „*poplachový systém sloužící k detekování a indikaci přítomnosti, vniknutí nebo pokusu o vniknutí vetřelce do střeženého objektu*“. [4]

Poplachový zabezpečovací systém se skládá z elektronických prvků, které monitorují změny fyzikálních veličin ve střežené oblasti. Jedná se o charakteristické změny při narušení chráněného prostoru. Příkladem je šíření akustických vln při tříštění skla a jejich zaznamenání a vyhodnocení detektorem tříštění skla. Informace o narušení jsou předány ústředně PZTS,

kteřá zajišťuje zpracování poplachových signálů a vyhlášení poplachového stavu. Ústředna signalizuje narušení pomocí připojených periférií (maják, akustická siréna) a informace o narušení předává dále na dohledové a poplachové přijímací centrum (DPPC). [1]

Mezi poplachové systémy patří:

- poplachové zabezpečovací a tísňové systémy (PZTS),
- systémy uzavřených televizních okruhů (CCTV),
- systémy kontroly vstupů (ACS),
- elektrická požární signalizace (EPS),
- systémy přivolání pomoci (SAS).

1.2 Zajištění fyzické bezpečnosti z hlediska prostorové orientace objektu

Jednotlivé druhy ochrany jsou rozděleny podle prostorové orientace objektu. Jsou to ochranná pásma, která musí narušitel překonat při pokusu o vniknutí do objektu. Pro jednotlivé druhy ochrany jsou typické prvky, které se v daném stupni ochrany používají. Dále jsou typické třídy prostředí jednotlivých stupňů ochrany dané normou ČSN EN 50131-1. [1]

Druhy ochrany:

- perimetrická ochrana,
- plášťová ochrana,
- předmětová ochrana,
- klíčová ochrana.

1.3 Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

Poplachový zabezpečovací a tísňový systém (PZTS), z anglické zkratky (I&HAS) Intrusion and Hold-up Alarm System. [1]

PZTS je definován normou ČSN EN 50131-1 jako: „*kombinovaný systém určený k detekci poplachu vniknutí a tísňového poplachu*“ [4]

Jedná se o souhrn technických prvků sloužících k detekci vniknutí a předání informace o vniknutí. Mezi prvky PZTS patří i elektroakustické detektory.

2 DETEKTORY TŘÍŠTĚNÍ SKLA JAKO OCHRANA SKLENĚNÝCH PLOCH

Detektory tříštění skla se používá k ochraně skleněných ploch. Jsou to klíčové prvky pro kontrolu celistvosti pláště budovy tvořeného skleněnými výplněmi. Typickými aplikacemi jsou detekce narušení okenních výplní, výloh obchodů, dveřních skleněných výplní apod. [1]

Pracují na principu snímání zvukového pozadí v místnosti s digitálním rozpoznáváním charakteristických zvuků tříštění se skla v případě bezkontaktní varianty. Nebo snímáním vibrací skleněné plochy, se kterou je pevně spojen v případě kontaktní varianty.

2.1 Systemizace detektorů tříštění skla

Detektory tříštění skla jsou součástí technické ochrany objektu, které se řadí mezi prvky PZTS. Z hlediska principu funkce je řadíme mezi elektroakustické detektory. Nejčastěji se používají jako prvky plášťové ochrany. Možné je také jejich využití ve speciálních aplikacích jako prvků předmětové ochrany.

Prvky plášťové ochrany:

- magnetické kontakty,
- mechanické kontakty,
- vibrační senzory,
- drátové senzory,
- rozpěrné tyče,
- poplachové folie, tapety a polepy,
- senzory na ochranu skleněných ploch. [5]

2.1.1 Dělení detektorů tříštění skla

Podle konstrukčního provedení:

- kontaktní,
- bezkontaktní.

Podle způsobu jakým působí na své okolí:

- pasivní,
- aktivní.

Podle použitého frekvenčního pásma:

- detektory pracující v akustickém pásmu,
- detektory ultrazvukové.

2.2 Kontaktní detektory tříštění skla

Kontaktní detektory tříštění skla jsou pevně spojeny s chráněnou skleněnou plochou. Základním prvkem pro funkci kontaktního detektoru tříštění skla je prvek reagující na charakteristické frekvence vznikající při destrukci skleněných ploch. Tyto frekvence se šíří skleněnou plochou jako vibrace. Kontaktní detektory tříštění skla se vyrábějí, jak v aktivní, tak pasivní variantě. V případě kontaktního provedení detektoru se využívá piezoelektrického jevu. Používaná součástka se nazývá piezokrystal.

2.2.1 Pasivní kontaktní detektor tříštění skla

Pasivní detektor tříštění skla obsahuje elektroniku pro vyhodnocení vibrací v skleněné ploše. Nejčastěji se používá piezokrystal, při jehož deformaci vzniká elektrické napětí. Toto napětí je vyhodnocováno z hlediska charakteristických frekvencí odpovídajících destrukci skleněné plochy.

Piezokrystal je naladěn na rezonanční frekvenci skleněné plochy (40-120 kHz). Jedná se o charakteristické frekvence vznikající při destrukci skla (řezání skla diamantem, tříštění skla, údery na skleněnou plochu atd.). Frekvenční spektrum se liší na základě typu použitého skla, proto jsou kontaktní detektory tříštění skla vyráběny pro konkrétní typ skleněné plochy. Tyto detektory se umisťují nejméně 50 mm od rámu a mají detekční dosah 1,5-3 m. Nevýhodou je nutnost instalace detektoru na každou skleněnou plochu oddělenou rámem a instalace většího počtu detektorů v závislosti na ploše střežené plochy. Výhodou je necitlivost na akustické rušení z okolí a tím i nižší náchylnost ke vzniku falešných poplachů. V současnosti jsou tyto typy detektorů doplněny o čítač počtu impulzů a jejich délky, které umožňují s pomocí digitálního zpracování rozpoznat zdroj narušení. Předchází se tak vzniku falešných poplachů. [3]

2.2.2 Aktivní kontaktní detektor tříštění skla

Aktivní detektor tříštění skla obsahuje vysílací a přijímací část. Vysílací část generuje ultrazvukové vlnění, které se šíří skleněnou plochou. Přijímací část potom vyhodnocuje změny přijatého ultrazvukové vlnění. Charakteristika vlnění v klidovém stavu je uložena v paměti

detektoru a každá jeho změna je vyhodnocena jako poplachový stav. Tímto typem detektoru lze střežit až 25m² skleněné plochy. Jde o nejspolehlivější řešení, které se používá v aplikacích s nejvyšší mírou rizika ohrožení střeženého objektu.

2.3 Bezkontaktní detektory tříštění skla

Při použití bezkontaktních detektorů tříštění skla není potřeba žádného pevného spojení detektoru s chráněnou skleněnou plochou. Detektor snímá akustický signál šířící se od chráněné skleněné plochy. Bezkontaktní pasivní detektory využívají pro svou funkci mikrofonu. Aktivní bezkontaktní detektory sami obsahují zdroj akustického nebo elektromagnetického vlnění.

Výhodou bezkontaktních detektorů tříštění skla oproti kontaktní verzi, je možnost zastřežit větší skleněnou plochu pomocí jednoho detektoru. Plocha nemusí být souvislá, například více oken pokrytých jediným detektorem. [3]

2.3.1 Pasivní bezkontaktní detektory tříštění skla

Tento typ detektoru funguje na principu vyhodnocení přijímaného akustického signálu. Používá se anglické označení „Glass break“. V paměti detektoru jsou uloženy charakteristické frekvence zvuku při destrukci skleněných ploch. U kvalitnějších přístrojů se využívá duální systém vyhodnocení. Vyhodnocují se jak nízké frekvence při nárazu předmětu na skleněnou plochu, tak vysoké frekvence při tříštění samotného skla. Výhodou je omezení vzniku falešných poplachů.

Akustický signál je přijímán pomocí mikrofonu. Typicky se využívají elektretové a piezoelektrické mikrofony. Dalším prvkem pro zpracování akustického signálu je pásmová propust, která provádí selekci frekvenčního spektra charakteristického pro tříštění skla. Při vícepásmovém zpracování signálu je detektor vybaven větším počtem pásmových propustí. Vyhodnocení akustického signálu je tak mnohem spolehlivější a je zde nižší riziko vzniku falešných poplachů. Tento typ detektoru je schopen pokrýt plochu o velikosti až 15 m² a jeho dosah je okolo 6 m. Tloušťka skel, které je možné tímto způsobem zastřežit se pohybuje mezi 3-12 mm. [3]

Detektory jsou vybaveny prvky pro nastavení citlivosti, režimu činnosti a signalizací pomocí LED diody. Citlivost detektoru se nastavuje pomocí potenciometru. Tímto nastavením je ovlivněno frekvenční pásmo, které vyhodnocuje detektor jako narušení střeženého prostoru. U detektorů je možnost zvolit mezi normálním a testovacím režimem. Testovací režim slouží

k ověření správné funkce detektoru. V testovacím režimu reaguje detektor na vysokofrekvenční akustický signál. K testování se používají testery simulující akustický signál provádějící tříštění skla.

2.3.2 Aktivní bezkontaktní detektory tříštění skla

Aktivní bezkontaktní detektory tříštění skla pracují na principu šíření akustického vlnění prostorem. Skládají se z vysílače a přijímače. Vysílač generuje buď infračervené, nebo ultrazvukové vlny ve směru střežené skleněné plochy. Přijímač přijme odražené záření a porovnává s údaji uloženými v paměti detektoru.

Aktivní bezkontaktní detektory jsou schopné pokrýt skleněnou plochu o velikosti až 25 m². Výhodou je oproti pasivní variantě detektorů tříštění skla větší detekční vzdálenost a mnohonásobně nižší riziko vzniku falešných poplachů. [3]

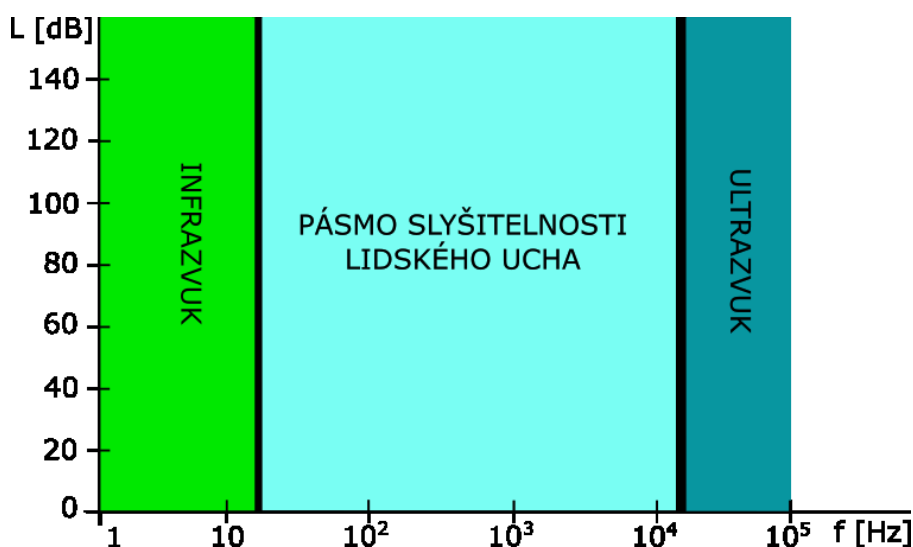
3 PRINCIP FUNKCE A POUŽITÍ DETEKTORŮ TŘÍŠTĚNÍ SKLA

Detektory tříštění skla využívají principu šíření akustického vlnění v pevných látkách a v prostoru. Fyzikálním základem pro detekci tohoto vlnění je piezoelektrický jev. Principu piezoelektrického jevu se zde využívá při detekci vibrací v pevném tělese v případě kontaktního provedení detektoru. Při použití bezkontaktní varianty detektoru je k zaznamenání vlnění šířící se prostorem využíván nejčastěji piezoelektrický nebo elektretový mikrofon.

3.1 Fyzikální základ pro funkci detektorů tříštění skla

3.1.1 Akustika

Zvuk je mechanické vlnění šířící se jak v pevných látkách, tak v kapalinách a plynech. Lidské ucho je schopné zaznamenat zvuk v rozsahu od 16 Hz do 16 kHz. Zvukům pod hranici slyšitelnosti říkáme infrazvuk (0,7 – 16 Hz). Jsou to nízké frekvence, které můžeme vnímat jako vibrace, když prostupují našim tělem. Pásmo mezi 4 – 8 Hz je zakázané z hlediska hygieny. Jde o rezonanční frekvence některých lidských orgánů a mohou negativně ovlivnit lidské zdraví. Zvuky nad hranici slyšitelnosti (>16 kHz) označujeme jako ultrazvuk. [6]



Obr. 1 Frekvenční rozsah zvuku

3.1.1.1 Šíření zvuku v prostoru

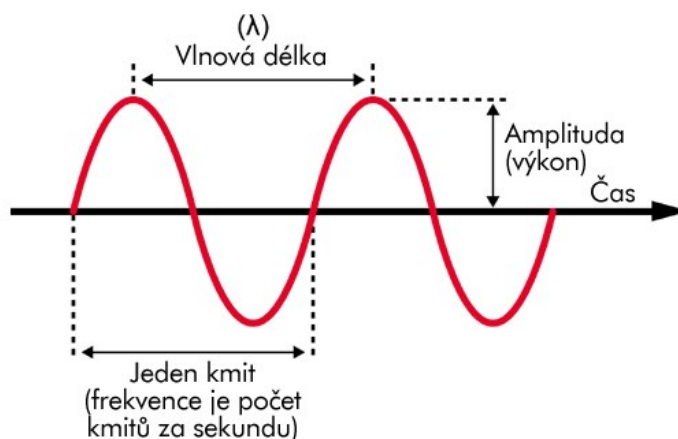
Zvuk se v prostředí tvořeném vzduchem šíří rychlostí $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tato rychlost je závislá na teplotě). Zvuk vzniká jako kmitavý pohyb bodů a bodových soustav. Jde o periodický pohyb, příkladem může být sinusový průběh signálu. Kmitavý pohyb je zdrojem vzruchu, který se

šíří prostorem jako postupné podélné vlnění. Zvuková vlna je charakterizována amplitudou a vlnovou délkou λ . [7]

Zvuk můžeme popsat pomocí intenzity I [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]. Je to energie vlnění za jednotku času, které projde jednotkovou plochou kolmou na směr šíření vlnění. [6]

Intenzitu zvuku vypočítáme jako podíl výkonu zvukového vlnění a plochy, kterou vlnění prochází.

$$I = \frac{P}{S} \quad (1)$$



Obr. 2 Zvuková vlna [8]

Zvuková vlna způsobuje, že se některé částice v prostoru navzájem přibližují a vzdalují. Ve vzduchu tak dochází ke změnám atmosférického tlaku. Lidské ucho vnímá tuto změnu atmosférického tlaku jako zvuk o určité hlasitosti. Akustický tlak se vyjadřuje v Pascalech [Pa]. Další důležitá veličina je hladina akustického tlaku. Ta udává, o kolik se hladina změnila vzhledem k referenční hodnotě. Hladina akustického tlaku se udává v decibelech [dB]. [7]

Hladinu akustického tlaku vypočítáme:

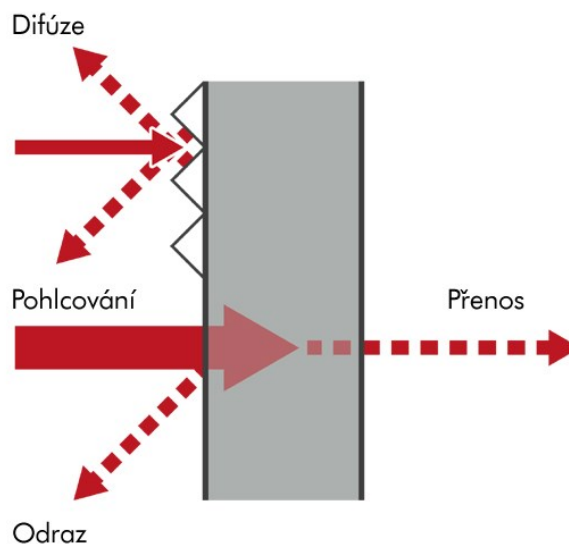
$$L = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

kde L – hladina akustického tlaku [dB], p – akustický tlak [Pa], p_0 – referenční hodnota akustického tlaku, která odpovídá prahu slyšitelnosti lidského ucha $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Hladina intenzity akustického tlaku:

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

kde I – intenzita zvuku [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$], I_0 – prahová hodnota akustické intenzity, $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Akustická vlna se v prostředí šíří od zdroje k přijímači konečnou rychlostí. Při šíření zvuku se hladina akustického tlaku snižuje vlivem pohltivosti prostředí. Pokud se zvuková vlna šíří uzavřeným prostorem, dochází ještě k odrazům od stěn a předmětů v místnosti. Při dopadu zvukové vlny na překážku může dojít k odrazu, průchodu překážkou, rozptýlení nebo pohlcení části vlny. Například při dopadu vlny na měkkou překážku (závěsy, pěnové materiály atd.) se neodrazí téměř žádná část energie. Dopadne-li vlna na tvrdou překážku (cihlová zeď, mramor atd.) dojde k odrazu téměř celé vlny. Dalším jevem, ke kterému může dojít je ohyb vlny za překážkou. Odražená vlna se k přijímači nešíří přímo, proto je její cesta delší. K přijímači se tedy dostane se zpožděním. V místě přijímače odražené vlny interferují s přímými a dochází ke změnám charakteru přijatého vlnění. [7]



Obr. 3 Šíření zvukové vlny v prostoru [8]

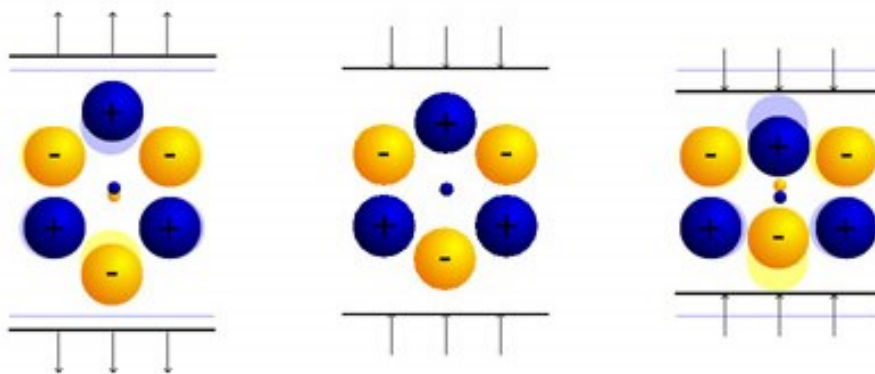
3.1.1.2 Šíření zvuku v pevných látkách

V pevných látkách se zvuk šíří nejenom jako podélné vlnění jak se tomu v plynech, ale může se šířit i jako příčné vlnění. Rychlost šíření vlnění v pevných látkách je daleko vyšší než v plynech. Určujícími faktory rychlosti vlnění v pevných látkách je tuhost materiálu a jeho hustota. V tužších materiálech jsou jednotlivé molekuly více propojeny s molekulami ve svém okolí, proto se každý vzruch přenáší rychleji. Druhým faktorem ovlivňujícím rychlost šíření vlnění je hustota materiálu. Čím hustší je materiál, tím je rychlost šíření nižší. V našem

případě nás zajímá rychlost šíření zvuku ve skle. Rychlost zvuku ve skle je tedy $5200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. [9]

3.1.2 Piezoelektrický jev

Piezoelektrický jev je schopnost krystalů generovat elektrické napětí při jejich deformaci. Tento jev se vyskytuje jen u krystalů, které nejsou středově souměrné. K výrobě piezokrystalu se používá materiál, v jehož krystalické mříži jsou jak kladné tak záporné ionty. Typickým používaným materiálem pro výrobu je křemen nebo křišťál. Při výrobě jsou destičky vybroušeny tak, aby na jedné straně byly soustředěné kladné a na druhé záporné ionty. [10]



Obr. 4 Piezoelektrický jev [11]

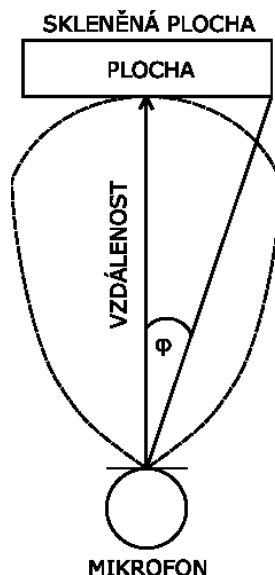
Piezoelektrický jev může fungovat i opačně. Při přivedení elektrického napětí k elektrodám krystalu se mění jeho tloušťka. Při přivedení střídavého napětí lze tímto způsobem získat zdroj zvuku. [10]

3.2 Konstrukční prvky používané v bezkontaktních detektorech tříštění skla (Glass break)

3.2.1 Mikrofony

V bezkontaktních detektorech tříštění skla jsou nejčastěji používány dva typy mikrofonů. Jedná se buď o elektretový, nebo piezoelektrický mikrofon. Nejdůležitějšími parametry mikrofonu pro aplikaci v detektorech tříštění skla jsou frekvenční rozsah, citlivost mikrofonu a směrová charakteristika. Mikrofon musí být schopen zaznamenat akustické vlnění od 3 Hz do 20 kHz. V závislosti na maximální vzdálenosti a ploše skleněné výplně, kterou je detektor schopen kontrolovat musí být směrová charakteristika mikrofonu dostatečně široká, aby byl detektor schopen kontrolovat celou skleněnou plochu. Detektor by měl být schopen kontrolovat skleněnou výplň s plochou až 15 m ve vzdálenosti až 9 m. Při délce skleněné plochy

15 m a šířce 1 m, s detektorem ve vzdálenosti 9 m, musí být mikrofon schopen zaznamenat akustické vlnění šířící se z kteréhokoliv bodu skleněné plochy. Mikrofon tedy musí spolehlivě zaznamenat akustické vlny šířící se i od nejbvzdálenějšího bodu skleněné plochy, to znamená akustické vlny dopadající na membránu mikrofonu pod úhlem až 40° .



