

Snímače polohy

Odporové snímače

- Vlastnosti odporových potenciometrů
 - ♦ Rozlišovací schopnost
 - Udává jaký úhlový, případně délkový inkrement dokáže potenciometr spolehlivě rozlišit. Nejvyšší rozlišení mají potenciometry vrstvé (až 0,01%), u vinutých potenciometrů je rozlišení dáno skokovou změnou odporu při pohybu jezdce mezi sousedními závity.
 - ♦ Linearita
 - Udává největší odchylku výstupního napětí od vztažné přímky. Udává se v procentech napájecího napětí.
 - ♦ Životnost
 - Je definována jako počet otočení hřídelkou při zadaných provozních podmínkách a při dodržení provozních vlastností v příslušných mezích. Životnost vinutých typů je řádově 10^6 , vrstevných a hybridních typů 10^7 .
 - ♦ Provozní krouticí moment
 - Je definována jako největší krouticí moment v obou směrech otáčení, který je potřeba k rovnoměrnému točení hřídelkou v celém mechanickém rozsahu při udané rychlosti..

Vlastnosti odporových potenciometrů

- Teplotní koeficient odporu (jen pro drátové potenciometry)
 - Stanoví se na základě změny odporu při změně teploty vždy o 1°C proti vztažné teplotě. Vypočítá se ze vztahu:

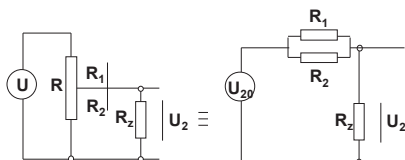
$$TK = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (T_2 - T_1)} \cdot 10^{-6}$$

kde: R_1 je odpor v Ω při vztažné teplotě
 R_2 je odpor v Ω při měřicí teplotě
 T_1 je vztažná teplota ve $^{\circ}\text{C}$
 T_2 je měřicí teplota ve $^{\circ}\text{C}$

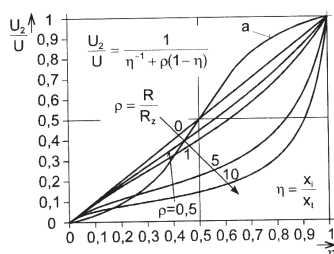
- Šum
 - Šum potenciometrů vzniká při pohybu jezdce po vinutí a je způsoben mechanickými i elektrickými efekty. U vinutých potenciometrů může být způsoben odskakováním jezdce.

Zapojení odporového snímače polohy

- Potenciometrické zapojení



Graf závislosti U_2 a polohy



- ◆ Závislost mezi měřenou polohou a výstupním napětím U_2 .

$$\frac{U_2}{U} = \frac{1}{a^{-1} + p \cdot (1 - a)} \quad \text{kde} \quad a = \frac{x_2}{x} \quad p = \frac{R}{R_z}$$

x_2 vzdálenost jezdce od počátku odporové dráhy

x celková délka odporové dráhy

Typy odporových potenciometrů

Rozdělení

- Podle tvaru dráhy
 - ◆ lineární
 - ◆ profilové
- Podle materiálu odporové dráhy
 - ◆ kovové
 - drátové
 - vrstvé
 - ◆ nekovové
 - uhlíkové
 - vodivé plasty (CP)
 - cermentové (keramika + kov)
 - elektrolytické
- Podle pohybu běžce
 - rotační jednotáčkové
 - rotační víceotáčkové
 - posuvné

Snímače se skokovou změnou odporu (kontaktní)

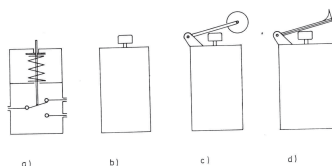
Převádějí změnu polohy sledovaného objektu na skokovou změnu odporu způsobenou přepínáním kontaktů. Výstupní signál je tedy logického typu (sepnuto - vypnuto).

Rozdělení

- ♦ mechanické
- ♦ magnetické

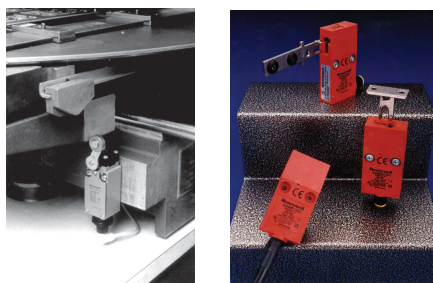
Mechanické snímače

- Působením neelektrické veličiny (mechanickým pohybem) dochází ke skokové změně odporu přepínáním kontaktu.
- Nejčastější aplikací je měření polohy pohybujících se částí různých technických zařízení, kde jsou součástí tzv. **koncových spínačů**.



- a) spínač
- b) přímý
- c) kladičkový
- d) západkový

Foto mechanických snímačů



Magnetické snímače

Rozdělení

- ♦ kontakty jazýčkového relé
- ♦ wiegandovy sondy
- ♦ hallovy sondy

Kontakty jazýčkového relé

- **Princip** spočívá ve využití silových účinků magnetického pole permanentního magnetu na jazýčky z magneticky měkkého materiálu zatavené do skleněné trubičky plněné inertním plynem.

