

# **Seismický detektor a jeho využití v bezpečnostních aplikacích**

Seismic detector and its use in security applications

Matej Belák

---

Bakalářská práce  
2010

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matej BELÁK**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Seismický detektor a jeho využití v bezpečnostních aplikacích**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte činnost seismických detektorů a určete jejich možnosti aplikace v PKB.
2. Zpracujte jejich vývoj, normativní úpravy platné v ČR a doporučení výrobce na instalaci a testování.
3. Navrhněte a vytvořte pracoviště, kde lze testovat seismický detektor Siemens GM 730 na různé druhy spekter vibrací.
4. Provedte měření a zhodnoťte skutečné reakce detektoru a vytvořte laboratorní úlohu. Naznačte další vývoj těchto systémů.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Uhlář, J. **Technická ochrana objektů, Praha 2005.**
2. Hruška, F. **Technické prostředky automatizace III, UTB-Academia centrum Zlín, 2005.**
3. Hruška, F. **Technické prostředky automatizace II, UTB-Academia centrum Zlín, 2006.**
4. Laucký, V. **Technologie komerční bezpečnosti I, UTB-Academia centrum Zlín, 2004.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Rudolf Drga**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

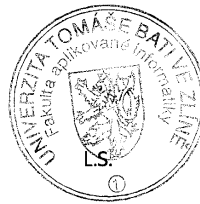
**19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**19. května 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



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

## **ABSTRAKT**

Urobte analýzu činnosti seizmických detektorov a určite ich možnosti aplikácií v PKB. V teoretickej časti spracujte ich vývoj, normatívne úpravy platné v ČR a odporúčenia výrobcov na inštaláciu a testovanie. Navrhните a vytvorte pracovisko, kde je možné testovať seizmický detektor Siemens GM 730 na rôzne druhy spektier vibrácií. Vykonajte meranie a zhodnoťte skutočné reakcie detektora a vytvorte laboratórnu úlohu. Naznačte ďalší vývoj týchto systémov.

Kľúčové slová: seizmický detektor, vibrácie, piezoelektrický jav, siemens GM730, test detektora

## **ABSTRACT**

Perform analysis of seismic activity detectors, and certainly their possible applications in the PKB. In the theoretical part of the process of development, prescriptive regulations applicable at the ČR and the manufacturers recommendations for installation and testing. Design and create a workplace where you can test the seismic detector Siemens GM 730 for various types of vibration spectra. Take measurements and evaluate the actual detector response and create a laboratory task. Indication as to the further development of these systems.

Keywords: seismic detector, vibration, piezoelectric effect, Siemens GM730, test the detector

Ďakujem môjmu vedúcemu bakalárskej práce, Ing. Rudolfovi DRGOVI, za vedenie, rady a pripomienky, ktoré mi poskytoval počas celej práce. Ďalej by som chcel poďakovať pánovi Jířimu Bartošovi za konzultáciu ohľadom detektora. A v neposlednom rade by som chcel poďakovať svojim rodičom a blízkym za podporu, ktorú mi poskytli počas môjho štúdia.

**Prohlašuji, že**

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

**Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 NORMY.....</b>	<b>12</b>
1.1 VŠEOBECNÉ POŽIADAVKY.....	13
1.1.1 Stupeň zabezpečenia .....	13
1.1.2 Stupne prostredia .....	15
<b>2 FYZIKÁLNY PRINCÍP SENZORU .....</b>	<b>18</b>
<b>3 DETEKTOR GM730 A JEHO ZÁKLADNÉ PRÍSLUŠENSTVO.....</b>	<b>20</b>
3.1 DETEKTOR GM730 .....	20
3.2 ZÁKLADNÉ PRÍSLUŠENSTVO.....	22
3.2.1 Externý tester GMXS5.....	22
3.2.2 Testovací oscilátor GMXS1 .....	22
3.2.3 Montážna podložka GMXP0.....	23
3.2.4 Ochranná otočná podložka pre zámkovú vložku GMXP3 .....	23
3.2.5 Podložka pre ochranu zámkovej vložky GMAS6 .....	24
3.2.6 Podlahový box GMXB0 .....	24
3.2.7 Stenový box s vonkajším krytom GMXW0.....	25
3.2.8 Vodotesný kryt GMXWG0H .....	25
3.2.9 Ochranná fólia proti prevrtaniu detektora GMXD7 .....	26
3.3 TECHNICKÉ ÚDAJE GM 730 .....	26
<b>4 PRAVIDLÁ PRE UMIESTNOVANIE DETEKTORA.....</b>	<b>28</b>
4.1 OBLASŤ POKRYTIA DETEKTOROM .....	28
4.2 DOHLAD NAD OBJEKTOM.....	29
<b>5 PROGRAMOVANIE.....</b>	<b>30</b>
5.1 NASTAVENIA APLIKÁCIE, SW1 A SW2 .....	30
5.1.1 Diaľkovo riadené zníženia citlivosti.....	30
5.2 PROGRAM SENS TOOL GMSW7.....	31
5.2.1 Odporúčané nastavenie citlivosti.....	31
5.2.2 Plocha objektu .....	32
5.2.3 Trezor.....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>34</b>
<b>6 TEST DETEKTORU SIEMENS GM 730.....</b>	<b>35</b>
6.1 PROGRAM SENS TOOL GMSW7-1.0.0.....	35
6.1.1 Settings.....	35
6.1.2 Analyse .....	36
6.1.3 Event Memory .....	37
6.2 SPÔSOB STANOVENIA VÝSLEDNEJ HODNOTY MERANIA.....	38
6.3 TESTOVANIE POMOCOU ELEKTRONICKÉHO MOTORČEKA. ....	38
6.3.1 Výsledok meranie .....	40
6.4 TESTOVANIE POMOCOU RUČNÉHO TESTERU.....	41
6.4.1 Výsledok merania .....	42

---

6.5	TESTOVANIE POMOCOU GUMENÉHO KLADIVA.....	43
6.5.1	Výsledok merania .....	44
6.6	CELKOVÉ VYHODNOTENIE TESTOV .....	45
<b>7</b>	<b>NOVÉ TRENDY V OBLASTI VÝVOJA.....</b>	<b>47</b>
	<b>ZÁVER .....</b>	<b>48</b>
	<b>ZÁVER V ANGLIČTINE.....</b>	<b>49</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>50</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>	<b>51</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>52</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>53</b>



## ÚVOD

Dnešní doba je charakteristická okrem obrovského technologického pokroku aj stále zvyšujúcou sa kriminalitou vo všetkých možných formách. Kriminalita sa postupne stala súčasťou našich životov. Ľudia sa neboja len o svoj život a zdravie, ale aj o svoj majetok. Vďaka technickému rozvoju sa ľudia nemusia spoliehať len na klasickú ochranu, ale môžu využiť služby, ktoré im poskytujú súkromné bezpečnostné agentúry. Trendom dnešnej doby je nie len spoliehať sa na mechanické zábrany systém (MZS), ale využiť aj možnosti elektronickej ochrany svojho zdravia a majetku.

Jedna zo základných prekážok, s ktorou sa páchatel' môže stretnúť, je mechanický zábranný systém. MZS považujeme za základný prvok ochrany objektov a osôb. Pod mechanické zábranné systémy radíme všetky mechanické prvky, ktoré sťažujú násilné vniknutie nepovolanej osoby do objektu. Medzi tieto prvky radíme bezpečnostné dvere, mreže atď., a v predmetovej ochrane to sú trezory, bezpečnostné schránky, skrine atď. Základná nevýhoda MZS je ich nemožnosť signalizovať narušenie objektu a možnosť ich prekonania za určitú časovú jednotku. Kvôli týmto zjavným problémom sa v poslednej dobe spolu s MZS montuje aj elektronický zabezpečovací systém (EZS), ktorá dokáže signalizovať narušenie objektu a jej prekonanie nie je závislé na čase, ale na vybavenosti a skúsenostiach páchatel'a.

Elektronický zabezpečovací systém by sme mohli charakterizovať ako celok, ktorý je tvorený z väčšieho množstva komponentov, ktorých hlavnou činnosťou je ochrániť, zabezpečiť a následne signalizovať prípadné nasušenie objektu a o tomto narušení informovať políciu alebo súkromnú bezpečnostnú agentúru, ktorá má zabezpečiť objekt prípadne aj samotného majitel'a. Medzi základné prvky každého EZS môžeme radiť detektory, ktorých hlavnou úlohou je monitorovať objekt.

Práca sa bude zaoberať jedným z veľkého radu druhov detektorov určených pre EZS. Konkrétne pôjde o seizmický detektor, ktorý zohráva jednu z hlavných úloh v oblasti EZS pri predmetovej ochrane. Jeho najčastejším miestom použitia sú automaty, bankomaty, denné/nočné schránky, trezory, bezpečnostné miestnosti, trezorové miestnosti atď.

Seizmický detektor zaznamenáva najčastejšie druhy vibrácií, ktoré môže páchatel' zapríčiniť pri pokuse o vniknutia do objektu. A vďaka včasnému varovaniu páchatel' nemá dostatok času, aby prekonal mechanické zabezpečenie objektu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 NORMY

Súčasný rozvoj techniky, množstvo výrobcov a veľké množstvo výrobkov si vyžadovalo zavedenie určitých noriem, ktoré budú upravovať požiadavky na dané výrobky a rozdeľovať ich podľa ďalších špecifikácií.

Technické normy sú zdokumentované dohody, ktoré pre svoje všeobecné a opakované použitie poskytujú pravidla, pokyny alebo charakteristiky činností alebo ich výsledky, ktoré zaisťujú, aby materiály, výrobky, postupy a služby vyhovovali danému účelu. K zásadnej zmene došlo v spôsobe stanovenia povinností používania technických noriem. Od predchádzajúcej zákonnej povinnosti používať technické normy vždy sa prešlo k súčasnému postaveniu technickej normy ako odporúčeniam, ktoré ponúkajú správne a overené postupy.

V dnešnej spoločnosti sú technické normy kvalifikované odporúčeniami, nie príkazmi. Ich používanie je dobrovoľné, avšak všestranne výhodné.

K súčasnému stavu sa prišlo po rozhodnutí Ministerstva priemyslu a obchodu ČR, ktoré rozhodlo o zrušení svojej príspevkovej organizácie, Českého normalizačného inštitútu k dátumu 31. 12. 2008. Túto organizáciu od 1.1.2009 bola nahradená Úradom pre technickú normalizáciu, meteorológiu a štátne skúšobníctvo, ktoré bude zabezpečovať tvorbu a vydávanie českých technických noriem.

Významný prínos noriem je hlavne v oblasti medzinárodného obchodu, kde napomáhajú k odstraňovaniu prekážok, umožňuje jednoduchšiu porovnateľnosť a efektívnu komunikáciu, ktorá malo zásadný význam európskom, ale aj svetovom trhu. Normy je možné teda chápať ako referenčné dokumenty, ktoré ponúkajú vhodné riešenia pre dané situácie.

