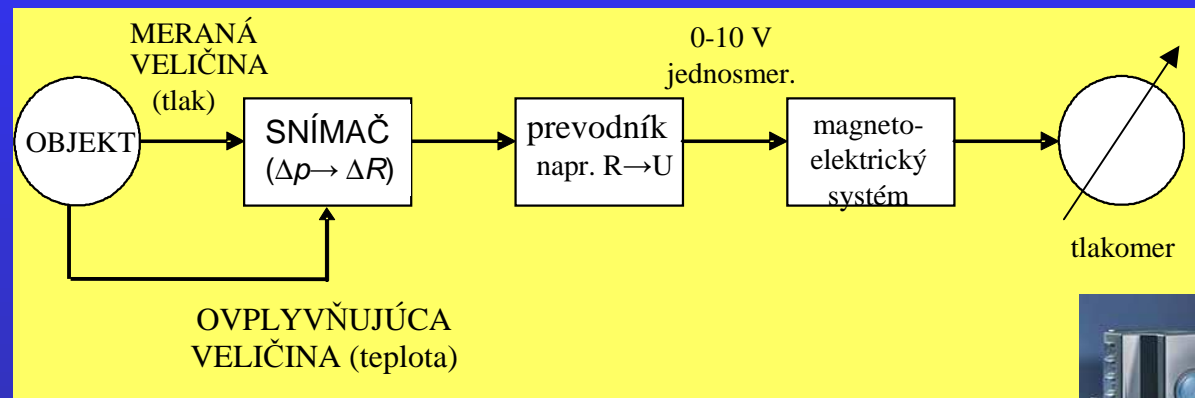


7. Snímače neelektrických veličín

Snímač NV – sníma priamym alebo nepriamym spôsobom meranú neelektrickú veličinu.

Využíva niektorý z fyzikálnych princípov na prevod sledovanej veličiny na veličinu merateľnú bežným meracím prístrojom.



Snímač – ako jediný člen meracieho reťazca - priamy kontakt s meraným objektom,

- jeho vlastnosti často určujú vlastnosti meracieho systému,
- je najslabším článkom meracieho reťazca,
- cena snímača v porovnaní s ostatnou časťou meracieho reťazca je zrovnateľná a v niektorých prípadoch je dokonca drahší.

Požiadavky kladené na snímač:

1. Jednoznačná závislosť výstupnej veličiny od veličiny vstupnej.
2. Vhodný tvar základnej prenosovej funkcie.
3. Veľká citlivosť.
4. Požadovaná presnosť.
5. Veľká časová stálosť.
6. Vhodná frekv. charakteristika.
7. Na výstupe čo najväčší el. výkon.
8. Čo najmenšia závislosť na parazitných vplyvoch.
9. Minimálne zaťažovanie meraného objektu snímačom
10. Má byť čo najjednoduchšej konštrukcie.
11. Bez údržby.

8. teplota, vlhkosť, tlak, prašnosť ...

Pri výbere snímača prijímame zväčša kompromis

Dve základné skupiny snímačov:

1. Aktívne (generátorové).

Pôsobením neel. veličiny - snímač ako zdroj el. energie (napätie, prúd, el. náboj).

Nepotrebujú pomocný napájací zdroj.

2. Pasívne (parametrické).

Pôsobením neel. veličiny – na snímači sa mení el. parameter (odpor, indukčnosť, kapacita, frekvencia, fáza apod.).

Potrebujú pomocný napájací zdroj (U alebo I , = alebo \sim).

1. **Odporové**
 - kontaktové,
 - tenzometrické (deformácie, tlak),
 - teplotné,
 - polovodičové (meranie teploty).
2. **Kapacitné** (meranie výšky hladiny)
3. **Indukčnosťné** (meranie posunutia)
4. **Optoelektronické.**

1. **Indukčné** (meranie mechanických veličín)
 - elektrodynamické (prietokomer),
 - elektromagnetické (snímanie otáčok).
2. **Piezoelektrické** (meranie vibrácií)
3. **Termoelektrické,**
4. **Optoelektronické.**

Prevod neel. veličiny:

1. Jednoduchý prevod.

Meraná neel. veličina sa mení priamo na veličinu elektrickú

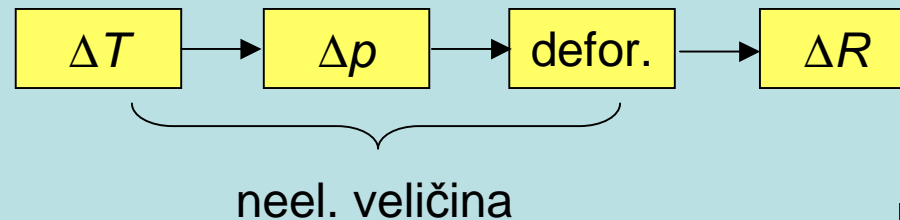
Napr. zmena teploty na vstupe sa prevádza na zmenu napätia na výstupe (termoelektrický článok).