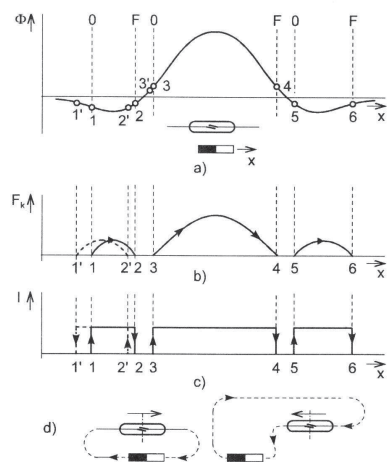
$$F_M = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S} \quad F_M = k \frac{\delta_0 - \delta}{2}$$

Na kontakty působí síla $F = F_M - F_D$

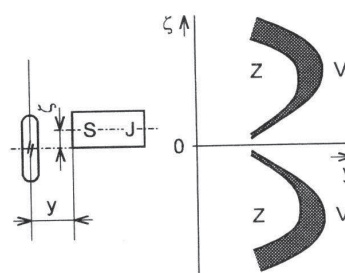
F_M síla vyvolaná perm. magnetem
 F_D direktivní síla
 μ_0 permeabilita vakua
 S překrývající se plocha jazýčků
 k tuhost jazýčků
 δ_0 počáteční poloha
 δ poloha

Jazýčková relé - časové průběhy

Magneticky ovládaná jazýčková relé



Zóny spínání jazýčkového relé při kolmé orientaci magnet - relé



Indukční snímače polohy

Princip indukčních snímačů polohy spočívá v převodu polohy na změnu vlastní indukčnosti L , případně vzájemné indukčnosti M .

Rozdělení:

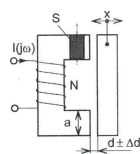
- Podle základního principu
 - tlumivkové
 - transformátorové.
- Podle provedení magn. obvodu
 - s otevřeným mag. Obvodem
 - s uzavřeným mag. Obvodem
- Podle uspořádání snímacích prvků
 - jednoduché
 - diferenciální
- Podle vazby s měřeným předmětem
 - dotykové
 - bezdotykové

Tlumivkové snímače

Tlumivkové snímače s uzavřeným magnetickým obvodem

Snímače s proměnnou vzduchovou mezerou

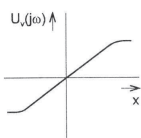
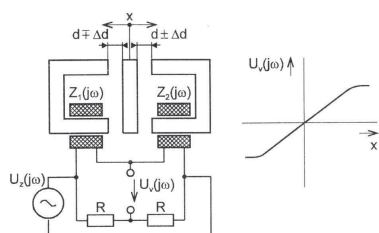
Uspořádání snímače



Pro indukčnost L platí přibližně vztah::

$$L = \frac{N^2}{Rm} = \frac{N^2}{2d} \cdot \mu_0 \cdot S_d$$

Závislost L na d je hyperbolická, snímač se používá pouze v oblasti, kde je převodní charakteristika přibližně lineární - měření malých posunů.



Větší citlivosti (dvojnásobné) i linearity můžeme dosáhnout diferenčním snímačem

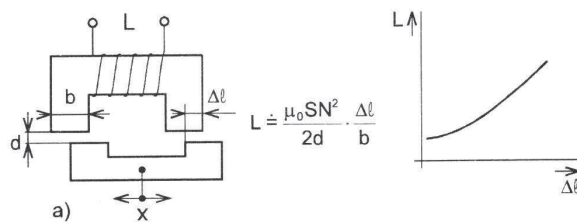
Tlumivkové snímače s proměnnou plochou vzduchové mezery

- Používá se pro měření středních posunů. Pro indukčnost L zde platí vztah:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot S \cdot N^2}{2d} \cdot \frac{\Delta l}{b}$$

- dobré linearitu lze dosáhnout při $x \ll b$ a $d \ll b$.

Schéma a převodní charakteristika snímače:



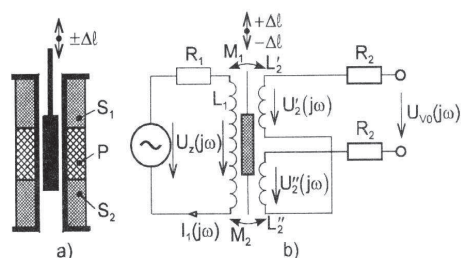
Tlumivkové snímače s otevřeným magnetickým obvodem

- Princip spočívá ve změně indukčnosti cívky v závislosti na poloze feromagnetického jádra. Snímače umožňují měřit poměrně velké posuny, ovšem přesnost, ani linearita nejsou nejlepší.

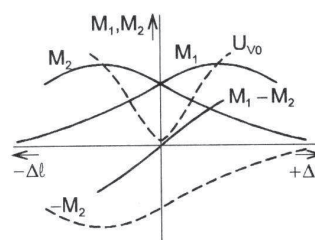
Transformátorové snímače

- Princip
 - ♦ Vyhodnocení změny vzájemné indukčnosti mezi primární a sekundárními cívkami.
 - ♦ Primární cívka je napájena ze zdroje střídavého napětí, takže výstupní napětí sekundárního vinutí je úměrné měřené veličině (poloze)
- Typ LVDT (Linear Variable Differential Transformer)

Provedení snímače



Převodní charakteristiky



Odvození převodních vztahů snímače LVDT

- ♦ Primární proud

$$I_1(j\omega) = \frac{U_z(j\omega)}{R_1 + j\omega L_1}$$

- ♦ Sekundární napětí

- při $M = M_1$

$$U_{21}(j\omega) = j\omega M_1 I_1(j\omega)$$

- při $M = M_2$:

$$U_{21}(j\omega) = j\omega M_1 I_1(j\omega)$$

- ♦ Výstupní napětí naprázdno

$$\begin{aligned} U_{v0} &= j\omega(M_1 - M_2) \cdot \frac{U_z(j\omega)}{R_1 + j\omega L_1} \\ &= \frac{U_z(j\omega)}{R_1} \cdot \frac{j\omega(M_1 - M_2)}{1 + j\omega\tau} \end{aligned}$$

Kapacitní snímače polohy

● Základní principy

- Převod měřené veličiny na kapacitu kondenzátoru a v její následné převedení na zpracovatelný signál (napětí, proud) v logické nebo spojitě formě.
- Základním principiálním vztahem je vzorec pro výpočet kapacity rovinného deskového kondenzátoru:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

kde:

C

je kapacita kondenzátoru

ϵ_0

je permitivita vakua

ϵ_r

je poměrná permitivita

S

je účinná plocha elektrod

d

je vzdálenost elektrod

Principy kapacitních snímačů I

Typ snímače	schéma	funkční vztahy	charakteristika
deskový jednoduchý s proměnnou mezerou		$C = \epsilon \frac{S}{d(x)}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta d} = -\frac{C}{d} \left(1 - \frac{\Delta d}{d}\right)$	
deskový diferenční s proměnnou mezerou		$C_1 = \epsilon \frac{S}{d(x)}; \quad C_2 = \epsilon \frac{S}{d(x)}$ $\frac{\Delta C}{\Delta d} = -\frac{C}{d} \left[1 + 2 \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2\right]$	
deskový s vrstvou dielektrika s proměnnou mezerou		$C = \frac{\epsilon_1 S}{d_1(x) + \frac{d_2 \epsilon_1}{\epsilon_2}}$ $N = \frac{\epsilon_2 (d_1 + d_2)}{\epsilon_2 d_1 + \epsilon_1 d_2}$ $\frac{\Delta C}{C} = -\frac{\Delta d_1}{d_1 + d_2} \cdot \frac{1}{N} \cdot \frac{1}{d_1 + d_2}$	
deskový s proměnnou tloušťkou dielektrika		$C = \frac{\epsilon_1 S}{d_0 - d_1(x) \left(1 - \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}\right)}$	
deskový s proměnnou plochou překrytí		$C = \epsilon \frac{S(x)}{d}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta l} = -\frac{C_{max}}{l_{max}} \left(1 + \frac{\Delta d}{d}\right)$	

Principy kapacitních snímačů II

Typ snímače	schema	funkční vztahy	charakteristika
deskový s proměnnou plochou překrytí		$C = \varepsilon \frac{S(x)}{d}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta l} \doteq - \frac{C_{\max}}{l_{\max}} \left[1 + \left(\frac{\Delta d}{d} \right)^2 \right]$	
deskový diferenční s proměnnou plochou překrytí dielektrika		$C = \frac{\varepsilon_1 S}{d_1 + d_2} \left[1 + \frac{l(x)}{l_{\max}} \cdot \frac{1 - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}{\frac{d_1}{d_2} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} \right]$	
válcový s proměnnou plochou překrytí		$C = \varepsilon \frac{2\pi \cdot l(x)}{\ln \frac{D_1}{D_2}}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta l} \doteq - \frac{C_{\max}}{l_{\max}} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta d}{d} \right)^2 \right]$	
diferenční s proměnnou plochou překrytí		$C = \varepsilon \frac{S(\alpha)}{d}$	

Měřicí obvody kapacitních senzorů

- Úkol měřicích obvodů:
 - Vyhodnocení kapacity snímače a její převod na napětový nebo proudový signál úměrný měřené veličině.
- Podmínka správné činnosti kapacitních snímačů:
 - Minimalizace vlivu parazitních kapacit, které mohou znehodnotit výsledek měření.
 - Nejjednodušší metodou je zkrácení přívodů k měřicímu členu. Pokud to daná aplikace umožňuje, je výhodné použít snímač s integrovaným převodníkem.
- Metody vyhodnocení kapacity snímače:
 - Můstkové metody - měřicí kondenzátor je zapojen do jedné z větví můstku napájeného harmonickým napětím.
 - Zpětnovazební obvody - měřicí kondenzátor je součástí děliče zapojeného do zpětné vazby operačního zesilovače.
 - Rezonanční metody - měřicí kondenzátor je součástí LC obvodu, kapacita se převádí na kmitočet oscilátoru.

Bezkontaktní snímače polohy

● Výběr vhodného snímače

- ♦ Nejdůležitějším krokem při výběru snímače zůstává volba správného funkčního principu, u něhož jsou kritickými faktory:
 - materiál snímaného předmětu
 - spínací vzdálenost
 - elektrické připojení.
- ♦ **Indukční snímač** je vhodný, pokud je snímaný předmět z **kovu**
- ♦ **Kapacitní snímač** použijeme pro **papír, plast, olej, vodní roztoky, granulát, prášek**, atd.
- ♦ **Magnetický snímač** použijeme tehdy, je-li možné na snímaný předmět přilepit **permanentní magnet**.

U těchto metod je výrazným omezujícím faktorem snímací vzdálenost, která činí maximálně 100 mm. Pro větší vzdálenosti je pak možné volit z dalších metod, jako např. **ultrazvukové, optoelektrické, mikrovlnné**, atd.

Vlastnosti bezkontaktních snímačů

● Spínací vzdálenost

- ♦ Spínací vzdálenost udává, při jaké vzdálenosti snímaného předmětu od aktivní plochy snímač změní svůj klidový stav.
- ♦ Je definována pro kolmé přiblížení k aktivní ploše snímače.
- ♦ Pro indukční a kapacitní snímače platí následující závislost:

$$s \leq D / 2$$

kde

s

je spínací vzdálenost

D

je průměr aktivní plochy (čelní strany) snímače

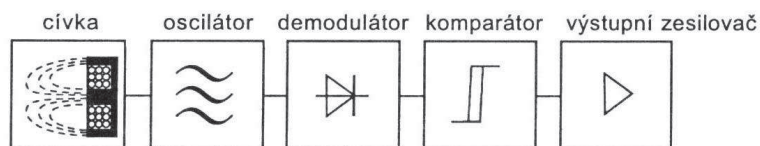
● Hystereze

- ♦ Je rozdíl mezi polohou spínacího bodu při přibližování standardizovaného měřícího předmětu k aktivní ploše snímače a jeho polohou při oddalování.