Číslo normy	Názov normy
EN 50131	Všeobecné požiadavky
EN 50131	Spoločné požiadavky na detektory
EN 50131	Detektory pasívne
EN 50131	Detektory MW
EN 50131	Detektory kombinované PIR/MW
EN 50131	Detektory kombinované UZ/PIR

EN 50131	Detektory otvorené
EN 50131	Ústredne
EN 50131	Výstražná zariadenia
EN 50131	Spoločné požiadavky pre prepojovacie zariadenia
EN 50131	Prepojovacie zariadenia využívajúce vyhradené drôtové spoje
EN 50131	Prepojovacie za zariadenia využívajúce vf techniku
EN 50131	Prepojovacie zariadenia využívajúce IČ techniku
EN 50131	Napájacie zdroje

Tabuľka 1. Zoznam noriem

## 1.1 Všeobecné požiadavky

Norma ČSN EN 50131-1 je stanovená pre poplachové systémy EZS. Norma obsahu presné znenie štyroch stupňov zabezpečenia a ďalšie štyri triedy vplyvov prostredia na komponenty. Norma je vypracovaná ako dokument, podľa ktorého sa zhotovujú presné špecifikácie pre konkrétne objekty.

Toto je všeobecná norma, takže v nej nie je stanovený druh zabezpečenia rozsah alebo schopnosti detekcie celého systému alebo konkrétnych prvkov. Táto norma hovorí o minimálnych podmienkach na projekt zabezpečenia. Aby bolo možné dosiahnuť rozdiely medzi mierou zabezpečenia, norma stanovuje základné rozdiely medzi jednotlivými stupňami, pri čom sa berie do úvahy možná miera rizika objektu (hodnota majetku, prostredie...) Norma ale neobsahuje žiadne požiadavky pre návrh, inštaláciu, prevádzku alebo údržbu.

Seizmický detektor GM730 spĺňa normu ČSN EN 50131-1 a to na stupeň zabezpečenia 4. vysoké riziko a aj na triedu prostredia IV – prostredie vonkajšie všeobecné. Vďaka tomuto môže byť nasadený v akýchkoľvek objektoch a podmienkach.

### 1.1.1 Stupeň zabezpečenia

I&HAS musí byť priradený stupeň zabezpečenia, určujúci jeho prevedenie. Musí byť zaradený do jedného zo štyroch stupňov, pričom najnižší stupeň 1 a najvyšší stupeň 4. Stupeň zabezpečenia I&HAS musí odpovedať komponentom s najnižším stupňom

zabezpečenia. Ak je I&HAS delený do jasne definovaných subsystémov, môže každý z nich obsahovať komponenty rôznych stupňov zabezpečenia. Stupeň zabezpečenia subsystému musí odpovedať v ňom obsiahnutým komponentom s najnižším stupňom zabezpečenia. Komponenty, ktoré zdieľajú viac ako jeden subsystém musia mať stupeň zabezpečenia rovný stupňu zabezpečenia subsystému s najvyšším stupňom zabezpečenia (napr. ústredňa/prenosový systém/výstražné zariadenia/napájacie zdroje). Ak je poskytovaná funkcia, ktorá je pre určitý stupeň zabezpečenia nepovinná, a je vykonané prehlásenie o zhode, musia byť splnené požiadavky aplikovateľné pre stupeň, pre ktoré je tvrdenie vykonané (ak je vykonané). Ak neexistujú požiadavky pre stupeň, o ktorý ide, musí sa aplikovať požiadavka pre akýkoľvek vyšší stupeň (uvedený výrobcom). Stupeň zabezpečenia by mal byť zvolený v závažnosti na analýze rizík. Spôsoby prevedenia analýzy rizík sú nad rámec normy EN 50131-1:2006.

Stupeň zabezpečenia	Názov
1	nízke riziko
2	nízke až stredné riziko
3	stredné až vysoké riziko
4	vysoké riziko

Tabuľka 2. Stupne zabezpečenia

### Stupeň 1: Nízke riziko

Predpokladá sa, že narušiteľ má malú znalosť I&HAS a že má k dispozícii obmedzený sortiment ľahko dostupných nástrojov.

### Stupeň 2: Nízke až stredné riziko

Predpokladá sa, že narušiteľ má obmedzené znalosti o I&HAS a používa bežné náradie a prenosné prístroje (napr. multimeter).

### Stupeň 3: Stredné až vysoké riziko

Predpokladá sa, že narušiteľ je oboznámený s I&HAS a má rozsiahly sortiment nástrojov a prenosných elektronických zariadení.

#### Stupeň 4: Vysoké riziko

Používa sa, ak má zabezpečenie priority pred všetkými ostatnými hľadiskami. Predpokladá sa, že narušiteľ je schopný alebo má možnosť spracovať podrobný plán vniknutia a má kompletný sortiment zariadenia, vrátane prostriedkov pre náhradu rozhodujúcich prvkov v I&HAS.[1]

Pokiaľ je EZS rozdelená do jasne definovaných subsystémov, EZS môže zahŕňať komponenty rôznych stupňov v každom subsystéme. Stupeň subsystému je určený najnižším stupňom v ňom použitých komponentov. Stupeň celého EZS je určený najnižším stupňom subsystému. Komponenty, ktoré sú spoločné pre viac subsystémov, musia mať stupeň najmenej rovnaký ako subsystém najvyššieho stupňa (napr. ústredňa, poplachový prenosový systém, signalizačné zariadenia, napájacie zdroje). [2]

#### 1.1.2 Stupne prostredia

Komponenty musia byť použiteľné v jednej z nasledujúcich tried prostredia. Požiadavky na skúšky vplyvom prostredia na komponenty I&HAS sú popísané v jednotlivých produktových normách. Norma EN 50131-1:2006 používa klasifikáciu tried prostredia obsiahnutých v norme EN 50130-5:1998. Tá popisuje spôsob skúšania komponentov a je určená pre výrobcov. Montážne firmy a projektanti by mali voliť komponenty tried prostredia vhodne pre predpokladanú lokalitu inštalácie. Jeden systém I&HAS môže obsahovať komponenty rozličných tried prostredia. Medzi triedami prostredia a stupňom zabezpečenia nie je žiadny vzťah.

<b>Trieda</b>	<b>Názov prostredia</b>	<b>Popis prostredia, príklad</b>	<b>Rozsah teplôt</b>
<b>I</b>	vnútorné	Vykurované obytné alebo obchodné miesta	+5 °C až +40 °C
<b>II</b>	vnútorné všeobecné	Prerušovane vykurované alebo nevykurované miesta (chodby, schody, skladové priestory)	-10 °C až +40 °C

<b>III</b>	vonkajšie chránené	Prostredie vonku budov, kde komponenty nie sú trvalo vystavené vplyvom počasia (prístrešky)	-25 °C až +50 °C
<b>IV</b>	vonkajšie všeobecné	Prostredie vonku budov, kde komponenty sú trvalo vystavené vplyvom počasia	-25 °C až +60 °C

Tabuľka 3. Stupne prostredia

**Trieda I: Prostredie vnútorné**

Vplyvy prostredia vyskytujúce sa obvykle vo vnútorných priestoroch pri stálych teplotách (napr. v obytných alebo obchodných priestoroch).

Poznámka – Predpokladajú sa zmeny teplôt v rozmedzí +5 °C až +40 °C pri stredne relatívnej vlhkosti okolo 75 % bez kondenzácie.

**Trieda II: Prostredie vnútorné všeobecné**

Vplyvy prostredia vyskytujúce sa obvykle vo vnútorných prostrediach, kde nie je stála teplota (napr. na chodbách, v halách alebo na schodiskách a tam, kde môže dochádzať ku kondenzácií na oknách a na nevytápaných skladových priestoroch alebo skladiskách, v ktorých vytápanie nie je trvalé).

Poznámka – Predpokladajú sa zmeny teplôt v rozmedzí –10 °C až +40 °C pri strednej relatívnej vlhkosti okolo 75 % bez kondenzácie.

**Trieda III: Prostredie vonkajšie chránené**

Vplyvy prostredia vyskytujúce sa obvykle vonku v okolí budov, pričom komponenty I&HAS nie sú plne vystavené poveternostným podmienkam.

Poznámka – Predpokladajú sa zmeny teplôt v rozmedzí –25 °C až +50 °C pri striedaní relatívnej vlhkosti okolo 75 % bez kondenzácie. V priebehu roku sa po dobu 30 dní predpokladajú zmeny relatívnej vlhkosti v rozmedzí 85 % až 95 % bez kondenzácie.

**Trieda IV: Prostriedky vonkajšie všeobecné**



Vplyvy prostredia vyskytujúce sa obvykle vonku v okolí budov, pričom komponenty I&HAS sú plne vystavené poveternostným podmienkam.

Poznámka – Predpokladajú sa zmeny teplôt v rozmedzí  $-25\text{ °C}$  až  $+60\text{ °C}$  pri striedanie relatívnej vlhkosti okolo 75 % bez kondenzácie. V priebehu roku sa po dobu 30 dní predpokladajú zmeny relatívnej vlhkosti v rozmedzí 85 % až 95 % bez kondenzácie.[1]

## 2 FYZIKÁLNÝ PRINCÍP SENZORU

Hlavnou časťou seizmického detektora je jeho senzor, ktorý skúma všetky vibrácie vo svojom okolí. Senzor pracuje v 3 rovinách, meria amplitúdu, frekvenciu a čas. Seizmický senzor k svojmu meraniu používa piezoelektrický jav.

Piezoelektrický jav spočíva v polarizácii, niektorých kryštalických alebo polokryštalických dielektrík pri mechanickom zaťažení (priamy piezoelektrický jav) alebo v deformácii kryštálov pri pôsobení vonkajšieho elektrického poľa (nepriamy piezoelektrický jav). Pri silovom zaťažení dielektrika vzniká zdanlivý náboj, ktorý na elektródach predstavuje skutočné náboje. Akonáhle sa zaťaženie, dostáva sa dielektrikum do pôvodného stavu. [3]

Piezoelektrické javy sú javy, pri ktorých v kryštalických dielektrikách vzniká mechanickou deformáciou elektrický náboj. Tento jav je závislý na smere mechanickej deformácie k osiam kryštálu. Kryštál má tri osi, v ktorých môže byť mechanicky namáhaný. Elektrický náboj vzniká iba pri zaťažení v osi  $x$  a  $y$ . Najčastejšou piezoelektrickou látkou je kremeň.

Pozdĺžny elektrický jav vzniká pôsobením sily  $F_x$  v smere osi  $x$ . Vektor  $P_e$  je rovnobežný s osou  $x$  a je úmerný mechanickému tlaku, ktorý naň pôsobí.

$$P_e = k_p \cdot \frac{F_x}{S_x} = k_p \cdot p_x$$

- $k_p$  – piezoelektrická konštanta,
- $F_x$  – sila v smere osi  $x$ ,
- $S_x$  – plocha steny, na ktorú sila pôsobí ( $bc$ )

Veľkosť náboja  $Q_e$  na stenu kolmú k elektrickej osi je definovaná podľa elektrickej polarizácie vzťahom:

$$Q_e = P_e \cdot S_x = k_p \cdot F_x$$

Priečny elektrický jav vzniká pri pôsobení sily  $F_y$  v smere osi, kde vzniká náboj na ploche  $S_y$  a platí:

$$P_e = -k_p \cdot \frac{F_y}{S_y} = \frac{Q_e}{S_x}$$

- $F_y$  – sila v smere osi  $y$
- $S_y$  – plocha steny, na ktorú sila pôsobí ( $ac$ )

Pre veľkosť náboja potom platí:

$$Q_e = -k_p \cdot \frac{F_y \cdot S_x}{S_y} = -k_p \cdot F_y \cdot \frac{bc}{ac} = -k_p \cdot F_y \cdot \frac{b}{a}$$

Z uvedeného vyplýva, že veľkosť náboja je závislá na geometrických rozmeroch. Toto sa dá využiť pri zaistení požadovanej citlivosti. Pre veľkosť napätia je možné teda napísať:

$$U = \frac{Q_e}{C} = \frac{k_p}{C} \cdot F_x = \frac{k_p \cdot a}{\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot S_x} \cdot F_x = k_u \cdot F_x$$

- $C$  – kapacita
- $\varepsilon_r, \varepsilon_0$  – permitivita materiálu
- $k_u$  – napäťová citlivosť piezoelektrického senzoru

### 3 DETEKTOR GM730 A JEHO ZÁKLADNÉ PRÍSLUŠENSTVO

Detektor bol predstavený na český trh koncom roku 2005, súčasne s ním bola predstavená celý rad GM 7xx. Na trh sa dostali na začiatku roku 2006. Detektor patrí medzi obľúbené modely a je veľmi využívaný hlavne bankovými inštitúciami.

