

Objektové detektory PZS

Doc. Ing. Karel Burda, CSc.



Program

Objektové detektory PZS

1. Úvod
2. Typizace detektorů
3. Předmětové detektory
4. Překážkové detektory
5. Závěr

1. Úvod

Definice detektoru

- Detektory jsou **elektrická** zařízení, která jsou určena k detekci **incidentů**. V této přednášce se omezíme na **intruzní** detektory, kde incidentem je neoprávněná **aktivita osob**.
- U detekce incidentů se vychází se z toho, že každý incident je doprovázen specifickými fyzikálními jevy, které se nazývají **příznaky incidentu**. Například přelézání plotu je doprovázeno otřesy plotu nebo průchod útočníka je doprovázen přerušením detekčního infračerveného paprsku.
- Detektory obecně **měří** hodnoty určené fyzikální veličiny, v těchto hodnotách **vyhledávají** příznaky incidentu a následně ústředně **odesírají** hlášení typu Poplach.
- Problémem je, že zvolené příznaky se mohou vyskytnout i v případě jiné události než-li incidentu (např. otřesy plotu mohou být způsobeny nárazy větru). Vznikají tak tzv. **falešné poplachy**.
- K minimalizaci falešných poplachů se používá technika **kombinace** více typů příznaků a stále sofistikovanější techniky **měření** a následného **zpracování** výsledků těchto měření.
- V současné době existuje celá řada typů detektorů, které pracují na různých **fyzikálních principech** a hodí se k detekci **různých typů incidentů**.
- Funkci detektoru mohou plnit i **osoby**. V tomto případě musí být komunikační síť PZS vybavená vhodným rozhraním, přes které lze informaci o vzniku incidentu ústředně PZS předat (např. **tísňová tlačítka**).

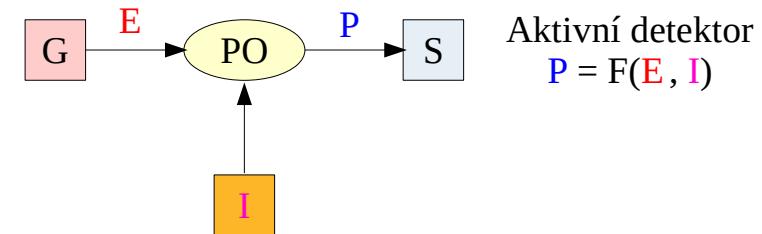
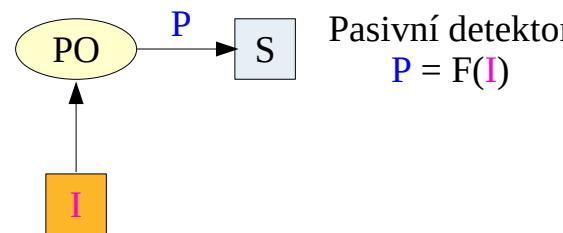
Fyzikální jevy využívané v detektorech

- Soudobé detektory využívají **různé** principy a umožňují detekovat **široké** spektrum různých typů incidentů.
- Obvykle jsou založeny na využití:
 - a) **mechanických sil**:
 - v **plynném** prostředí (např. detekce zvuku tříštění skla),
 - v **pevných** látkách (např. otřesy trezoru, či ztráta tahu svěšením obrazu),
 - b) jevech **elektromagnetického pole**:
 - v **rádiovém** spektru (např. odraz signálu osobou),
 - v **infračerveném** spektru (např. vyšší teplota osoby oproti okolí),
 - v **optickém** spektru (např. analýza obrazu kamery).

2. Typizace detektorů

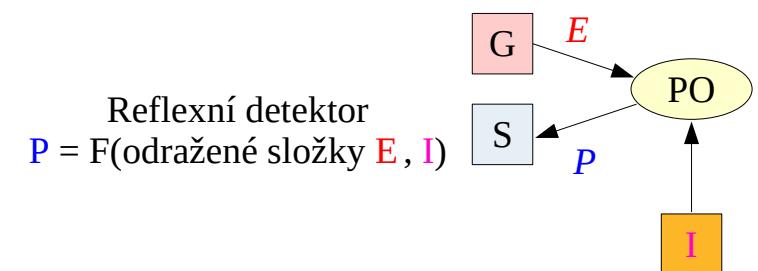
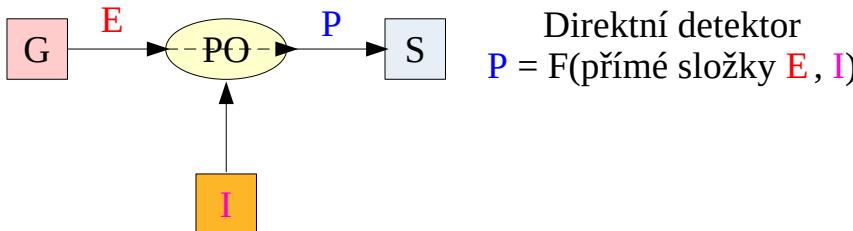
Pasivní a aktivní detektory

- Každý detektor obsahuje **snímač S**, kterým se detekují **příznaky P** incidentu. Prostor, v němž tyto příznaky vznikají, nazveme **příznaková oblast PO**. Obvykle se jedná o volný prostor, ale může to být i nějaké médium jako je např. optické vlákno.
- Podle zdroje energie potřebné pro vznik příznaků se detektory klasifikují na:
 - pasivní,
 - aktivní.
- **Pasivní detektory** (obr. vlevo) využívají příznaky P, jejichž vznik je podmíněn pouze samotným **incidentem I**. Formálně to vyjádříme, že $P = F(I)$. Příkladem pasivního detektoru je detektor tříštění skla, tíhový detektor nebo PIR detektor.
- **Aktivní detektory** (obr. vpravo) využívají příznaky P, jejichž vznik je podmíněn nejen incidentem, ale i přítomností **budící energie E** (např. ve formě paprsku IR záření). Tuto skutečnost formálně vyjádříme jako $P = F(E, I)$. Aktivní detektory proto musí mít nějaký **generátor G**, který budící energii do příznakové oblasti generuje. Příkladem aktivního detektoru je infračervená závora, radar nebo magnetický detektor otevření.



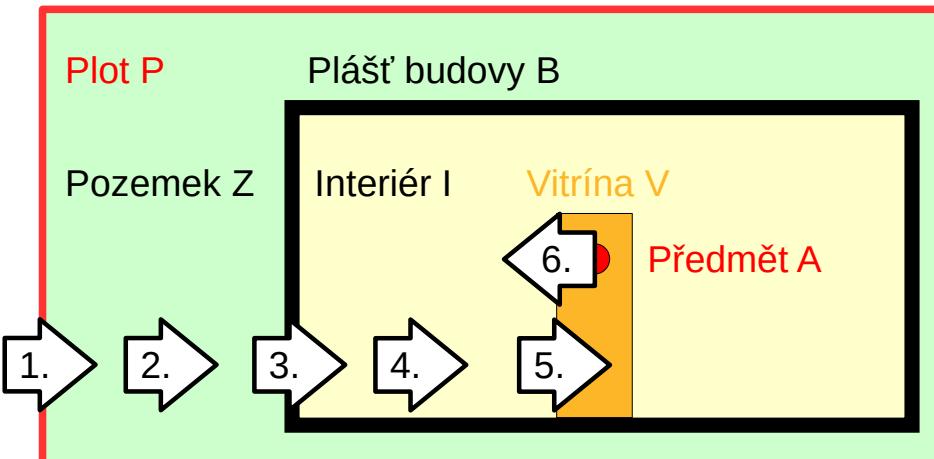
Klasifikace aktivních detektorů

- Aktivní detektory můžeme klasifikovat na:
 - **direktní**,
 - **reflexní**.
- Generátor G **direktního** detektoru generuje tok budící energie E, který se **ŠÍŘÍ** příznakovou oblastí PO **přímo** (direktně) k snímači S. **Incident** I tok této energie ovlivňuje, čímž způsobí vznik příznaků P. Příkladem direktního detektoru je infračervená závora nebo detektor otevření.
- Generátor G **reflexního** detektoru generuje tok budící energie E, který se z příznakové oblasti PO **odráží** (reflex) ke snímači S. **Incident** I tok této odražené energie ovlivňuje, čímž způsobí vznik příznaků P. Příkladem reflexního detektoru je radar nebo MW detektor.
- **Výhodou** aktivních detektorů je vyšší citlivost, případně dosah. **Nevýhodou** je vyšší spotřeba a také emise energie, která může skrytý detektor před útočníkem demaskovat.



Vícevrstvá ochrana

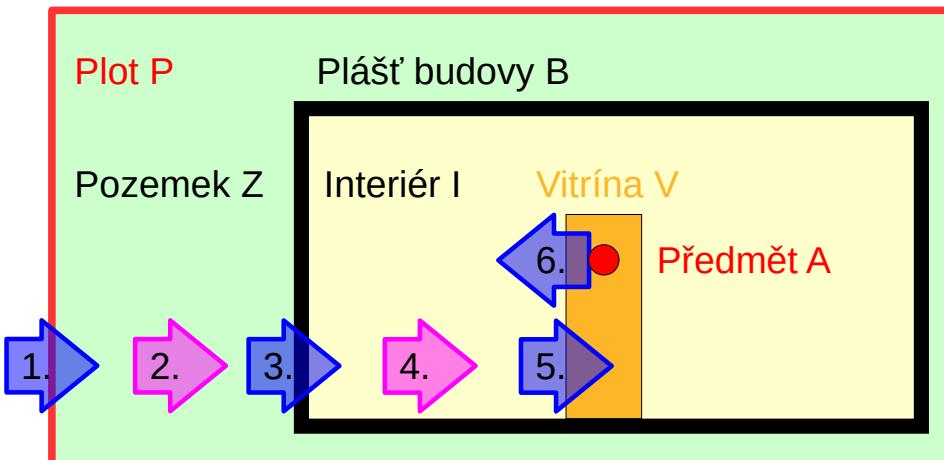
- Nejvíce používaná strategie pro rozmisťování detektorů je založena na principu tzv. **vícevrstvé ochrany**, kdy střežená aktiva (např. cenné obrazy nebo utajované písemnosti) jsou obklopena **několika liniemi překážek a detektorů**.
- Příklad je na obrázku níže. Útočník k uskutečnění krádeže předmětu A musí vyřešit následující posloupnost dílčích úloh.
- Nejprve se musí dostat přes plot P areálu (v našem příkladu je to 1. linie, na níž lze jeho útok detektovat), dále pak musí přejít přes pozemek Z k pláště budovy B (2. možná linie detekce), proniknout tímto pláštěm dovnitř budovy (3. linie), následně se dostat interiérem I budovy až k vitríně V (4. linie), proniknout do vitríny (5. linie), zmocnit se předmětu A (6. linie) a nakonec areál opustit.