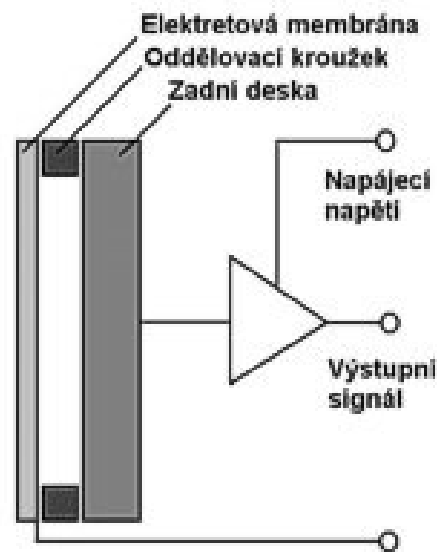
Obr. 5 Směrová charakteristika mikrofonu detektoru

Pro spolehlivější zaznamenání zvuku se v některých detektorech používají dva mikrofony. Jeden pro nízké frekvence typické pro úder předmětu na skleněnou plochu a druhý pro vysoké frekvence typické pro samotné tříštění skla.

3.2.1.1 *Elektretový mikrofon*

U elektretového mikrofonu je membrána tvořená elektretem. Elektret je nevodivá hmota, která je permanentně elektricky nabitá. Membrána tvoří jednu s elektrodou kondenzátoru. Vlivem pohybu membrány se mění kapacita kondenzátoru a tím i napětí mezi jeho deskami. Jde o velmi malé změny napětí, které musejí být nejprve zpracovány předzesilovačem. Elektretové mikrofony se používají zejména pro jejich vysokou citlivost a velký frekvenční rozsah. [12]

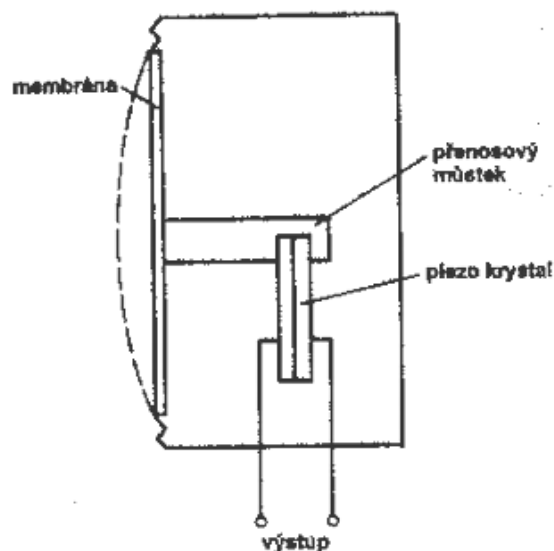
Frekvenční rozsah zvuku, který je mikrofon schopen zaznamenat se pohybuje mezi 20 Hz - 20 kHz. Frekvenční rozsah a citlivost mikrofonu je závislá na kapacitě impedančního měniče a ploše membrány. Z toho vyplývá, vhodnost jeho použití v detektorech tříštění skla. Další výhodou je jeho nízká cena.



Obr. 6 Konstrukce elektretového mikrofonu [13]

3.2.1.2 Piezoelektrický mikrofon

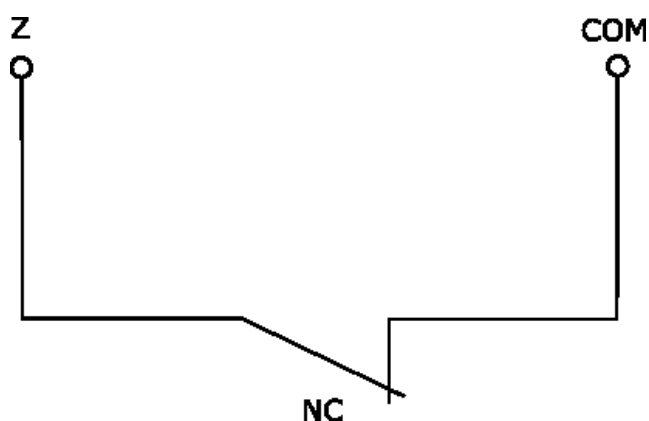
Piezoelektrický mikrofon pracuje na principu piezoelektrického jevu. Využívá se součástky piezokrystalu, na kterém při jeho deformaci vzniká elektrické napětí. Piezokrystal je napojený na membránu mikrofonu, při jejímž pohybu dochází k jeho deformaci. Piezoelektrický mikrofon není tak kvalitní jako elektretový a používá se u levnějších typů detektorů. Frekvenční rozsah mikrofonu se pohybuje mezi 60 Hz - 10 kHz. [14]



Obr. 7 Konstrukce piezoelektrického mikrofonu [14]

3.2.2 Další konstrukční prvky detektoru tříštění skla

Dalším důležitým prvkem detektoru je jednotka pro vyhodnocení přijatého akustického signálu. Skládá se ze zesilovačů analogového signálu z mikrofonu, analogově-digitálního převodníku, frekvenční propusti a mikroprocesoru. Pokud je přichodzí akustický signál vyhodnocen jako poplachový, aktivuje se poplachový výstup. Typicky se jedná o výstup typu NC (normally closed). Výstup je realizován pomocí relé, které je v normálním stavu sepnuté a v případě poplachu se na určitou dobu rozezne.



Obr. 8 Kontakt NC (normály closed)

Další možností přenosu poplachového signálu je bezdrátový přenos. Detektory tříštění skla umožňující bezdrátový přenos jsou napájeny pomocí baterie. Pro nastavení citlivosti reakce na akustický signál je detektor vybaven potenciometrem. K dalším nastavením slouží kontakty propojené pomocí jumperu. Lze tak nastavit například signalizaci stavu detektoru LED diodou nebo testovací režim. Důležitým prvkem je také tamper, sloužící k odhalení neoprávněného vniknutí nebo manipulace s detektorem. Tamper je realizován pomocí mikrospínače. Spínač je sepnutý pod krytem detektoru, v případě odstranění krytu se spínač rozezne a je vyhlášen poplach. Výstup tamperu je opět realizován pomocí NC kontaktu.

3.3 Zpracování signálu

Vstupní akustický signál se analyzuje z hlediska přijatého frekvenčního spektra. Signál je přijímán mikrofonem, poté dochází k filtraci frekvenčního spektra. Signál je dále zpracován vyhodnocovací jednotkou, která rozhodne o vyhlášení poplachového stavu.

3.3.1 Jednopásmové systémy

Jednopásmové systémy snímají zvukové vlny pouze v úzkém kmitočtovém pásmu. Vyhodnocována je jen část přijímaného frekvenčního spektra. Přijímaný signál je porovnáván se

vzorkem uloženým v paměti. Selekcce vyhodnocované frekvenční části je realizována pomocí pásmové propusti. Tento systém je více náchylný na vznik falešných poplachů. Při vyhodnocení jen jednoho pásma může způsobit poplachový stav i zvuk z televize, výstřel ze zbraně, blízký kontejner na sklo nebo štěkot psa. V praxi se systém s jednopásmovou detekcí již příliš nepoužívá.

3.3.2 Vícepásmové systémy

Vícepásmové systémy vyhodnocují jen určitá frekvenční pásma přijímaného akustického signálu. Filtrace přijímaného signálu je realizována pomocí pásmové propusti. Vzorky signálu se porovnávají se záznamem v paměti. Na rozdíl od jednopásmového systému se zpracovávají, jak nízké frekvence, tak i vysoké frekvence.

Tříštění skla je provázeno typickými akustickými projevy. V první fázi dochází k úderu předmětu na skleněnou plochu. To je provázeno nízkofrekvenčním signálem o vysoké intenzitě. Intenzita úderu se pohybuje okolo 90 dB. Frekvence akustické vlny se zde pohybuje mezi 100-300 Hz. V druhé fázi dochází k tříštění skla. Akustický signál má mnohem nižší intenzitu, ale frekvence je mnohem vyšší mezi 12-15 kHz. K vyhlášení poplachového stavu musejí být zvukové projevy detekovány ve správném pořadí. Nejprve nízkofrekvenční náraz na skleněnou plochu a poté vysokofrekvenční zvuk provázející tříštění skla. [1, 3]

Tento systém je mnohem více odolný proti vzniku falešných poplachů. V praxi systém vícepásmové detekce používá častěji.

3.3.3 Mechanismus zpracování akustického signálu detektorem

Při zpracování akustického signálu detektorem je nejdůležitější rozeznat charakter zvuku typického pro tříštění skla. Jinak by mohlo docházet ke vzniku nežádoucích falešných poplachů. Akustický signál je zpracován algoritmem, viz obr. 9. Prvním členem mechanismu vyhodnocujícího akustický signál je mikrofon. Mikrofon má frekvenční rozsah zvuku, který je schopen zaznamenat 20 Hz – 20 kHz. Nejčastěji se používá elektretový mikrofon. Výstupní signál z mikrofonu je analogový a je třeba ho zesílit a pomocí A/D převodníku převést do diskrétní formy. Pro zpracování analogového signálu je vhodné použít dva operační zesilovače. První operační zesilovač slouží pro zesílení analogového signálu na úroveň dostatečnou pro převod do diskrétní formy. Tento zesilovač má dva výstupy. První je vstupem algoritmu sloužícího pro zpracování nízkofrekvenčního signálu typického pro náraz před-

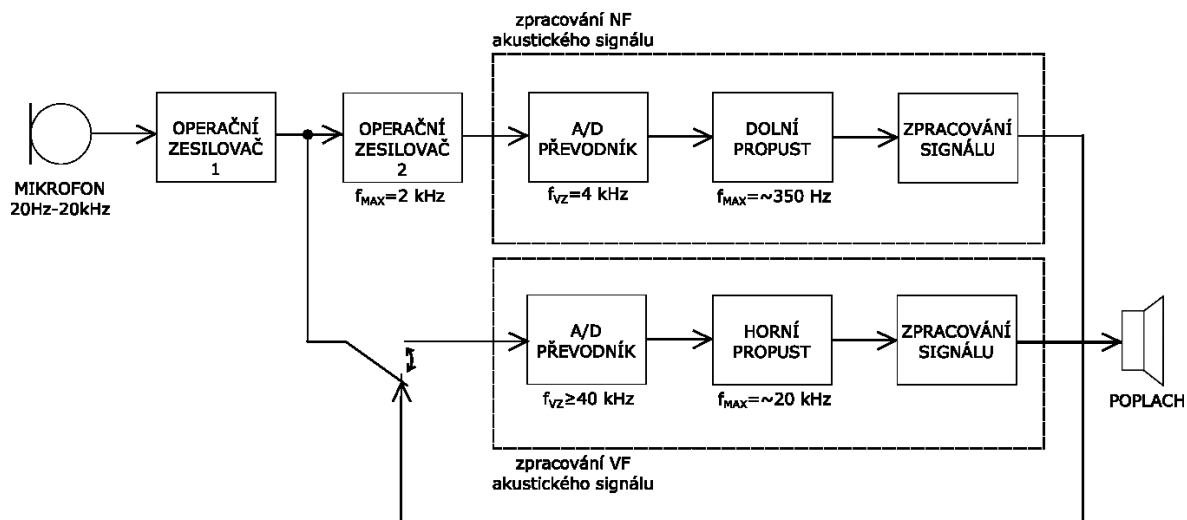
mětu na skleněnou plochu. Výstupní signál je také zpracován pomocí algoritmu pro vyhodnocení vysokofrekvenčního signálu typického pro samotné tříštění skla. Před zpracování nízkofrekvenčního signálu je třeba vyfiltrovat vysokofrekvenční složky signálu. K tomuto účelu slouží druhý operační zesilovač ve funkci dolní propustní. Tento zesilovač filtruje složky signálu vyšší než 2 kHz. Tato filtrace se provádí z důvodu, že pro zpracování nejsou potřeba frekvence vyšší než 2 kHz. Dalším prvkem algoritmu je A/D převodník, jehož vzorkovací frekvence je 4 kHz. Vzorkovací frekvence A/D převodníku musí být vždy minimálně dvakrát vyšší než je frekvence vstupního analogového signálu. Následuje další filtr typu dolní propust, který filtruje frekvence signálu vyšší než 350 Hz. Frekvence akustické vlny nárazu předmětu na sklo se pohybuje mezi 100 – 300 Hz.

Pak už následuje samotné vyhodnocení signálu. K tomu slouží mikrokontroler. Hlavním úkolem mikrokontroleru je rozlišit tříštění skleněné plochy od dalších zvuků, které jsou mu podobné. Správné vyhodnocení závisí na prostoru, do kterého je detektor nainstalován, na konkrétním typu skleněné plochy (tabulové, vrstvené, tvrzené sklo) a jeho tloušťce. Často se používají levné jednočipové mikrokontrolery (MCU - microcontroller unit). Jedná se o jednoduché mikroprocesory, které jsou ale dostačující pro použití v detektorech tříštění skla. Výhodou je nízká cena, malá spotřeba a jednoduchost použití. Nízká spotřeba je důležitá zejména u bezdrátových detektorů, které jsou napájeny pomocí baterie. Mikroprocesor rozhodne, zda se jedná o událost typickou pro náraz předmětu na sklo. V takovém případě je aktivována část algoritmu pro zpracování vysokofrekvenčního akustického signálu. Prvním členem této části algoritmu je A/D převodník, jehož vstupem je zesílený analogový signál z mikrofону. Vzorkovací frekvence A/D převodníku musí být vyšší nebo rovna 40 kHz. Výstupní diskretní signál je filtrován tentokrát pomocí filtru horní propust, který propustí jen frekvence mezi 10 kHz a 20 kHz. Signál je nakonec zpracován mikrokontrolerem, který rozhodne o vyhlášení poplachového stavu. Mikrokontroler tak ovládá výstupní reléový kontakt, případně integrovanou sirénu a signalizaci pomocí LED diody. Nebo v případě bezdrátového přenosu poplachového signálu vysílá.

Celý mechanismus zpracování signálu od mikrofónu po mikroprocesor musí být energeticky nenáročný. Hlavním důvodem je napájení bezdrátového provedení detektoru z baterie. Proudová spotřeba by tedy měla být, co nejnižší. Počítá se s životností baterie přesahující jeden rok. Největší požadavek na nízkou spotřebu je u mikrofónu, který musí být neustále aktivní a zaznamenávat akustické události ve střeženém prostoru. Spotřeba detektoru se zvýší v případě detekce nízkofrekvenčního signálu, zde dochází k analýze přijatého signálu a čeká se

na detekci vysokofrekvenčního signálu. Nejvyšší spotřebu má detektor při detekci vysokofrekvenční složky signálu a jejím vyhodnocení.