2. Viacnásobný prevod.

Meraná neel. veličina sa mení na inú neel. veličinu a táto sa mení na veličinu elektrickú.

Napr. zmena teploty na vstupe sa prevedie na zmenu tlaku plynu, ďalej na deformáciu membrány a až potom na zmenu odporu tenzometra.



7.1. Odporové snímače

Patria do skupiny pasívnych snímačov.

Princíp činnosti – závislosť el. odporu na meranej veličine.

Citlivosť snímača – závisí od druhu materiálu, geometrického usporiadania, deformácie, teploty a pod.

Rozdelenie odporových snímačov:

- kontaktové
- potenciometrické / reostatové
- teplotné kovové
- tenzometrické
- polovodičové odporové teplomery

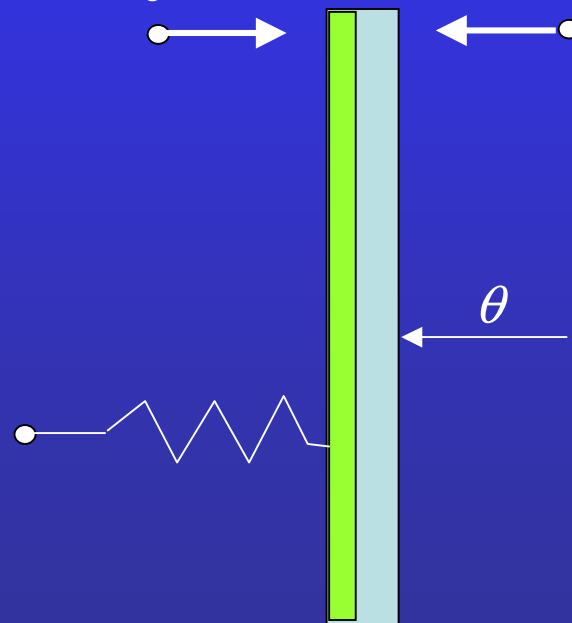
7.1.1 Kontaktné

Pôsobením neel. veličiny na kontakty dochádza k ich zopnutiu – k stykovej zmene odporu.

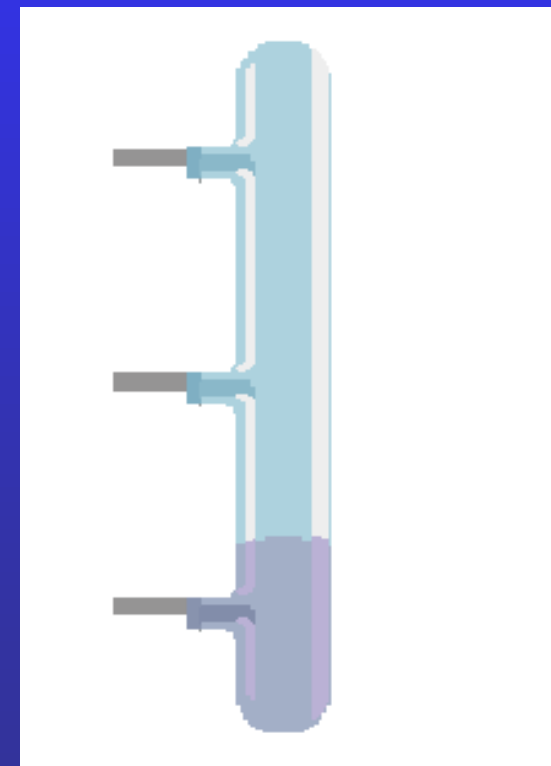
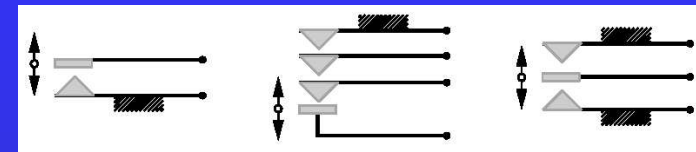
Nejedná sa o spojité meranie vstupnej veličiny, ale o sledovanie jednej alebo viacerých hodnôt.