Bezkontaktní indukční snímače

● Princip činnosti

- ♦ Rozladování oscilátoru vlivem vířivých proudů po přiblížení kovové clonky k čelu cívky.



- ♦ Oscilátor vyzařuje do osy snímače vř elektromagnetické pole
- ♦ Přiblížením kovového předmětu k čelu cívky v něm vzniknou vířivé proudy
- ♦ Vznik elektromagnetického pole, které tlumí kmitání LC obvodu.
- ♦ Dojde k rozladění oscilátoru, jeho výstupní signál je demodulován
- ♦ Komparátor napětí z demodulátoru porovná s prahovou hodnotu a v případě přítomnosti předmětu přepne klopný obvod.

Parametry indukčních bezkontaktních snímačů

● Spínací vzdálenost S_n

- ♦ Hodnota S_n se měří normalizovanou clonkou z oceli Fe 360 (ISO 360).
- ♦ Skutečná spínací vzdálenost $S = S_n \cdot \text{Korekční činitel}$

Materiál	Korekční činitel
ocel	1,00
měď	0,25 - 0,45
mosaz	0,35 - 0,50
hliník	0,30 - 0,45
ušlechtilá ocel	0,60 - 1,00
nikl	0,65 - 0,75
šedá litina	0,93 - 1,05

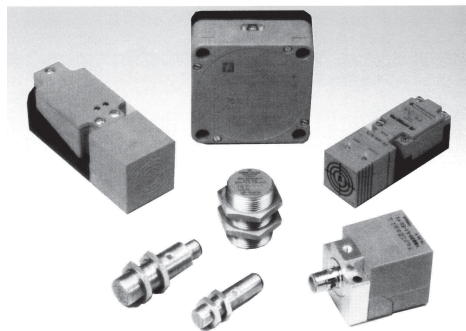
Mechanické provedení

- **Indukční snímače polohy se vyrábí v provedení**

- ♦ válcovém
- ♦ hranolovém
- ♦ štěrbinovém
- ♦ v provedení s kruhovým otvorem.

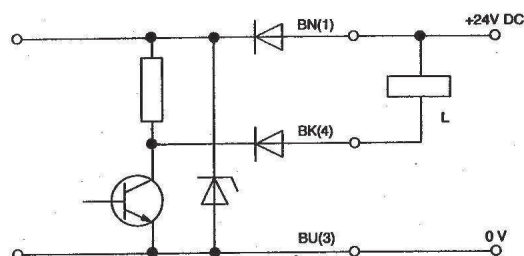
- **Materiál pouzdra a snímací plochy**

- ♦ vysoce jakostní nerezová ocel 303
- ♦ mosaz s povrchovou úpravou niklem nebo teflonem
- ♦ plastické hmoty (Crastin, Ryton, ...)



Elektrické připojení indukčního snímače

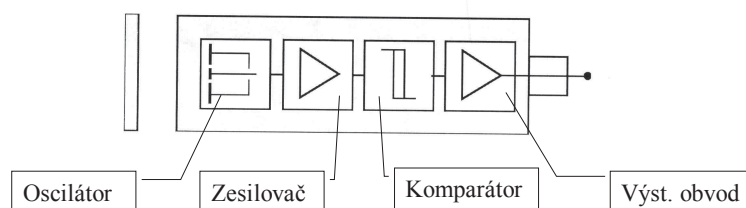
- Indukční snímače polohy se z hlediska výstupního signálu vyrábí v několika modifikacích. Výstupní napětí je většinou stejnosměrné, ale může být i střídavé, jednotlivé snímače se liší úrovní výstupního napětí.
- Do elektrického obvodu se nejčastěji zapojují dvěma nebo třemi vodiči. U třívodičového zapojení rozlišujeme, zda zátěž (např. vstup programovatelného automatu) bude zapojena proti společnému kladnému (NPN) nebo zápornému (PNP) vodiči.



Bezkontaktní kapacitní snímače

- **Snímač je složen ze čtyř funkčních bloků:**

- ♦ Dvě snímací elektrody - kondenzátor se základní kapacitou C
- ♦ RC oscilátor - měřicí kondenzátor je součástí RC oscilátoru
- ♦ Komparační spínací obvod
- ♦ Výstupní obvod



- **Použití kapacitních snímačů**

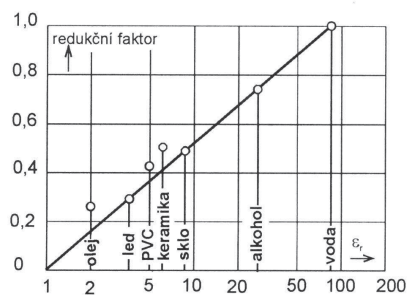
- ♦ papír, plast, olej, vodní roztoky, granulát, prášek, atd.

Kapacitní snímače - redukční faktor

- **Spínací vzdálenost pro předmět z určitého materiálu je dána:**

$$S = S_n \cdot RF$$

- ♦ S spínací vzdálenost
- ♦ S_n jmenovitá spínací vzdálenost (údaj výrobce)
- ♦ RF redukční faktor



Příklad:

Kapacitní snímač s jmenovitou spínací vzdáleností 10 mm bude použit pro detekci skleněných předmětů. Určete skutečnou spínací vzdálenost.

$$S = S_n \cdot RF = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ mm}$$

Optické snímače polohy

- **Princip**

- ♦ optických snímačů polohy spočívá v modifikaci světelného toku mezi vysílačem a přijímačem polohou snímaného předmětu a následném převodu na elektrickou veličinu.