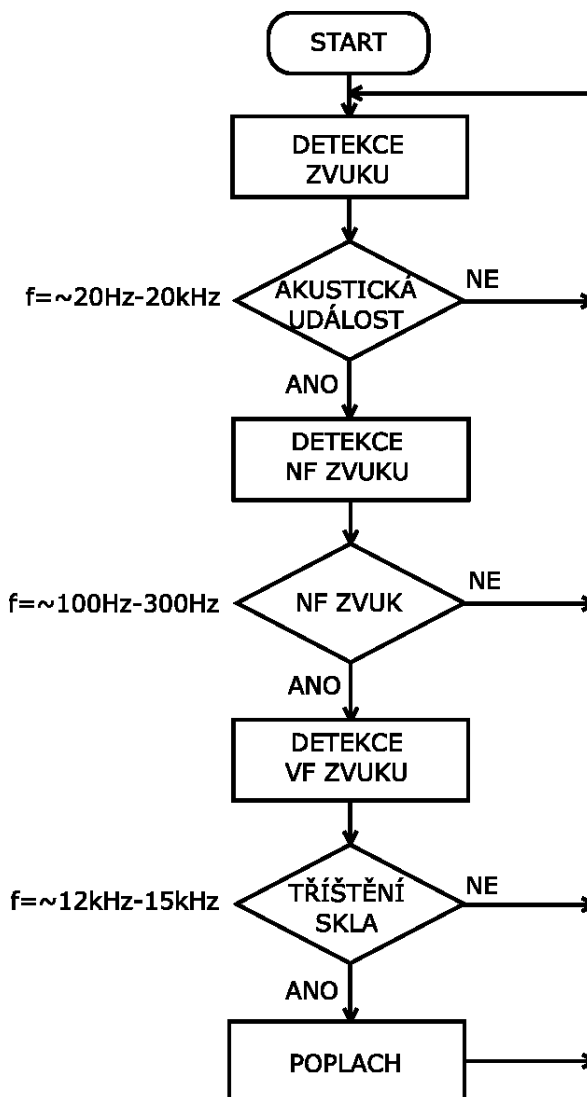
Procesor použitý v detektoru tříštění skla musí být dostatečně rychlý (vysoká frekvence procesoru). MCU mikroprocesory se vyrábějí s frekvencí, až 16 MHz. Vyplývá to z požadavku na zpracování akustického signálu v reálném čase. Zpracování každého vzorku signálu z A/D převodníku je prováděno v čase mezi dvěma po sobě jdoucími vzorky. [15]



Obr. 9 Průběh zpracování akustického signálu detektorem

3.3.4 Algoritmus vyhodnocení akustické události

Algoritmus detekce tříštění skla je založen na zaznamenání této události pomocí mikrofону, viz obr. 10. Vyhlášení poplachového stavu předchází detekce akustické události, nízkofrekvenčního zvuku a nakonec vysokofrekvenčního zvuku tříštění skla. Tyto události musí být zaznamenány v tomto pořadí. Pokud kterákoliv část diagramu není splněna, nedojde k vyhlášení poplachového stavu. Aby vůbec došlo ke zpracování zvukového signálu algoritmem, musí mít dostatečnou intenzitu. [15]



Obr. 10 Vývojový diagram pro vyhodnocení akustické událost detektorem

3.4 Instalace detektorů tříštění skla

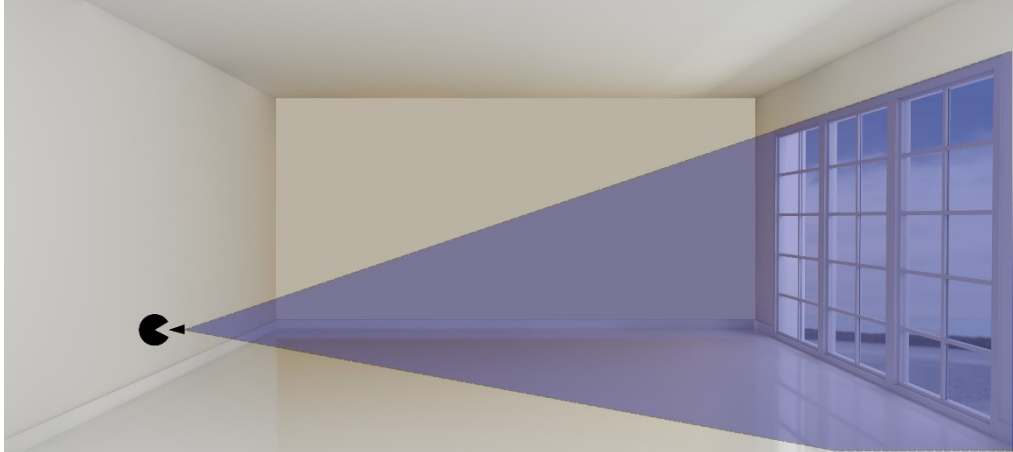
Správná instalace detektoru tříštění skla je důležitá pro jeho bezchybnou funkci. Při instalaci je třeba řídit se manuálem poskytnutým od výrobce a brát v úvahu technické specifikace detektoru. Zejména se jedná o maximální detekční vzdálenost, která se pohybuje kolem 9 m a druhy skleněných ploch, pro které je detektor určen.

Při instalaci detektoru musí být dodržena základní instalační kritéria:

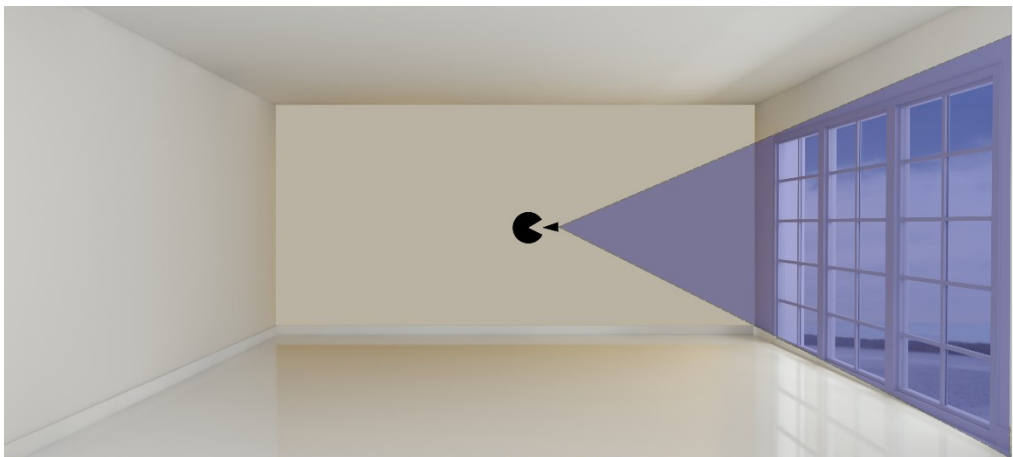
- musí být přímá viditelnost mezi detektorem a skleněnou plochou,
- mezi detektorem a skleněnou plochou se nesmějí nacházet žádné předměty, které by narušovali šíření zvuku od skleněné plochy k detektoru (záclony, žaluzie),

- musí být dodrženy specifikace udávané výrobcem, zvláště typy skleněných ploch, na které lze detektor použít, detekční vzdálenost a maximální velikost skleněné plochy.

Detektory se instalují na pevný podklad. Typicky se jedná o umístění na stěny a strop místnosti. [1]



Obr. 11 Instalace detektoru proti skleněné ploše [16, upravil Mlčoch 2017]



Obr. 12 Instalace detektoru na stěnu [16, upravil Mlčoch 2017]



Obr. 13 Instalace detektoru na strop [16, upravil Mlčoch 2017]



Obr. 14 Instalace detektoru nad skleněnou plochu [16, upravil Mlčoch 2017]

Největší výhodou tohoto typů detektorů, je možnost pokrytí většího počtu skleněných ploch. Pro správnou funkci detektoru musejí být střežené skleněné výplně správně ukotveny v rámu, aby nedocházelo k vibracím. Dále musí být odstraněny všechny překážky ovlivňující šíření zvuku mezi skleněnou plochou a detektorem. Zejména závěsy a žaluzie, které tlumí akustický efekt tříštění skla. [1]

Před uvedením detektoru do provozu je třeba provést jeho nastavení. U některých typů detektoru lze nastavit detekční vzdálenost. Omezuje se tak vliv rušivých vlivů zdrojů nacházejících se v blízkosti detektoru. Správnou funkci detektoru je vhodné po uvedení do provozu ověřit. K tomuto účelu se využívají akustické testery. Akustický tester obsahuje vzorek zvuku tříštění skla. Při testování je vhodné ponechat zapnutou signalizaci stavu detektoru pomocí LED diody. Po uvedení detektoru do běžného provozu musí být signalizace pomocí LED diody zase vypnuta. [17]

3.5 Vlastnosti detektorů tříštění skla

3.5.1 Použití detektoru na různé typy skel

Ideální detektor tříštění skla je schopen detekovat narušení různých typů skleněných ploch. Nejčastějšími typy skleněných výplní, jsou tabulová skla a tvrzená skla. Tvrzená skla se používají v různých variantách a úpravách jako bezpečnostní skla. Dále se můžeme setkat s vrstveným sklem. Nejčastěji se používají dvojskla a trojskla s izolační mezerou mezi jednotlivými vrstvami. Bezpečnostní skla se často skládají s více vrstev různých typů nanesených přímo na sebe. Problémem při detekci narušení, jsou skla s nanesenou fólií, která mohou mít při rozbití odlišný zvukový charakter.

3.5.2 Citlivost detektoru

U detektorů tříštění skla se jedná o nastavení citlivosti na změnu akustického tlaku. Nastavení citlivosti je důležité z hlediska reakce detektoru na zvuky podobné rozbití skla a následném vzniku falešného poplachu. Při špatně nastavené citlivosti může poplach způsobit i domovní zvonek nebo chrastění klíčů. Nastavení citlivosti je nejčastěji realizováno pomocí potenciometru. Dále se bere v úvahu i velikost a vzdálenost skleněné plochy od detektoru.

3.5.3 Antimasking

Antimasking je vlastnost detektoru zaznamenat pokus o zastření snímané scény. Jde o detekci nějakého způsobu zakrytí snímací části detektoru, tak že detektor není schopen správné funkce. V praxi je používá infračervená nebo mikrovlnná detekce. V obou případech je vyhodnocována charakteristika odražené signálu. Pokud je před detektor umístěna překážka dojde k vyhlášení poplachu. Prakticky se jedná například o zakrytí detektoru nábytkem, překrytí detektoru záclonami, zamalování detektoru barvou při malířských pracích nebo zanedbání pravidelné údržby, odstranění nečistot z aktivní části detektoru atd. Proto je nutné poučit majitele o správném zacházení a údržbě detektoru. Nejefektivnější formou antimaskingu je aktivní infračervený antimasking. Přijatý odražený signál je porovnáván s daty uloženými v paměti detektoru. Referenční signál se do paměti ukládá při instalaci detektoru. Výhodou je možnost umístění objektu do blízkosti detektoru, kdy je částečně zakryta snímaná scéna. Nevýhodou může být nutnost změny uložených referenčních dat při změně dispozic místnosti. [18]

V případě detektoru tříštění skla se jedná hlavně o zajištění odhalení zakrytí detektoru různými překážkami, které by ovlivnily příjem akustického signálu mikrofonem detektoru. Hlavně jde o ucpání zvukovodu detektoru a tím snížení jeho citlivosti. Některé typy detektorů jsou pro tento případ vybaveny generátorem zvuku, který umožňuje ověřit citlivost detektoru. [1]

3.5.4 Tamper

Tamper se používá pro detekci neoprávněného vniknutí (sabotáže) a manipulace s detektorem. Označuje se jako sabotážní kontakt. Nejčastěji je realizován pomocí mikrospínače umístěném pod krytem detektoru. Kryt detektoru udržuje tento mikrospínač v sepnuté poloze. Tamper mívá svůj vlastní sabotážní výstup, pro samostatnou signalizaci konkrétního

stavu detektoru. Nejčastěji se používá výstup typu NC. Při otevření krytu detektoru se kontakt mikrospínače rozezne a je vyhlášen poplachový stav typu „sabotáž“.

3.5.5 Autotest

Funkce autotest slouží k odhalení nesprávné činnosti detektoru. Autotest se provádí automaticky v pravidelných časových intervalech. Dochází k testování funkcí a vlastností detektoru. Test může probíhat místně, kdy je inicializován samotným detektorem nebo dálkové, kdy je spuštěn ústřednou. Výsledek testu může být signalizován pomocí LED diody na detektoru nebo například zobrazením výsledku na displeji ústředny. [1]

3.5.5.1 Použití testeru

Další možností testování správné funkce detektoru je použití testeru. Například v případě detektorů tříštění skla se jedná o zařízení generující zvuky tříštění skla. Na testeru je možné nastavit, o jaký druh skleněné plochy se jedná. Tester se používá při ověření správnosti instalace detektoru v závislosti na prostředí, do kterého je instalován.

3.5.6 Elektromagnetická kompatibilita

„Elektromagnetickou kompatibilitu můžeme charakterizovat jako schopnost zařízení, jednotky zařízení nebo systému fungovat uspokojivě v elektromagnetickém prostředí, aniž by samo způsobovalo nepřijatelné elektromagnetické rušení jakéhokoliv zařízení v daném prostředí.“ [5]

Elektromagnetickou kompatibilitu (EMC) dělíme na elektromagnetickou susceptibilitu (EMS) a elektromagnetickou interferenci (EMI). EMS je definována jako odolnost zařízení proti vlivům elektromagnetických polí. EMI je elektromagnetické rušení produkované daným elektrickým zařízením. Požadavky na systémy PZTS jsou upravovány normou ČSN EN 50130-4. Ve zkratce můžeme říct, že detektor by měl být odolný proti vnějšímu elektromagnetickému rušení a zároveň by sám neměl generovat elektromagnetická pole, která by ovlivňovala funkci jiných zařízení. Všechna elektronická zařízení musí být před uvedením na trh testována z hlediska EMC. Zařízení se testují v anechoických komorách. Jsou testovány všechny cesty, kudy by se rušení mohlo šířit. Zejména jde o rušení vyzařováním, vedením a vazbou. [5]

Pro odstranění nežádoucího generování rušivého elektromagnetického záření se nejčastěji používá nějaká forma stínění.

3.5.7 Další vlastnosti detektorů tříštění skla

Mezi další vlastnosti detektorů patří zejména detekční vzdálenost. Jde o stěžejní parametr bezkontaktních detektorů tříštění skla. Typicky se pohybuje maximálně do 10m. Kontaktní detektor je charakterizován maximální plochou střežené skleněné tabule.

V případě použití detektoru s bezdrátovým přenosem poplachového signálu je důležitým parametrem dosah bezdrátového a frekvence vysílaného signálu. Dosah signálu se typicky pohybuje mezi 100- 200 m ve volném prostoru. Signál má frekvenci okolo 433 MHz, což odpovídá pásmu ISM (Industrial Science and Medical). Jedná se o volné pásmo sloužící pro průmyslové, vědecké a zdravotnické účely. Nevýhodou je možné rušení pomocí dalších spotřebičů. Zvláště v pásmu okolo 433 MHz pracuje velké množství zařízení. V pásmech ISM pracují i sítě Wi-Fi a přenos dat pomocí Bluetooth probíhá také v pásmu ISM.

Dalším parametrem, který se uvádí, mezi technickými parametry detektoru je třída prostředí. Detektory tříštění skla jsou nejčastěji určeny pro použití ve vnitřních prostorách objektů. Proto se u nich nejčastěji udává třída prostředí II. - vnitřní všeobecné. Třídy prostředí jsou upraveny normou ČSN EN 50131-1.

Tab. 1 Třídy prostředí dle normy ČSN EN 50131-1 [4]

Třída I.	Prostředí vnitřní
Třída II.	Prostředí vnitřní všeobecné
Třída III.	Prostředí venkovní chráněné
Třída IV.	Prostředí venkovní všeobecné

3.6 Odolnost detektorů tříštění skla proti vzniku falešných poplachů

Planý poplach je definován jako událost, která nesouvisí s detekcí reálné hrozby, ke které je detektor určen. Ze statistiky vyplývá, že většina falešných poplachů je způsobena nekvalitně provedenou instalací. Jedná se až o třetinu případů všech vyvolaných falešných poplachů. Jedná se o poplachu způsobené technickou příčinou. Nejčastějším viníkem je nedodržení instalačních pokynů detektoru a nesprávně zvolený typ detektoru pro danou aplikaci. Další část falešných poplachů je zaviněna uživatelem. Zejména špatnou obsluhou detektoru, nedostatečným seznámením uživatele se zabezpečovacím systémem ze strany servisního technika. Příkladem může být změna dispozic místnosti (zakrytí detektoru nábytkem). V takovém případě, je-li detektor vybavený funkcí antimasking dojde k vyvolání poplachů. V ne-

poslední řadě jde o falešné poplachy způsobené přírodními vlivy. Příkladem může být spuštění poplachu při bouřce. Dále může být falešný poplach způsoben přítomností jiný zařízení, generujících nějakou formu rušivého signálu. Příkladem může být elektromagnetické rušení nebo přítomnost vysílače radiových vln. Pokud použitý systém trpí častým výskytem falešných poplachů, je třeba odhalit prvek, který tyto nežádoucí poplachy způsobuje. V rozlehlých systémech se nejedná o jednoduchý úkol. Pokud se jedná o technickou příčinu, je nutné nejprve prověřit správnou funkci detektorů, které v daném prostoru poplach způsobují. Dále pak přítomnost dalších zařízení v daném prostoru, které by mohli být zdrojem rušení. Pokud není takto nalezena příčina, je nutné vzít v úvahu i možnost nedokonalého provedení kabeláže v systému nebo nesprávnou volbu použitých komponent. [3]

Na vzniku falešných poplachů se podílí celá řada faktorů. Nejčastějšími příčinami však bývají technické nedostatky a nedodržení pravidel instalace. Technickými nedostatky trpí častěji levnější typy detektorů. Problémy pramení hlavně s konstrukčních omezení použitých mikrofonů nebo nedokonalý vyhodnocovací systém přijímaného akustického signálu. V případě detektorů tříštění skla jsou nejvíce náchylné ke vzniku falešných poplachů detektory s jednopásmovým zpracováním akustického signálu.

3.6.1 Minimalizace rizika vzniku falešných poplachů

Základním předpokladem pro spolehlivé vyhodnocení narušení střeženého prostoru je použití kvalitního přístroje. U kvalitnějších detektorů se používá dvoucestná analýza akustického signálu. Jde o vyhodnocení frekvencí charakteristických pro úder na skleněnou plochu a její následné tříštění. Mechanismus je doplněn o nastavení citlivosti detektoru, kde je bráno v úvahu prostředí, ve kterém je detektor instalován. Další možností, jak předejít vzniku falešných poplachů je použití duálního detektoru. Nejčastěji jde o kombinaci bezkontaktního detektoru tříštění skla s PIR detektorem. U tohoto typu detektoru je vyhodnocováno nejen narušení střežené skleněné plochy, ale i přítomnost narušitele v objektu. U detektoru je možné nastavit, zda dojde k vyhlášení poplachu při zaznamenání narušení oběma snímači nebo každým samostatně. Poplachové výstupy bývají zvlášť pro část s PIR snímačem a snímačem tříštění skla.

Vhodným řešením je také kombinovat bezkontaktní detektor tříštění skla s otřesovým detektorem instalovaným na skleněné ploše. U tohoto řešení je jistota, že poplach bude spuštěn až tehdy, když dojde k rozbití střežené skleněné plochy. Při instalaci detektoru je nutné řídit se

manuálem od výrobce a respektovat technické parametry detektoru. Zejména se jedná o maximální dosah detektoru. Detektor se většinou umísťuje na stěnu přímo proti skleněné ploše.

3.6.2 Zdroje falešných poplachů detektorů tříštění skla

Pokud pomineme příčiny falešných poplachů způsobené technickou příčinou, nesprávnou manipulací s detektorem nebo přírodními jevy. Jedná se v případě detektorů tříštění skla o příčiny způsobené akustickými události připomínajícími charakteristický zvuk tříštění skleněné plochy. Takovýchto zdrojů je celá řada.

Pokud při provozu detektoru dochází ke vzniku falešných poplachů, je třeba brát v úvahu:

- přístroje nacházející se v objektu (zvonek, telefon, počítač atd.),
- jaký je přístup ke skleněné ploše, například pokud se objekt nachází na rušné ulici,
- přítomnost rušivých zvuků z okolí (dopravní provoz),
- zda se v okolí nenachází kontejnery na sklo,
- pohyb zvířat v místnosti, kde se detektor nachází. [17]

Nejčastěji je falešný poplach vyvolán pádem skleněného předmětu na podlahu. Jsou i případy, kdy vyvolání poplachu způsobil štěkot psa.