Používajú sa predovšetkým na indikáciu stavu meranej veličiny:

- dĺžka,
- teplota,
- tlak,
- zrýchlenie,
- sila,
- otáčky,
- výška hladiny



Kontakty môžu byť pevné alebo kvapalinové.

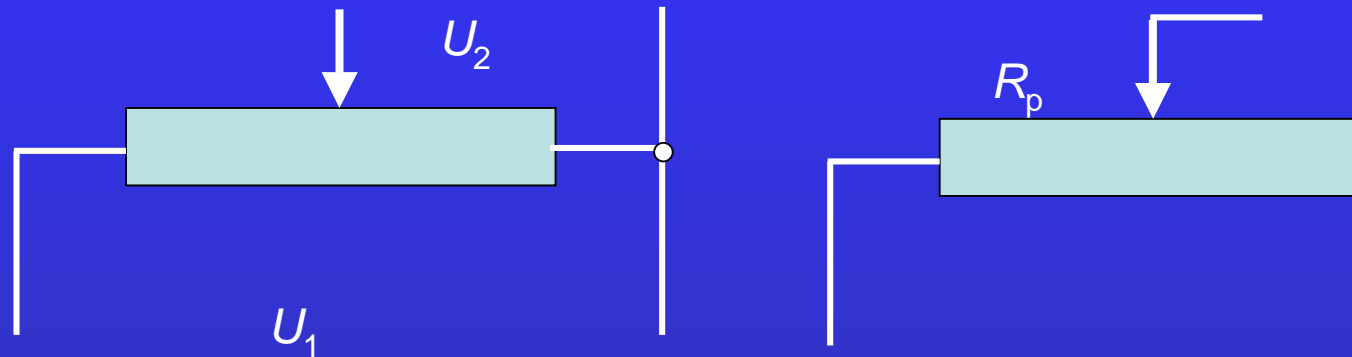


Kontaktný odporový teplomer

7.1.2 Potenciometrické / reostatové

Využívajú spojité alebo nespojité zmen dĺžky odporu pomocou pohyblivého kontaktu (bežca).

Odpor môže byť zapojený ako reostat alebo ako potenciometer.



Používajú sa predovšetkým na meranie priamočiarej alebo uhlovej výchylky. Zmena polohy bežca môžu vyvolať pomocou vhodného prevodu rôzne neel. veličiny (hladina – plavák, tlak – deformácia membrány, apod.)

Presnosť snímača je daná materiálom odporu a bežca, príp. konštrukčným riešením. Hodia sa prevažne na statické merania.

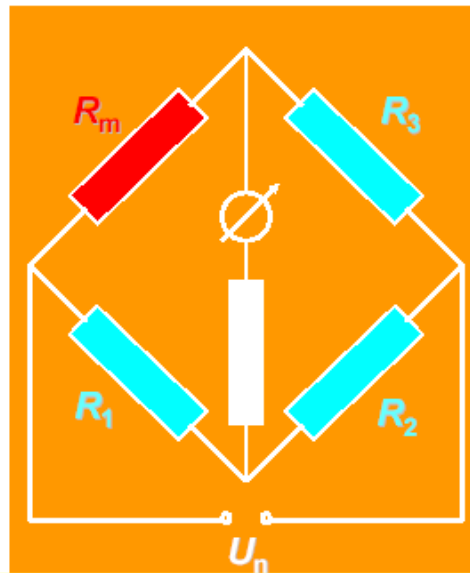
7.1.3 Teplotné kovové

Meranie teploty sa zakladá na teplotnej závislosti odporu väčšiny kovov. Zmena odporu, ktorú môžeme odmerať pomocou odporového mostíka, je mierou zmeny teploty.