#### 3.1 Detektor GM730



Obrázok 1. Seizmický detektor GM730

Detektor GM730 je seizmický detektor, ktorý radíme medzi pasívne prvky EZS. Jeho hlavnou úlohou je plášťová a predmetová ochrana. GM730 má patentovaný SENSTEC® snímač v kombinácii s inteligentným mikroprocesorom riadiacim spracovanie signálov, ktorý dokáže detekovať všetky známe mechanické a tepelné útoky. Detektor je možné použiť spolu s ultrazvukovými detektormi. Seizmické detektory GM730 poskytuje spoľahlivú ochranu pre:

- Trezory
- Steny trezoru
- Pancierové dvere
- Automatické bankomaty
- Predajné automaty

proti útoku s výbušninami a pokusy o preniknutie s akýmkoľvek zo známych nástrojov, ako napríklad:

- vrtáky s diamantovou korunkou
- hydraulické tlakové náradie
- kyslíkové kopije

- útok pomocou výbušnín

Vysoko citlivé seizmické snímače GM730 umožňujú spoľahlivú detekciu vibrácií útokov pôsobiacich na trezory, bankomaty (ATM), nočné trezory a bezpečnostné miestnosti. Jeho nízky profilový dizajn umožňuje jednoduchú inštaláciu v miestach, kde je obmedzený priestor. [4] Detekčná zóna má polomer 4 metre pre všetky metódy útoku, vrátane tepelných nástrojov.

Patentovaný SENSTEC ® snímač a digitálne spracovanie signálu hodnotí úzko vybrané frekvenčné pásmo. Táto komplexná ochrana je imúnna voči vplyvom prostredia, vrátane leteckej a hluku šíreného z externých zdrojov rušenia. Vďaka vnútornej pamäti dokáže detektor rozpoznať rôzne druhy najpoužívanejších nástrojov. Toto umožňuje detektoru reagovať a vyvolať poplach takmer okamžite. [5]

Vzdialené nastavenie citlivosti vstupov pomocou "*Remote*" umožňuje prispôbiť citlivosť a tým ignorovať signály generované počas prevádzky ATM. Špeciálna logické filtrovanie umožňuje detektoru rozlišovať medzi útokmi a signálmi generované prevádzkou bankomatov alebo nočných trezorov. [4] Vďaka tejto funkcií je detektor v ČR veľmi populárny a je využívaný hlavne komerčnými bankami, ale taktiež aj ministerstvom obrany.

Detektor je po inštalácii na požadované miesto možné naprogramovať pohodlne za pomoci prepínačov, ktoré sa nachádzajú pod krytom detektora alebo za pomoci PC programu SensTool. Pomocou programu SensTool je možné detektor oveľa presnejšie nastaviť a vyhnúť sa tak možnosti falošných poplachov.

## 3.2 Základné príslušenstvo

K celej sade seizmických detektorov je možné dokúpiť veľké množstvo príslušenstva, ktoré rozširuje jeho schopnosti a možnosti použitia.

### 3.2.1 Externý tester GMXS5

Tester GMXS5 umožňuje celkový test funkčnosti všetkých seizmických detektorov radu GM7xx. Tester je umiestnený oddelene od seizmickým detektora na sledovaný objekt. Po kompletnej montáži zariadenia je potreba otestovať jeho správnu funkčnosť.



Obrázok 2. Externý tester GMXS5

### 3.2.2 Testovací oscilátor GMXS1

Testovací oscilátor sa umiestňuje priamo pod seizmický detektor. Slúži k okamžitému odskúšaní funkčnosti detektora. Po kompletnej montáži zariadenia je potreba otestovať jeho správnu funkčnosť.



Obrázok 3. Testovací oscilátor GMXS1

### 3.2.3 Montážna podložka GMXP0

Pri inštalácii seizmického detektora na betón je nutné použiť túto podložku, kvôli správnej funkčnosti detektora. Taktiež je odporúčané použiť podložku pri inštalácii na nerovný oceľový povrch, ale na oceľový povrch, na ktorom sa nachádza náter. Montážnu podložku je možné osadiť testovacím oscilátorom GMXS1.



Obrázok 4. Montážna podložka GMXP0

### 3.2.4 Ochranná otočná podložka pre zámkovú vložku GMXP3

Otočná podložka GMXP3 sa používa pri trezoroch a pri bezpečnostných miestnostiach, ktoré majú voľne dostupnú zámkovú vložku. Alarm je spustený ihneď pri neoprávnenom otváraní v aktívnom režime. Pomocou rotačného ramena je možné zakryť zámkovú vložku, akýkoľvek neoprávnený pokus dostať sa k zámku okamžite spustí alarm. Rotačné rameno je vyrobené z tvrdej ocele a je možné ho otočiť o 90°. Kompatibilita podložky je zaručená pri celej rade GM 7xx a GM 5xx detektoroch.



Obrázok 5. Ochranná otočná podložka pre zámkovú vložku GMXP3

### 3.2.5 Podložka pre ochranu zámkovej vložky GMAS6

Podložka aj spolu s detektorom slúži k sledovaniu trezora a bezpečnostných miestností proti pokusom o vlámanie a na zistenie neoprávneného otvorenia, respektíve na zistenie neoprávnených prístupov k zámkovej vložke v aktívnom režime. Ak sa nachádza systém v aktívnom režime, je tiež monitorovaný vstavaný spínač v podložke a systém je tým pádom uzavretý. Poplach sa vyvolá okamžite, ak je s detektorom manipulované a je odobratý z podložky v aktívnom režime. Počas pracovnej doby, kedy sa nenachádza detektor v aktívnom režime, je umiestnený na nečinnnej podložke.



Obrázok 6. Podložka pre ochranu zámkovej vložky GMAS6

### 3.2.6 Podlahový box GMXB0

Podlahový box GMXB0 je navrhnutý na umiestňovanie do betónu. Hlavným účelom tohto krytu je ochraňovať detektor pred mechanickým poškodením a chrániť ho pred náhodnou manipuláciou. Tento kryt pre seizmický detektor je extrémne odolný voči záťaži a je vyrobený tak, aby odolal hmotnosti do dvoch ton.



Obrázok 7. Podlahový box GMXB0



### 3.2.7 Stenový box s vonkajším krytom GMXW0

Stenový box GMXW0 je určený pre nástennú a stropnú inštaláciu do betónu. Jeho prioritná úloha je ochraňovať detektor pred vonkajším mechanickým poškodením a prípadnou neoprávnenou manipuláciou s detektorom.



Obrázok 8. Stenový box s vonkajším krytom GMXW0

### 3.2.8 Vodotesný kryt GMXWG0H

Vďaka vodotesnému krytu GMXWG0H je seizmicky detektor chránený pred vplyvmi prostredia ako je voda a prach. Kryt môžu byť namontovaný na steny, strop alebo podlahu vo vnútri alebo mimo objektu. Pod kryt môže byť tiež umiestnený testovací oscilátor GMXS1.



Obrázok 9. Vodotesný kryt GMXWG0H

### 3.2.9 Ochranná fólia proti prevrtaniu detektora GMXD7

Táto fólia môže byť namontovaná do krytu detektora ako ďalší ochranný tamper za účelom zistiť útok pomocou vrtania na detektor samotný, keď je vystavený k pokusu o útok. Touto fóliou je možné vybaviť celú radu detektorov GM 7xx. [6]



Obrázok 10. Ochranná fólia proti prevrtaniu detektora GMXD7

### 3.3 Technické údaje GM 730

<b>Detektor GM 730</b>	
Napájacie napätie (nom. 12V).	8,0 ... 16.0VDC
Spotreba prúdu (pri 12VDC, kludový stav)	typ. 3mA
Signál	5mA
<b>Alarm výstup, svorky 14 a 15</b>	
Polovodičové relé	otvára na poplach a / alebo nízkeho napätia
Kontaktné zaťaženie	30VDC/100mA, ohmická záťaž
Odpor v sérii	≤ 45Ω
Dĺžka trvania alarmu	2.5s
<b>Sabotážny dohľad</b>	
<i>Tamper, svorky 10 a 11</i>	
Mikrospínače pre kryt + telo	otváranie na tampere
Kontaktné zaťaženie	30VDC/100mA
Napájacie napätia	<7V ... 8V ⇒ alarm
Ochranná fólia proti prevrtaniu v kryte	⇒ tamper alarm
Zníženie vstupnej citlivosti, svorka 7	
Pri znížení	LOW ≤ 1.5V / HIGH ≥ 3.5V
Zníženie	1/8 z aktuálneho nastavenia
Citlivosť, nastaviteľná	pevné 3 úrovne + SW programovateľné s SensTool
<b>Funkčné test vstupov, svorka 4</b>	

Pre test	LOW $\leq$ 1.5V / HIGH $\geq$ 3.5V
S GMXS1, doba trvania testu	$\leq$ 3s
S GMXS5, doba trvania testu	$\leq$ 90s
<b>Meracie výstup, TEST POINT, analógový signál integrácia</b>	
Režimová úroveň	0V
Integrácia štartu	1,0 V
Alarm Treshold (bez zat'azenia)	3,0 V
Operačný rádius na oceli	r = 2 m
Oblasť pokrytie na oceli	13m <sup>2</sup>
<b>Okolité podmienky</b>	
Prevádzková teplota	-40 °...+ 70 ° C
Skladovacia teplota	-50 °...+ 70 ° C
Vlhkosť, DIN trieda F	<95%
Ochranná kategória (EN60529, EN50102)	IP435
VdS environmentálna trieda	III
Necitlivé zásahy do RD 0.01 ... 2GHz (IEC 801-3)	30V/m

Tabuľka 4. Technické údaje GM 730 [7]

## 4 PRAVIDLÁ PRE UMIESTNOVANIE DETEKTORA

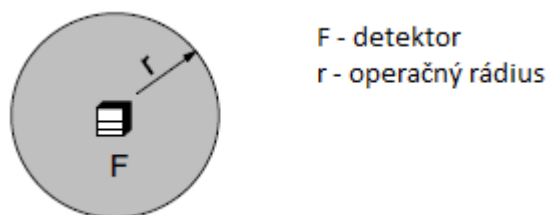
### 4.1 Oblasť pokrytia detektorom

Pokrytá plocha je silne závislá na materiálu objektu, ktorý má byť sledovaný:

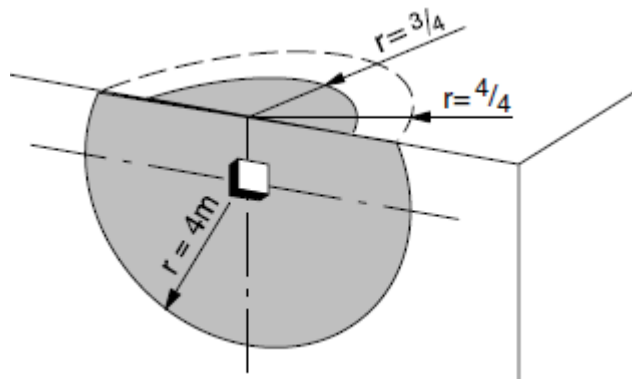
- Operačný rádius na ocele:  $r = 2$  m
- Operačný rádius na železobetónovou:  $r = 4$  m

Do oblasti pokrytia seizmického detektora na trezorové steny môže tiež spadať aj časť stropu, podlahy alebo rohy objektu iba ak sú vyhotovené z homogénneho materiálu. V takýchto prípadoch je operačný rádius obmedzený na  $\frac{3}{4}$  celkového rozsahu nastavení (obrázok 12).