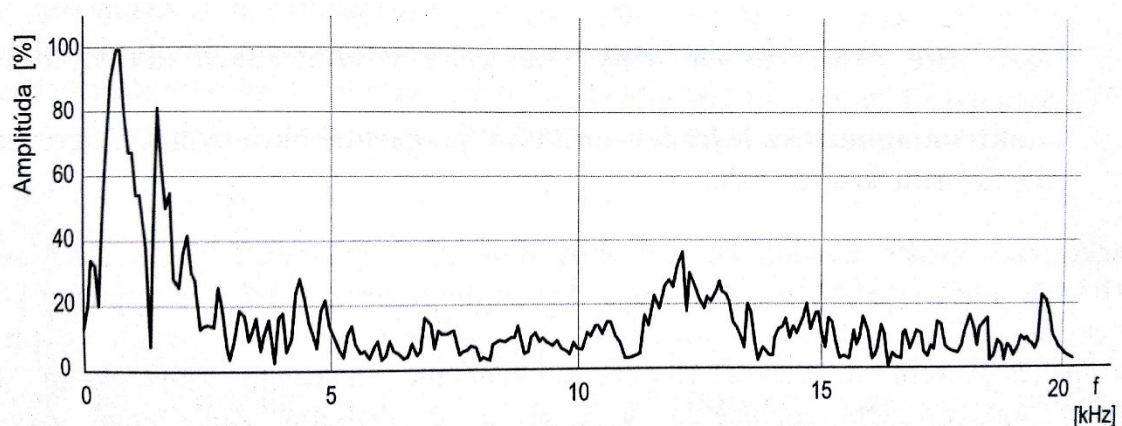
4 CHARAKTERISTIKA SKLENĚNÝCH VÝPLNÍ POUŽÍVANÝCH JAKO KONSTRUKČNÍ PRVKY PLÁŠŤŮ BUDOV

4.1 Mechanismus tříštění skla

Rozbití skleněné plochy (typicky okenní výplně), má svůj charakteristický průběh. Díky tomu lze rozlišit různé jiné zvuky připomínající tříštění skla. Například zvonění domovního zvonku nebo cinkání skleniček. Pro vyhodnocení rozbití skla musí mít akustický efekt také dostatečnou intenzitu. Takže nezáleží jen na samotné frekvenci akustického projevu.

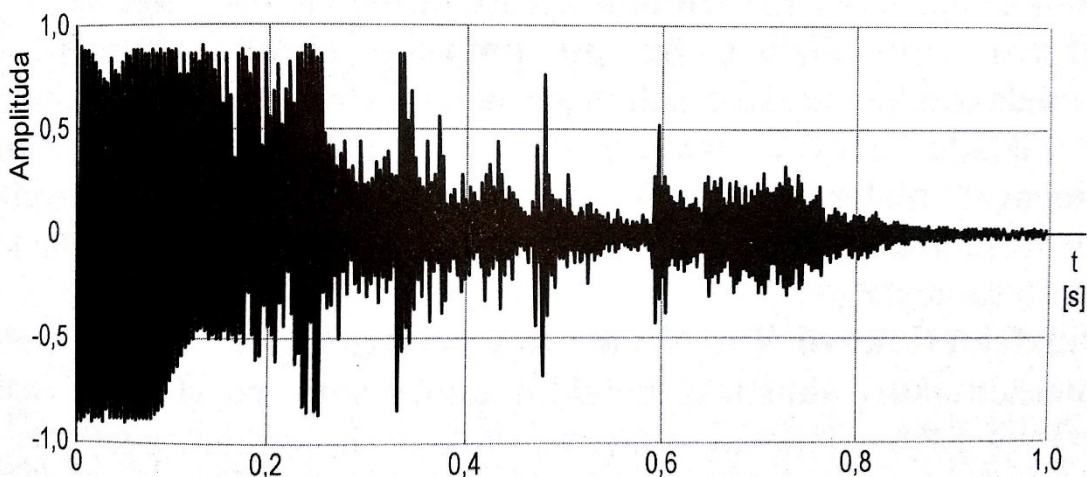
Tříštění skla probíhá v několika charakteristických fázích – obr. 15. V první fázi dochází k úderu předmětu na skleněnou plochu. Při dopadu předmětu se skleněná plocha nejprve prohne, než prohnutí překročí určitou mez pevnosti skla. Náráz je charakteristický nízkou frekvencí a vysokou akustickou intenzitou. Frekvence je závislá na materiálu předmětu a typu skleněné plochy. Frekvence nárazu se pohybuje mezi 100 – 300 Hz při použití tabulového skla. Další fází je samotné tříštění skla. V závislosti na typu skleněné plochy a charakteru nárazu se rozbije, buď celá plocha, nebo jen její část. V této fázi jsou zastoupeny frekvence mezi 12 – 15 kHz. Tyto akustické projevy vznikají při praskání skleněné výplně. [1]

V závislosti na podkladu, na který pak střepy dopadají, pokračuje tříštění při dopadu na podlahu. Například, pokud je jako podklad použit koberec, převládají při dopadu skleněných úlomků nižší frekvence. Vyšší frekvence pak vznikají až při dopadu úlomků na sebe. Doba tříštění skla záleží na velikosti skleněné plochy, která byla rozbita a na vzdálenosti skleněné plochy od země. Dále záleží na typu skleněné plochy.



Obr. 15 Spektrální charakteristika tříštění okenní výplně [1]

Na obr. 15, lze vidět intenzivní náraz v oblasti okolo 100 - 1000 Hz. Samotné tříštění skla pak má nejvyšší intenzitu mezi 10 - 15 kHz, kdy jsou rozbity největší kusu vyražené nárazem ze skleněné plochy. Menší intenzitu má pak tříštění menších skleněných střepů.



Obr. 16 Průběh akustického efektu tříštění skla v čase [1]

Obr. 16 zobrazuje průběh akustického efektu tříštění skla v čase. Největší intenzitu má úder předmětu na skleněnou plochu a tříštění největších skleněných střepů. S dopadem menších kusů střepů intenzita akustického efektu klesá. Doba tříštění skla se pohybuje okolo 1 s.

4.2 Druhy a vlastnosti skleněných výplní

Při výběru elektroakustického detektoru je důležité zohlednit na jaký typ skleněné plochy je detektor určen. Nejrozšířenějším druhem skla je ploché (tabulové sklo). Ploché sklo je základem pro výrobu dalších typů skleněných výplní. Nejčastějšími typy skleněných výplní jsou:

- jednovrstvá skla,
- izolační dvojskla a trojskla,
- vrstvená skla.

Skla se také dělí podle provedených úprav zlepšujících jejich vlastnosti. Dělí se na nezušlechtná, zušlechtná a konstrukčně upravená. Pro zlepšení vlastností skleněné plochy se využívá povrchových nebo konstrukčních úprav. Příkladem je tepelně tvrzené sklo. Pro zajištění celistvosti skleněné plochy se vyrábějí skla s drátěnou vložkou. [19]

4.2.1 Jednovrstvá skla

Jednovrstvá skla se používají nejen jako okenní výplně ale mají širší využití. Například jako skleněné dělicí příčky, zábradlí, skleněné příčky, výplně dveří atd. Vyrábějí se v různých variantách a provedeních s úpravami zlepšující jejich vlastnosti. K dispozici jsou čirá i neprůhledná skla.

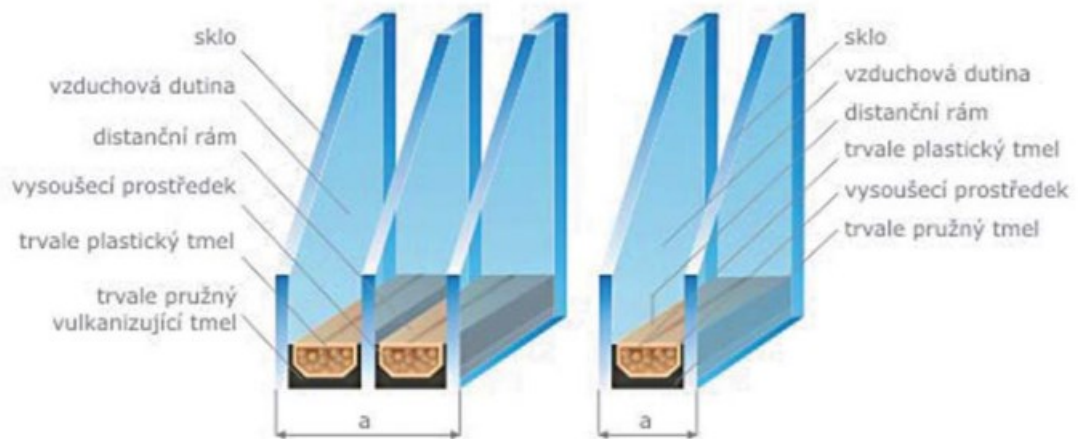
Pro zlepšení vlastností se využívá tepelných úprav. Tepelně tvrzená skla se využívají jako bezpečnostní. Tvrzené sklo se vyrábí zahřátím monolitického skla na 620°C a jeho následným zchlazením. Takto vyrobené sklo je mnohem odolnější proti mechanickému a tepelnému namáhání. Tento typ skla se při jeho destrukci láme na velmi malé úlomky. [20]

Při konstrukčních úpravách se využívá drátěné vložky. Drátěná vložka je zaválcována do skleněné plochy. Při rozbití skleněná plocha zůstane celistvá.

Na trhu jsou jednovrstvá skla k dostání v tloušťkách od 3 mm do 25 mm. Maximální rozměr je k dostání 6000 x 3210 mm. [21]

4.2.2 Izolační dvojskla a trojskla

Izolační skla se využívají ke zlepšení izolačních vlastností pláště budovy. Izolační skla obsahují více tabulí plochého skla. Prakticky se využívají dvojskla a trojskla. Jednotlivé vrstvy mohou být zušlechtěny například tepelně. Jednotlivé tabule se vkládají do distančního rámu. Mezera mezi tabulemi je vyplněna buď suchým vzduchem, nebo inertním plynem (argon, krypton). Skla jsou v rámu ukotvena po celém obvodu nebo ze dvou stran. Prostor mezi rámem a sklem je utěsněn pomocí tmelu. Každá tabule plochého skla má obvykle tloušťku 4 až 8 mm. [20]



Obr. 17 Konstrukce izolačních skel [20]

4.2.3 Vrstvená skla

Vrstvená skla se skládají s více tabulí spojených mezivrstvou. Jako mezivrstva se používá polyvinylbutyralová nebo etylenvinylacetátová fólie. Tento typ skla se používá zejména v místech, kde je v případě rozbití nutná ochrana před padajícími střepy. Fólie mezi jednotlivými vrstvami udržuje skleněnou plochu celistvou. Jedná se o bezpečnostní typ skla, který lze využít k ochraně osob a majetku. Například na místech s výskytem vandalismu. [20]

Tato skla také tlumí zvuk. Tloušťka jedné skleněné tabule se pohybuje mezi 3 – 6 mm a tloušťka mezivrstvy mezi 1 – 2 mm. [21]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 NÁVRH LABORATORNÍ ÚLOHY

Laboratorní úloha je zaměřena na použití bezkontaktního detektoru tříštění skla s drátovým přenosem poplachového signálu. V úloze si studenti mohou prakticky ověřit své znalosti o elektroakustických detektorech. Všechny komponenty laboratorní úlohy jsou umístěny na dřevěné desce pro snadné přenášení a práci s celým zařízením.

V laboratorní úloze byly použity komponenty pro detekci tříštění skla a signalizaci stavu detektoru.

Jedná se o komponenty:

- detektor tříštění skla Satel Magenta,
- zařízení k signalizaci stavu detektoru.

5.1 Bezkontaktní detektor tříštění skla Satel Magenta

V laboratorní úloze je použit bezkontaktní detektor tříštění skla s drátovým přenosem. Výrobce detektoru je firma Satel a typové označení detektoru je Magenta. Tento typ detektoru je určen pro vnitřní použití. Výhodou je možnost použití pro několik typů skel (tabulové, vrstvené, tvrzené). Detektor potřebuje ke svému provozu napájecí zdroj s napětím 12V. Detektor je vybaven potenciometrem pro nastavení citlivosti a duální analýzou akustického signálu. Detektor nejprve vyhodnocuje signál o nízké frekvenci (úder předmětu na skleněnou plochu), poté očekává vysokofrekvenční signál (tříštění skla). Doba, po kterou detektor analyzuje zvukový kanál mezi signálem nízké a vysoké frekvence je maximálně 4 sekundy. Samotný detektor signalizuje stav narušení pomocí červené LED diody. Kromě poplachu je LED dioda určena i k signalizaci slabého napájecího napětí. Poplachový výstup je typu NC a je realizován pomocí relé. V případě poplachu se reléový výstup rozepne na 2 sekundy. Detektor se kromě poplachu schopen signalizovat neoprávněnou manipulaci (sabotáž) pomocí tamperu. Detektor je schopen zaznamenat, jak neoprávněné otevření krytu, tak stržení ze zdi. Detektor je vybaven funkcí testování, kdy vyhledává poplach při detekci vysokofrekvenčního akustického signálu. Mezi jednotlivými testovacím režimem a normálním provozním režimem lze přepínat pomocí zkratovací propojky. Zkratovací propojka slouží i k nastavení signalizace pomocí LED diody. [22]

Při instalaci detektoru je dostačujícím parametrem detekční dosah detektoru. V případě detektoru Magenta je to 6 m. Podle vyjádření výrobce je to dostačující parametr ke správné

instalaci detektoru. Výrobce neprováděl měření k určení vlivu směrové charakteristiky mikrofonu na správnou funkci detektoru. Nebyly ani zkoumány vlivy velikosti skleněné plochy na funkci detektoru.

Tab. 2 Technické parametry detektoru tříštění skla Magenta [22]

Napájecí napětí	12V DC \pm 15%
Proudová spotřeba v klidu	5mA
Proudová spotřeba maximální	10mA
Zatížení kontaktu relé	40mA / 16V DC
Doba signalizace poplachu	2s
Detekční dosah	až 6m
Třída prostředí podle EN50130-5	II
Rozsah pracovních teplot	-10...+55°C
Rozměry	26 x 112 x 29 mm
Hmotnost	40g



Obr. 18 Detektor tříštění skla Satel Magenta [23]

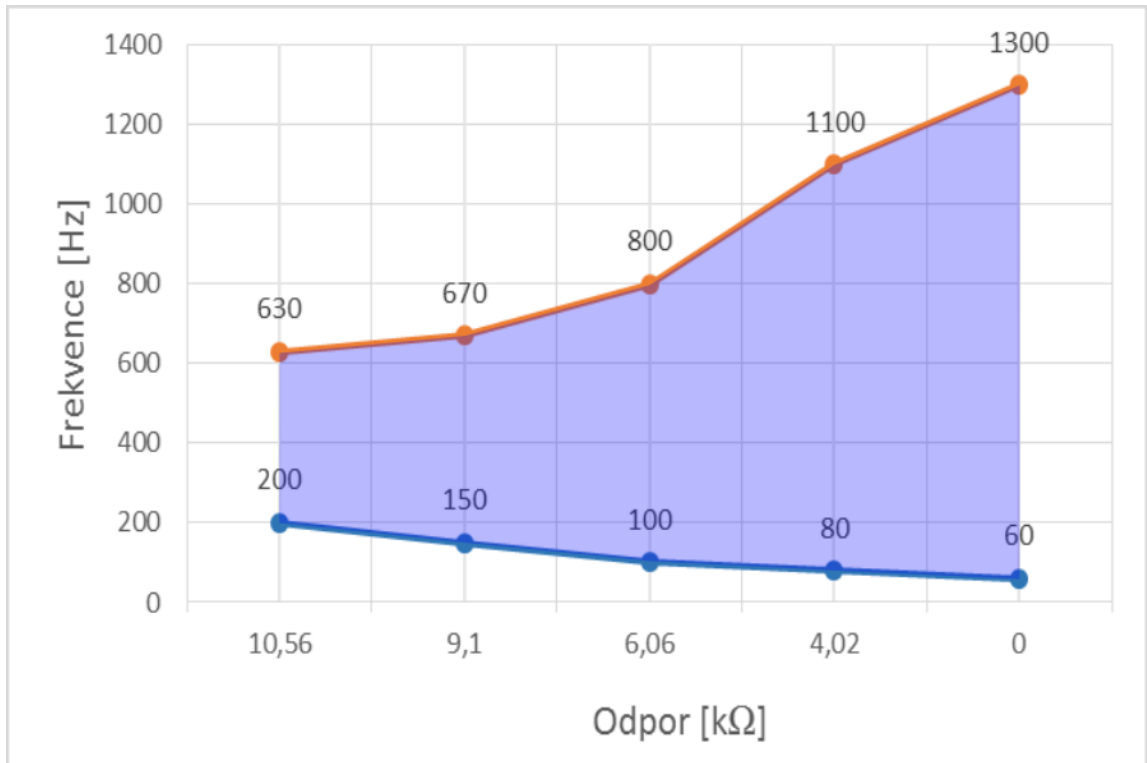
5.1.1 Měření parametrů detektoru tříštění skla

Měření charakteristických parametrů byly provedeny na detektoru tříštění skla Satel Magenta. Pro detektor tříštění skla jsou charakteristické vlastnosti spojené s reakcí na zvukový podnět z prostředí, ve kterém je instalován. Zejména se jedná o akustická frekvenční

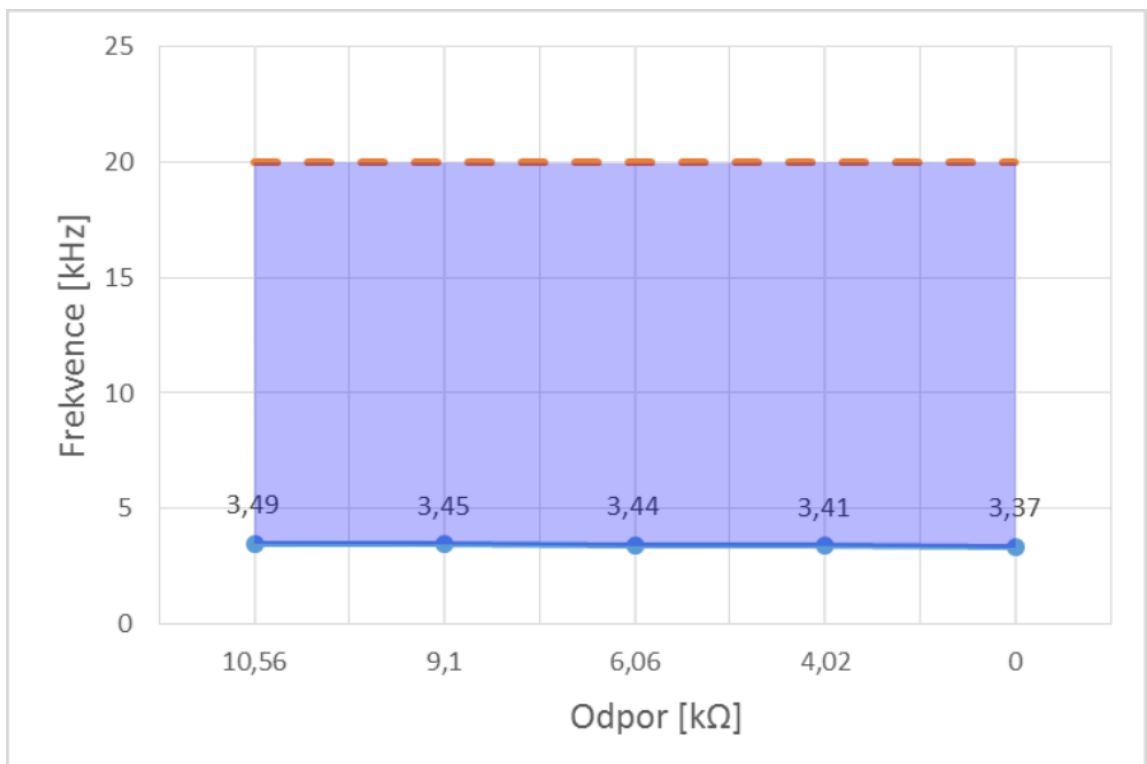
pásma, na která detektor reaguje vyhlášením poplachového stavu. Detektor na tyto podněty reaguje otevřením poplachového kontaktu typu NC, realizovaného pomocí relé.