Mostikové zapojenie

Merací štvrt'mostík

$$R_m \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$$



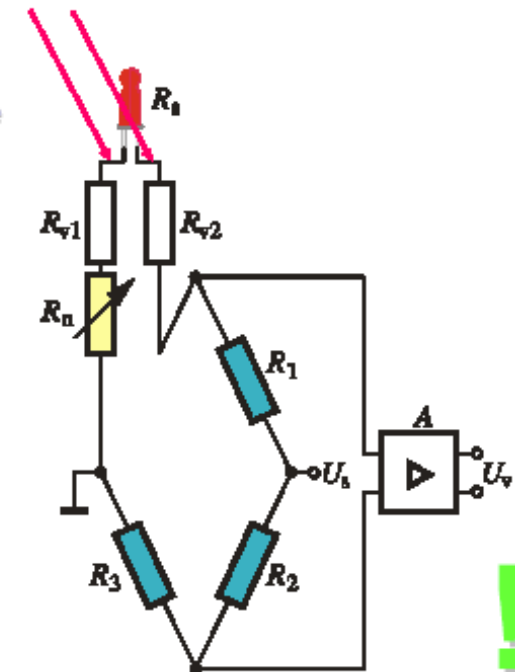
Dvojvodičové zapojenie

R_n - nastavovací odpor,
používa sa na doladenie
odporu vedenia

Celkový odpor prívodných
vodičov: $R_c = 2 R_v + R_n$

$$\text{Pri } t = 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad R_1 = R_2 = R$$

$$R_3 = R_s + R_c$$

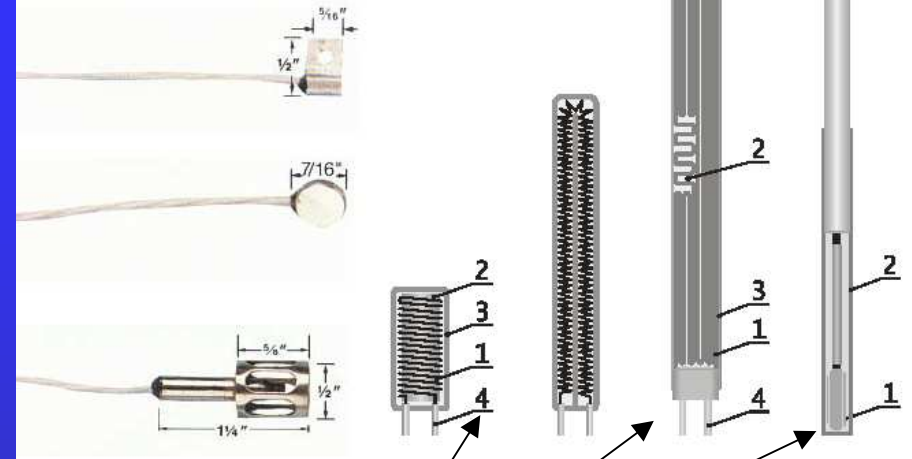


Teplotné kovové

Materiál: Nikel, Platina, meď
Germánium pre nízke teploty

Odporové teplomery - kovové

Citlivá časť snímača



Vlastnosti a parametre kovových teplomerov

Materiál CČS: platina (Pt100) Ni, zlatiny Fe, Ge,...

Merací rozsah: platina: (-220 do 961,78)°C

Vyhotovenie: • snímacie prvky,
• kompletne meracie sondy

Vyhotovenie: ϕ (20 až 100) μ m

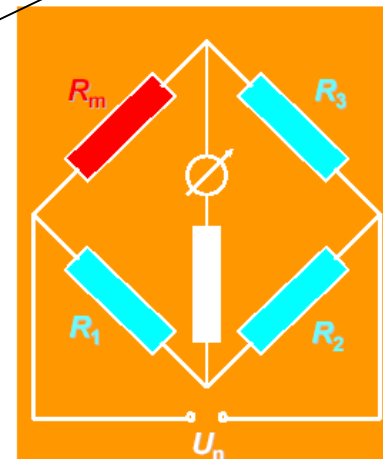
Nominálny odpor: 100 Ω , (50, 200, 500, 1000, 2000) Ω

Materiál obalu: sklo, keramika

Mostikové zapojenie

Merací štvŕmostik

$$R_m \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$$



Národní etalón (Pt100)



Kovové odporové teploměry

Meracie sondy



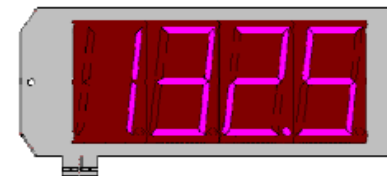
Programovatelné převodníky



Prevodníky



Digitální teplomer



Technické údaje:

Štvormiestny 30 milimetrový display

Archivácia priebehu teplôt cez rozhranie RS 485

Rozsah meraných teplôt -50°C - $+150^{\circ}\text{C}$

Rozlíšiteľnosť $0,1^{\circ}\text{C}$

Snímač **Pt 100**, **Pt 1000**

Napájanie 9 – 12 V=

Komunikačná linka RS 485

Display 4 miestny LED 30 mm

Stupeň krytia IP 65

Pracovná teplota -10 , 50°C

Rozmery 153 x 60 x 35 mm

Na jednu komunikačnú linku sa dá pripojiť až 32 teplomerov

7.1.4 Tenzometrické

Sú to odporové snímače, ktorých odpor sa mení v závislosti od deformácie spôsobenej meranou veličinou.