- **Rozdělení:**

- ♦ Podle způsobu odměřování se dělí na:
 - ♦ Absolutní poloha je měřena vzhledem k referenčnímu bodu
 - ♦ Inkrementální poloha je měřena vůči předchozímu bodu
 - ♦ Limitní poloha je vyhodnocována dvouhodnotově

Optické absolutní snímače polohy

- **Princip:**

- ♦ Modifikace světelného toku skleněným kotoučkem se soustřednými stopami s průhlednými a neprůhlednými plochami kódovanými v Grayově kódu.

- **Výstupní signál:**

- ♦ digitální slovo (šířka=počet stop), které reprezentuje polohu (úhlovou hodnotu) vztaženou k referenčnímu bodu.

- **Rozlišovací schopnost**

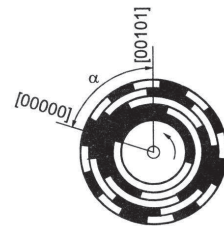
- ♦ $\Delta\alpha = 360/2p \text{ [}^\circ\text{]}$ p počet stop

- **Výhody**

- ♦ poloha je určitelná v kterémkoli okamžiku
- ♦ necitlivost na poruchy

- **Nevýhody**

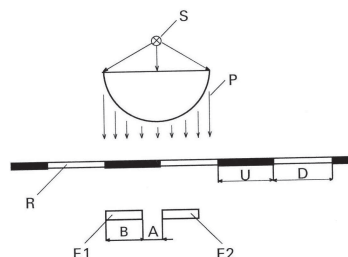
- ♦ vyšší cena
- ♦ nákladné příslušenství pro zpracování měřených dat, přenos a vyhodnocení



Optické inkrementální snímače polohy

● Princip:

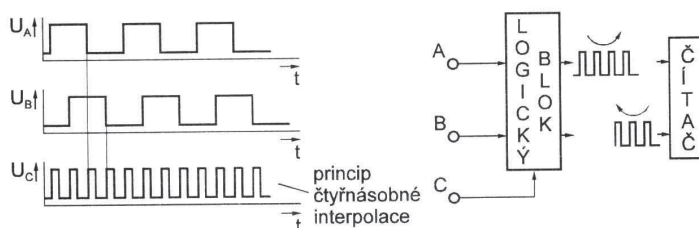
- Minimální konfigurace obsahuje jeden světelný zdroj, rotující disk s průhlednými a neprůhlednými dílky, dvě snímací jednotky a vyhodnocovací logické obvody.
- Světelný tok zdroje S (Ga-As-LED) upravený nastříknutou čočkou P prochází rastrem R ke dvěma snímacím fotodiodám E1, a E2.
- Fázový posun U_A , U_B (90°) je nutný pro vyhodnocení směru pohybu.
- Větší rozlišovací schopnosti snímače dosáhneme přidáním pevného optického rastru a využitím noniového jevu.



Vyhodnocovací obvody inkrementálních snímačů

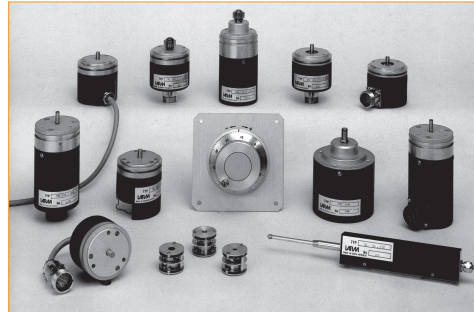
● Vyhodnocení signálu

- Signál z fotodiod je upraven interními tvarovacími obvody
- Počet impulsů nese informaci o poloze
- Sekvence signálů U_A , U_B nese informaci o směru pohybu
- Rozlišovací schopnost snímače lze zvýšit elektronicky
- Referenční značka jednou za otáčku dodává přídatný referenční impuls.
- Inverzní kanály zvyšují spolehlivost snímačů



Provedení inkrementálních snímačů

- **Rotační**
- **Lineární**
 - ♦ snímací kotoučky jsou nahrazeny lineárními optickými rastry (posuvné měřítko a pevný jezdec)
- **Měřicí krok**
 - ♦ je dán počtem segmentových dílků na rotujícím dělicím disku (50 až 36 000) a vyhodnocovací schopností elektronických obvodů.
(Dělení disku se provádí fotolitografickou technologií podobně jako u integrovaných polovodičových součástek.)



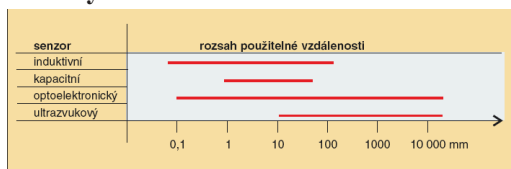
Inkrementální snímače LARM Netolice

Optoelektronické limitní snímače polohy

- **Základní vlastnosti**
 - ♦ Binární výstup
 - ♦ Bezdotykové snímače
 - ♦ Necitlivost na elektromagnetická a jiná pole
 - ♦ Velká spínací vzdálenost (řádově až v metrech)
- **Rozdělení optoelektronických snímačů**
 - ♦ jednocestné světelné závory
 - Světelná mříž
 - Světelná záclona
 - ♦ reflexní světelné závory
 - ♦ reflexní světelné snímače (difusní)
 - ♦ snímače se světlovody z optických vláken
 - ♦ Přijímače cizího záření