- 1. Přelezení plotu P (1. možná linie detekce).
- 2. Průchod přes pozemek Z (2. linie).
- 3. Průnik pláštěm budovy B (3. linie).
- 4. Průchod interiérem I (4. linie).
- 5. Průnik pláštěm vitríny V (5. linie).
- 6. Vzetí předmětu A (6. linie).

Detektory podle místa ve vícevrstvé ochraně

- Podle jejich místa ve vícevrstvé ochraně můžeme detektory klasifikovat na:
 - **objektové** detektory,
 - **prostorové** detektory.
- **Objektové** detektory jsou určeny k detekci manipulace útočníka s **objekty**. Těmito objekty jsou buď samotné střežené předměty (v našem příkladu detektor pro **6. linii**) nebo fyzické překážky, které útočník musí při svém útoku překonávat (detektor pro **1., 3. a 5. linii**).
- **Prostorové** detektory jsou určeny k detekci pohybu útočníka kontrolovanou **oblastí**. V našem příkladu jde o detektory pro **2. a 4. linii**.



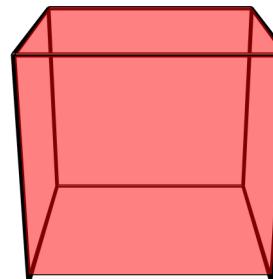
- 1. Přečezení **plotu** P (1. linie detekce).
- 2. Průchod přes **pozemek** Z (2. linie).
- 3. Průnik **pláštěm budovy** B (3. linie).
- 4. Průchod **interiérem** I (4. linie).
- 5. Průnik **pláštěm vitríny** V (5. linie).
- 6. Vzetí **předmětu** A (6. linie).

Objektové detektory

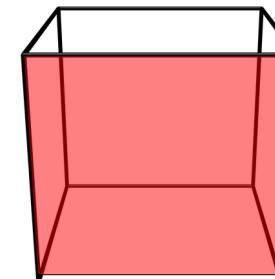
- Objektové detektory můžeme dále klasifikovat na:
 - předmětové detektory,
 - překážkové detektory.
- Předmětové detektory jsou určeny k detekci neoprávněné manipulace se střeženým předmětem (v našem příkladu detektor 6. linie).
- Překážkové detektory jsou určeny k detekci neoprávněné manipulace s překážkou (detektory pro 1., 3. a 5. linii).
- Překážkou budeme rozumět pevnou materiálovou strukturu, která má útočníkovi znemožnit přístup do prostoru za překážkou. Překážkami jsou nejčastěji ploty, hraniční zdi pozemků, pláště budov a pláště úložišť.
- Pojem plášt' budovy se zpravidla označují vnější hranice budovy, tj. její vnější zdi, střecha a vnější stavební výplně (obvykle dveře a okna).
- Úložištěm budeme rozumět například trezory, skříně nebo vitríny a pláštěm úložiště budeme rozumět vnější hranice tohoto úložiště.

Prostorové detektory

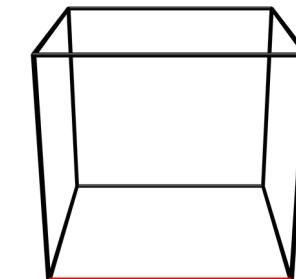
- Prostorové detektory jsou určeny k detekci pohybu útočníka kontrolovanou **oblastí**.
- Důležitou charakteristikou prostorových detektorů je tzv. **detekční diagram**. Detekční diagram budeme definovat jako **část prostoru**, ve které může daný detektor případný incident detektovat.
- Podle tvaru detekčního diagramu budeme prostorové detektory klasifikovat na:
 - **objemové** detektory,
 - **hraniční** detektory.
- **Objemové** detektory („volumetric detectors“) mají detekční diagram v podobě **třírozměrného geometrického útvaru**. Pokud se útočník začne uvnitř tohoto útvaru pohybovat, tak způsobí vyhlášení poplachu.
- **Hraniční** detektory („line detectors“) mají detekční diagram v podobě plochy nebo linie, kterými se v kontrolované oblasti definují **virtuální hranice**. Pokud útočník tuto hranici překročí, tak dojde k vyhlášení poplachu.



Detekční diagram je **prostor**



Detekční diagram je **plocha**



Detekční diagram je **linie**

3. Předmětové detektory

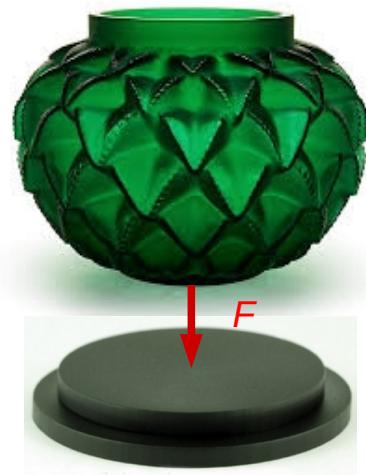
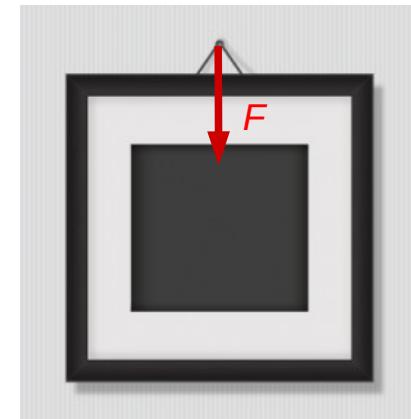
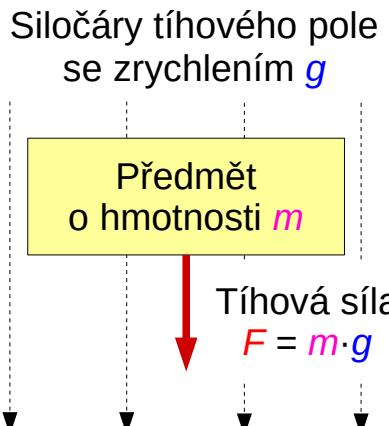
Předmětové detektory

- Předmětové detektory jsou určeny k detekci neoprávněné manipulace se střeženým předmětem (např. obraz, socha, váza apod.).
- K nejrozšířenějším předmětovým detektorům patří:
 - tíhové detektory: příznakem incidentu je změna tíhy, kterou předmět působí na detektor,
 - akcelerační detektory: příznakem je zrychlení detektoru spřaženého s předmětem.
- Podle typu vazby předmětového detektoru se střeženým předmětem lze rozlišovat externí a interní instalaci.
- V případě externí instalace se detektor nachází mimo střežený předmět. Předmět na detektoru obvykle visí, či na něm stojí.
- U interní instalace je detektor naopak součástí předmětu. Často jsou navzájem slepeny.



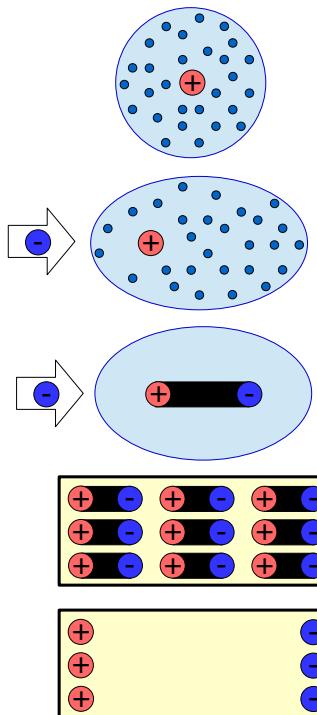
Tíhové detektory

- **Tíha** je síla (obr. vlevo), kterou působí těleso v **tíhovém poli** na závěs (obr. uprostřed), nebo na podložku (obr. vpravo).
- Tíhové detektory detekují **neoprávněné přemístění** chráněného předmětu ztrátou tíhy, kterou na ně tento předmět za normálních okolností působí.
- Jako senzory tíhy se obvykle používají **piezoelektrické** senzory a **tenzometry**.
- Typy tíhových detektorů:
 - **závěsové detektory**: sledují tíhu, kterou zavěšený předmět (obraz, tapiserie apod.) působí na detektor, který má podobu závěsu.
 - **podložkové detektory**: sledují tíhu, kterou předmět (sošky, vázy apod.) působí na detektor, který má podobu podložky.



Polarizace dielektrika

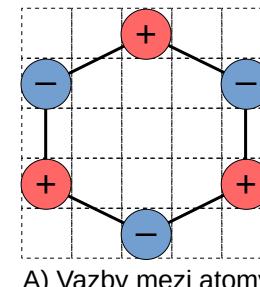
- K porozumění principu fungování následujících detektorů je vhodné si připomenout problematiku **polarizace dielektrika** a **piezoelektrický jev**.
- **Dielektrikum**: materiál bez volných nosičů elektrického náboje schopný polarizace.
- **Polarizace dielektrika**: stav, kdy se v důsledku lokálního posunu vázaných nosičů nábojů objeví na protilehlých stranách dielektrika opačné náboje.
- Příklad **atomové polarizace** dielektrika:



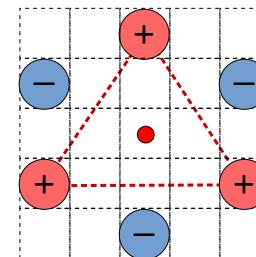
- V **klidovém** stavu je jádro atomu dielektrika obklopeno **kulovým** oblakem elektronů. Těžiště nosičů kladného i záporného náboje je stejné.
- Blízkým vnějším nábojem dojde k **deformaci** oblaku elektronů do podoby **elipsoidu**.
- Těžiště skupiny nosičů kladných nábojů a těžiště záporných nábojů mají nyní různé pozice. Z atomu vznikl elementární elektrický **dipól**.
- Elektrické síly opačných nábojů sousedních elementárních dipólů v hloubce dielektrika se navzájem **ruší** a nemají tak vliv na vnější okolí.
- Náboje elementárních dipólů těsně pod povrchem dielektrika však **působí** elektrickými silami na své okolí.

Piezoelektrický jev (1/2)

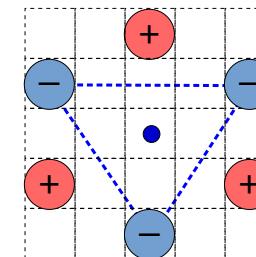
- **Piezoelektrický jev**: pokud jsou určité látky (tzv. piezoelektrika) mechanicky namáhány (např. tlakem), tak se elektricky polarizují.
- V praxi se používají piezoelektrické **krystaly** (např. křemen) a speciální **keramika**. Příklad piezoelektrického snímače je na obrázku zcela vlevo. Zatlačením na bílý terčík se na vodičích objeví napětí.
- Mějme piezoelektrikum s krystalovou mřížkou podle obrázku A. Atomy jsou zde uspořádány do **šestiúhelníku**. Sousední, vázané atomy si vyměňují vazební elektrony. Atomy, u nichž se tyto elektrony vyskytují **po většinu času**, se jeví jako záporné (-) náboje, ostatní atomy jako kladné (+) náboje.
- Těžiště skupin kladných (červený bod na obr. B) i záporných (modrý bod na obr. C) nábojů mají stejnou pozici. Krystal je tak vůči svému okolí elektricky **neutrální**.