5.1.1.1 Měření reakce detektoru na frekvence zvuku v závislosti na nastavení citlivosti detektoru

Měření reakce detektoru na zvukové frekvence byly měřeny s využitím reproduktoru a softwarového generátoru zvuku. Generovaný zvuk byl vypouštěn z reproduktorů proti detektoru ze vzdálenosti 1,5 m. Ve větší vzdálenosti detektor na zvuk z reproduktoru nereaguje. Je to způsobeno odlišnou charakteristikou reproduktoru, v porovnání se zvukem šířícím se při tříštění skleněné plochy. Zároveň je to odolnost detektoru proti vzniku falešných poplachů. Pokud by detektor reagoval na zvuky šířící se z jiných zařízení, docházelo by často ke vzniku falešných poplachů. Při měření byla na detektoru postupně měněna jeho citlivost pomocí potenciometru. Citlivost detektoru je reprezentována odporem potenciometru. Pro každé nastavení potenciometru byla zaznamenána nejnižší a nejvyšší frekvence zvuku, na kterou detektor reagoval. Reakce detektoru na nízkofrekvenční zvuk byla signalizována pomocí LED diody. Reakce detektoru na vysokofrekvenční zvuk byla měřena v testovacím režimu, kdy detektor reaguje jen na vysoké frekvence. Výsledky měření jsou zobrazeny v grafech, viz obr. 19 a obr. 20. Při zvyšování citlivosti detektoru se rozšiřuje frekvenční pásmo zvuku, na který detektor reaguje. Nejnižší citlivost detektoru odpovídá maximálnímu odporu nastavenému pomocí potenciometru. Nejvyšší citlivost má detektor při nulovém odporu potenciometru. Nastavení citlivosti detektoru ovlivňuje zejména reakci na nízkofrekvenční zvuky. Ve vysokofrekvenčním pásmu není změna již tak výrazná. Horní hranice frekvenčního pásma, které detektor zaznamená, se pohybuje maximálně okolo 20 kHz. Reakce detektoru je také do značné míry ovlivněna intenzitou zvuku. Při vyšší citlivosti reaguje detektor již na nízkofrekvenční úder.



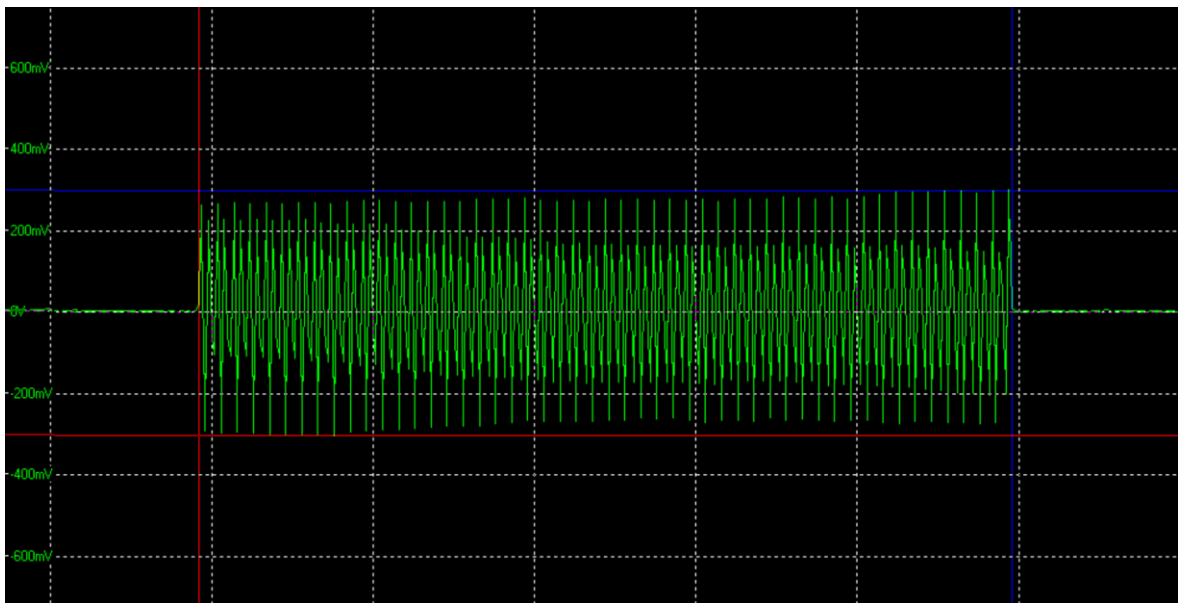
Obr. 19 Pásmo reakce detektoru na nízké frekvence charakteristické pro úder předmětu na skleněnou plochu



Obr. 20 Pásmo reakce detektoru na vysoké frekvence charakteristické pro tříštění skleněné plochy

5.1.1.2 Měření poplachového signálu detektoru

Charakteristika poplachového signálu byla měřena pomocí digitálního osciloskopu. Osciloskop byl připojen k počítači, na němž byl nainstalován software určený pro práci s osciloskopem. Měření probíhalo na poplachovém kontaktu typu NC, na který byla připojena osciloskopická sonda. Podle údajů od výrobce se poplachový kontakt při vyhlášení poplachového stavu otevře na dobu 2 s. Parametry měřeného poplachového signálu jsou uvedeny v tabulce č. 3.



Obr. 21 Měření otevření reléového výstupu detektoru

Tab. 3 Parametry poplachového signálu

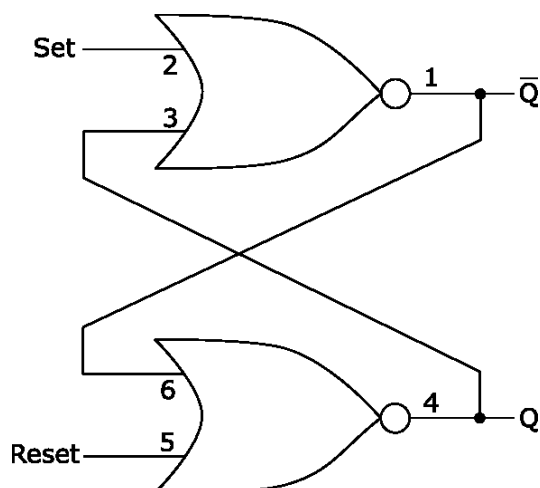
Doba signalizace [s]	2,016
U_{MAX} [mV]	302,14
U_{PP} [mV]	601,44

5.2 Zařízení k signalizaci stavu detektoru

Zařízení slouží k signalizaci stavu detektoru. Signalizace je realizována pomocí LED diod a akustické sirény. LED diody rozlišují aktivaci poplachového výstupu a aktivaci sabotážního kontaktu (tamperu). Zařízení se skládá z několika hlavních částí. Jsou to deska plošných spojů umístěná v krabici, signalizační LED diody, kolébkový přepínač pro spuštění zařízení, resetovací tlačítka pro vypnutí signalizace, akustické sirény a svorkovnice pro připojení detektoru a napájecího napětí.

5.2.1 Popis funkce signalizačního zařízení

Zařízení bylo navrženo k napájení z 12V zdroje. Součástí zařízení je vidlice k připojení napájení detektoru. Detektor je tedy napájen přímo ze signalizačního zařízení. Dále se zde nacházejí vstupy pro napájení celého zařízení a připojení poplachového výstupu detektoru a tamperu. Za napájecí svorky je připojen kolébkový přepínač, sloužící k zapnutí zařízení. Dále je zde usměrňovací dioda, jako ochrana proti přepólování. Celý vyhodnocovací obvod pracuje s napájecím napětím 5V. To je řešeno použitím integrovaného obvodu (IO) stabilizátoru 7805. Poplachový výstup a výstup tamperu jsou typu NC a jsou připojeny mezi bázi a emitor tranzistoru T1 a T2. Tranzistor je typu NPN zapojeného v zapojení se společným emitorem. Konkrétně se jedná o tranzistor BC547A. Pokud je detektor v klidu, jsou NC kontakty zapojené mezi bázi a emitor sepnuty a kolektorem tranzistoru neprochází proud. Dojde-li k vyhlášení poplachového stavu, kontakty se rozepnou a kolektorem tranzistoru začne procházet proud. Na výstup kolektoru je připojený IO 555 zapojený v monostabilním režimu. Po otevření tranzistoru se tento časovací obvod aktivuje a vygeneruje na výstupu napěťový impuls o délce 322 ms. Délka impulsu je určena rezistorem a elektrolytickým kondenzátorem (R3 a C3 ve schématu). K tomuto výstupu je připojena LED dioda a IO 74HC02. LED dioda tu slouží k optické signalizaci výstupního impulsu z IO 555. IO 74HC02 obsahuje čtyři dvouvstupová hradla NOR. Obvod je zapojen tak, že pokud je na nastavovacím vstupu logická úroveň „H“, je tato úroveň udržována na výstupu, až do příchodu logické úrovně „H“ na resetovací vstup. Minimální hodnota logické úrovně „H“ je vzhledem k napájecímu napětí IO 3,15V. Obvod je napájen 5V. Na výstupu z IO 555 je hodnota 4,35V přivedená na nastavovací vstup. Reset je realizován přivedením kladného napájecího napětí 5V na resetovací vstup pomocí tlačítka (S2 ve schématu). Na nastavovacím a resetovacím vstupu nesmějí být nastaveny logické úrovně H ve stejnou dobu, obvod by nefungoval správně. Pro každý výstup z detektoru jsou určeny dvě hradla IO.

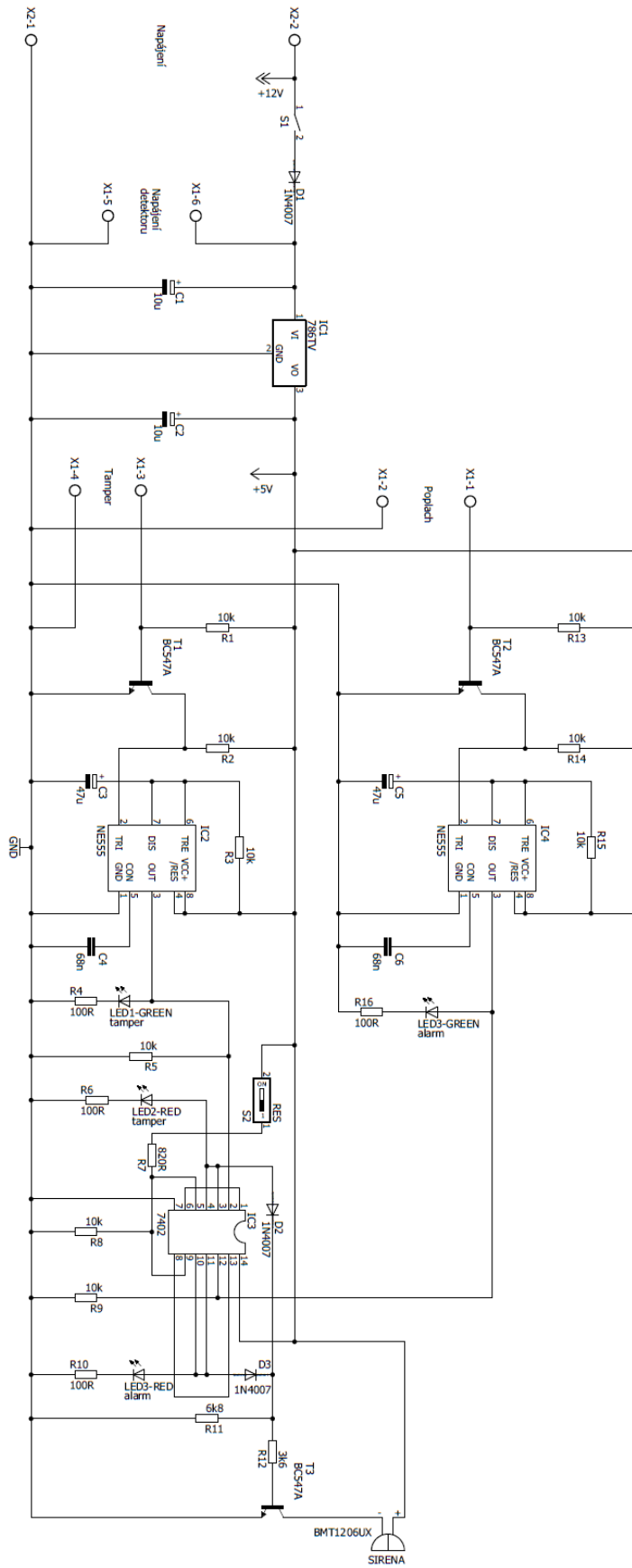


Obr. 22 Hradlové zapojení IO 74HC02 určeného pro připojení tamperu

Na výstupy IO 74HC02 jsou připojeny dvě červené LED diody sloužící k optické signalizaci aktivace poplachového výstupu a tamperu. Diody mají svítivost 4200 mcd a vyzařují pod úhlem 60°. K výstupům je také připojen tranzistor T3 ve funkci spínače. Tranzistor spíná akustickou sirénu s napájecím napětím 5V a hlasitostí 85 dB. Zvuk sirény má frekvenci 2300 Hz.

5.2.2 Návrh a výroba signalizačního zařízení

Schéma zapojení a deska plošných spojů byly vytvořeny v programu Eagle. Deska plošných spojů (DPS) byla vyrobena metodou nažehlení toneru na cuprextit. Po vyleptání a osazení součástkami byla DPS umístěna do průhledné krabičky. Ovládací a signalizační prvky byly vyvedeny na povrch krabičky. Zařízení bylo zkonstruováno podle schématu, viz obr. 23.



Obr. 23 Schéma zapojení signalizačního zařízení

5.2.2.1 Výpočty k návrhu signalizačního zařízení:

1. Výpočet rezistoru k LED diodám

Rezistory R4 a R16:

$$R = \frac{U_Z - U_D}{I_D} = \frac{4,2 - 2,2}{0,02} = 100 \Omega$$

Rezistory R6 a R10:

$$R = \frac{U_Z - U_D}{I_D} = \frac{4 - 2,4}{0,02} = 80 \Omega$$

2. Návrh součástek pro realizaci časovače 555

Pro realizaci zapojení časovače 555 byly použity tyto součástky:

$$R = 9890 \Omega$$

$$C = 47 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

Výpočet délky výstupního impulsu z časovače 555 v monostabilním režimu.

$$T_H = \ln 2 \cdot R \cdot C = \ln 2 \cdot 9890 \cdot 47 \cdot 10^{-6} = 0,322 \text{ s}$$

3. Výpočet součástek k realizaci tranzistoru ve funkci spínače (tranzistor T3 ve schématu)

K realizaci byl použit tranzistor typu NPN BC547A. Tranzistor spíná napětí 5V určené k napájení akustické sirény. Akustická siréna má proudový odběr 30 mA.

Výpočet proudu bázi:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \cdot 3 = \frac{0,03}{120} \cdot 3 = 0,75 \text{ mA}$$

Výpočet úbytku napětí na rezistoru R_B:

$$U_{RB} = U_{IN} - U_{BE} = 3,3 - 0,7 = 2,6 \text{ V}$$

Výpočet rezistoru R_B:

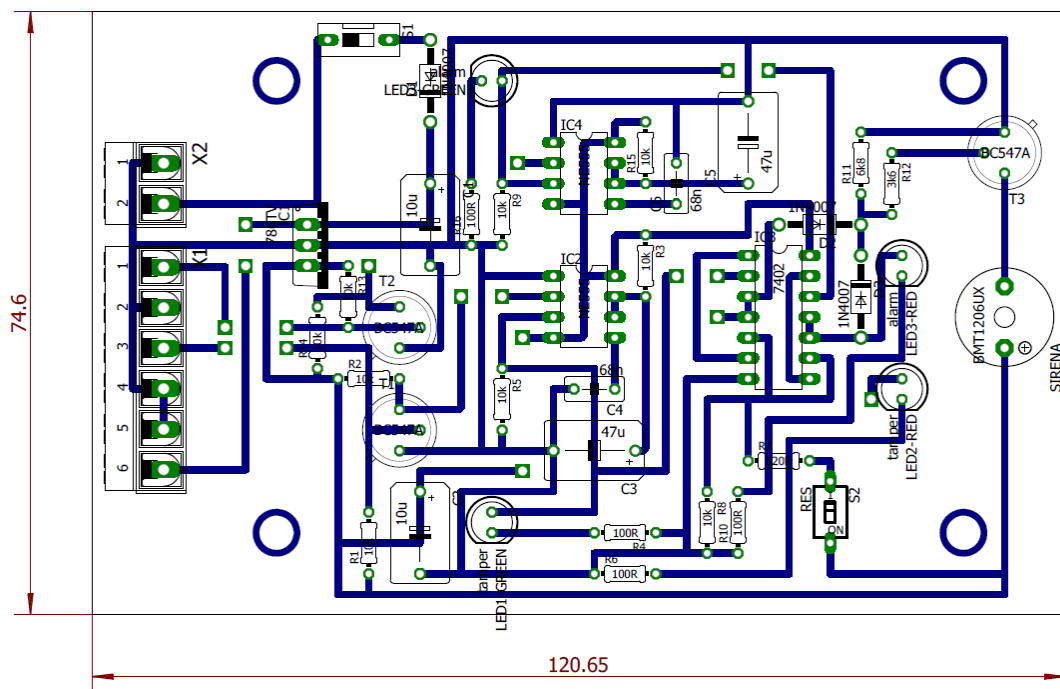
$$R_B = \frac{U_{RB}}{I_B} = \frac{2,6}{0,00075} = 3466,66 \Omega$$

Výpočet výkonové ztráty na sepnutém tranzistoru:

$$P = U_{CE} \cdot I_C + U_{BR} \cdot I_B = 0,45 \cdot 0,03 + 0,7 \cdot 0,00075 = 0,14024 \text{ W}$$

5.2.2.2 Výroba DPS nažehlením toneru na cuprexit

Prvním krokem výroby bylo vytvoření schématu v programu Eagle. Dále byl vytvořen návrh DPS, kde byly rozmístěny jednotlivé součástky a ovládací prvky, viz obr. 24. DPS byla přizpůsobena pro uložení do krabičky a její usazení na distanční sloupky. Pro výrobu DPS byl návrh desky vytištěný na křídový papír pomocí laserové tiskárny, viz obr. 25. Vytištěný návrh byl následně pomocí žehličky nažehlen na cuprexit. Samotné leptání probíhalo za použití leptacího roztoku chloridu železitého. Po vyleptání byly vyvrtány potřebné otvory pro osazení desky součástkami a usazení desky do krabičky. Nakonec byla DPS osazena a umístěna do krabičky. Do krabičky byly vyvrtány otvory pro umístění ovládacích prvků a připojení konektorů napájení a výstupů z detektoru.