Porovnání vlastností snímačů různých principů

Dosahy snímačů



Odolnost vůči rušení

Odolnost různých druhů senzorů proti rušení						
senzor	teplota	vlhkost	prach	světlo/infrachervené záření	hluk	vysokofrekvenční elmg. pole
induktivní	+	+	+	+	+	0
kapacitní	+	0	0	+	+	-
optoelektronický	0	-	0	-	+	+
ultrazvukový	0	+	+	+	-	+

odolnost: + vysoká; 0 střední; - nízká

Vysílače a přijímače světla

• Vysílače

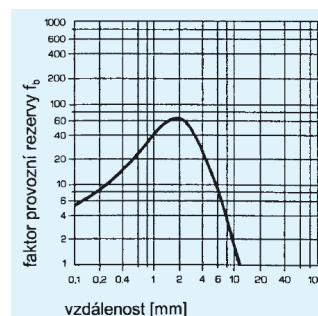
- luminiscenční světelné LED a polovodičové laserové diody
- infračervené světlo (IR) o vlnové délce $\lambda = 880$ nm (vyjímečně 660 nm, nebo 950 nm)
- důvody použití IR
 - fototranzistory, fotodiody mají v infračerveném pásmu největší citlivost
 - odolnost vůči malým prachovým částicím (v prašném prostředí - $\lambda = 950$ nm)
 - necitlivost vůči rušení z viditelného spektra

• Přijímače

- fotodiody
- fototranzistory

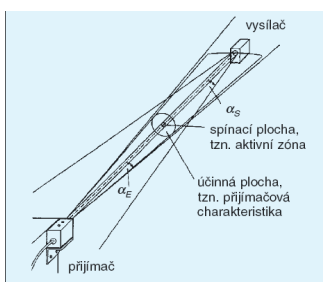
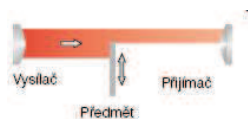
• Faktor provozní rezervy

- udává poměr mezi skutečně zachyceným a minimálním množstvím světla potřebným pro bezpečné sepnutí
- křivka provozní rezervy je specifická pro každý typ snímače, určuje jeho dosah a provozní spolehlivost
- optické snímače se vyrábějí s velkým faktorem provozní rezervy



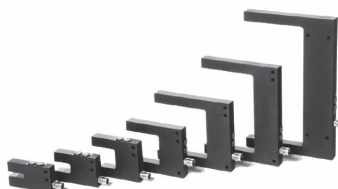
Jednocestné světelné závory

- ♦ vysílače jsou montovány proti přijímačům do optické osy
- ♦ přerušením světla mezi vysílačem a přijímačem se změní vlastnosti fototranzistoru
- ♦ elektronická jednotka vyhodnotí „rozpoznání“ předmětu
- ♦ vysílač i přijímač vytvářejí vysílací (přijímací) kužel
 - v závislosti na provedení senzoru pohybuje od $\pm 1,3^\circ$ do $\pm 10^\circ$
- ♦ detekovaný objekt musí být větší než aktivní zóna (spolehlivé přerušení paprsku)
- ♦ pohybující se objekty – uvést do souladu rychlost, plochu objektu a vlastnosti přijímače



Vlastnosti jednocestných světelných závor

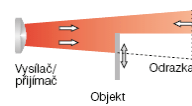
- ♦ velký dosah (světlo probíhá pouze jednou z vysílače přímo do přijímače);
- ♦ velká provozní rezerva
- ♦ je třeba zapojit a namontovat dva samostatné přístroje – vysílač a přijímač
- ♦ nejisté rozpoznání průhledných předmětů
- ♦ jisté rozpoznání neprůhledných předmětů
- ♦ pro spolehlivou funkci je nezbytné přesné nastavení



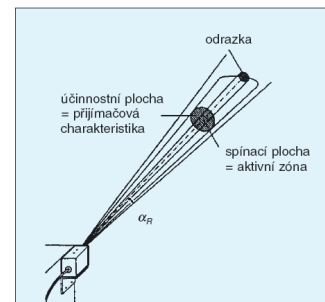
Reflexní světelné závory

● Princip

- ♦ vysílač i přijímač světla jsou konstrukčně spojeny do jedné jednotky (pouzdra)
- ♦ na opačné straně sledovaného prostoru je umístěna reflexní plocha (zrcadlo, odrazka)
- ♦ zrcadlo musí zaručit správný zpětný odraz i při mírném náklonu
- ♦ přerušením světla mezi vysílačem a zrcadlem se změní vlastnosti fototranzistoru
 - odrazka z průhledných trojhranů vrací světlo do směru, odkud bylo vysláno
 - tolerance náklonu až 15°
 - reflexní fólie s vrstvou skleněných kuliček (levnější, menší dosah)
- ♦ problémy s detekcí předmětů s lesklým povrchem



Přijímací charakteristika



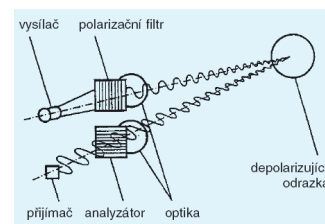
Reflexní závory s polarizačním filtrem

● Použití

- ♦ detekce lesklých předmětů (potlačení odrazu od předmětu)

● Princip

- ♦ světlo z vysílače prochází prvním polarizačním filtrem (ve světelném svazku zůstanou paprsky s jedním směrem polarizace (např. vertikální))
- ♦ polarizační odrazka mění směr polarizace (např. na horizontální)
- ♦ Druhý polarizační filtr propouští světlo pouze jedné polarizace (např. na horizontální)
- ♦ Dopad světla na odrazivý předmět (např. lesklý kov)
 - světlo je odraženo beze změny polarizace, druhým filtrem neprojde
 - snímač vyhodnotí přerušení světla – předmět je detekován
- ♦ dopad světla až na odrazku
 - změna polarizace o 90° , světlo projde druhým filtrem
 - snímač vyhodnotí dopad světla – předmět není detekován