Spoje medzi dvoma materiálmi by mali byť riešené tak, aby bol zabezpečený prenos vibrácií. Ak to nie je technicky možné, tak potom musí byť jeden detektor na dverách a jeden nainštalovaný na tele objektu. Toto platí aj pre vstupné dvere do komorových trezorov. [7]



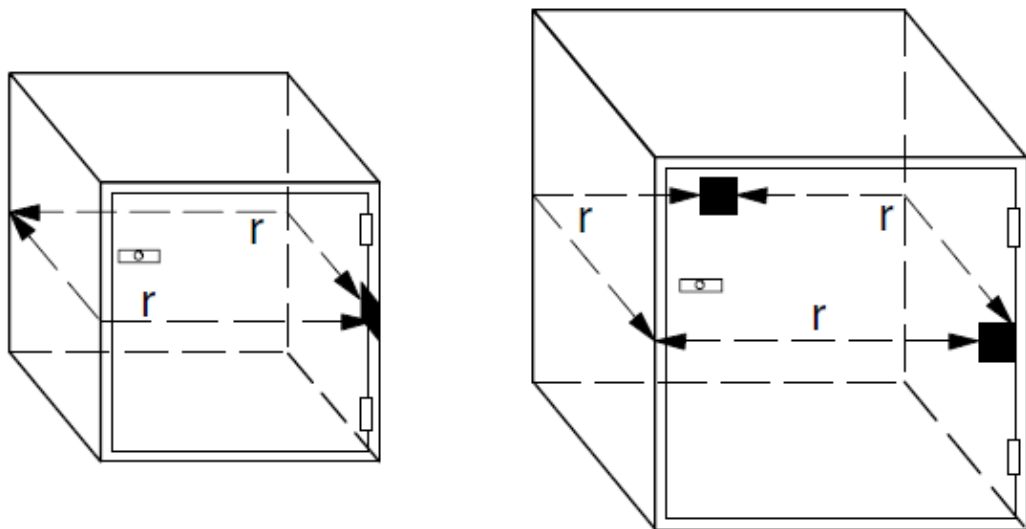
Obrázok 11. Pokrytie detektora



Obrázok 12. Pokrytie detektora pri rohu objektu

## 4.2 Dohľad nad objektom

Priestor, ktorý seizmický detektor pokrýva na obrázku 13, je určený ako plocha pred mechanickou prekážkou, ktorá je monitorovaná detektorom. Pokrytie územia je vysoko závislé od materiálu objektov, ktoré majú byť sledované. Spoje medzi dvoma materiálmi by mali byť riešené tak, aby bol zabezpečený prenos vibrácií, preto sa detektor neodporúča na štandardných viacvrstvových trezoroch.



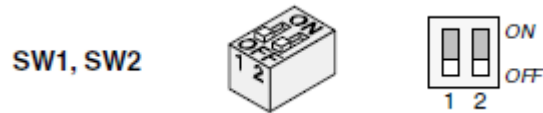
Obrázok 13. Ukážka umiestnenia detektora

Detektor je možné inštalovať priamo na oceľový plech z hladkého povrchu. Je treba však zabezpečiť, aby všetky zvyšky farby medzi oceľovým povrchom a seizmickým senzorom boli úplne odstránené. Ak to nie je možné, je potreba použiť montážnu podložku GMXP0. Používanie silikónové mazivo medzi snímačom a objektom sa neodporúča.

Detektor je taktiež možné nainštalovať do objektu zhotoveného z betónu, ale nie je odporúčaná inštalácia priamo na holý alebo hrubo omietnutý betónový povrch, pretože to môže spôsobiť poškodenie seizmických senzorov. V takýchto prípadoch je nutné použiť montážnu podložku GMXP0. Taktiež nie je odporúčané použiť silikónové mazivá medzi snímač detektora a objekt. [7]

## 5 PROGRAMOVANIE

Po otvorení seizmického detektora použite prepínače pre príslušné nastavenie.



Obrázok 14. Prepínač

### 5.1 Nastavenia aplikácie, SW1 a SW2

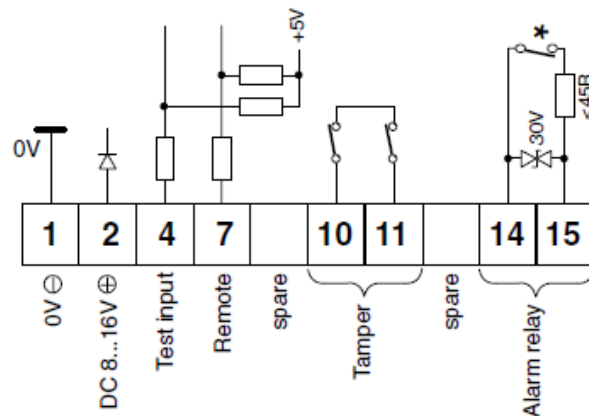
Vyberte nastavenie citlivosti tak, aby vyhovovalo použitému materiálu a objektu, v ktorom je detektor.

Možné nastavenia na detektore pomocou prepínača	
Oceľ operačný rádius $r = 2$ m	
Oceľ operačný rádius $r = 1,5$ m	
Betón operačný rádius $r = 4$ m	
Užívateľské nastavenie pomocou programu Sens Tool GMSW7	

Tabuľka 5. Možné nastavenia na detektore pomocou prepínača [7]

#### 5.1.1 Diaľkovo riadené zníženia citlivosti

Ďalšou vlastnosťou tohto detektora je zníženie citlivosti pomocou vstupu 7 "Remote", ktorý je možné diaľkovo aktivovať v prípade potreby. Pri použití LOW signálu (0V) sa detektor nastaví asi na 1/8 citlivosti na tak dlho, ako dlho sú vykonávané práce spojené pri otvorení depozitu s nočnými vkladmi do trezoru.



Obrázok 15. Označenie vstupov

## 5.2 Program Sens Tool GSMW7

Tento softvér Sens Tool umožňuje nastaviť parametre, ktoré nie je možné nastaviť pomocou prepínačov, ktoré sú priamo umiestnené na detektore. Okrem toho program umožňuje prístup k aktuálnym informáciám, ako integrátor, signál, prezerané a ukladané údajov z detektora. Je možné nastaviť rôzne ďalšie nastavenia, v závislosti na aplikácii, materiálu objektu, s príslušnými interferenciami:

Materiál a oblasť pokrytia detektora	Oceľ, operačný rádius	1 m
		1,5 m
		2 m
	Betón, operačný rádius	2,5 m
		4 m
Citlivosť detektora	Nízka	
	Stredná	
	Vysoká	

Tabuľka 6. Možnosti nastavenia v programe GSMW7 [7]

### 5.2.1 Odporúčané nastavenie citlivosti

Približne tieto hodnoty môžu byť použité ako referenčné hodnoty pre nastavenie seizmického detektora:

Aplikácia	Materiál a operačný rádius	Citlivosť
Automat na lístky umiestnený vo veľmi rušnom prostredí s neustálym pohybom osôb	Oceľ, $r = 1$ m	Nízka
Bankomat, Denná/nočná depozitná schránka umiestnená vo veľmi rušnom prostredí	Oceľ, $r = 1,5$ m	Stredná
Obrnené bezpečnostné skrine, Dvere od bezpečnostných miestností umiestnené v menej rušnom prostredí	Oceľ, $r = 2$ m	Stredná
Bezpečnostné miestnosti, Panelové trezory umiestnené v málo rušnom prostredí	Betón, $r = 2,5$ m	Vysoká
Bezpečnostné miestnosti, Panelové trezory umiestnené v prostredí s minimálnym ruchom	Betón, $r = ,5$ m	Vysoká

Tabuľka 7. Odporúčané nastavenia citlivosti [7]

### 5.2.2 Plocha objektu

Plocha	Betón	Oceľ
Minimálna hrúbka	0,6 m	0,015 m
Maximálny odstup detektorov	2,5 m, 4 m	1 m, 2 m
Minimálne nastavená citlivosť pre operačný rádius	2,5 m / vysoká 4 m / vysoká	1 m / nízka 2 m / stredná

Tabuľka 8. Nastavenia pre rôzne typy plôch [7]

- Detektor musí byť umiestnený na každej stene modulárneho panelu, ktorý nie je trvalo zvaraný.
- Pre pokrytie rohových plôch je odporúčaná vzdialenosť montáže znížená na 75%



## 5.2.3 Trezor

Oceľ	Telo	Dvere	Telo	Dvere
<b>Minimálna hrúbka</b>	0,006 m	0,006 m	0,006 m	0,006 m
<b>Maximálny odstup detektorov</b>	1 m	1 m	2 m	2 m
<b>Minimálne nastavená citlivosť pre operačný rádius</b>	1 m / nízka	1 m / nízka	2 m / stredná	2 m / stredná

Tabuľka 9. Nastavenia citlivosti pre trezory [7]

- Aspoň jeden detektor sa montuje na dvere a aspoň jeden detektor sa montuje na stenu trezora.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 TEST DETEKTORU SIEMENS GM 730

Detektor som podrobil 3 druhom rôznych testov, aby som zistil, akým spôsobom bude reagovať na rôzne spektrá vibrácií. V prvom teste som používal elektronický motorček z CD mechaniky, na druhý spôsob testovania som využil zapožičaný ručný tester Cosmotron VVT 310. Na otestovanie detektora pri treťom teste som použil gumené kladivo.