Obr. 24 Rozmístění součástek na desce plošných spojů

R14	Rezistor	10k Ω , 0,6W
R15	Rezistor	10k Ω , 0,6W
R16	Rezistor	56 Ω , 0,6W
C1	Kondenzátor elektrolytický	10uF/25V
C2	Kondenzátor elektrolytický	10uF/25V
C3	Kondenzátor elektrolytický	47uF/10V
C4	Kondenzátor keramický	68nF/63V
C5	Kondenzátor elektrolytický	47uF/10V
C6	Kondenzátor keramický	68n/63V
D1	Dioda usměřovací	1N4007
D2	Dioda usměřovací	1N4007
D3	Dioda usměřovací	1N4007
T1	Tranzistor NPN	BC547A
T2	Tranzistor NPN	BC547A
T3	Tranzistor NPN	BC547A
IC1	Stabilizátor napětí 5V/0,75A, TO220	7805
IC2	Časovač	NE555
IC3	4x2vst. NOR	74HC02
IC4	Časovač	NE555
LED1-GREEN	LED dioda zelená 5mm	L53GD
LED2-RED	LED dioda červená 5mm	L5RED4200
LED3-RED	LED dioda červená 5mm	L5RED4200
LED4-GREEN	LED dioda zelená 5mm	L53GD
SIRENA	Akustická siréna 85dB, 2,3 kHz	KXG1205C
S1	Kolébkový přepínač	P-R13112A AH
S2	Spínač tlačítkový	P-PB11 RED
X1	Násuvná vidlice	PTR STLZ950/2G-5.08-H- GREEN
X2	Násuvná vidlice	PTR STLZ950/6G-5.08-H- GREEN

X1	Násuvná svorkovnice	PTR AKZ950/2-5.08-GREEN
X2	Násuvná svorkovnice	PTR AKZ950/6-5.08-GREEN

5.2.2.4 Výsledný výrobek zařízení pro signalizaci stavu detektoru

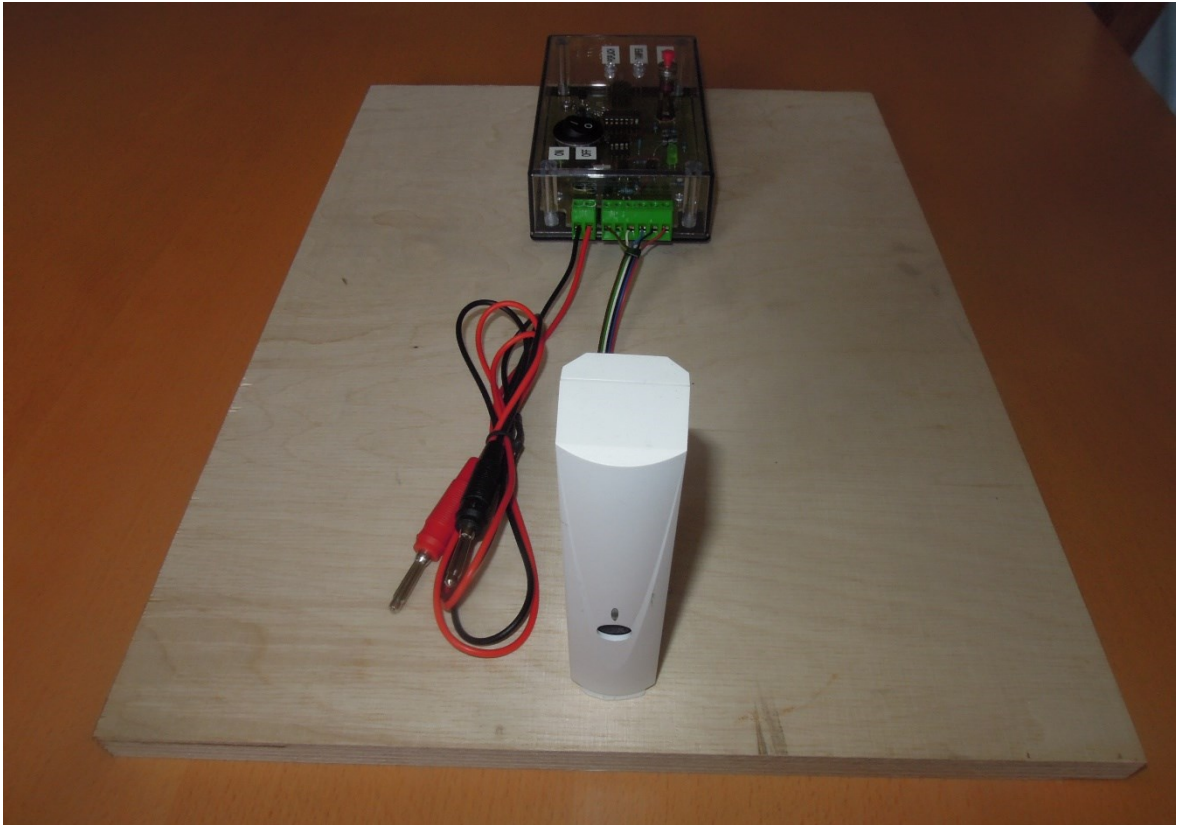
Výsledný výrobek je zařízení sloužící k signalizaci stavu detektoru. Zařízení je umístěno v průhledné krabičce. K zařízení se připojují poplachové výstupy z detektoru a přívod napájení. Napájecí napětí je 12 V. Na povrch krabičky jsou vyvedeny ovládací prvky, zapínací přepínač a resetovací tlačítko. Resetovací tlačítko slouží k vypnutí signalizace poplachového stavu. K signalizaci stavu detektoru slouží dvě LED diody a akustická siréna.



Obr. 26 Zařízení k signalizaci stavu detektoru

5.3 Laboratorní úloha

Cílem laboratorní úlohy je seznámit studenty s elektroakustickými detektory. Studenti si ověří své teoretické znalosti o elektroakustických detektorech. Prakticky si pak ověří své znalosti prostřednictvím bezkontaktního detektoru tříštění skla. Laboratorní úloha se skládá z detektoru tříštění skla (Satel Magenta) a signalizačního zařízení. Všechny zařízení jsou umístěny na dřevěné desce. Napájení je realizováno pomocí laboratorního zdroje. Studenti si vyzkouší vyvolání poplachového stavu detektoru a určí frekvenční pásmo, na které detektor reaguje.



Obr. 27 Pracoviště laboratorní úlohy

5.3.1 Zadání

1. Uveďte, jaké znáte elektroakustické detektory a popište princip jejich funkce.
2. Seznamte se s detektorem Satel Magenta, informace o detektoru najdete v příloženém manuálu od výrobce. Manuál také najdete na stránkách výrobce Satel.
3. Popište, o jaký typ detektoru se jedná a uveďte jeho základní vlastnosti a parametry.
4. Seznamte se s funkcí signalizačního zařízení.
5. Připojte k signalizačnímu zařízení napájení, napájení detektoru, jeho poplachový výstup a sabotážní kontakt (pokud nebyly připojeny).
6. Ověřte funkci detektoru tříštění skla simulováním nárazu na skleněnou plochu. Náraz můžete simulovat úderem to plastové (kartonové) krabice, úderem na tabuli nebo dřevěnou desku.
7. Pomocí softwarového generátoru zvuku určete rozsah nízkých frekvencí typických pro úder předmětu na skleněnou plochu, na které detektor reaguje.
8. Zodpovězte kontrolní otázky.

5.3.2 Kontrolní otázky

Zadání kontrolních otázek:

1. Na jakém principu funguje detektor Satel Magenta?
2. Na jaké typy skleněných ploch je detektor určen?
3. Jak probíhá analýza poplachového akustického signálu?
4. Pomocí jakých prvků se provádí nastavení detektoru a jakými provozními režimy detektor disponuje?

Zodpovězení kontrolních otázek:

1. Na jakém principu funguje detektor Satel Magenta?
Detektor Satel Magenta pracuje na principu detekce zvuku šířícího se prostorem od skleněné plochy. Zvuk je analyzován z hlediska akustických vlastností typických pro úder předmětu na skleněnou plochu a její následné rozbití.
2. Na jaké typy skleněných ploch je detektor určen?
Detektor je určen k použití pro detekci tříštění tabulového, tvrzeného a vrstveného skla.
3. Jak probíhá analýza poplachového akustického signálu?
Detektor je vybaven dvoucestnou analýzou akustického signálu. Zvuk je nejprve analyzován z hlediska výskytu nízkých frekvencí typických pro náraz předmětu na skleněnou plochu. Následně jsou analyzovány vysoké frekvence typické pro tříštění skleněné plochy.
4. Pomocí jakých prvků se provádí nastavení detektoru a jakými provozními režimy detektor disponuje?
Detektor je vybaven potenciometrem určeným pro nastavení jeho citlivosti. Nastavení provozních režimů se provádí pomocí zkratovací propojky. Jde o nastavení normálního provozního režimu nebo testovacího režimu. Pomocí zkratovacích propojek lze také nastavit signalizaci stavu detektoru pomocí LED diody.

6 MĚŘENÍ CHARAKTERISTICKÝCH VLASTNOSTÍ TŘÍŠTĚNÍ SKLA

Detektory tříštění skla pracují na principu detekce zvuku vznikajícího při destrukci skleněných ploch. Tyto akustické projevy jsou charakteristické nízkofrekvenčním zvukem vznikajícím úderem předmětu na skleněnou plochu. Skleněná plocha se při tomto nárazu prohne a po překročení určitého bodu pevnosti dochází k její destrukci. Frekvenční spektrum, ve kterém se tříštění skla nachází je závislé na typu skleněné plochy a na materiálu předmětu, kterým je sklo rozbíjeno. Dále také záleží na povrchu podlahy, na kterou dopadají skleněné střepey.

6.1 Postup měření

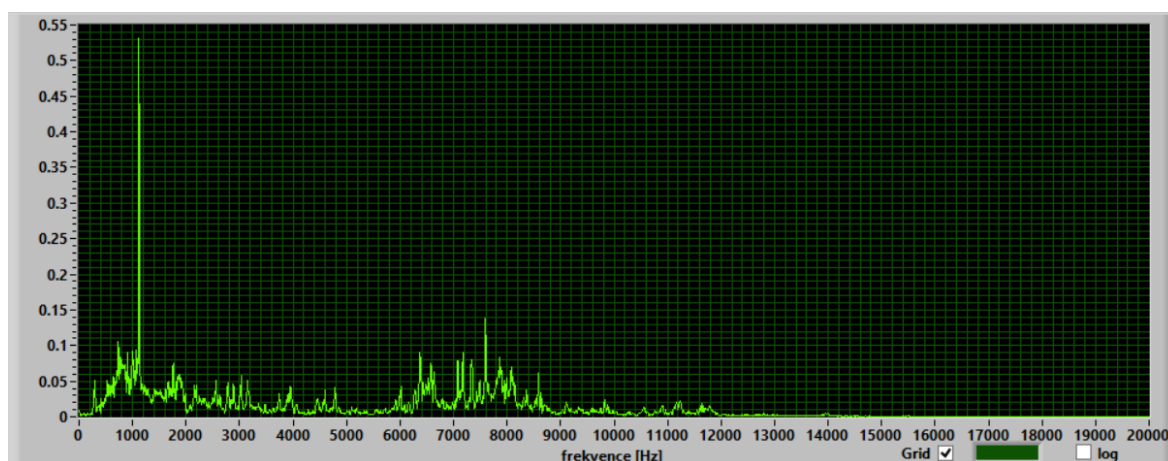
Měření bylo prováděno s použitím okenní výplně tabulového skla, usazeného v dřevěném rámu. Rozbití skleněné plochy bylo realizováno pomocí kovového a dřevěného předmětu. Střepey dopadali na betonovou podlahu. Další měření proběhlo s kobercem umístěným na betonové podlaze. Okno bylo při měření umístěno na podstavec vysoký 90 cm, což odpovídá výšce, do které se běžně okna usazují. Záznam zvuku byl proveden na mobilní telefon, který disponuje citlivým mikrofonom. Záznamové zařízení bylo umístěno na podstavci, ve výšce 57 cm, vedle skleněné plochy, tak aby střepey nedopadali přímo na zařízení a záznam tak nebyl znehodnocen. K rozbití okenní výplně došlo v jejím středu, ve výšce okolo 125 cm nad zemí. Pořízený audio záznam byl upraven pomocí softwaru Audacity. Šlo o odstranění šumu z nahrávky a její ořezání. Dalším krokem bylo měření spektrální charakteristiky záznamované nahrávky. K tomu byl použit softwarový osciloskop, snímající signál ze zvukové karty notebooku. Jako softwarový nástroj byly použity programy Soundcard Scope a Visual Analyser 2014. Programy umožňují pomocí Fourierovy transformace převést napětí na mikrofonu měřené v čase na frekvenční spektrální charakteristiku. Dalšími funkcemi jsou zobrazení histogramu, průběh napětí na mikrofonu a různá nastavení pro měření, jako frekvenční filtry.

Pro porovnání byly měření provedeny i na jiných předmětech. Jednalo se o rozbití sklenice a úder do plastové krabice.

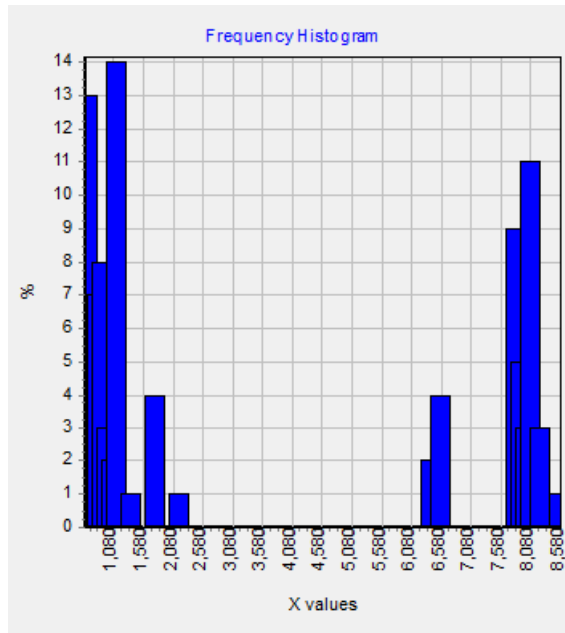
6.2 Výsledky měření

6.2.1 Měření prováděna s použitím okenní výplně

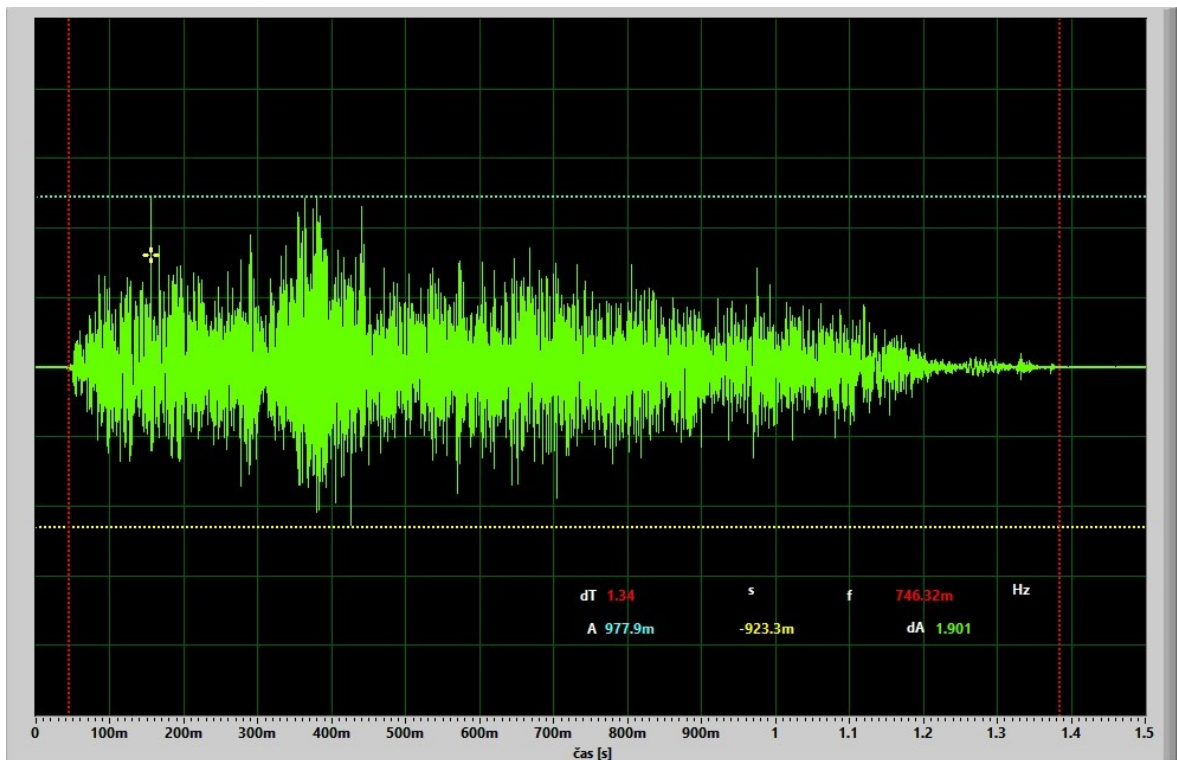
První měření bylo provedeno na okenní výplni tabulového skla, umístěné v dřevěném rámu. Okenní výplň byla rozbita kovovým předmětem. Konkrétně se jednalo o teleskopický obušek. Střepy dopadaly na betonovou podlahu. Měřená spektrální charakteristika zobrazuje intenzivní úder na skleněnou plochu v oblasti okolo 1150 Hz a následné tříštění skla v oblasti mezi 6000 – 8000 Hz, viz obr. 28. Při požití dřevěného předmětu k rozbití skla se frekvence nárazu pohybovala okolo 1000 Hz. Histogram získaný ze spektrální charakteristiky ukazuje procentuální podíl jednotlivých frekvencí při destrukci skleněné plochy, viz obr. 29. Obr. 30 zobrazuje průběh napětí na mikrofonu. Celý akustický jev od nárazu předmětu na okenní výplň trval okolo 1,3 s. Doba pádu střepů z výšky 125 cm se pohybuje okolo 0,5 s.