A) Vazby mezi atomy



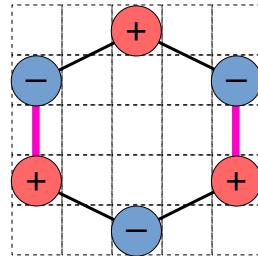
B) Těžiště skupiny kladných nábojů



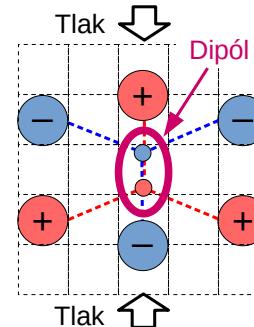
C) Těžiště skupiny záporných nábojů

Piezoelektrický jev (2/2)

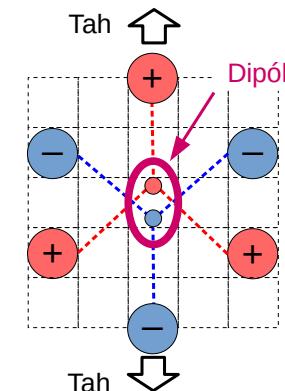
- Atomy ve **vertikálních** (obr. A) vazbách krystalu se v důsledku **odpudivých sil** mezi svými jádry, resp. **vazebních sil**, mohou vůči sobě posouvat velmi omezeně. Horní kladný atom a dolní záporný atom jsou však vázány se sousedními atomy **šikmými vazbami**. V krystalu se tak mohou vertikálně posunovat na **větší** vzdálenosti.
- Vnějším tlakem dojde k posunu atomů podle obr. B. Vrcholové atomy jsou zatlačeny do hloubky krystalu, čímž se změní těžiště obou skupin nábojů. Z krystalu vznikne **elementární dipól**. Účinkem všech elementárních dipólů v materiálu se na horní straně piezoelektrika objeví záporný náboj a na dolní straně kladný náboj.
- Analogicky dojde k polarizaci piezoelektrika i tahem (obr. C).



A) Vazby mezi atomy



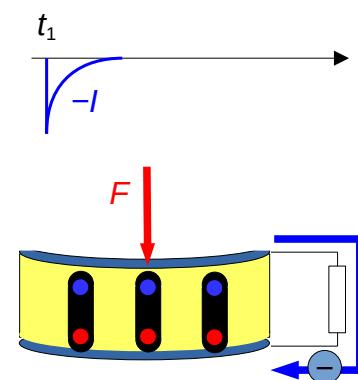
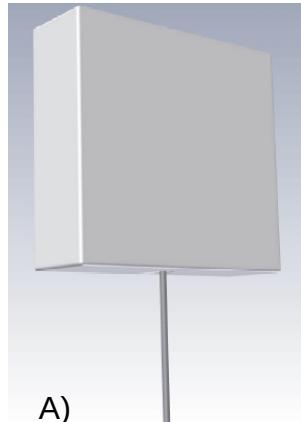
B) Elementární dipól způsobený tlakem



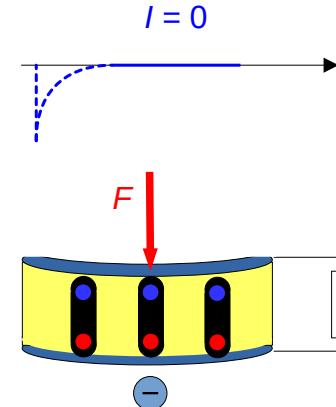
C) Elementární dipól způsobený tahem

Závěsové detektory

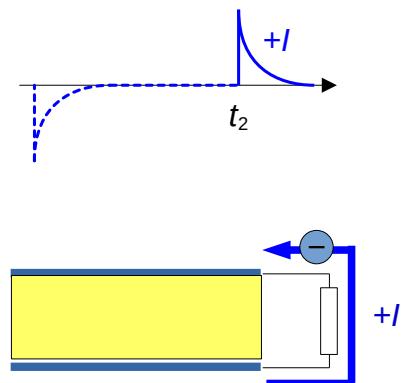
- **Závěsové detektory** (obr. A) sledují tíhu, kterou zavěšený předmět (např. obraz) působí na jejich **táhlo**. Příklad háčku k připevnění na táhlo je na obr. B.
- Jako senzory tahu se obvykle používají piezoelektrické snímače. Po svém zavěšení v čase t_1 vyvine předmět na snímač sílu F (obr. C). Ta způsobí deformaci piezoelektrické destičky a její **polarizaci**. Přes rezistor spojující elektrody proto následně protče proud ($-I$), čímž dojde k **vyrovnaní potenciálů** elektrod.
- Po zániku vyrovnávacího proudu (tj. $I = 0$) přejde detektor do stavu střežení (obr. D).
- Svěšením předmětu v čase t_2 (obr. E) dojde ke ztrátě síly F a následně k zániku polarizace destičky. **Vyrovnání potenciálů** obou elektrod je spojeno se vznikem proudu ($+I$), což je zároveň příznakem k vyhlášení poplachu.



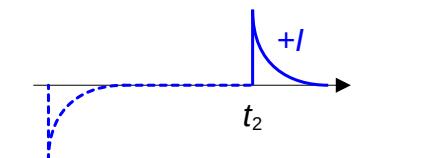
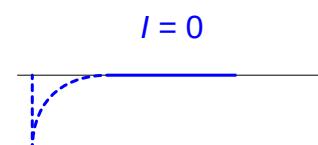
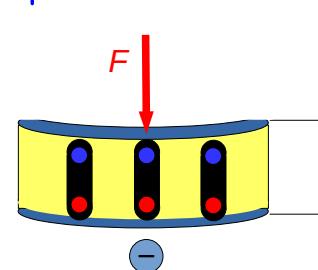
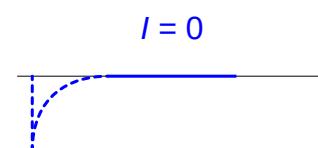
C) Zavěšení předmětu



D) Stav střežení



E) Svěšení předmětu



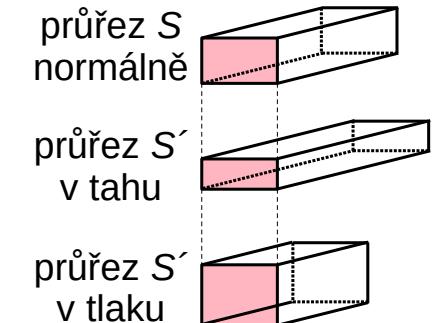
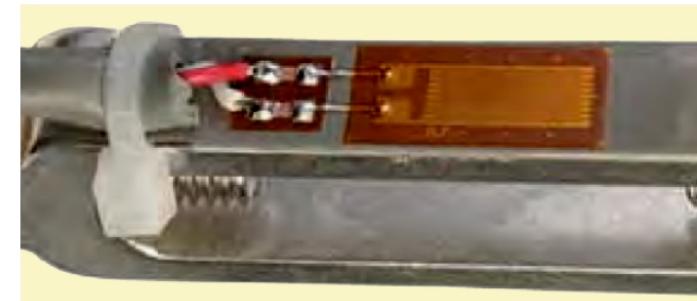
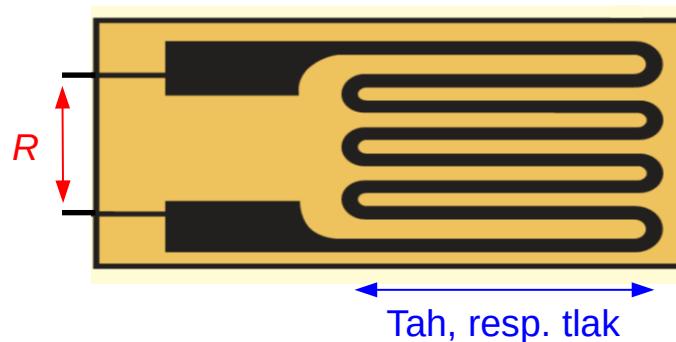
Podložkové detektory

- Podložkové detektory se nejčastěji používají na ochranu cenných stojících předmětů, obvykle **váz a sošek** (obrázek vlevo).
- Dříve se používaly detektory s **mikrospínačem**. Předmět svoji vahou spočíval na mikrospínači a zajišťoval tak **sepnutý** stav mikrospínače. Zvednutím předmětu se mikrospínač rozepnul a byl vyhlášen poplach.
- Modernější a mnohem bezpečnější jsou detektory s piezoelektrickým snímačem, nebo tenzometrem (obrázek uprostřed a vpravo). Jejich principem je **měření tíhy předmětu** postaveného na detektor a reakce na změny této tíhy.
- Moderní podložkové detektory se vyrábějí v řadách, které mohou chránit předměty o hmotnosti v rozsahu od **desítek gramů** až po **desítky kilogramů**. Reagují na změny hmotnosti už od **10 gramů**.



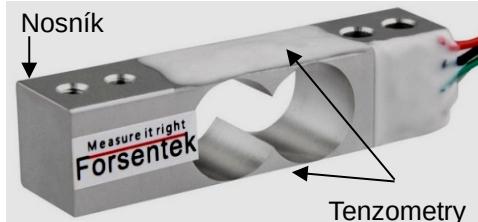
Tenzometry

- Tenzometr („strain gauge“) je snímač k měření mechanického napětí na povrchu předmětů. V bezpečnostních aplikacích se obvykle používají fóliové tenzometry (viz obrázek vlevo). V tomto případě je kovový materiál nanesen v tenké vrstvě do tvaru protáhlých meandrů na pružný, obvykle polyamidový, plátek.
- Plátek tenzometru se přilepí vhodným lepidlem na povrch předmětu tak, aby podélné vodiče byly ve směru měřeného mechanického napětí (viz obrázek uprostřed).
- V důsledku tahu, resp. tlaku na předmět dojde i k natažení, resp. ke zkrácení podélných vodičů tenzometru. Dojde tedy k prodloužení, resp. zkrácení délky L vodiče na délku L' a zároveň ke zmenšení, resp. zvětšení kolmého průřezu S vodiče na průřez S' (obr. vpravo). Při měrném odporu ρ následně dojde ke změně odporu tenzometru z hodnoty $R = \rho \cdot L/S$ na hodnotu $R' = \rho \cdot L'/S'$.