### 6.1 Program Sens Tool GMSW7-1.0.0

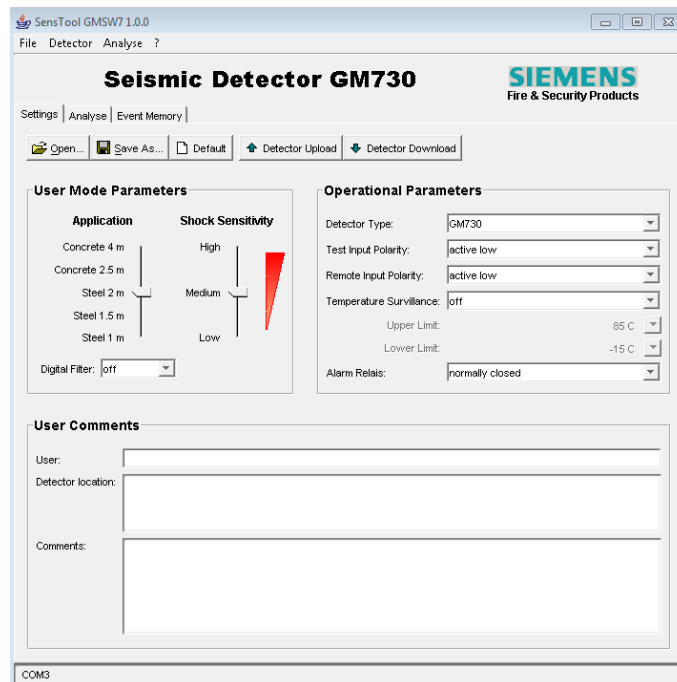
Na zhotovenie všetkých testov som využíval program od spoločnosti Siemens Sens Tool GMSW7-1.0.0 (ďalej už len GMSW7). Tento program je určený pre seizmické detektory spoločnosti Siemens, a to konkrétne pre detektory: GM 730, GM 760 a GM 770. Program má tri základné okná: Settings, Analyse, Event Memory.

#### 6.1.1 Settings

Prvé okno s označeným Settings slúži na základné nastavenie detektoru. Je rozdelené do troch častí: User Mode Parameters, Operational Parameters a User Comments. Na svoje testovanie som využíval iba prvé dve z nich, kde je možné nadefinovať, z akého materiálu je vyrobený objekt, v ktorom sa bude detektor nachádzať - na výber je buď betón alebo oceľ v rôznych druhoch prevedenia. V tejto časti je tiež možné nastaviť senzitivitu detektora od najvyššej cez strednú až po najnižšiu. Ešte je tu užívateľovi umožnené zapnúť/vypnúť digitálny filter.

Časť Operational Parameters slúži k výberu typu seizmického detektora (GM730, GM760, GM770), k vstupnému testu polarity (active low, high), k výstupnému testu polarity (active low,high), k tepelnej odolnosti (on, off) pričom rozhranie limitu teploty funguje iba pri modeloch GM760 a GM770 a k výberu relé (normally closed,open).

Časť User Comments je vyhranená pre užívateľa, ktorý v nej môže zadať: meno užívateľa, umiestnenie detektoru a poprípade nejaký komentár, ak sa rozhodne, že je nutný.



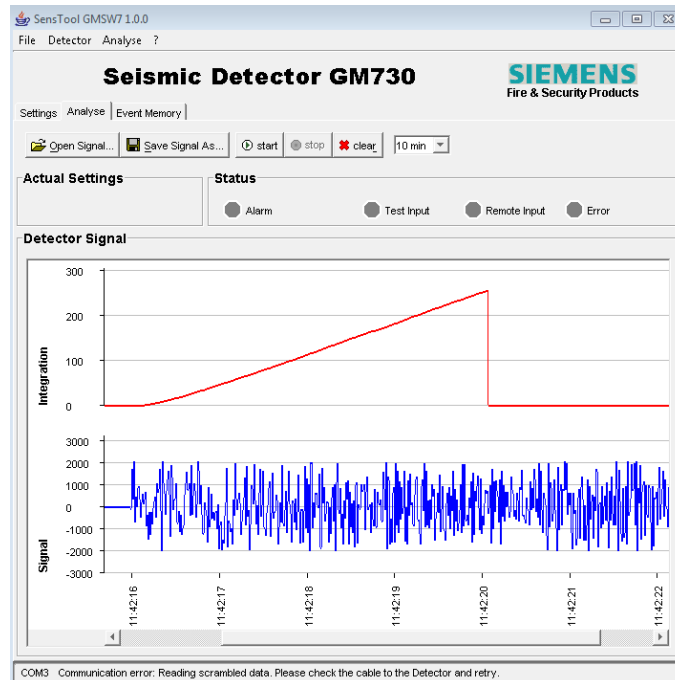
Obrázok 16. Program Sens Tool GMSW7

### 6.1.2 Analýze

Druhé okno programu GMSW7 slúži už na samotné testovanie detektora. Na výber tu máme otvoriť signál, ktorý bol už nameraný, uložiť signál detektora, ktorý sme práve vytvorili. Ďalej je tu tlačidlo na spustenie testu, zastavenie testu a vymazania údajov z grafickej časti okna. Poslednú možnosť, ktorú nám program dovoľuje, je nastavenie dĺžky testu, tu máme na výber 10 minút, 100 minút alebo 18 hodín.

Pod týmto sa nachádzajú dve oddelené okná, ktoré prvé z nich užívateľovi oznamuje, v akom danom nastavení sa nachádza seizmický detektor. Nasledujúce okno funguje na varovanie užívateľa pri vzniku alarmu, o vstupnom a výstupnom teste a o prípadnej chybe, ktorá môže nastať.

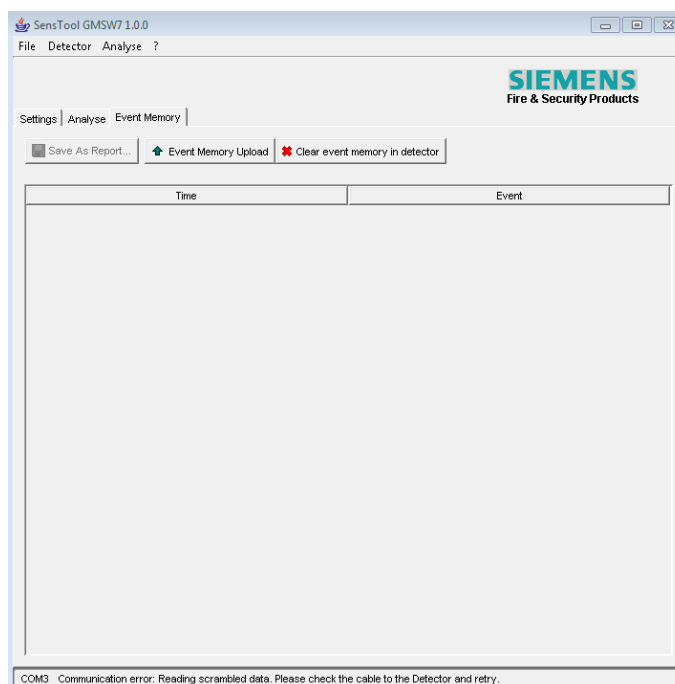
V poslednom a najväčšom okne sa nachádza výstupný signál z detektora, ktorý je rozdelený na dva grafy. Prvý slúži na ukážku integrácie a druhý na ukážku signálu zo seizmického detektora.



Obrázok 17. Program Sens Tool GMSW7

### 6.1.3 Event Memory

Táto časť užívateľovi slúži na to, aby zistil, aké udalosti sa odohrali s detektorom v dobe jeho neprítomnosti. Je tu možné ukladať si odohranú históriu, taktiež ju naspať nahrávať alebo vymazať, keď už pre užívateľa nie je potrebná.



Obrázok 18. Program Sens Tool GMSW7

## 6.2 Spôsob stanovenia výslednej hodnoty merania

Cieľom merania je poznať skutočnú hodnotu fyzikálnej veličiny. Avšak pri meraní akejkolvek fyzikálnej veličiny sa dopúšťame nepresnosti, takže výsledok merania sa líši od skutočnej hodnoty. Rozdiel medzi skutočnou hodnotou  $X$  a nameranou  $x$  je chyba merania  $\varepsilon$ ,

$$\varepsilon = X - x = \Delta X$$

Chyba môže byť kladná aj záporná. Ak je chyba kladná, musíme ju k nameranej hodnote pripočítať, aby sme dostali správnu hodnotu. Ak je záporná, tak ju musíme odpočítať,

$$X = x \pm \varepsilon$$

Pri mojich výpočtoch chyby merania som využil spracovanie výsledkov priamych meraní, kedy som spracovával sériu meraní  $n$  urobených za rovnakých podmienok. Pri určovaní chyby som postupoval nasledovne:

1. Z  $n$  nameraných hodnôt  $x_i$  som určil aritmetický priemer  $\bar{x}$  pomocou vzťahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Stanovím zdanlivú chybu  $\Delta_i$  pre každé meranie tak, že odpočítam nameranú hodnotu  $x_i$  od aritmetického priemeru  $\bar{x}$  podľa vzťahu:

$$\Delta_i = \bar{x} - x_i$$

3. Vypočítam druhú mocninu týchto chýb  $\Delta_i$  a potom ich spočítam
4. Výsledok celého merania zapíšem v tvare: Výsledná hodnota meranej veličiny = aritmetický priemer  $\pm$  chyba. [8]

$$x = \bar{x} \pm \text{chyba}$$

## 6.3 Testovanie pomocou elektronického motorčeka.

Na tento druh testu som využil elektronický motorček vyradený z CD mechaniky. Motorček som napájal 12V akumulátorom. Pre potreby testu som využil iba 3V, 6 V, 9V. Motorček som pevne pripevnil ku kovovému krytu z ústredne, ktorá v tomto prípade nahradzovala malý trezor, v ktorom bol umiestnený seizmický detektor GM 730.

Pomocou programu GMSW7 od firmy Siemens som nastavoval rôzne druhy a hrúbky materiálu a taktiež citlivosť detektoru na druhy vibrácií. Namerané hodnoty sú prehľadné spracované v tabuľke 10.