Vlastnosti reflexních závor

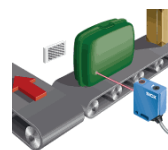
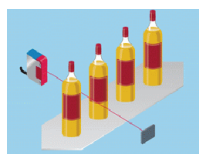
- střední dosah je přibližně poloviční oproti dosahu jednocestné světelné závory
- vysílač a přijímač tvoří kompaktní celek (napájení, montáž)
- jednoduchá montáž odrazek
- přesné rozpoznání objektů podél celé optické osy
- bezpečné rozpoznávání zrcadlicích se předmětů
- nejisté je rozpoznávání transparentních předmětů
- bezpečné rozpoznání neprůhledných předmětů

Reflexní světelné závory - provedení

Odrážka



Použití snímače



Válcový typ s kovovým pouzdrem



Kvádrový typ s plastovým pouzdrem



Reflexní snímače

● Princip

- ♦ vysílač i přijímač světla jsou konstrukčně spojeny do jedné jednotky
- ♦ k odrazu dochází od detekovaného objektu
- ♦ odraz je difúzní a odražena je jen část dopadajícího záření

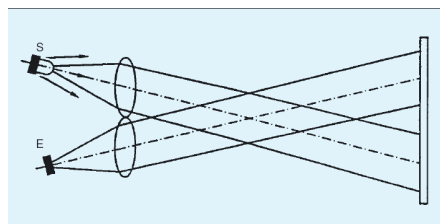
● Vlastnosti

- ♦ jednoduchá montáž (jediný přístroj)
- ♦ přímé snímání předmětů bez použití odrazky
- ♦ jistější rozpoznávání průhledných předmětů než u jednocestných nebo reflexních světelných závor
- ♦ menší snímací vzdálenosti oproti světelným závorám
- ♦ snímací vzdálenost je závislá na reflexních vlastnostech detekovaných objektů
- ♦ nebezpečí rušení způsobené pozadím

Potlačení pozadí

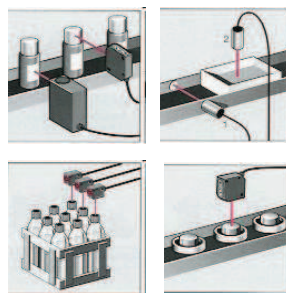
● Metoda křížujících se optických os vysílače a přijímače

- ♦ vysílač (S) a přijímač (E) jsou vůči sobě pootočený, aby se jejich optické osy protínaly
- ♦ tím je dosaženo určité detekční oblasti, v níž je pozadí potlačeno
- ♦ na vlastnostech pozadí nezáleží, je mimo citlivou zónu přijímače
- ♦ citlivá zóna je natavena již při výrobě
- ♦ použití u předmětů v malých vzdálenostech
- ♦ pro větší dosah se používá tzv. triangulační metoda



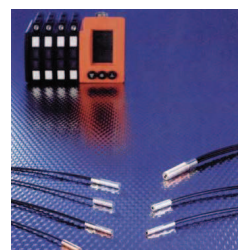
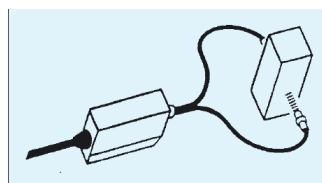
Použití reflexních snímačů

- strojní průmysl - dopravníky, detekce posunu, kontrola kvality
- montážní linky - nastavení pozice, počítání dílů
- textilní stroje - zjišťování množství materiálu na odvíjené roli
- potravinářský průmysl - např. zjišťování přítomnosti pečiva na výrobní lince, kontrola obsahu krabic, kontrola velikosti cukrářských výrobků
- sledování a detekce otvorů ve výrobcích
- kontrola velikosti předmětů
- kontrola naplnění různých zásobníků
- zjišťování chybných etiket



Snímače se světlovody

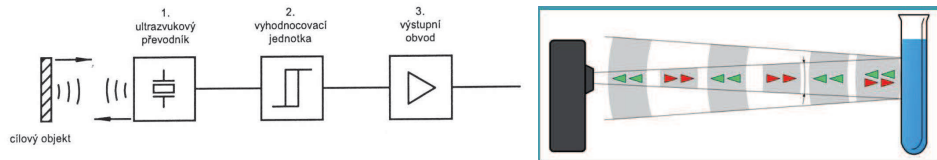
- **Princip a použití**
 - ♦ jednocestná světelná závora
 - ♦ k detekovanému předmětu je zaveden pár světlovodů (vysílač a přijímač) s optickými hlavami
 - ♦ světlovody jsou zavedeny do vyhodnocovacího zařízení
 - ♦ použití na špatně dostupných místech, náročné prostředí, detekce velmi malých předmětů
 - ♦ vyžadují opatrné zacházení (ohyb, namáhání tlakem, krutem)



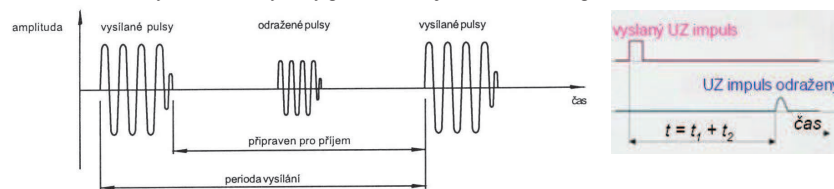
Ultrazvukové snímače polohy

● Princip

- Ultrazvukové snímače pracují na principu odrazu ultrazvukových pulsů od detekovaného objektu
- z naměřené doby se při známé rychlosti šíření ultrazvuku vypočte vzdálenost



- Ultrazvukový převodník (kombinovaný vysílač/přijímač) vyšle krátký zvukový puls
- Přepne se do přijímacího režimu a je vyhodnocován přijatý ultrazvukový puls, u kterého se nejdříve zjišťuje zda opravdu jde o echo vyslaného signálu.
- Na základě délky intervalu "vyslaný puls - echo" je odvozeno, zda předmět leží v nastaveném rozmezí