Měření hmotnosti tenzometry

- K měření **hmotnosti** předmětů se obvykle používají tenzometry umístěné na **nosníku** (obrázek vlevo).
- Jeden konec nosníku je pevně ukotven a druhý konec je volný (tzv. veknutý nosník). Zatížením volného konce nosníku střeženým předmětem o hmotnosti m (obrázek uprostřed) dojde k **ohybu** nosníku.
- Vzniklá mechanická napětí se v našem příkladu měří dvěma tenzometry (používají se také jen 1, nebo i 4 tenzometry) zapojenými do **Wheatstoneova můstku** (obrázek vpravo). Napětí U závisí přímo úměrně na hmotnosti m střeženého předmětu, tj. platí, že $U = k \cdot m$, kde k je konstanta.



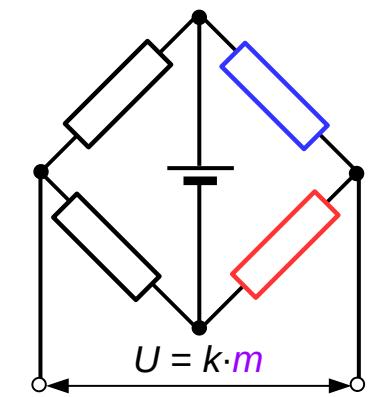
Vodič je delší a tenčí.
Zvětšení odporu.



Vodič je kratší a tlustší.
Zmenšení odporu.



Střežený předmět o hmotnosti m .



Akcelerační detektory

- **2. Newtonův zákon:** Jestliže na těleso působí **síla F** , pak se těleso pohybuje se **zrychlením a** , které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné **hmotnosti m** tělesa. Formálně vyjádřeno: $a = F/m$.
- **Manipulace** s předmětem vyžaduje vždy **sílu** a tak podle uvedeného zákona je manipulace spojena se zrychlením předmětu. K detekci neoprávněné manipulace s předmětem tedy lze využít **měření jeho zrychlení**.
- Ke střeženému předmětu se jednoduše připevní detektor s **akceleračním** snímačem a v případě, kdy je změřeno **nenulové** zrychlení, je vyhlášen **poplach**.
- Akcelerační snímače se mimo předmětových detektorů používají také u překážkových detektorů.
- Z předmětových jsou nejznámější **translační** detektory. Ty slouží k detekci **pohybu** předmětu (např. při krádeži obrazu – obr. A)
- Z překážkových jsou nejčastější **otřesové** detektory. Ty slouží k detekci **překonávání překážky** (např. vrtání zámku trezoru – obr. B).

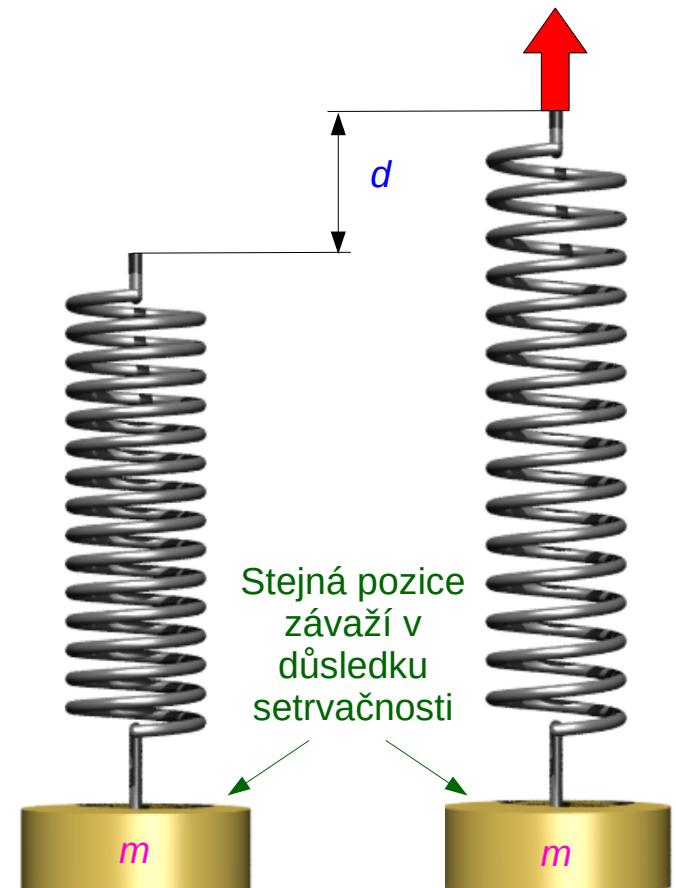


Princip akcelerometru

- Akcelerometry jsou zařízení pro **měření zrychlení**.
- Jádrem většiny akcelerometrů je **závaží** o hmotnosti **m** , které je se zbytkem akcelerometru spojeno fyzikální vazbou, která umožňuje sílu **F** , která na závaží působí, změřit.
- Velmi jednoduchým příkladem uvedené vazby je pružina, kde působící síla $F = k \cdot d$, přičemž k je tuhost pružiny a d je prodloužení pružiny v důsledku působící síly (Hookův zákon). Zrychlení **a** pak lze určit ze vztahu $a = F/m = k \cdot d/m$.
- V detektorech se obvykle používají akcelerometry:
 - piezoelektrické,
 - kapacitní.
- Používané akcelerometry jsou obvykle buď **jednoosé** (snímají zrychlení v jediném směru), nebo **tříosé** (snímají zrychlení ve všech osách třírozměrného prostoru).

Klidový stav.
 $F = 0$.

Pohyb vzhůru.
 $F > 0$.



Piezoelektrické akcelerometry

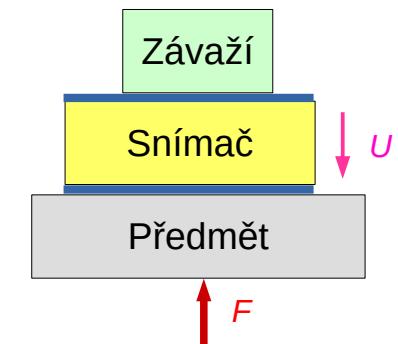
- Piezoelektrický akcelerometr (obr. A, B) je prakticky akcelerometr, v němž **vazbu** závaží se zbytkem akcelerometru zprostředkovává **piezoelektrický** snímač.
- **Piezoelektrické akcelerometry** (obr. C) mají k jedné straně piezoelektrické destičky připevněno **závaží** o hmotnosti m . Druhá strana destičky je pevně připevněna k předmětu. S pohybem předmětu se pak pohybuje destička a zprostředkovaně i závaží.
- Z naměřeného napětí $U = k \cdot F$, kde k je materiálová konstanta piezoelektrika a ze známé hmotnosti m dokážeme určit hodnotu zrychlení **a** závaží a tedy i předmětu podle vztahu $a = F/m = U/(k \cdot m)$.



A) Jednoosý akcelerometr



B) Tříosý akcelerometr



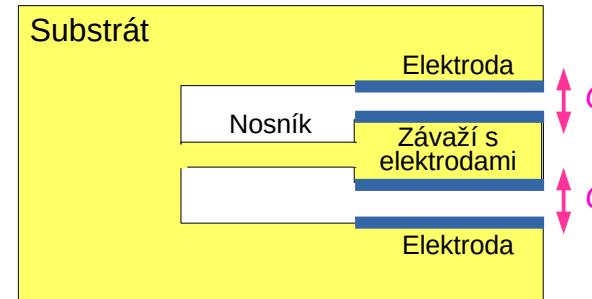
C) Piezoelektrický akcelerometr

Kapacitní akcelerometry

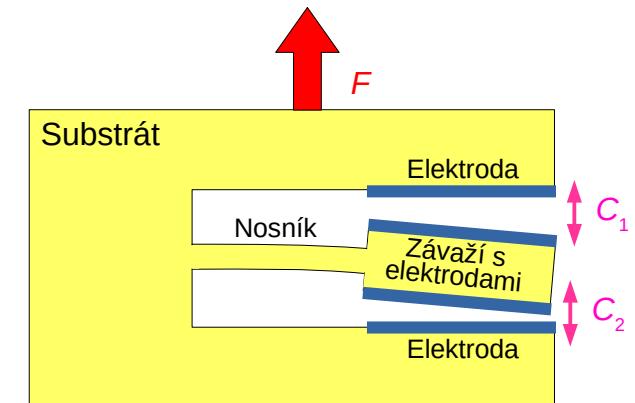
- Kapacitní akcelerometry (obr. A) jsou obvykle vyráběny technologiemi pro výrobu polovodičových čipů („Micro-Electro-Mechanical System“ – MEMS).
- Struktura akcelerometru (obr. B) je vyleptána v křemíkovém substrátu (SiO_2). Jejím jádrem je závaží s pokovenými elektrodami, které je se substrátem spojeno tenkým nosníkem. V klidovém stavu jsou elektrody závaží stejně vzdáleny od protilehlých elektrod na substrátu, tj. kapacity C_1 a C_2 mezi protilehlými elektrodami jsou stejné.
- Na začátku pohybu substrátu (obr. C) zůstane závaží vlivem své setrvačnosti na místě, čímž se změní vzdálenost a tedy i kapacity mezi protilehlými elektrodami. Na základě poměru C_1/C_2 lze určit hodnotu zrychlení a .