Test detektoru GM 730				Čas			Chyba	Priemer [s]	L [s]
č.m.	Aplikácia	Citlivosť [V]	3	t1 [s]	t2 [s]	t3[s]	merania[s]		
1	Oceľ r = 1 m	Vysoká	3	8,63	8,85	8,35	0,125600	8,61	8,6±0,1
2	Oceľ r = 1 m	Stredná	3	8,33	9,07	8,38	0,342067	8,59333	8,6±0,3
3	Oceľ r = 1 m	Nízka	3	9,25	9,43	8,45	0,544267	9,04333	9±0,5
4	Oceľ r = 1 m	Vysoká	6	3,46	4,52	3,72	0,610400	3,9	3,9±0,6
5	Oceľ r = 1 m	Stredná	6	3,49	4,52	3,73	0,580867	3,91333	3,9±0,6
6	Oceľ r = 1 m	Nízka	6	3,62	4,83	4,12	0,739400	4,19	4,1±0,7
7	Oceľ r = 1 m	Vysoká	9	3,15	3,35	2,97	0,072267	3,15667	3,2±0,1
8	Oceľ r = 1 m	Stredná	9	3,02	3,45	3,54	0,154467	3,33667	3,3±0,2
9	Oceľ r = 1 m	Nízka	9	3,26	3,38	3,44	0,016800	3,36	3,36±0,02
10	Oceľ r = 1,5 m	Vysoká	3	8,39	9,51	8,36	0,859267	8,75333	8,8±0,9
11	Oceľ r = 1,5 m	Stredná	3	8,89	8,65	8,41	0,115200	8,65	8,7±0,1
12	Oceľ r = 1,5 m	Nízka	3	9,43	9,18	8,31	0,691267	8,97333	9±0,7
13	Oceľ r = 1,5 m	Vysoká	6	4,42	3,53	4,29	0,462200	4,08	4,1±0,5
14	Oceľ r = 1,5 m	Stredná	6	4,76	4,52	4,15	0,188867	4,47667	4,5±0,2
15	Oceľ r = 1,5 m	Nízka	6	4,9	4,66	3,94	0,499200	4,5	4,5±0,5
16	Oceľ r = 1,5 m	Vysoká	9	3,43	3,35	3,38	0,003267	3,38667	3,387±0,003
17	Oceľ r = 1,5 m	Stredná	9	3,34	3,68	3,25	0,102867	3,42333	3,4±0,1
18	Oceľ r = 1,5 m	Nízka	9	3,47	3,67	3,08	0,180067	3,40667	3,4±0,2
19	Oceľ r = 2 m	Vysoká	3	8,4	9,1	8,37	0,341267	8,62333	8,6±0,4
20	Oceľ r = 2 m	Stredná	3	8,54	8,92	8,38	0,153867	8,61333	8,6±0,2
21	Oceľ r = 2 m	Nízka	3	9,15	8,85	9,02	0,045267	9,00667	9,01±0,05
22	Oceľ r = 2 m	Vysoká	6	5,78	4,81	5,33	0,471267	5,30667	5,2±0,9
23	Oceľ r = 2 m	Stredná	6	5,37	5,55	5,22	0,054600	5,38	5,38±0,05
24	Oceľ r = 2 m	Nízka	6	5,23	5,04	5,45	0,084200	5,24	5,24±0,08
25	Oceľ r = 2 m	Vysoká	9	3,35	3,69	2,81	0,393867	3,28333	3,3±0,4
26	Oceľ r = 2 m	Stredná	9	3,44	3,67	2,91	0,303800	3,34	3,3±0,3
27	Oceľ r = 2 m	Nízka	9	3,25	3,43	2,95	0,117600	3,21	3,2±0,1
28	Betón r = 2,5 m	Vysoká	3	8,74	9,02	8,34	0,233600	8,7	8,7±0,2
29	Betón r = 2,5 m	Stredná	3	7,82	8,45	8,46	0,268867	8,24333	8,2±0,3
30	Betón r = 2,5 m	Nízka	3	8,68	8,71	8,6	0,006467	8,66333	8,663±0,006
31	Betón r = 2,5 m	Vysoká	6	4,03	4,91	3,91	0,596267	4,28333	4,3±0,6
32	Betón r = 2,5 m	Stredná	6	3,98	4,62	3,68	0,461067	4,09333	4,1±0,5
33	Betón r = 2,5 m	Nízka	6	4,06	4,8	3,6	0,733067	4,15333	4,2±0,7
34	Betón r = 2,5 m	Vysoká	9	3,33	3,73	2,87	0,370400	3,31	3,3±0,4
35	Betón r = 2,5 m	Stredná	9	3,03	3,44	3,02	0,114867	3,16333	3,2±0,1
36	Betón r = 2,5 m	Nízka	9	3,04	3,49	2,88	0,200067	3,13667	3,1±0,2
37	Betón r = 4 m	Vysoká	3	8,44	8,23	7,87	0,166200	8,18	8,2±0,2
38	Betón r = 4 m	Stredná	3	9,05	8,09	8,26	0,524867	8,46667	8,5±0,5
39	Betón r = 4 m	Nízka	3	8,79	7,97	8,17	0,365600	8,31	8,3±0,4
40	Betón r = 4 m	Vysoká	6	4,46	4,56	3,43	0,782600	4,15	4,1±0,8

41	Betón $r = 4$ m	Stredná	6	4,53	3,86	3,29	0,770467	3,89333	3,9±0,8
42	Betón $r = 4$ m	Nízka	6	4,41	3,43	3,43	0,640267	3,75667	3,8±0,6
43	Betón $r = 4$ m	Vysoká	9	3,58	3,33	2,75	0,362600	3,22	3,2±0,4
44	Betón $r = 4$ m	Stredná	9	3,48	3,23	2,71	0,308600	3,14	3,1±0,3
45	Betón $r = 4$ m	Nízka	9	3,52	3,1	2,68	0,352800	3,1	3,1±0,4

Tabuľka 10. Výsledky testov pri použití elektronického motorčeka

*č.m.* – číslo merania, *Aplikácia* – použitý materiál a operačný rádius, *[V]* – napätie na motorčeku, *t1 až t3* – čas do vyvolania poplachu, *L* – výsledná hodnota merania.

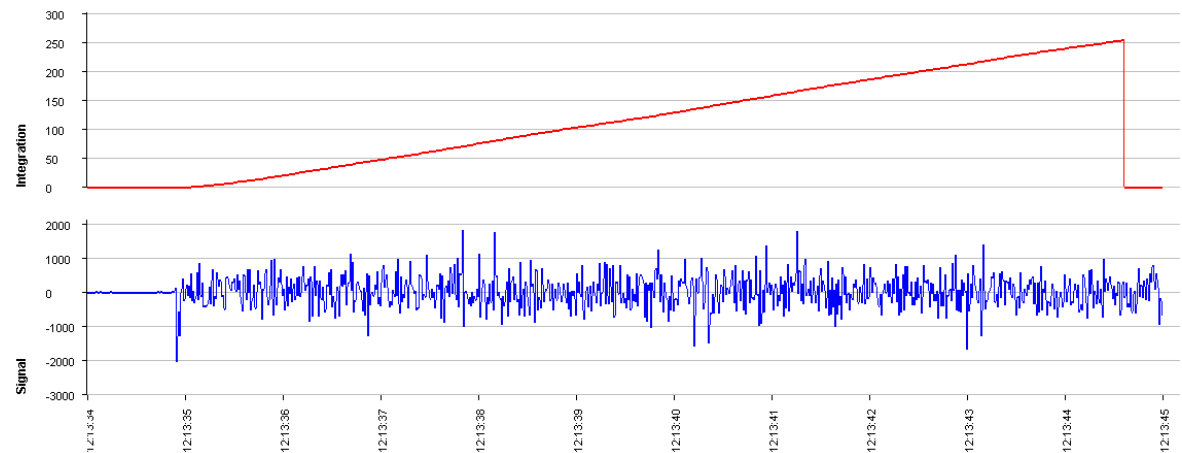
Application a sensitivity bolo možné nastaviť priamo v programe GMSW7, napätie na motorčeku bolo nastavované na akumulátore. Výsledný čas do spustenia poplachu bol nameraný programom GMSW7.

### 6.3.1 Výsledok meranie

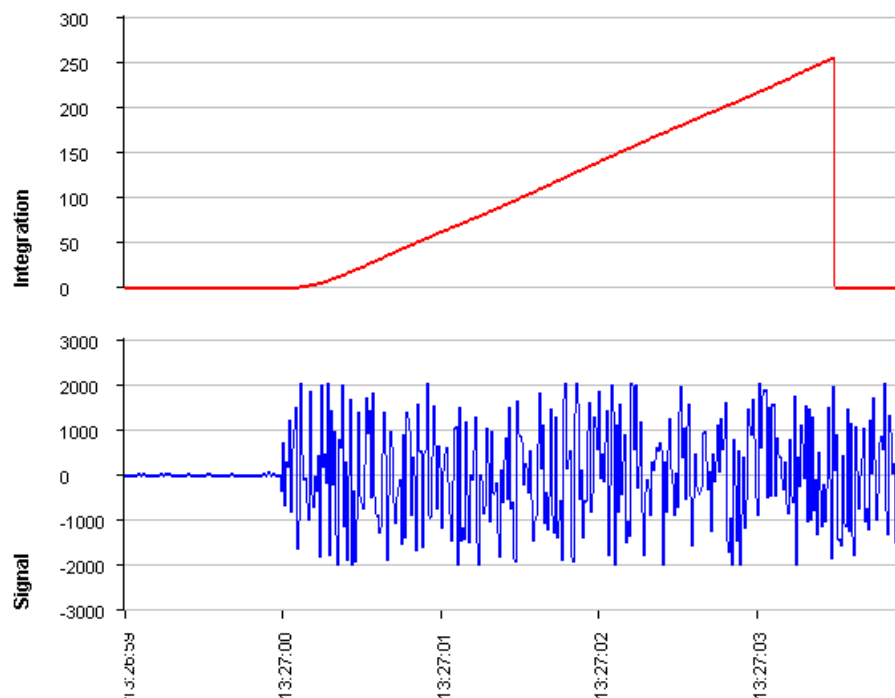
Výsledky merania sa veľmi líšili od rôznych druhov nastavení. Seizmický detektor reagoval odlišne hlavne na väčšie napätie, ktoré bolo privádzané na motorček. Najväčšie rozdiely sú hlavne medzi 9V a 3V, kedy seizmický detektor zareagoval o 2/3 skôr na väčšie napätie. Tento rozdiel je vidieť aj na obrázku 20, kde je nastavené napájanie 9V a pri obrázku 19, kde je nastavené 3V napájanie. Menšie rozdiely vo výsledkoch merania môžeme vidieť pri nastavení rozličných materiálov. Taktiež môže spozorovať rozdiely pri nastavení rôznych citlivostí detektora, kedy detektor zareagoval skôr na vyššiu nastavenú citlivosť.

Chyba merania sa pohybuje v rozpätí od 0,003267s do 0,859267s. Pričom merania, kde bol motorček nastavený na väčšie napätie, majú menšiu chybu merania. Z toho sa dá usúdiť, že za chybu merania je z veľkej časti zodpovedné prostredie. Chyba merania bola teda hlavne spôsobená prítlakom motorčeka na kovový box od ústredne. Chybu merania tiež spôsobili rôzne vibrácie v učebni (zapnutý počítač, na ktorom bol spustený program GMSW7, zapnuté okolité počítače, pohyb osôb v učebni...). Priemerná chyba merania je však 0,345s čo je takmer zanedbateľná chyba, keďže detektor dokázal najneskôr na otrasy zareagovať do 9,51s pri čase  $t_2$  a č.m. 10 v tabuľke 10.





Obrázok 19. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7



Obrázok 20. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7

#### 6.4 Testovanie pomocou ručného testeru

K tomuto druhu testu som využil zapožičaný ručný tester Cosmotron VVT 310. Je to síce malý, ale dostačujúci generátor, ktorý umožňuje overiť správnu detekciu seizmických detektorov. Akákoľvek montáž seizmických detektorov by mala nastať minimálne po teste týmto alebo podobným generátorom vibrácií.



Obrázok 21. Cosmotron VVT 310

Test bol vykonaný priložením kovovej časti ručného testera na zavretý kovový kryt od ústredne, v ktorej bol seizmický detektor. Namerané hodnoty sú v príslušnej tabuľke 11.