Obr. 28 Spektrální charakteristika rozbití okenní výplně pomocí kovového předmětu

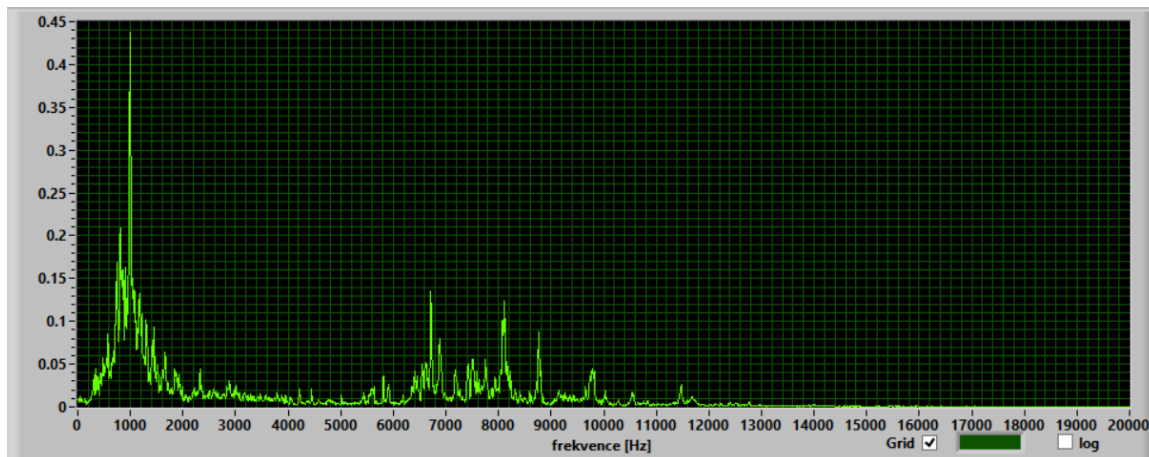


Obr. 29 Histogram rozložení frekvencí při rozbití okenní výplně pomocí kovového předmětu

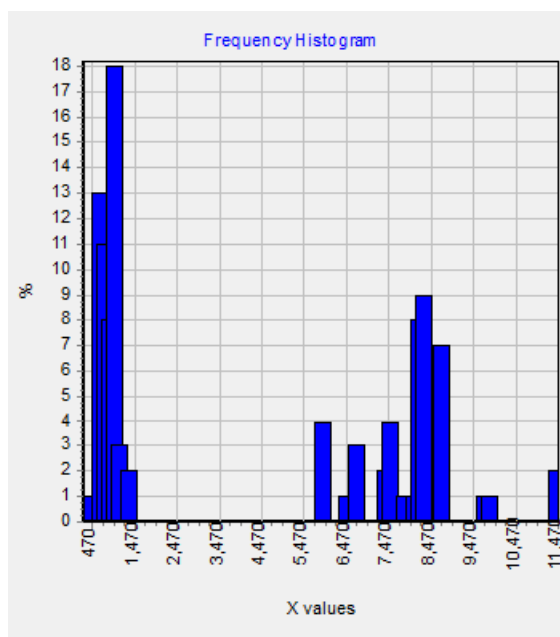


Obr. 30 Průběh napětí na mikrofonu při rozbití okenní výplně pomocí kovového předmětu. Při druhém měření byl na podlahu umístěn koberec. Okenní výplň byla rozbita pomocí dřevěného předmětu. Náráz předmětu na skleněnou plochu má zde frekvenci okolo 1000 Hz. V grafu zobrazujícím spektrální charakteristiku a histogramu je vidět, že je zde mnohem

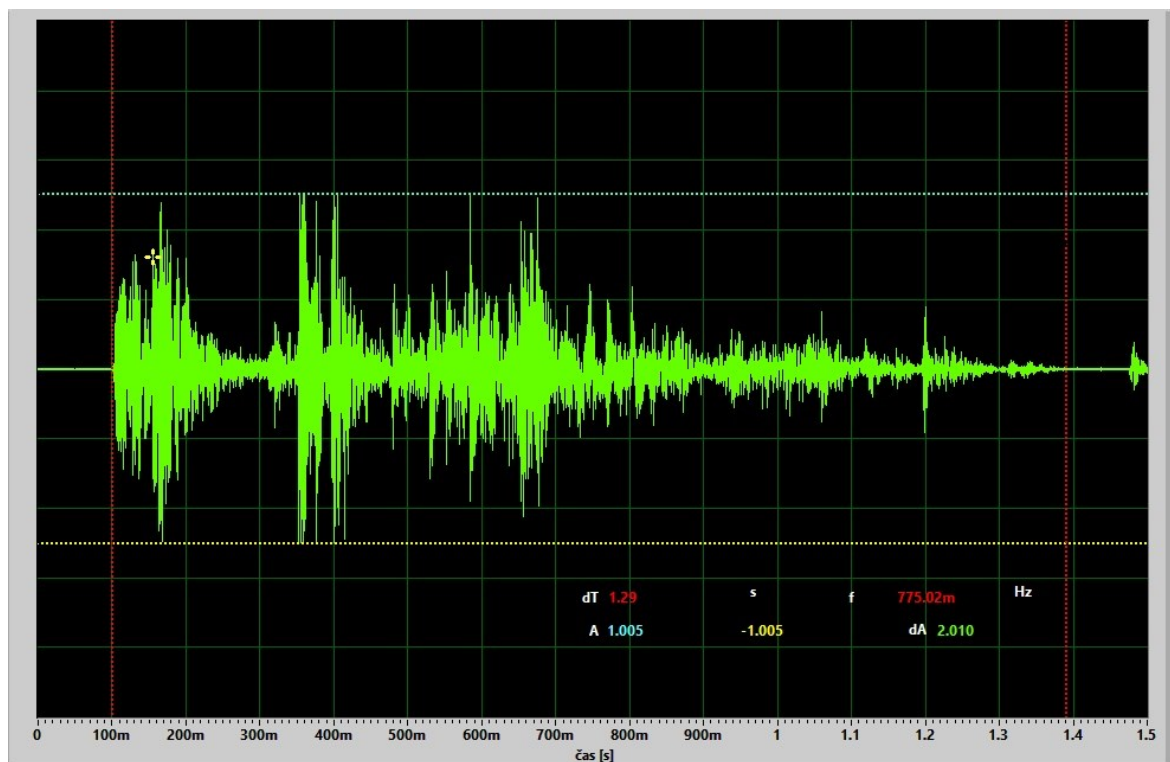
větší podíl nízkých frekvencí, viz obr 31 a obr. 32. To je způsobeno dopadajícími střepy na koberec. Dopadající střepy na koberec vytvářejí intenzivní akustický efekt, což je nejlépe vidět na průběhu napětí na mikrofonu, viz obr. 33.



Obr. 31 Spektrální charakteristika rozbití okenní výplně pomocí dřevěného předmětu



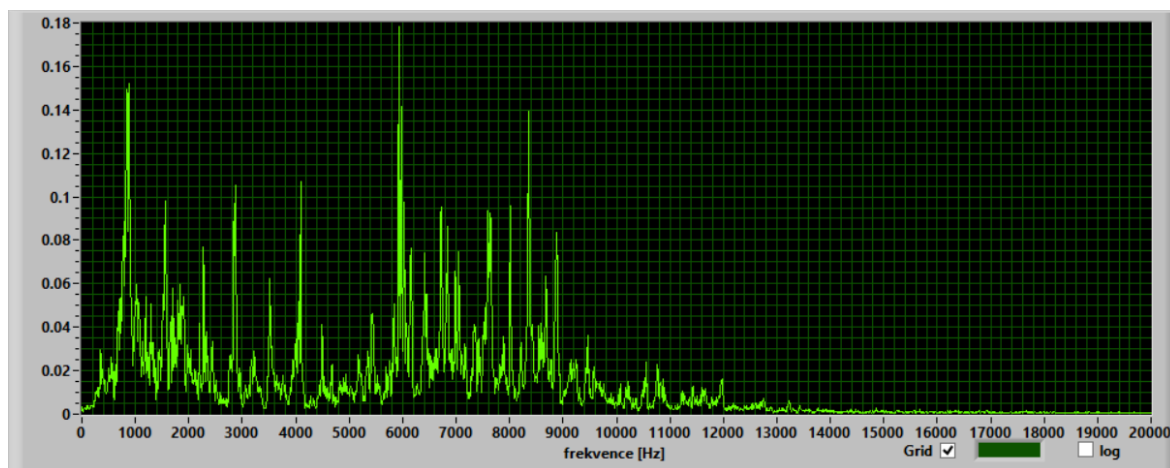
Obr. 32 Histogram rozložení frekvencí při rozbití okenní výplně pomocí dřevěného předmětu



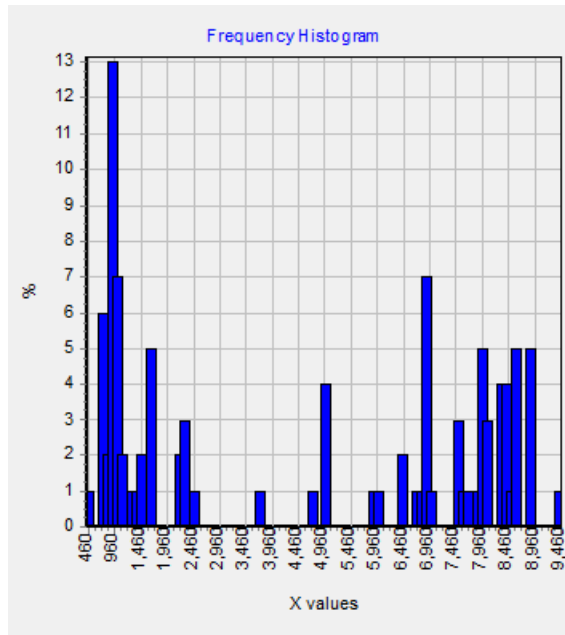
Obr. 33 Průběh napětí na mikrofону při rozbití okenní výplně a dopadu střepů na koberec

6.2.2 Měření prováděna s použitím zavařovací sklenice

Pro porovnání bylo provedeno měření při použití zavařovací sklenice. Sklenice byla umístěna na podstavec ve výšce 85 cm a rozbita za použití teleskopického obušku. V grafu zobrazujícím spektrální charakteristiku je vidět, že nejsou vymezena jen určitá frekvenční pásma a nízkofrekvenční pásmo není ostře odděleno od vysokofrekvenčního pásma. Je tu tedy znatelný rozdíl mezi rozbitím okenní výplně a sklenice. Toho lze využít při analýze zdroje zvuku vyhodnocovacím algoritmem detektoru.



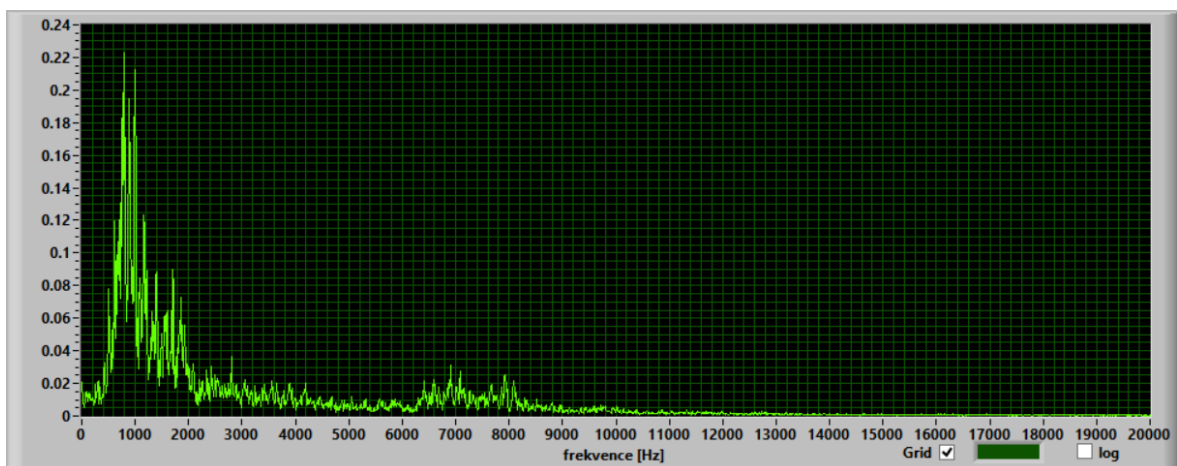
Obr. 34 Spektrální charakteristika rozbití zavařovací sklenice pomocí kovového předmětu



Obr. 35 Histogram rozložení frekvencí při rozbití zavařovací sklenice pomocí kovového předmětu

6.2.3 Úder do plastové krabice

Při úderu do plastové krabice vzniká intenzivní nízkofrekvenční akustický jev. Frekvence zvuku se pohybuje mezi 700 – 830 Hz. Při dostatečné intenzitě zvuku, lze v závislosti na nastavení citlivosti detektoru spustit poplach.



Obr. 36 Spektrální charakteristika úderu kovového předmětu do plastové krabice

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na elektroakustické detektory v průmyslu komerční bezpečnosti. Zvláště se jednalo o detektory tříštění skla. V rámci teoretické části byly uvedeny základní pojmy a zařazení detektoru tříštění skla v průmyslu komerční bezpečnosti. Dále byly popsány jednotlivé druhy detektorů tříštění skla a jejich princip funkce. Hlavním tématem teoretické části je fyzikální princip funkce jednotlivých typů detektorů tříštění skla a způsob jejich funkce. Jsou zde popsány konstrukční prvky a princip zpracování akustického signálu detektorem. Pro správnou funkci detektoru je důležitá jeho kvalitně provedená instalace. Při dodržení instalačních kritérií má detektor nejlepší vlastnosti a dokáže spolehlivě odhalit případného narušitele. Tento typ detektoru slouží k ochraně skleněných ploch. Proto teoretická část obsahuje kapitolu zaměřenou na problematiku skleněných výplní pláštěů budov. Jsou zde uvedeny charakteristické vlastnosti skleněných ploch při jejich destrukci. Nakonec byly popsány základní typy nejpoužívanějších skleněných výplní, jejich vlastnosti a použití.

Výsledkem praktické části bakalářské práce je laboratorní úloha. Praktické část objasňuje zaměření a konstrukci laboratorní úlohy. Jsou zde uvedeny použité přístroje a jejich funkční vlastnosti a parametry. Jako součást laboratorní úlohy bylo zkonstruováno signalizační zařízení. Zařízení slouží k signalizaci jednotlivých stavů detektoru. Na detektoru tříštění skla byla provedena měření k ověření jeho parametrů. Konkrétně se jednalo o měření parametrů poplachového signálu na reléovém výstupu, při signalizaci poplachového stavu. Dále byla ověřena reakce detektoru na akustické frekvence v závislosti na nastavené citlivosti. Výsledkem jsou frekvenční pásma zvuku, na která detektor reaguje vyhlášením poplachového stavu. Výsledky měření jsou zobrazeny pomocí grafů. Další měření byla zaměřena na ověření charakteristických vlastností skleněných ploch při jejich destrukce. Výsledkem měření je spektrální frekvenční charakteristika tříštění skleněné plochy. Při měření byly použity různé materiály předmětu, kterým byla okenní výplň rozbita. Akustický efekt tříštění okenní výplně byl porovnán s rozbitím sklenice. Tyto rozdíly vyhodnocuje detektor, k správnému vyhodnocení akustického podnětu a následné reakce na tento podnět.

Přínosem mé bakalářské práce je vytvoření laboratorní úlohy se zaměřením na detektory tříštění skla. Laboratorní úloha bude využita při výuce a bude seznamovat studenty s principy funkce a použitím detektorů tříštění skla v průmyslu komerční bezpečnosti.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Bachelor thesis was focused on electro-acoustic detectors in commercial security industry. Especially, it was glass break detectors. Within theoretical part, there were stated basic concepts and classification of glass break detectors in commercial security industry. Further there were described individual types of glass break detectors and their principle of function. The main topic of theoretical part is physical principle of function of the each type of glass break detectors and way of function principle. There are described construction elements and principle of acoustic signal processing by detector. For right function of detector is important well-made installation. When respecting installation rules, detector have the best features and he is able to reliably detect potential intruder. This type of detector is designed to protect glass surfaces. That's why theoretical part include chapter focused on problematics of building envelops glass surfaces. There are stated characteristic features of glass surfaces in case of their destruction. In the end there were described basic most used types of glass surfaces, their features and use.

The result of practical part of bachelor thesis is laboratory exercise. Practical part explains fusion and construction of laboratory exercise. There are stated used devices and their function features and parameters. As a part of laboratory exercise was designed signaling device. Device is used to signal state of detector. There were made measures on glass break detector to verify its parameters. Especially it was to verify reaction of detector on acoustic frequencies in according to sensitivity setting. The result of measures is frequency ranges of sound, where detector react to set alarm state. Results of measures are shown in graphs. Further measures were focused on verifying characteristics features of glass surfaces in case of their destruction. Result of measures is spectral frequencies characteristic of glass surface breaking. Within measures it there were used different materials of object, used to destruct window glass. Acoustic effect of window fill breaking was compared with destruction of drinking glass. This differences are evaluate with detector, to correct evaluation of acoustic effect and following reaction on that effect.

The acquisition of my bachelor thesis is to design laboratory exercise focused on glass break detectors. Laboratory exercise will be used for teaching and it will be used to acquaint students with principles of function and use of glass break detectors in commercial security industry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Lukáš, L. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. 1. vyd. Zlín: VeR-BuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [2] Mapa kriminality. *Mapa kriminality* [online]. 2016 [cit. 2016-09-25]. Dostupné z: <http://www.mapakriminality.cz/>
- [3] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů*. 2. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2009, 229 s. ISBN 978-80-7251-313-0.
- [4] ČSN EN 50131-1. *Systémové požadavky*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 40 s.
- [5] IVANKA, Ján. *Systemizace bezpečnostního průmyslu*. 5. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. ISBN 978-80-7485-410-1.
- [6] 4. Akustika. *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_2/F2_04.pdf
- [7] Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu. *Vysoká škola báňská — Technická univerzita Ostrava* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm
- [8] Obecné informace o zvuku. *PAROC* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/obecne-informace-o-zvuku>
- [9] Relative speed of sound in solids, liquids, and gases | Physics | Khan Academy. *Youtube* [online]. 2014 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=yF4cvbAYjwI>
- [10] Vysvětlení jevu. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2007 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/419-vysvetleni-jevu>
- [11] Smart materials. *Smart structures* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://smartstructures.wikispaces.com/smart+materials-ahmed+salah?responseToken=08a4d5609780ca8235641adea761d0f10>
- [12] Mikrofon. *Wikipedia* [online]. 2015 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrofon>

- [13] KONSTRUKCE MIKROFONŮ. *Elektroakustika* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: http://www.elektroakustika.cz/types_microphones.html
- [14] Mikrofony. *Zdeněk Burda* [online]. 1999 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://www.zdenda.com/1999/01/mikrofony/>
- [15] Navrhujeme odolný detektor tříštění skla – 1. část. *HW.cz* [online]. 22 prosinec 2010. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/navrhujeme-odolny-detektor-tristeni-skla-1cast.html>
- [16] Empty with a yellow wall room. *Freepik* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://www.freepik.com/free-photo/empty-with-a-yellow-wall-room_870273.htm#term=window&page=8&position=17
- [17] KŘEČEK Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vydání 3. Blatná: Cricetus, 2006, 316 s. ISBN 80-902938-2-4.
- [18] Antimasking a jeho využitie v praxi. *Security news* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: http://www.securitynews.sk/clanok/23_antimasking-a-jeho-vyu-zitie-v-praxi
- [19] Druhy skel a fólií. *Fakulta stavební ČVUT v Praze* [online]. 2006 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/www/wald/Pozarni_odolnost/e-text/specialiste/3/3-3_Druhy_skel_a_folii.pdf
- [20] Sklo. *Česká komora lehkých obvodových plášťů* [online]. 2008 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://www.cklop.cz/2009/4.pdf>
- [21] MAREČEK, Jan. *Pozemní stavitelství III* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008 [cit. 2017-03-15]. ISBN 978-80-248-1470-4.
- [22] Magenta. *Satel* [online]. 2015 [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: https://www.satel.pl/cz/download/instrukcje/magenta_io_cz_0615.pdf
- [23] Magenta. *Satel* [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <https://www.satel.pl/cz/produktid/810>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PZTS Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