A) Akcelerometr typu MEMS



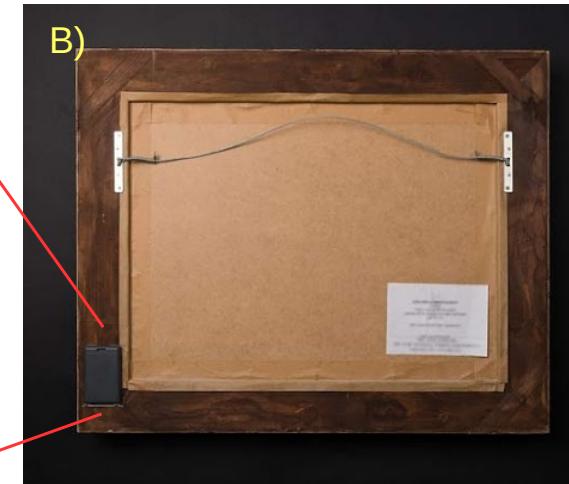
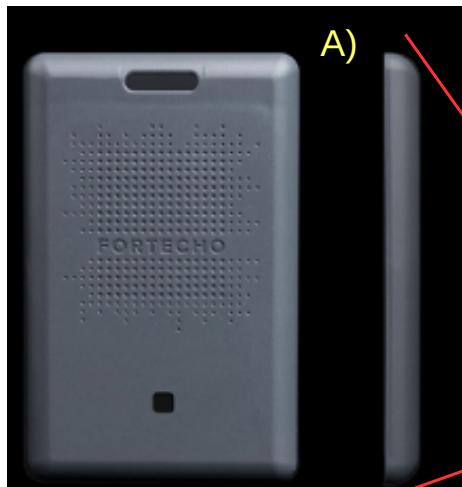
B) Klidový stav: $C_1 = C_2$



C) Pohyb vzhůru: $C_1 < C_2$

Translační detektory

- **Translační detektory** (obr. A) obsahují **akcelerometr**. Detektor se **připevní** ke střeženému předmětu (obr. B) a v případě pohybu tohoto předmětu akcelerometr změří **nenulovou** hodnotu zrychlení, což vede k vyhlášení poplachu. Komunikace detektora s ústřednou je obvykle rádiová (pásma 434 MHz, nebo 868 MHz).
- Nadějným trendem jsou malé, univerzální detektory typu **RFID** (obr. C), které obsahují i další snímače. Jsou vhodné ke střežení i evidenci malých předmětů. Vysílají periodicky svůj **identifikátor** a informace o stavu prostředí (**teplota**, **vlhkost**), v němž se nacházejí. V případě **pohybu** předmětu vysílají tuto informaci okamžitě. Až stovky detektorů v jedné lokalitě obvykle komunikují podle standardu Bluetooth.



4. Překážkové detektory

Překážkové detektory

- Překážkové detektory slouží k detekci neoprávněné manipulace s překážkou.
- Příkladem neoprávněné manipulace s překážkou je přelézání hraniční zdi, prostříhávání pletiva plotu, bourání otvoru ve stěně budovy, vyrážení dveří, otevření nezajištěného okna, či prořezávání pláště trezoru pomocí plamene.
- Nejčastější typy překážkových detektorů:
 - detektor otevření: slouží k detekci otevření dveří nebo oken,
 - detektor tříštění skla: slouží k detekci rozbití skleněných tabulí obvykle oken, či dveří.
 - otřesový detektor: slouží k detekci pokusů o překonání překážky.
- Překážkové detektory lze také chápat i jako předmětové detektory. Umožňují detekovat neoprávněnou manipulaci s předměty, kterými jsou dveře, okna, stěny, ploty apod. Tyto předměty však nejsou primárně chráněnými aktivy. Proto budeme předmětové a překážkové detektory rozlišovat, i když z technického hlediska jsou často řešeny obdobně.



Detektor otevření



Detektor tříštění skla



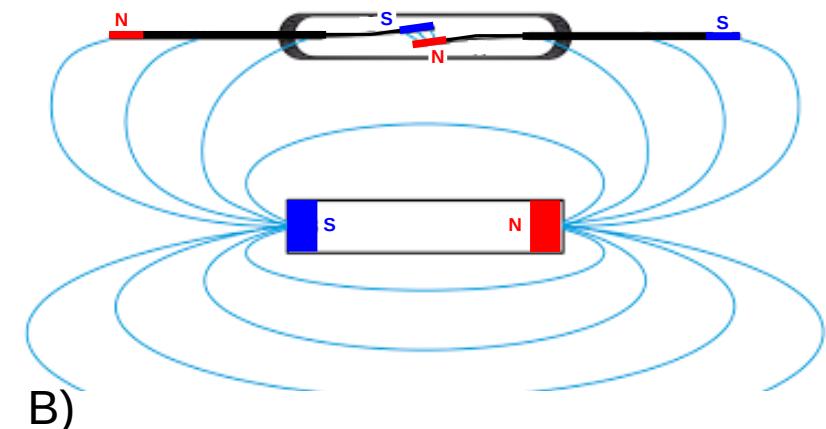
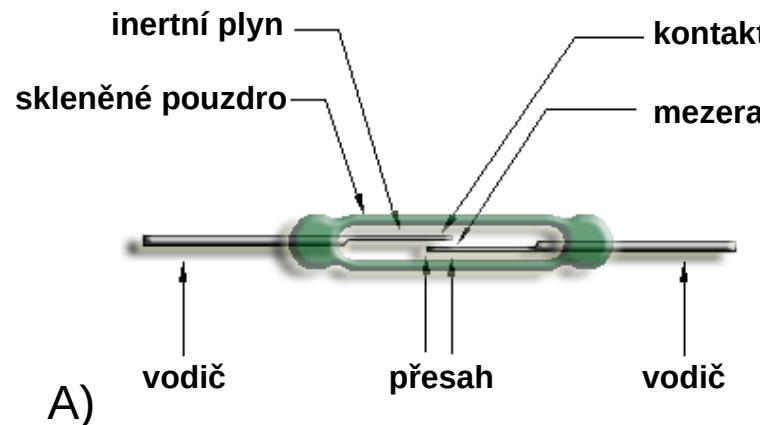
Otřesový detektor

Detektory otevření

- Detektory **otevření** jsou určeny k detekci otevření **otevíratelných výplní** stavebních otvorů, kterými jsou typicky dveře a okna.
- Detektory otevření jsou z technického hlediska **direktní** detektory, jejichž generátorem budící energie je permanentní **magnet** a snímačem je jazýčkový, resp. kuličkový **magnetický spínač**.
- Magnetický spínač se instaluje na **rám** dveří, resp. okna a magnet se připevňuje na **křídlo** dveří, resp. okna.
- V **klidovém** stavu jsou dveře, resp. okno zavřené, magnet se nachází v těsné blízkosti magnetického spínače a tak je tento spínač je sepnutý. Magnetický spínač plní ve smyčce k ústředně funkci poplachového spínače a ústředna proto interpretuje stav ve smyčce jako Klid.
- Pokud někdo dveře, resp. okno otevře, tak se magnet na křidle dveří, resp. okna vzdálí od spínače. Ten se proto rozepne, čímž se vyhlásí **Poplach**.

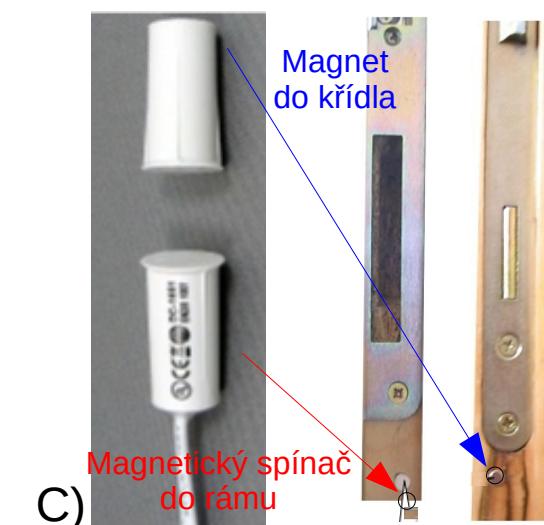
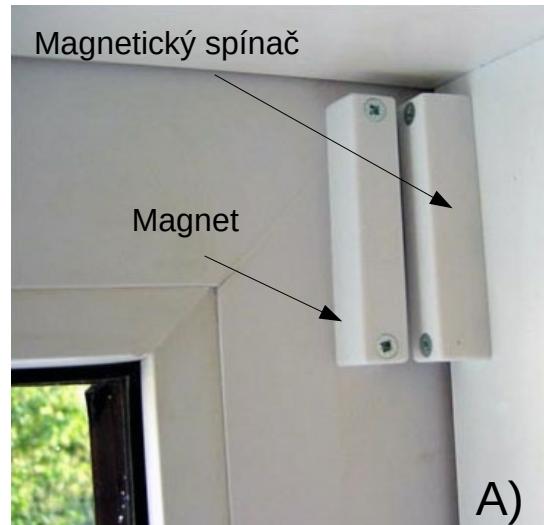
Jazýčkový magnetický spínač

- Jazýčkový spínač („reed switch“, viz obr. A) obvykle sestává ze dvou magneticky měkkých vodičů, které jsou na svém jednom konci upraveny do podoby plochých kontaktů (jazýčků). Tyto kontakty jsou s malým vzájemným přesahem hermeticky zataveny do skleněné trubičky s inertním plynem.
- V klidovém stavu jsou napružené kontakty vzdáleny a spínač je rozpojený.
- Pokud k jazýčkovému spínači přiblížíme magnet (obr. B), tak jeho magnetické pole oba vodiče zmagnetizuje. Kontakty jsou nyní opačnými póly svých magnetů a proto se navzájem přitáhnou. Tím dojde k sepnutí spínače a smyčkou protéká proud.
- Pokud magnet vzdálíme, tak magnetické pole zanikne. Magneticky měkké vodiče se přestanou chovat jako magnety a napružené kontakty se vrátí do klidové pozice. Spínač se tak rozepne a smyčkou přestane téci proud.



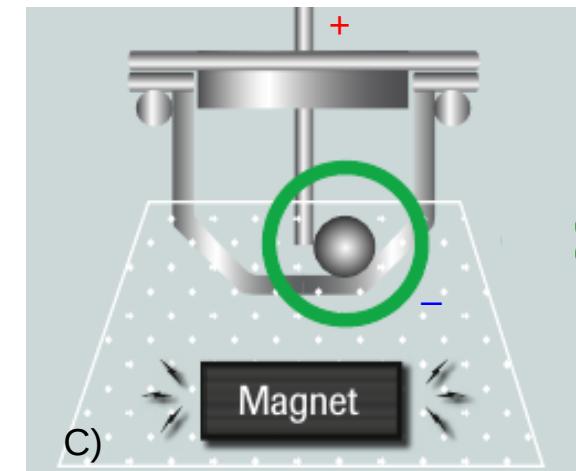
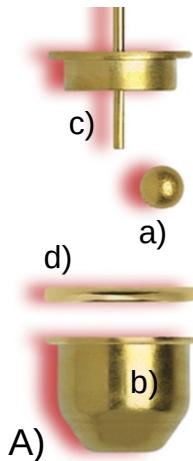
Instalace detektoru otevření

- Detektory otevření (alias magnetické kontakty) slouží k detekci otevření dveří nebo oken. Detektor sestává ze dvou částí (obr. A):
 - magnetický spínač, který je připevněn na rám dveří, či okna,
 - magnet, který je připevněn na křídlo dveří, či okna.
- Pokud jsou dveře, nebo okno zavřeny, tak se magnet nachází v těsné blízkosti magnetického spínače a ten je proto v sepnutém stavu.
- Pokud dojde k otevření, tak vzdálením magnetu dojde v místě spínače k zániku magnetického pole a spínač smyčku rozepne.
- Magnetické spínače se vyrábějí v řadě variant. Z montážního hlediska je lze klasifikovat na spínače pro povrchovou montáž (obr. B) a záplustné spínače (obr. C).