Tester Cosmotron VVT 310			Časy			Chyba	Priemer	L[s]
č.m.	Aplikácia	Citlivosť	t1[s]	t2[s]	t3[s]	merania[s]	[s]	
1	Oceľ $r = 1$ m	Vysoká	2,59	2,6	2,59	0,000067	2,59333	2,59333±0,00007
2	Oceľ $r = 1$ m	Stredná	2,61	2,6	2,67	0,002867	2,62667	2,627±0,003
3	Oceľ $r = 1$ m	Nízka	2,61	2,59	2,6	0,000200	2,6	2,6±0,0002
4	Oceľ $r = 1,5$ m	Vysoká	2,6	2,62	2,6	0,000267	2,60667	2,6067±0,0003
5	Oceľ $r = 1,5$ m	Stredná	2,6	2,6	2,59	0,000067	2,59667	2,59667±0,00007
6	Oceľ $r = 1,5$ m	Nízka	2,61	2,6	2,61	0,000067	2,60667	2,60667±0,00007
7	Oceľ $r = 2$ m	Vysoká	2,59	2,6	2,61	0,000200	2,6	2,6±0,0002
8	Oceľ $r = 2$ m	Stredná	2,6	2,6	2,61	0,000067	2,60333	2,60334±0,00007
9	Oceľ $r = 2$ m	Nízka	2,59	2,6	2,6	0,000067	2,59667	2,59667±0,00007
10	Betón $r = 2,5$ m	Vysoká	2,58	2,57	2,56	0,000200	2,57	2,57±0,0002
11	Betón $r = 2,5$ m	Stredná	2,57	2,58	2,55	0,000467	2,56667	2,5667±0,0005
12	Betón $r = 2,5$ m	Nízka	2,57	2,58	2,57	0,000067	2,57333	2,57333±0,00007
13	Betón $r = 4$ m	Vysoká	2,57	2,56	2,56	0,000067	2,56333	2,56333±0,00007
14	Betón $r = 4$ m	Stredná	2,56	2,57	2,57	0,000067	2,56667	2,56667±0,00007
15	Betón $r = 4$ m	Nízka	2,57	2,57	2,57	0,000000	2,57	2,57

Tabuľka 11. Výsledky testov pri použití ručného testera Cosmotron VVT 310

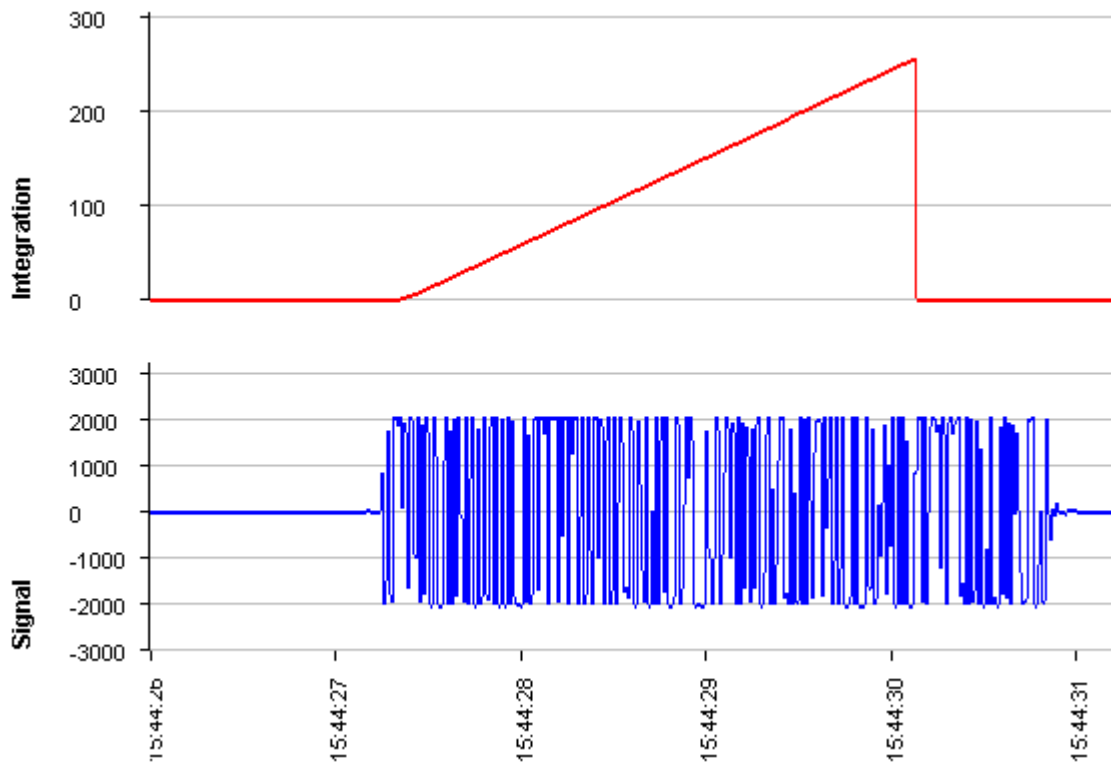
Hodnoty v tabuľke odpovedajú hodnotám z tabuľky 10.

#### 6.4.1 Výsledok merania

Všetky časy namerané programom GSMW7 pri použití ručného testera sú takmer identické. Výsledné časy nejako neovplyvňovalo nastavenie seizmického detektora v programe GSMW7, keďže ručný tester pri každom meraní dosahoval maximálny plusový/mínusový signál  $\pm 2000$ . Nameraná chyba merania je zanedbateľná, keďže

najväčšia sa pohybuje v ráde tisícínách, konkrétne ide o meranie č. 2, kedy chyba dosiahla 0,002867s. O tom, že chyba merania je v tomto teste zanedbateľná, svedčí fakt, že pri poslednom meraní č. 15 program GSMW7 nebol schopný zaznamenať zmeny medzi jednotlivými meraniami a výpočet priamej chyby merania dosiahol 0s.

Ako si môžete všimnúť z priloženej tabuľky 11 a obrázku 22, seizmický detektor zareagoval na ručný tester takmer okamžite najneskôr do 2,67s a najlepší čas bol 2,56s.



Obrázok 22. Ukážka vykresleného grafu v programe GSMW7

## 6.5 Testovanie pomocou gumeného kladiva

Na tento test som použil gumené kladivo, s ktorým som sa snažil rovnakou silou udierať do kovového boxu, v ktorom bol seizmický detektor. Údery sa opakovali každú sekundu, až dokiaľ nebol vyhlásený poplach programom GSMW7. Získané dáta sú v tabuľke 12.



Obrázok 23. Gumené kladivo

Test GM730 gumené kladivo			Časy			Chyba	Priemer [s]	L[s]
č. m.	Aplikácia	Citlivosť	t1[s]	t2[s]	t3[s]	merania [s]		
1	Oceľ $r = 1$ m	Vysoká	14,77	13,52	11,79	4,479	13,360	13±4
2	Oceľ $r = 1$ m	Stredná	16,31	15,32	13,4	4,378	15,010	15±4
3	Oceľ $r = 1$ m	Nízka	17,71	19,55	14,39	13,678	17,217	20±10
4	Oceľ $r = 2$ m	Vysoká	15,62	15,91	13,58	3,225	15,037	15±3
5	Oceľ $r = 2$ m	Stredná	16,81	16,41	14,65	2,641	15,957	16±3
6	Oceľ $r = 2$ m	Nízka	19,13	20,55	15,53	13,392	18,403	20±10
7	Betón $r = 4$ m	Vysoká	16,17	14,99	13,13	4,698	14,763	15±5
8	Betón $r = 4$ m	Stredná	17,49	15,55	14,56	4,443	15,867	16±4
9	Betón $r = 4$ m	Nízka	17,49	18,04	14,58	6,914	16,703	17±7

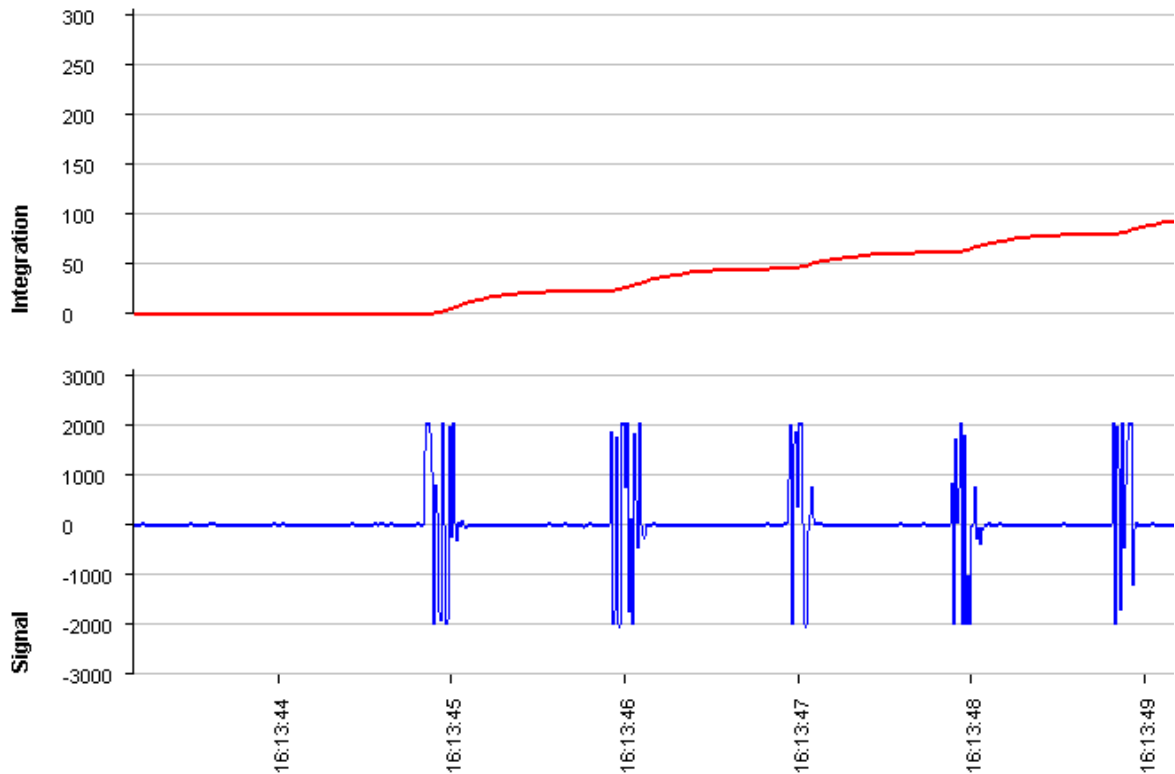
Tabuľka 12. Výsledky testov pri použití gumeného kladiva

*Hodnoty v tabuľke odpovedajú hodnotám v tabuľke 10.*

### 6.5.1 Výsledok merania

Namerané hodnoty programom GMSW7 pri použití gumeného kladiva sa medzi sebou veľmi líšia. Skúška seizmického detektoru prebiehala najdlhšie zo všetkých meraní. Vďaka tomu si môžeme všimnúť jednotlivé rozdiely v nastavení detektora v senzitivite pri najväčšej a najmenej možnej. Samozrejme jednotlivé rozdiely pri tom istom meraní nespôsobilo len nastavenie v programe GMSW7, ale tiež sila a rýchlosť úderov, ktoré boli gumeným kladivom spravené. Aj keď čas bol stopovaný, aby medzi jednotlivými údermi bol rozdiel jedna sekunda, silu úderov však nebolo možné nejakým spôsobom ohraničiť. Toto sa dá spozorovať z obrázku 24, kde na výstupnom signáli je možné vidieť rozdiely síl

v úderoch. Taktiež sa tento rozdiel dá zaznamenať medzi jednotlivými testami. Ako môžeme vidieť na chybe merania č. 3 a 6, kde sú tieto chyby obrovské, niečo málo nad 13s v oboch prípadoch.