Šíření ultrazvuku v prostředí

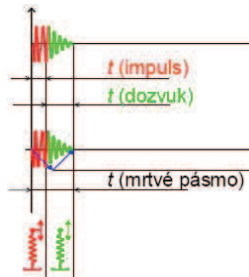
- pro šíření ultrazvuku je nezbytné látkové prostředí
- ve vakuu se zvuk nešíří a nelze tedy aplikovat ultrazvukové stavoznaky (velmi zřídka se ultrazvuk používá při tlaku menším než 60 kPa)
- rychlost šíření ultrazvuku závisí na vlnové délce a frekvenci:

$$c = \lambda \cdot f$$

- rychlost šíření zvuku v suchém vzduchu při teplotě 0 °C je 332 m.s-1
- rychlost ultrazvuku v plynném prostředí závisí na teplotě
- s rostoucí teplotou rychlost zvuku nelineárně roste
- při teplotě 100 °C je o 17 % větší

Minimální měřitelná vzdálenost

- ♦ je ovlivněna délkou a dozvukem ultrazvukového impulsu



- ♦ čas $t(\text{mrtvé pásmo}) = 1.6$ až 6 ms
- ♦ vzdálenost $x(\text{mrtvé pásmo}) = 0.2$ až 1.2 m v závislosti na frekvenci senzoru
- ♦ minimální měřitelná vzdálenost je dána vlastnostmi senzoru

Typy ultrazvukových snímačů

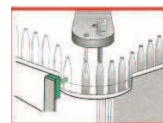
- **Jednohlavové systémy**

- ♦ Snímače pro přímou detekci s kombinovaným vysílačem a přijímačem



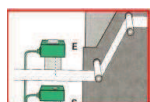
- **Dvouhlavové systémy**

- ♦ Snímače pro přímou detekci s děleným přijímačem a vysílačem



- **Ultrazvukové závory**

- ♦ Snímače s průchozím paprskem



Výstupní signály

- **Vyhodnocovací obvody**

- ♦ Generování výstupního signálu, nesoucího informaci o měřeném předmětu
- ♦ Snímače s odděleným vysílačem a přijímačem (typ b a c) jsou zpravidla bez vyhodnocovací elektroniky - samostatné vyhodnocovací jednotky
- ♦ Snímače se zabudovanou vyhodnocovací jednotkou
 - analogový výstup
 - dvoustavový výstup
- ♦ Analogové snímače
 - proudová smyčka 4 ... 20 mA
 - napěťový výstup 0 ... 10 V
- ♦ Rozsah analogového signálu, příp. spínací úroveň dvoustavových výstupů se nastavuje dvěma potenciometry nebo tzv. učicí metodou (Teach – In)

Ultrazvukové snímače - dokončení

- **Výhody**

- ♦ detekce téměř libovolných předmětů, včetně objektů transparentních a lesklých
- ♦ nejsou omezeny barvou povrchu
- ♦ měření sypkých materiálů a materiálů s nepravidelným povrchem
- ♦ měření hladiny kapalin a pastovitých látek
- ♦ konstantní rozlišení v celém rozsahu měření (0,3 mm do 1m, 1mm do 2,5m)
- ♦ nevadí jim prašné prostředí

- **Nevýhody**

- ♦ nedetekuje tlumící materiály
- ♦ širší detekční paprsek – snímaný objekt musí mít určitou minimální plochu
- ♦ delší doba odezvy
- ♦ vyšší cena

- **Předměty vhodné pro detekci**

- ♦ všechny tuhé a kapalné látky a všechny sypké materiály (písek, štěrk, kamení,...)
- ♦ tvar a barva odrazné plochy jsou libovolné (min. odrazová plocha dle katalogu)
- ♦ detekované předměty mohou mít rovněž válcový či vypouklý nebo vydutý tvar.

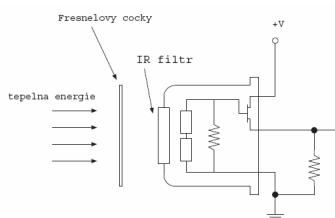
- **Předměty nevhodné pro detekci**

- ♦ materiály se špatnou odrazivostí zvuku (pěnová guma, vysoká vrstva pěny na hladině kapaliny, jemná bavlna a vata..)

Pyroelektrické snímače (PIR)

● Princip

- detektor provádí analýzu sledovaného prostoru, pracuje na principu detekce změny teploty
- lidé i zvířata vydávají teplo, které detektor spolehlivě rozpozná
- krystalický pyroelektrický materiál po dopadu infračerveného záření generuje elektrický náboj
- v pouzdru detektoru jsou umístěny dva identické elementy elektricky zapojené tak, aby působily jako diferenční senzor
- při změně záření se změní hodnota povrchového náboje
- změna náboje je vyhodnocena citlivým FET tranzistorem
- přidává se filtr, který propouští záření o vlnové délce v rozsahu 8 až 14 μm (lidské tělo vyzařuje s vlnovou délkou 9,4 μm)



Duální detektory

- pro zvýšení spolehlivosti a vyloučení planých poplachů (pohyb záclony, topení, myši)
- kombinují se v jednom snímači dva principy
- nejčastější je kombinace PIR a MW (mikrovlnná) detekce
- pro vyhlášení poplachu musí narušení prostoru zaregistrovat obě čidla
- princip MW detektoru
 - do hlídaného prostoru je vysíláno elektromagnetické vlnění, zpravidla v kmitočtovém pásmu 10.525Ghz
 - detektor přijímá vyslaný a odražený signál.
 - obsahuje obvod měřící rozdíl kmitočtů, vyslaný - přijatý, vzniklý při pohybu objektu na základě Dopplerova jevu