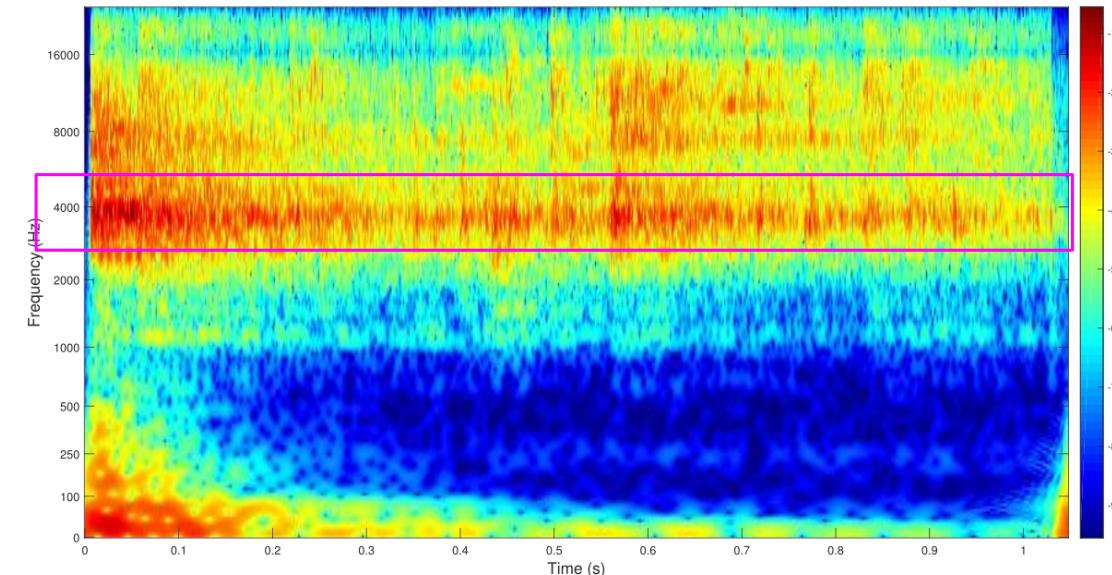
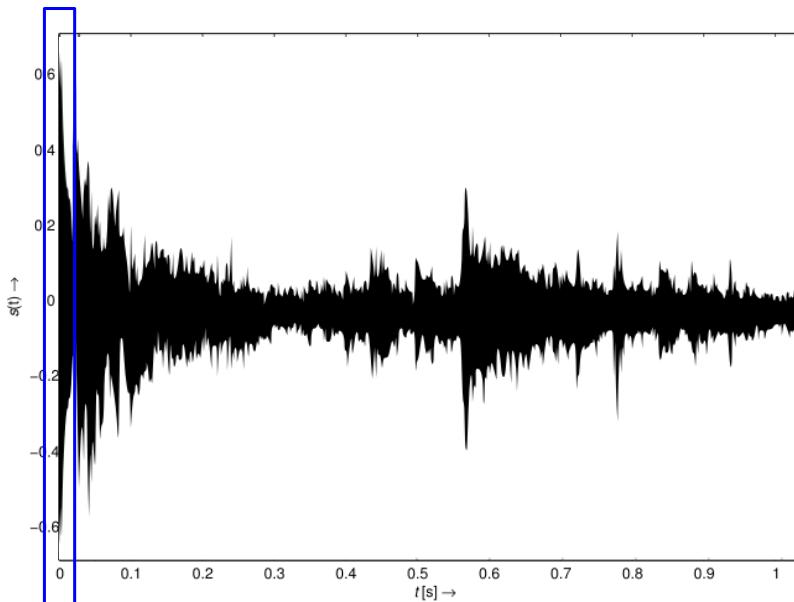
Kuličkový magnetický spínač

- Na jazýčkové magnetické spínače lze útočit **přídavným** magnetem. Silným magnetem v blízkosti spínače lze tento spínač **trvale** sepnout bez ohledu na stav dveří.
- Kuličkový magnetický spínač** (obr. A) sestává ze zmagnetizované vodivé **kuličky** (a) v kovové **misce** (b), centrálního **vodiče** (c) a feromagnetického poklopku (d). Miska je jeden kontakt spínače, centrální vodič je druhý kontakt a kovová kulička je spínací prvek. Spínač je umístěn v horní části **rámu** dveří a naproti němu se v **křídle** dveří nachází magnet.
- Pokud jsou dveře otevřeny (obr. B), tak se magnetická kulička valením v misce sama **přitáhne** k feromagnetickému poklopku (d) a nemá tedy kontakt s centrálním vodičem. Pokud jsou dveře zavřeny (obr. C), tak magnet v křídle dveří **přitáhne** kuličku k sobě. V této pozici kulička vodivě spojuje centrální vodič s miskou a smyčka je spojena. Jakkoliv silný sabotážní magnet kdekoli mimo zónu vyznačenou na obr. C nemůže nikdy spínač sepnout.



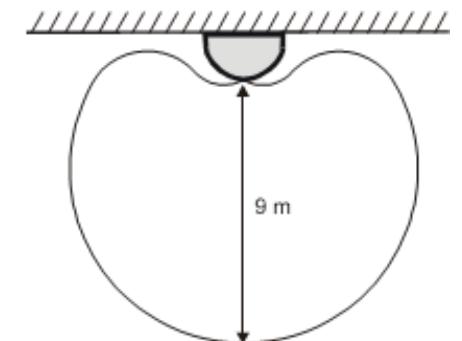
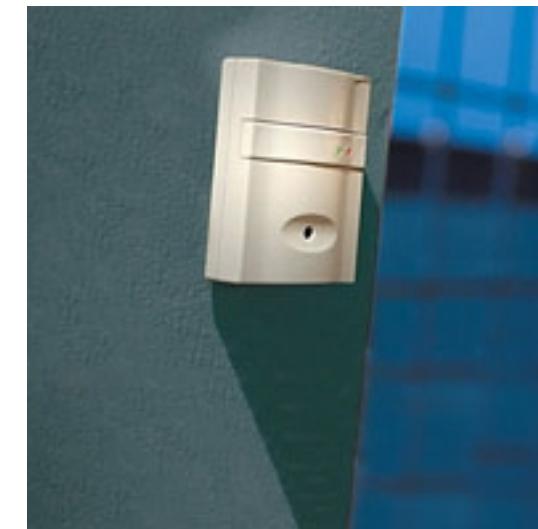
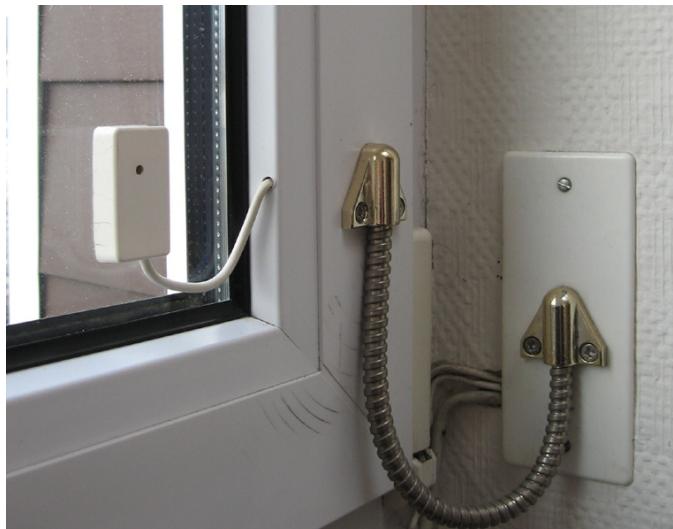
Příznaky tříštění skla

- Na obrázcích níže je první sekunda časového průběhu (vlevo) a spektrogramu (vpravo) rozbíjené skleněné tabule.
- Z průběhů je zřejmé, že nejprve dojde k akustickému rázu způsobenému prohnutím okenní tabule. Ten je následován intenzivním zvukem v pásmu kolem 4 kHz, což je zvuk praskání a následného tříštění okenní tabule na střepy.
- Pro detektory je tak příznakem rozbíjení tabule zvuk o velmi nízké frekvenci následovaný zvukem o frekvenci kolem 4 kHz.



Detektory tříštění skla

- Detektory **tříštění skla** slouží k detekci rozbití skleněné tabule.
- Snímač zachycuje buď **otresy** okenní tabule, nebo **zvuky** v místnosti. Zachycené signály jsou **spektrálně analyzovány** k nalezení příznaků tříštění skla z předešlého snímku.
- Typy:
 - **kontaktní:** piezoelektrický snímač přilepený na sklo (obr. vlevo),
 - **bezkontaktní:** mikrofonní snímač umístěný v místnosti (obr. vpravo).
- U kontaktních detektorů tříštění skla je zapotřebí umístit detektor na každou skleněnou tabuli. Výhodou mikrofonních detektorů je, že jeden detektor je schopen detektovat rozbití skleněné tabule kdekoliv ve svém dosahu (typicky 5 až 10 metrů).



Otřesové detektory

- **Otřesové detektory**: slouží k detekci pokusů o překonání překážky.
- Podle rozsahu pokrytí můžeme otřesové detektory klasifikovat na:
 - **lokální** (dosah typicky metry),
 - **distribuované** (dosah typicky desítky metrů a více).
- **Lokální** otřesové detektory (příklad na obr. vlevo) slouží typicky na ochranu trezorů a stěn místností.
- **Distribuované** otřesové detektory (příklad na obr. vpravo) se používají na ochranu **rozsáhlých** překážek jako jsou ploty nebo stěny budov.



Lokální otřesové detektory

- **Lokální otřesové detektory**: slouží k detekci pokusů o průraz dveřmi, zdmi, podlahami, nebo stropy. Umožňují detekovat pokusy o mechanické proniknutí pláštěm budovy expozí, bouráním, vrtáním, nebo řezáním.
- Snímačem je nějaká varianta **akcelerometru**. Tento snímač detekuje změny zrychlení tělesa, ke kterému je připevněn.
- Otřesové detektory jsou stejné, jako známe z pasáže o předmětových detektorech. Používají se detektory:
 - s **kapacitním akcelerometrem** (obr. A),
 - s **piezoelektrickým** (obr. B) **akcelerometrem**.