Obrázok 24. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7

## 6.6 Celkové vyhodnotenie testov

Po vykonaní všetkých meraní, ktoré som si stanovil, som zistil, ako reaguje seizmický detektor na jednotlivé druhy vibrácií. Ako najlepší spôsob testovania tohto detektoru pre montážne firmy sa mi javí využitie ručného testeru Cosmotron VVT 310, na ktorý detektor dokáže reagovať takmer okamžite po jeho spustení. Žiaľ, nepodarilo sa mi testovať detektor pomocou odporúčaného príslušenstva, ktorým je buď testovací oscilátor GMXS1 alebo externý tester GMXS5.

Výhodu využitia vidím pri testovacom oscilátore GMXS1 oproti použitiu ručného testeru Cosmotron VVT 310 v montáži oscilátora pod seizmický detektor za pomoci montážnej podložky GMXP0 a v jeho diaľkovom spustení.

Nevýhodu využitia oproti ručnému testeru Cosmotron VVT 310 vidím pri použití externého testeru GMXS5, ktorý je nutné pred použitím namontovať do chráneného objektu. Oproti Cosmotronu VVT 310 nie je mobilný, musí byť napojený na zdroj a je

nutné zistiť operačný rádius seizmického detektora pred namontovaním externého testeru GMXS5.

## 7 NOVÉ TRENDY V OBLASTI VÝVOJA

Minulý rok sa dostal na trh najnovší seizmický detektor z rady GM 7xx. Je ním seizmický detektor GM 775. Tento seizmický detektor je náhrada za predchádzajúci model GM 770, ktorý bol uvedený na trhu od roku 2006. Je to programovateľný univerzálny detektor pre stále monitorovanie trezorov, bankomatov, nočných depozitných schránok, bezpečnostných miestností, panelové trezory z ocele, betónu, spevnených alebo syntetických kompozitných materiálov. Detektor je odolný proti pokusom o vlúpanie za pomoci mechanických alebo tepelných nástrojov.

Detektor je navrhnutý pre najlepší detekčný výkon a maximálnu odolnosť proti vplyvom prostredia. Spoľahlivo rozpoznáva útoky pomocou výbušnín alebo pokus o vstup za použitia moderných nástrojov, ako sú vrtáky s diamantovou korunkou, mechanické a hydraulické tlakové nástroje, rezačky kyslíkovým plameňom alebo vodným lúčom.

Patentovaný SENSTEC ® snímač a digitálne spracovanie signálu hodnotí vybrané úzko frekvenčné pásmo pre zabezpečenie. Táto komplexná ochrana je imúnna voči vplyvom prostredia, vrátane leteckej dopravy a hluku šíreného z externých zdrojov rušenia.

Nízkoprofilový dizajn uľahčuje inštaláciu. Preddefinované nastavenie umožňuje rýchlu a veľmi jednoduchú možnosť nastavenia pre všetky bežné aplikácie. Voliteľný SensTool softvér umožňuje komfortnú zmenu preddefinovaných parametrov a neustále sledovanie činnosti seizmického detektora. [9]

Najnovšie trendy vo vývoji seizmických detektorov sú zamerané hlavne na čo najskoršiu detekciu možných pokusov vlúpania. S tým je spojený hlavne vývoj v oblasti novších, menších a citlivejších snímačov, ktoré by boli schopné reagovať rýchlejšie a pokryť väčšiu oblasť v chránenom objekte. Ďalšia časť výskumu je zameraná na zhotovenie kvalitnejších digitálnych filtrov, vďaka ktorým by detektory boli schopné eliminovať rušivé zvuky z okolia, čím by odstránili možnosti falošných poplachov.

## ZÁVER

V dnešnej dobe, kedy kriminalita veľmi rýchlo narastá, je takmer nutné zabezpečiť svoj najcennejší majetok pred páchatelom. Svoj najhodnotnejší majetok si ľudia zvykli odkladať do bezpečnostných schránok, trezorov, prípadne do bánk, ktoré sú vybavené trezorovými miestnosťami určenými pre klientov. Na ochranu takýchto objektov slúži mechanický zábrany systém, ktorý môžu byť doplnený aj elektronickým zabezpečovacím systémom. Veľmi vhodným detektorom pre takéto objekty je seizmický detektor s vysokou citlivosťou proti narušeniu.

Seizmický detektor je špecifický druh detektora určený na ochranu betónových a kovových objektov. Jeho potenciál je vo veľkom rozsahu využívania hlavne v bankomatoch, denných/nočných bankových schránkach, trezoroch a trezorových miestnostiach. Slúži na včasnú signalizáciu narušenia monitorovaného priestoru pred páchatelom, ktorý sa do objektu snaží dostať pomocou známeho sortimentu náradia.

V práci som sa zaoberal problematikou seizmických detektorov a testami na seizmický detektor GM730 od firmy SIEMENS. Z vykonaných testov je zrejmé, že detektor je veľmi citlivý na vonkajšie prejavy vibrácií a že v priebehu pár sekúnd dokáže na tieto vibrácie zareagovať a spustiť poplach. Vďaka tomu páchatel nemá dostatok času, aby sa dostal do objektu. Medzi hlavné výhody detektora patrí spoľahlivá a vysoká odolnosť voči falošným poplachom. Toto všetko bolo možné docieľiť vďaka pokročilému snímaču detektora a zabudovanému digitálnemu filtru.



## ZÁVER V ANGLIČTINE

In present days, society is facing an increasing problem of criminality, therefore it is necessary to secure valuable assets against intruders. In the past, people tended to use deposit safes, vaults or strong rooms provided by banks for this purpose. They all are based on different technologies such as mechanic barrier system or updated version of electronic security system. The seismic detector is often preferable feature of the electronic security systems to enhance the level of protection of objects due to its high sensitivity and reliable detection of thermal and mechanical attacks.

The Seismic detectors are specific type of the high-risk security applications suited for use on steel and concrete, but also on lightweight synthetic materials. The application of seismic detectors is wide and they are commonly used in the automated teller machines (ATMs), ticketing machines, parking meters, pay phones, vending machines, lightweight and armoured vaults, etc. The core function is a quick detection and an early signalization of any type of violation in the monitored area.

This paper is devoted to issue of implementing seismic detectors in various security systems. Moreover, the main focus is placed on operation of the seismic detector GM730 produced by SIEMENS. The tests conducted indicate the extremely high detection sensitivity to the mechanic vibration and the immediate evaluation whether or not the alarm should be triggered. Yet, an intruder does not have enough time to gain access to the valuables or seriously damage system. A specially developed patented piezo-ceramic element and an advanced digital filter enable detector to ignore environmental disturbances and eliminate the false alarms what is considered to be the main advantage of this particular seismic detector.

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY**

- [1] Norma ČSN EN 50131-1
- [2] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů II. díl - Elektrické zabezpečovací systémy*. Praha : PA ČR, 2001. 208 s. ISBN 80-7251-076-2.
- [3] HRUŠKA, F. *Technické prostředky automatizace III : Senzory, jejich principy a funkce*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2002. 118 s. ISBN 80-7318-053-7.
- [4] Caledon [online]. [2004?] [cit. 2010-04-27]. Siemens GM730. Dostupné z WWW: <<http://www.caledonsecurity.com/gm730.pdf>>.
- [5] SourceSecurity.com [online]. [2004?] [cit. 2010-04-27]. Seismic detectors. Dostupné z WWW: <[http://www.sourcesecurity.com/docs/fullspec/Bro\\_Seismic\\_detectors\\_en.pdf](http://www.sourcesecurity.com/docs/fullspec/Bro_Seismic_detectors_en.pdf)>.
- [6] Products & Accessories Catalogue 2009 [CD-ROM]. Siemens, 2009 [cit. 2010-04-27].
- [7] Siemens Fire & Security Products: GM730 Seismic detector. SIEMENS, 2005. 2 s.
- [8] Fyzika :: Katedra fyziky [online]. 11-Oct-2007 [cit. 2010-04-27]. ChybaA. Dostupné z WWW: <<http://fyzika.utc.sk/praktika/Ulohy/Uvod/ChybyA.pdf>>.
- [9] Building Technologies Siemens [online]. 2009 [cit. 2010-04-27]. Siemens GM775. Dostupné z WWW: <[https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/A6V10252511\\_Datasheet\\_GM775\\_A6V10245481\\_de\\_hq-en.pdf](https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/A6V10252511_Datasheet_GM775_A6V10245481_de_hq-en.pdf)>.

## ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

ATM	Automatic teller machine (bankomat)
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
I&HAS	Intruder and Hold-up Alarm System (poplachový systém pre detekciu vniknutia a prepadnutia)
MZS	Mechanický zábrany systém
PKB	Priemysel komerčnej bezpečnosti

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obrázok 1. Seizmický detektor GM730 .....	20
Obrázok 2. Externý tester GMXS5 .....	22
Obrázok 3. Testovací oscilátor GMXS1 .....	22
Obrázok 4. Montážna podložka GMXP0 .....	23
Obrázok 5. Ochranná otočná podložka pre zámkovú vložku GMXP3 .....	23
Obrázok 6. Podložka pre ochranu zámkovej vložky GMAS6 .....	24
Obrázok 7. Podlahový box GMXB0 .....	24
Obrázok 8. Stenový box s vonkajším krytom GMXW0 .....	25
Obrázok 9. Vodotesný kryt GMXWG0H .....	25
Obrázok 10. Ochranná fólia proti prevítaniu detektora GMXD7 .....	26
Obrázok 11. Pokrytie detektora .....	28
Obrázok 12. Pokrytie detektora pri rohu objektu .....	28
Obrázok 13. Ukážka umiestnenia detektora .....	29
Obrázok 14. Prepínač .....	30
Obrázok 15. Označenie vstupov .....	31
Obrázok 16. Program Sens Tool GMSW7 .....	36
Obrázok 17. Program Sens Tool GMSW7 .....	37
Obrázok 18. Program Sens Tool GMSW7 .....	37
Obrázok 19. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7 .....	41
Obrázok 20. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7 .....	41
Obrázok 21. Cosmotron VVT 310 .....	42
Obrázok 22. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7 .....	43
Obrázok 23. Gumené kladivo .....	44
Obrázok 24. Ukážka vykresleného grafu v programe GMSW7 .....	45

**ZOZNAM TABULIEK**

Tabuľka 1. Zoznam noriem .....	13
Tabuľka 2. Stupne zabezpečenia.....	14
Tabuľka 3. Stupne prostredia.....	16
Tabuľka 4. Technické údaje GM 730 [7] .....	27
Tabuľka 5. Možné nastavenia na detektore pomocou prepínača [7] .....	30
Tabuľka 6. Možnosti nastavenia v programe GMSW7 [7] .....	31
Tabuľka 7. Odporúčané nastavenia citlivosti [7] .....	32
Tabuľka 8. Nastavenia pre rôzne typy plôch [7].....	32
Tabuľka 9. Nastavenia citlivosti pre trezory [7] .....	33
Tabuľka 10. Výsledky testov pri použití elektronického motorčeka .....	40
Tabuľka 11. Výsledky testov pri použití ručného testera Cosmotron VVT 310.....	42
Tabuľka 12. Výsledky testov pri použití gumeného kladiva .....	44