EMC Elektromagnetická kompatibilita

EMS Elektromagnetická susceptibilita

EMI Elektromagnetická interference

NC Normaly closed

MCU Microcontroller unit

IO Integrovaný obvod

DPS Deska plošných spojů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Frekvenční rozsah zvuku	18
Obr. 2 Zvuková vlna [8]	19
Obr. 3 Šíření zvukové vlny v prostoru [8]	20
Obr. 4 Piezoelektrický jev [11]	21
Obr. 5 Směrová charakteristika mikrofonu detektoru	22
Obr. 6 Konstrukce elektretového mikrofonu [13]	23
Obr. 7 Konstrukce piezoelektrického mikrofonu [14]	23
Obr. 8 Kontakt NC (normály closed)	24
Obr. 9 Průběh zpracování akustického signálu detektorem	27
Obr. 10 Vývojový diagram pro vyhodnocení akustické události detektorem	28
Obr. 11 Instalace detektoru proti skleněné ploše [16, upravil Mlčoch 2017]	29
Obr. 12 Instalace detektoru na stěnu [16, upravil Mlčoch 2017]	29
Obr. 13 Instalace detektoru na strop [16, upravil Mlčoch 2017]	30
Obr. 14 Instalace detektoru nad skleněnou plochu [16, upravil Mlčoch 2017]	30
Obr. 15 Spektrální charakteristika tříštění okenní výplně [1]	36
Obr. 16 Průběh akustického efektu tříštění skla v čase [1]	37
Obr. 17 Konstrukce izolačních skel [20]	39
Obr. 18 Detektor tříštění skla Satel Magenta [23]	42
Obr. 19 Pásmo reakce detektoru na nízké frekvence charakteristické pro úder předmětu na skleněnou plochu	44
Obr. 20 Pásmo reakce detektoru na vysoké frekvence charakteristické pro tříštění skleněné plochy	44
Obr. 21 Měření otevření reléového výstupu detektoru	45
Obr. 22 Hradlové zapojení IO 74HC02 určeného pro připojení tamperu	47
Obr. 23 Schéma zapojení signalizačního zařízení	48
Obr. 24 Rozmístění součástek na desce plošných spojů	50
Obr. 25 Návrh desky plošných spojů	51
Obr. 26 Zařízení k signalizaci stavu detektoru	53
Obr. 27 Pracoviště laboratorní úlohy	54
Obr. 28 Spektrální charakteristika rozbití okenní výplně pomocí kovového předmětu	57

Obr. 29 Histogram rozložení frekvencí při rozbití okenní výplně pomocí kovového předmětu.....	58
Obr. 30 Průběh napětí na mikrofonu při rozbití okenní výplně pomocí kovového předmětu.....	58
Obr. 31 Spektrální charakteristika rozbití okenní výplně pomocí dřevěného předmětu.....	59
Obr. 32 Histogram rozložení frekvencí při rozbití okenní výplně pomocí dřevěného předmětu.....	59
Obr. 33 Průběh napětí na mikrofonu při rozbití okenní výplně a dopadu střepů na koberec	60
Obr. 34 Spektrální charakteristika rozbití zavařovací sklenice pomocí kovového předmětu.....	60
Obr. 35 Histogram rozložení frekvencí při rozbití zavařovací sklenice pomocí kovového předmětu	61
Obr. 36 Spektrální charakteristika úderu kovového předmětu do plastové krabice ...	61

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Třídy prostředí dle normy ČSN EN50 131-1 [4].....	33
Tab. 2 Technické parametry detektoru tříštění skla Magenta [22].....	42
Tab. 3 Parametry poplachového signálu.....	45
Tab. 4 Seznam použitých součástek	51

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Protokol k laboratorní úloze

Příloha P II: Vzorově zpracovaný protokol k laboratorní úloze

PŘÍLOHA P I: PROTOKOL K LABORATORNÍ ÚLOZE

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky			
Jméno a příjmení		Ročník / Skupina	
Předmět		Datum měření	
		Datum odevzdání	
Název úlohy	Elektroakustické detektory	Hodnocení	

Úkoly měření

1. Seznamte se s principem funkce, vlastnostmi a použitím elektroakustických detektorů.
2. Seznamte se s detektorem Satel Magenta a prostřednictvím signalizačního zařízení ověřte jeho funkci.
3. Určete, na jaké pásmo frekvencí detektor reaguje.
4. Zpracujte protokol o měření.

Teorie

Elektroakustické detektory se používá k ochraně skleněných ploch. Jsou to klíčové prvky pro kontrolu celistvosti pláště budovy tvořeného skleněnými výplněmi. Typickými aplikacemi jsou detekce narušení okenních výplní, výloh obchodů, dveřních skleněných výplní apod. Detektory se dělí z konstrukčního hlediska na kontaktní a bezkontaktní, podle způsobu jakým působí na okolí, na pasivní a aktivní. Z hlediska fyzikálního principu pak na detektory pracující v akustickém pásmu a detektory pracující v ultrazvukovém pásmu.

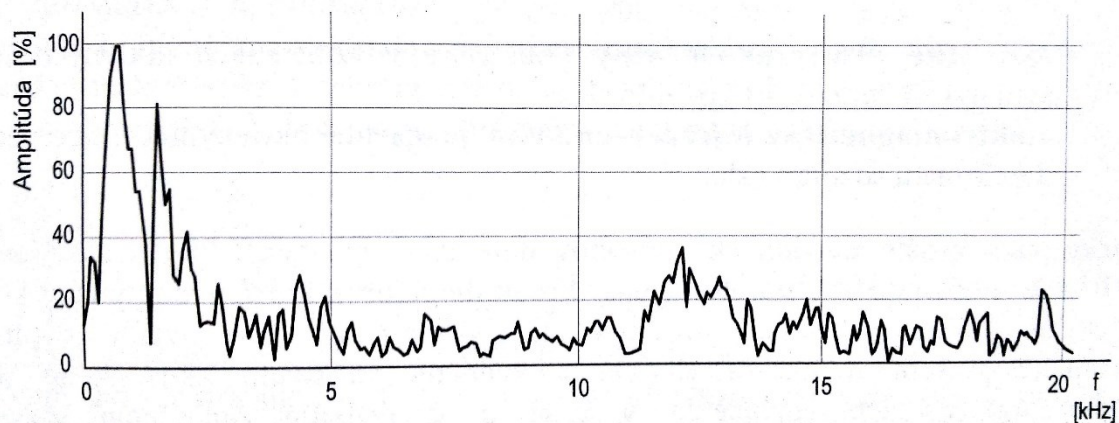
Bezkontaktní detektory tříštění skla

Při použití bezkontaktních detektorů tříštění skla není potřeba žádného pevného spojení detektoru s chráněnou skleněnou plochou. Detektor snímá akustický signál šířící se od chráněné skleněné plochy. Bezkontaktní pasivní detektory využívají pro svou funkci mikrofonu. Nejčastěji se používá elektretový mikrofon. Aktivní bezkontaktní detektory sami obsahují zdroj akustického nebo elektromagnetického vlnění.

Tento typ detektoru funguje na principu vyhodnocení přijímaného akustického signálu. Používá se anglické označení „Glass break“. V paměti detektoru jsou uloženy charakteristické

frekvence zvuku při destrukci skleněných ploch. U kvalitnějších přístrojů se využívá duální systém vyhodnocení. Vyhodnocují se jak nízké frekvence při nárazu předmětu na skleněnou plochu, tak vysoké frekvence při tříštění samotného skla. Výhodou je omezení vzniku falešných poplachů. Tento typ detektoru je schopen pokrýt plochu o velikosti až 15 m² a jeho dosah je okolo 6 m. Tloušťka skel, které je možné tímto způsobem zastřežit se pohybuje mezi 3-12 mm. Detektory jsou typicky určeny pro ochranu skleněných ploch tvořených tabulový, vrstveným nebo tvrzeným sklem. Detektory jsou vybaveny prvky pro nastavení citlivosti, režimu činnosti a signalizací pomocí LED diody. Citlivost detektoru se nastavuje pomocí potenciometru. Tímto nastavením je ovlivněno frekvenční pásmo, které vyhodnocuje detektor jako narušení střeženého prostoru. U detektorů je možnost zvolit mezi normálním a testovacím režimem. Testovací režim slouží k ověření správné funkce detektoru. V testovacím režimu reaguje detektor na vysokofrekvenční akustický signál. Výstup detektoru je realizován pomocí relé. Kontakty relé jsou v klidovém stavu detektoru trvale sepnuty. Při vyhlášení poplachového stavu se tyto kontakty rozepnou. Detektor signalizuje narušení skleněné plochy a otevření krytu pomocí sabotážního kontaktu (tamper).

Vstupní akustický signál se analyzuje z hlediska přijatého frekvenčního spektra. Signál je přijímán mikrofonom, poté dochází k filtraci frekvenčního spektra. Signál je dále zpracován vyhodnocovací jednotkou, která rozhodne o vyhlášení poplachového stavu. Tříštění skla je provázeno typickými akustickými projevy. V první fázi dochází k úderu předmětu na skleněnou plochu. To je provázeno nízkofrekvenčním signálem o vysoké intenzitě. Intenzita úderu se pohybuje okolo 90 dB. Frekvence akustické vlny se zde pohybuje mezi 100-300 Hz. V druhé fázi dochází k tříštění skla. Akustický signál má mnohem nižší intenzitu, ale frekvence je mnohem vyšší mezi 12-15 kHz. K vyhlášení poplachového stavu musejí být zvukové projevy detekovány ve správném pořadí. Nejprve nízkofrekvenční náraz na skleněnou plochu a poté vysokofrekvenční zvuk provázející tříštění skla.



Obr. 37 Spektrální charakteristika tříštění okenní výplně

Detektor tříštění skla Satel Magenta

Detektor Satel Magenta je určen k detekci rozbití skla v místnosti. Detektor je schopen zaznamenat tříštění tabulového, vrstveného nebo tabulového skla. Detekční dosah zařízení je 6 m. Detektor využívá duální analýzu akustického signálu. Nejprve detektor vyhodnocuje nízké frekvence typické pro úder předmětu na skleněnou plochu. V druhé fázi jsou vyhodnocovány vyšší frekvence typické pro tříštění skleněné plochy. Pásmo detekce je závislé na nastavené citlivosti detektoru. Citlivost se nastavuje pomocí potenciometru.

Zadání

1. Uveďte, jaké znáte elektroakustické detektory a popište princip jejich funkce.
2. Seznamte se s detektorem Satel Magenta, informace o detektoru najdete v příloženém manuálu od výrobce. Manuál také najdete na stránkách výrobce Satel.
3. Popište, o jaký typ detektoru se jedná a uveďte jeho základní vlastnosti a parametry.
4. Seznamte se s funkcí signalizačního zařízení.
5. Připojte k signalizačnímu zařízení napájení, napájení detektoru, jeho poplachový výstup a sabotážní kontakt (pokud nebyly připojeny).
6. Ověřte funkci detektoru tříštění skla simulováním nárazu na skleněnou plochu. Náraz můžete simulovat úderem to plastové (kartonové) krabice nebo úderem na tabuli.
7. Pomocí softwarového generátoru zvuku určete rozsah nízkých frekvencí typických pro úder předmětu na skleněnou plochu, na které detektor reaguje.
8. Zodpovězte kontrolní otázky.

Postup měření

Nejprve připojte pomocí plochého kabelu detektor k signalizačnímu zařízení. Následně připojte napájení k signalizačnímu zařízení. K napájení použijte 12V laboratorní zdroj.

Ovládání signalizačního zařízení se skládá se zapínacího přepínače a restartovacího tlačítka. Spusťte signalizační zařízení a pomocí resetovacího tlačítka vypněte signalizaci. Následně ověřte funkci detektoru tříštění skla. Náraz můžete simulovat úderem to plastové (kartonové) krabice, úderem na tabuli nebo dřevěnou desku. Vyhlášení poplachového stavu je signalizováno zařízením prostřednictvím LED diody a akustické sirény.

Určení pásma nízkých frekvencí, na které je detektor citlivý, provedete generováním akustického signálu. Ke generování zvuku můžete použít online webový generátor (<http://onlineseonenerator.com>). Pomocí generátoru určete nejprve dolní mezní frekvenci, na kterou detektor reaguje. Následně určete horní mezní frekvenci. Detektor signalizuje detekci nízkofrekvenčního zvuku bliknutím LED diody.

Tab. 5 Měření frekvenčního pásma detektoru

Dolní mezní frekvence detekce [Hz]	Horní mezní frekvence detekce [Hz]

Kontrolní otázky

1. Na jakém principu funguje detektor Satel Magenta?
2. Na jaké typy skleněných ploch je detektor určen?
3. Jak probíhá analýza poplachového akustického signálu?
4. Pomocí jakých prvků se provádí nastavení detektoru a jakými provozními režimy detektor disponuje?

PŘÍLOHA P II: VZOROVĚ ZPRACOVANÝ PROTOKOL K LABORATORNÍ ÚLOZE

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky			
Jméno a příjmení		Ročník / Skupina	
Předmět		Datum měření	
		Datum odevzdání	
Název úlohy	Elektroakustické detektory	Hodnocení	

Úkoly měření

1. Seznamte se s principem funkce, vlastnostmi a použitím elektroakustických detektorů.
2. Seznamte se s detektorem Satel Magenta a prostřednictvím signalizačního zařízení ověřte jeho funkci.
3. Určete, na jaké pásmo frekvencí detektor reaguje.
4. Zpracujte protokol o měření.

Zadání

1. Uveďte, jaké znáte elektroakustické detektory a popište princip jejich funkce.
2. Seznamte se s detektorem Satel Magenta, informace o detektoru najdete v příloženém manuálu od výrobce. Manuál také najdete na stránkách výrobce Satel.
3. Popište, o jaký typ detektoru se jedná a uveďte jeho základní vlastnosti a parametry.
4. Seznamte se s funkcí signalizačního zařízení.
5. Připojte k signalizačnímu zařízení napájení, napájení detektoru, jeho poplachový výstup a sabotážní kontakt (pokud nebyly připojeny).
6. Ověřte funkci detektoru tříštění skla simulováním nárazu na skleněnou plochu. Náraz můžete simulovat úderem to plastové (kartonové) krabice nebo úderem na tabuli.
7. Pomocí softwarového generátoru zvuku určete rozsah nízkých frekvencí typických pro úder předmětu na skleněnou plochu, na které detektor reaguje.
8. Zodpovězte kontrolní otázky.

Postup měření

Nejprve připojte pomocí plochého kabelu detektor k signalizačnímu zařízení. Následně připojte napájení k signalizačnímu zařízení. K napájení použijte 12V laboratorní zdroj.

Ovládání signalizačního zařízení se skládá se zapínacího přepínače a restartovacího tlačítka. Spusťte signalizační zařízení a pomocí resetovacího tlačítka vypněte signalizaci. Následně ověřte funkci detektoru tříštění skla. Náraz můžete simulovat úderem to plastové (kartonové) krabice, úderem na tabuli nebo dřevěnou desku. Vyhlášení poplachového stavu je signalizováno zařízením prostřednictvím LED diody a akustické sirény.

Určení pásma nízkých frekvencí, na které je detektor citlivý, provedete generováním akustického signálu. Ke generování zvuku můžete použít online webový generátor (<http://onlinetonegenerator.com>). Pomocí generátoru určete nejprve dolní mezní frekvenci, na kterou detektor reaguje. Následně určete horní mezní frekvenci. Detektor signalizuje detekci nízkofrekvenčního zvuku bliknutím LED diody.

Vypracování

1. Seznamte se s principem funkce, vlastnostmi a použitím elektroakustických detektorů

Mezi elektroakustické detektory patří detektory tříštění skla, ultrazvukové detektory a mikrofonické kabely. Detektory pracují na principu šíření zvuku v prostředí. Bezkontaktní detektory tříštění skla snímají zvuk šířící se v prostoru pomocí mikrofonu a vyhodnocují ho z hlediska frekvenčního pásma a intenzity zvuku. Kontaktní detektory tříštění skla jsou pevně spojeny se skleněnou plochou a vyhodnocují vibrace šířící se materiálem. Ultrazvukové detektory fungují na principu Dopplerova jevu. Detektor vysílá vlnění v pásmu ultrazvuku do prostoru a vyhodnocuje odražené vlnění.

2. Seznamte se s detektorem Satel Magenta a prostřednictvím signalizačního zařízení ověřte jeho funkci

Výstupy detektoru jsem připojil k signalizačnímu zařízení a signalizační zařízení k laboratornímu zdroji. Detektor signalizoval spuštění pomocí LED diody. Funkci detektoru jsem ověřil úderem do plastové a kartonové krabice. Detektor v obou případech spustil poplach. Poplach byl signalizován pomocí LED diody a akustické sirény signalizačního zařízení. Signalizaci jsem zrušil stisknutím resetovacího tlačítka.

3. Určete, na jaké pásmo frekvencí detektor reaguje

Frekvenční pásmo, ve kterém reaguje detektor na nízkofrekvenční akustické vlnění, jsem určil za pomoci online generátoru. Zvuk byl generován pomocí reproduktorů připojených k notebooku. Detektor signalizuje detekci nízkofrekvenčního zvuku pomocí LED diody. Díky tomu jsem určil horní a dolní hranici frekvenčního pásma, kdy detektor ještě signalizoval zachycení nízkofrekvenčního zvuku.

Tab. 6 Měření frekvenčního pásma detektoru

Dolní mezní frekvence detekce [Hz]	Horní mezní frekvence detekce [Hz]
80	930

Kontrolní otázky

1. Na jakém principu funguje detektor Satel Magenta?

Detektor Satel Magenta pracuje na principu detekce zvuku šířícího se prostorem od skleněné plochy. Zvuk je analyzován z hlediska akustických vlastností typických pro úder předmětu na skleněnou plochu a její následné rozbití.

2. Na jaké typy skleněných ploch je detektor určen?

Detektor je určen k použití pro detekci tříštění tabulového, tvrzeného a vrstveného skla.

3. Jak probíhá analýza poplachového akustického signálu?

Detektor je vybaven dvoucestnou analýzou akustického signálu. Zvuk je nejprve analyzován z hlediska výskytu nízkých frekvencí typických pro náraz předmětu na skleněnou plochu. Následně jsou analyzovány vysoké frekvence typické pro tříštění skleněné plochy.

4. Pomocí jakých prvků se provádí nastavení detektoru a jakými provozními režimy detektor disponuje?

Detektor je vybaven potenciometrem určeným pro nastavení jeho citlivosti. Nastavení provozních režimů se provádí pomocí zkratovací propojky. Jde o nastavení normálního provozního režimu nebo testovacího režimu. Pomocí zkratovacích propojek lze také nastavit signalizaci stavu detektoru pomocí LED diody.

Závěr

Prostřednictvím laboratorní úlohy jsem se seznámil s elektroakustickými detektory a principem jejich funkce. Prakticky jsem si ověřil funkci bezkontaktního detektoru tříštění skla. Detektor reagoval vyhlášením poplachového stavu na úder do plastové a kartonové krabice. Při ověřování funkce detektoru jsem určil pásmo, ve kterém detektor reaguje na nízké frekvence. Detektor reaguje na frekvence od 80 do 930 Hz. Na závěr jsem zodpověděl kontrolní otázky.