A)



B)

Otřesové detektory s akcelerometrem

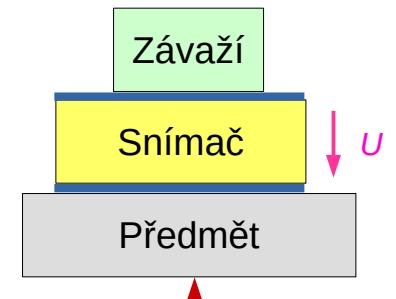
- **Otřesové detektory** s akcelerometrem (obr. A) detekují otřesy předmětu způsobené neoprávněnou manipulací s tímto předmětem.
- Lze jimi detektovat například **vrtní**, **řezání plamenem**, **údery**, **exploze** apod. (viz obr. B).
- K předmětu je pevně připevněn akcelerometr (obr. C). Síly působící na předmět způsobují **vibrace** předmětu a tedy i akcelerometru. Změny zrychlení akcelerometru jsou důvodem pro vyhlášení poplachu.
- Ke zvýšení spolehlivosti detekce je elektrický signál ze snímače **analyzován** z hlediska jeho intenzity a spektra. Sníží se tím pravděpodobnost falešných poplachů.



A) Detektor otřesů



B) Neoprávněná manipulace



C) Piezoelektrický akcelerometr

Plotové kabely

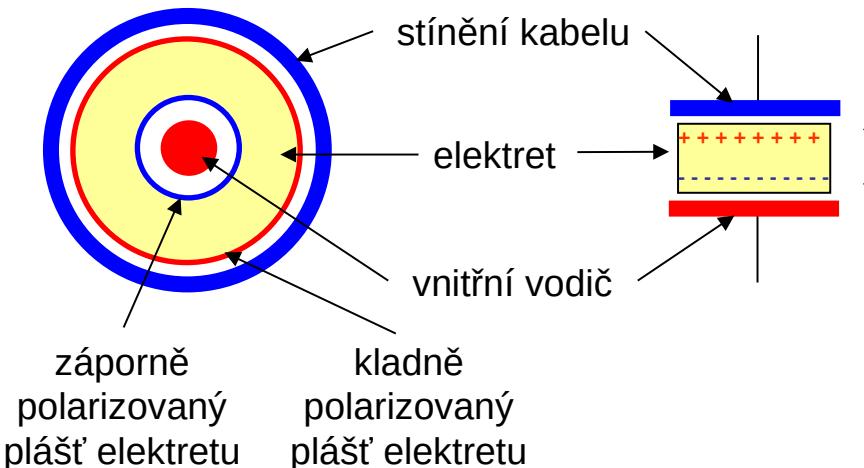
- Z distribuovaných otřesových detektorů se nejvíce používají tzv. plotové kabely.
- Plotové kabely se používají k detekci překonávání plotů, **hraničních zdí** a plášťů budov.
- **Plotové kabely** se připevňují na plot (viz obrázky) za účelem detektovat otřesy způsobené útočníkem při překonávání plotu (např. jeho **přelézáním**, **přestříháváním**, nebo **podhrabáváním**).
- Typy otřesových kabelů:
 - kabely založené na **elektrostatické indukci**,
 - kabely založené na **elektromagnetické indukci**
 - ve **spojitém** režimu provozu,
 - v **pulsním** režimu provozu.



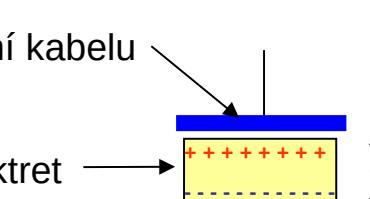
Elektretový plotový kabel

- Elektretový kabel je koaxiální kabel, jehož dielektrikum je tepelnou úpravou změněno na **elektret**, tj. na permanentně polarizovaný materiál. Důsledkem tepelné úpravy je i **zmenšení tloušťky** dielektrika, takže jak vnitřní vodič, tak i dielektrikum se mohou v kabelu volně pohybovat (viz obr. A).
- Vnitřní vodič a stínění koaxiálního kabelu prakticky tvoří **kondenzátor** (obr. B). Vibracemi kabelu se elektret v tomto kondenzátoru pohybuje a v důsledku **elektrostatické indukce** se ve vodičích kabelu indukuje proměnlivý elektrický náboj.
- Změny velikosti nábojů se **snímají** a vedou do **ústředny**. Signály o určité frekvenci pak způsobí, že ústředna vyhlásí poplach.

A) Příčný řez kabelem

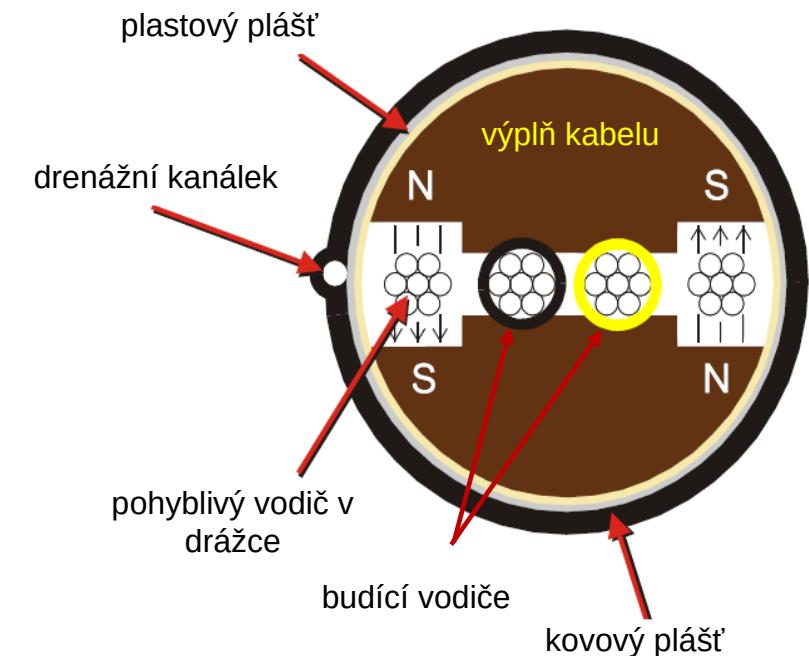


B) Kabel jako kondenzátor



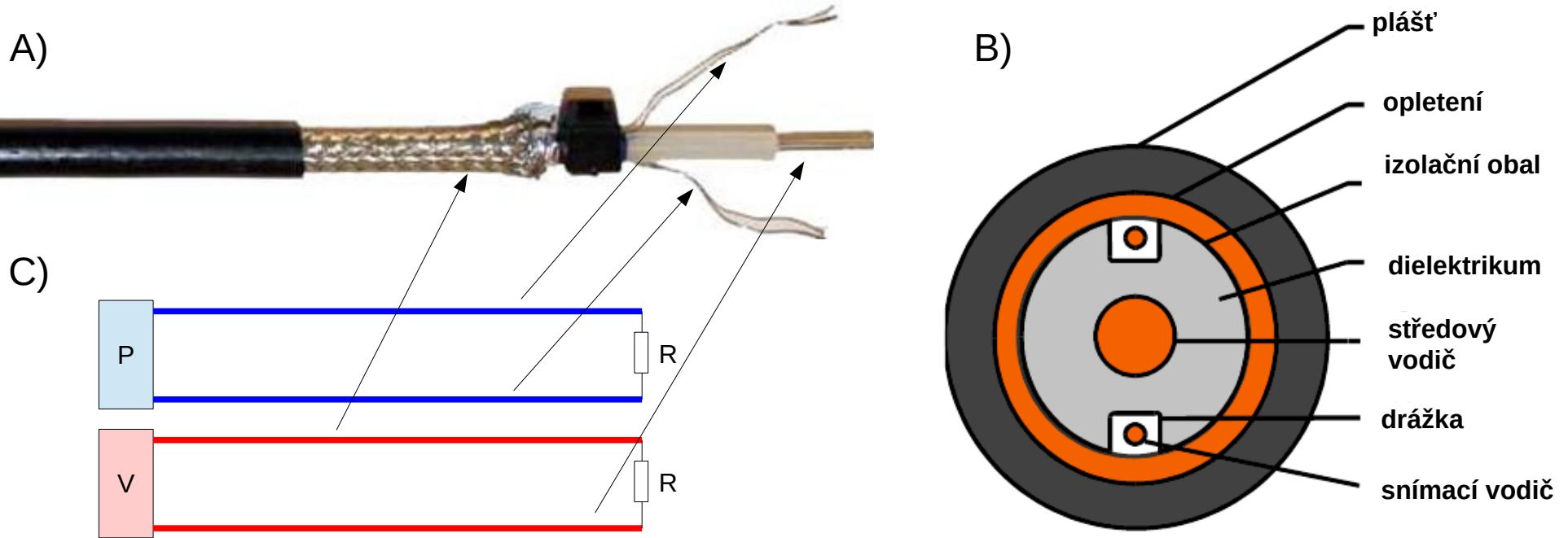
Elektromagnetický plotový kabel s kontinuálním režimem provozu

- Elektromagnetický plotový kabel je na obrázku vlevo a řez tímto kabelem je na obrázku vpravo. Centrální pár budících vodičů je zapojen do smyčky a v kabelu vytváří **stacionární magnetické pole**,
- Výplň kabelu je z magnetického polymeru, který **soustřeďuje** magnetické pole do dvou okrajových drážek kabelu (viz magnetické póly S a N).
- V okrajových drážkách jsou volně umístěny tenké vodiče. V důsledku otřesů kabelu se tyto vodiče pohybují, čímž v nich **elektromagnetickou indukcí** vzniká napětí. Velikost a změny tohoto napětí jsou vyhodnocovány. Překročení určité hodnoty a výskyt určitého typu spektra jsou kritériem vyhlášení poplachu.



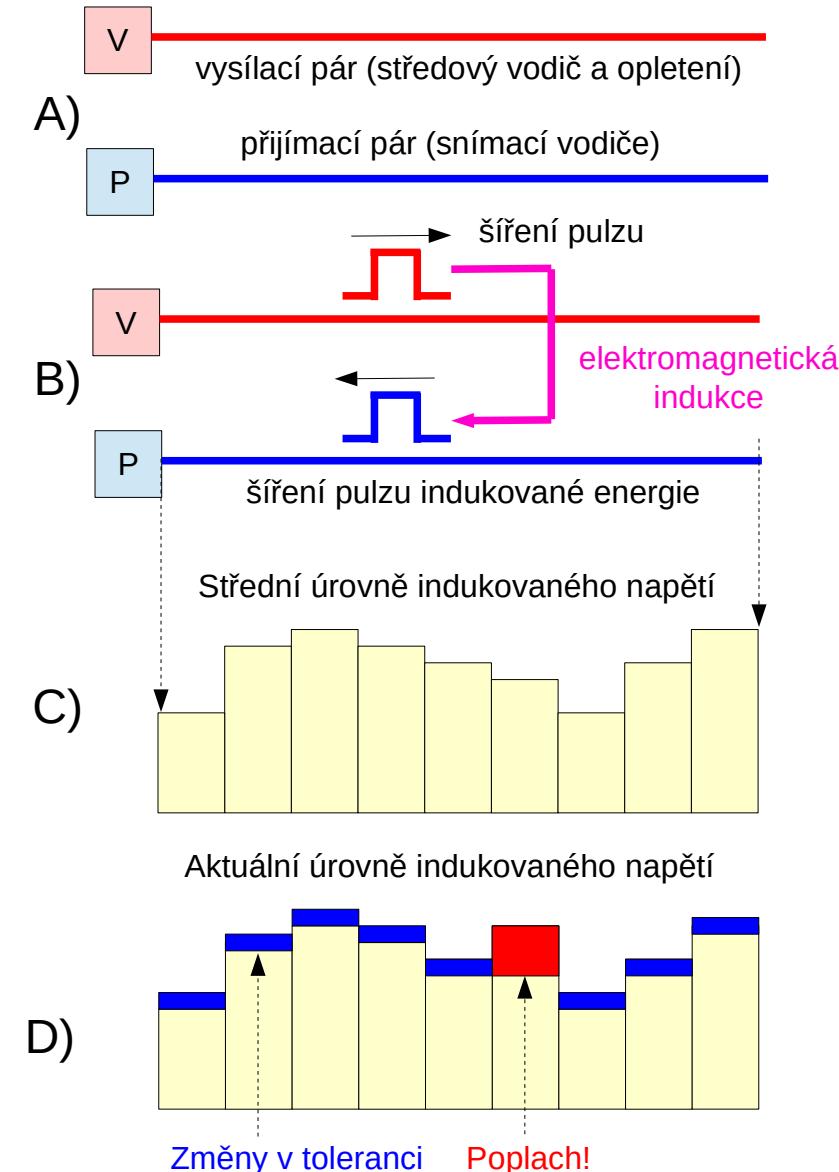
Elektromagnetický plotový kabel pro pulzní režim provozu

- Plotový kabel pro pulzní režim provozu je specificky upravený **koaxiální** kabel (obr. A). Řez tímto kabelem je na obrázku B.
- Po bocích dielektrika vedou dvě **drážky** v nichž jsou izolovaně od opletení položeny **tenké** vodiče. Středový vodič a opletení pláště tvoří **vysílací pár** (na obr. C červeně), oba snímací vodiče tvoří **přijímací pár** (modře).
- Vysílací, resp. přijímací pár jsou na **vzdáleném** konci kvůli impedančnímu přizpůsobení zakončeny **rezistorem R**. Na blízkém konci jsou připojeny na vysílač V, resp. přijímač P.



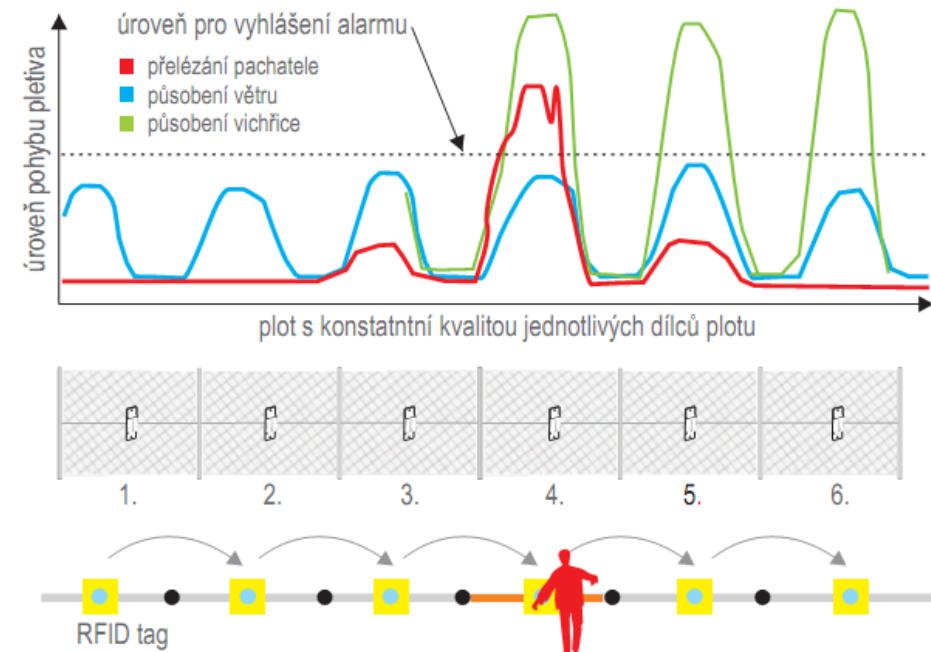
Elektromagnetický plotový detektor s pulzním režimem provozu

- Vysílač **V** (viz obr. A) cyklicky vysílá do svého páru **krátké napěťové pulzy** (obr. B). Vyslaný pulz okupuje úsek vedení o délce **d** (řádově metry) a šíří se směrem ke konci vedení.
- Elektromagnetickou indukcí se do přijímacího páru **indukuje** napětí, které se šíří k přijímači **P**.
- Přijímač podle **zpoždění** přijímaného signálu může **určit místo** kabelu, kde k indukci daného úseku časového průběhu signálu došlo.
- Kabel je rozdelen (obr. C) na úseky o délce **d** (tzv. **buňky**), přičemž se sledují **střední** úrovně indukovaného napětí v jednotlivých buňkách.
- Pokud dojde k **otřesům** plotu v určité buňce, tak se snímací vodiče začnou v daném místě **pohybovat**, což je spojeno s významnými změnami **velikosti** indukovaného napětí.
- Pokud jsou **změny napětí** a jejich **frekvence** oproti středním hodnotám ve stanovených tolerančních mezích, tak je klidový stav (na obr. D modře). V opačném případě je vyhlášen poplach (červeně).



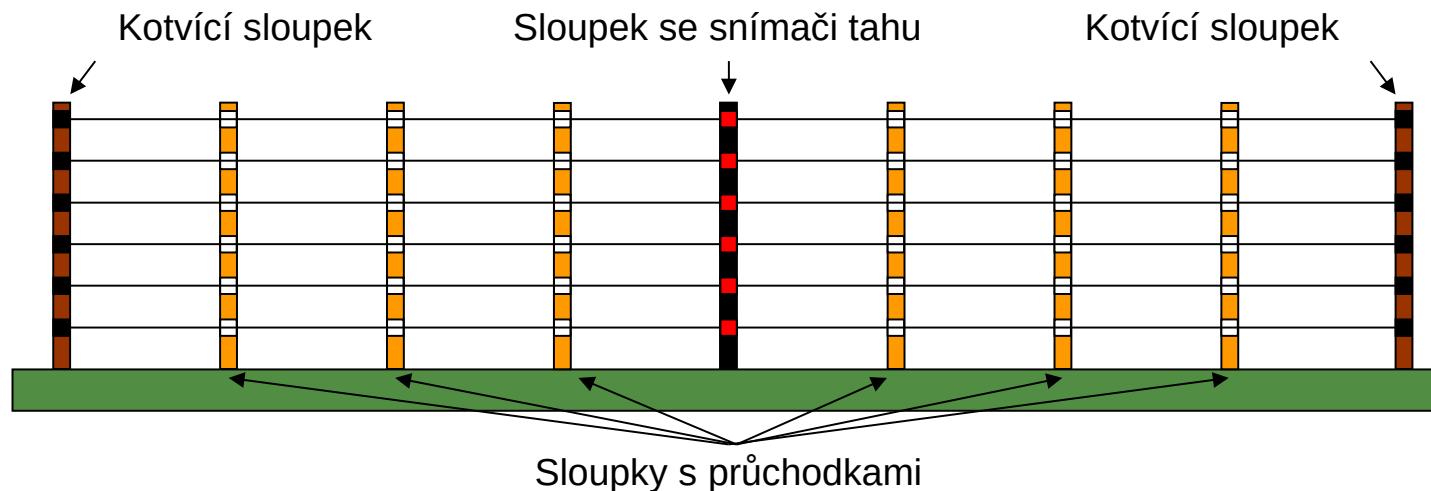
Plotový bezdrátový otřesový systém

- Kromě otřesových kabelů se na plotech používají i **bezdrátové** otřesové detektory (obrázky vlevo).
- Na plot jsou v řadě nainstalovány **RFID** čipy s **akcelerometry** MEMS (obrázek vpravo). Každý čip může bezdrátově komunikovat s oběma sousedními čipy v řadě. Postupným **předáváním** dat od jednoho čipu ke druhému jsou data doručována ústředně.
- Akcelerometry měří **otřesy** plotu a detektory tyto informace zasílají ústředně. V případě překročení stanovené **meze** vibrací je vyhlášen poplach. Systém umožňuje **lokalizovat** místo otřesů s přesností na metry.



Plotové tahové systémy

- K detekci překonávání plotu se používají i systémy založené na **snímačích tahu**.
- Princip je takový (viz obrázek), že natažené dráty plotu jsou v kotvíčím sloupu pevně **ukotveny** a volně procházejí **průchodkami** přes další sloupky až ke sloupu se snímači tahu.
- Pokud je **překročena určitá mez** mechanického napětí drátu (např. při přelézání plotu, nebo naopak při jeho přestřížení), tak dojde ke spuštění poplachu.
- Ke snímání tahu se používají snímače, které byly již prezentovány u předmětových předmětů, konkrétně **piezoelektrické snímače** a **tenzometry**. Případně se používají **mechanické**, nebo **magnetické spínače**.



Plotový tahový systém se snímači sily

- Ke snímání tahu se u plotových systémů používají i **tenzometry** a **piezolektrické** snímače (horní obrázky).
- Rovněž jsou dostupné snímače s **magnetickým spínačem** (obrázky dole). Spínací magnet detektoru je připevněn k pružině, která napíná drát. Změnou tahu se pružina zkracuje, resp. prodlužuje. Tím se mění pozice připevněného spínacího magnetu a jazýčkový spínač spíná, resp. rozepíná smyčku.



5. Závěr

Závěr

- Předmětové detektory jsou určeny k detekci neoprávněné manipulace s předměty:
 - tíhové (detekují ztrátu tíhy),
 - translační (detekují pohyb předmětu).
- Překážkové detektory jsou určeny k detekci neoprávněné manipulace s překážkami:
 - detektory otevření (detekují otevření dveří a oken),
 - detektory tříštění skla (detekují rozbití skleněných tabulí),
 - detektory otřesů (detekují otřesy v překážce),
 - lokální,
 - plotové (elektretové, elektromagnetické, akcelerační bezdrátové, tahové).
- Otázka ke zkoušce:
2. Předmětové a překážkové detektory PZS:
Typy detektorů z hlediska vícevrstvé ochrany. Typy předmětových detektorů – účel a jejich fyzikální princip. Typy překážkových detektorů – účel a jejich fyzikální princip. V rámci odpovědi vysvětlit i fungování piezoelektrického snímače, akcelerometru a tenzometru.