Deformácia spôsobená buď tlakom alebo ťahom mení najmä dĺžku tenzometra.

Pod pojmom deformácia sa vzhľadom na malé rozmery snímača chápe len deformácia v medziach pružnosti (vratný dej).

Tenzometre sa využívajú na priame meranie deformácií nosných konštrukcií (mosty, nosníky, podpery), na meranie tlaku, hmotnosti, zrýchlenia a podobne.

Pri odvodení základov odporovej tenzometrie uvažujeme valcový vodič dĺžky l s plošným obsahom prierezu S . Pre jeho odpor R platí vzťah:

$$R = \rho \cdot l / S \quad \text{kde } \rho \text{ je merný elektrický odpor.}$$

V prípade dilatácie sa zmení elektrický odpor:

$$\Delta R = R \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta S}{S} \right)$$

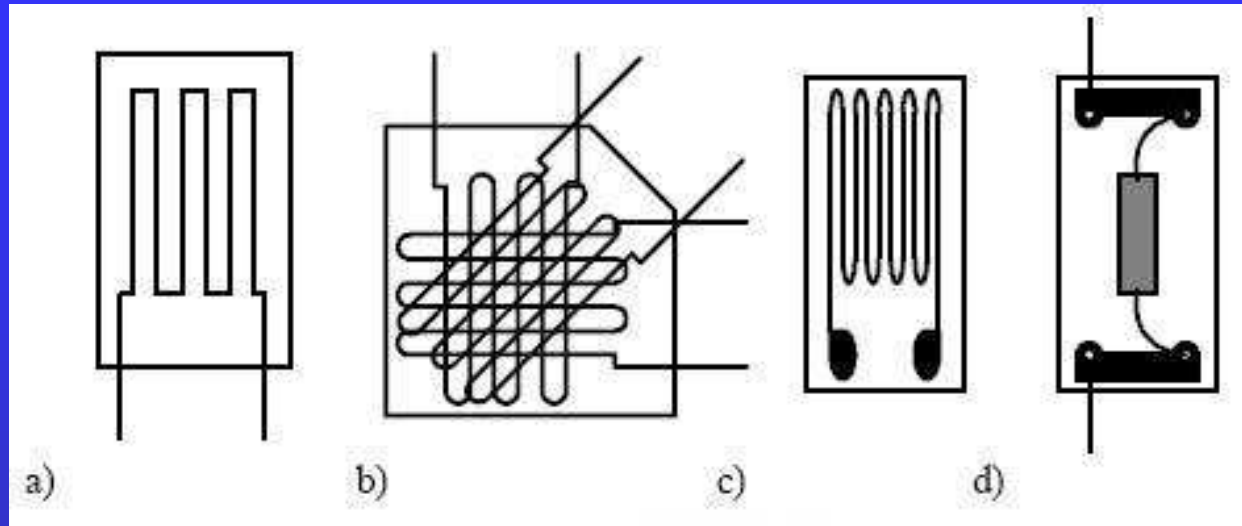
V prípade izotropných materiálov sa rezistivita pri deformovaní vodiča nemení, dochádza však k relatívnemu predĺženiu a priečnemu skrúteniu, ktoré navzájom súvisia.

V prípade tenkého valcového vodiča platí pre relatívnu zmenu elektrického odporu vzťah:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta l}{l}$$

pričom k sa nazýva koeficient deformačnej citlivosti tenzometra

Prevedenie je buď drôtkové (a), drôtková tenzometrická ružica (b), fóliové (c) alebo polovodičové (difúzne odpory, monokryštály - d).



Tenzometer je okrem vlastného senzoru tvorený aj podložkou (papier, textília, fólia), ktorá sprostredkováva prenos deformácie a zároveň slúži ako elektrická izolácia. Na meraný objekt sa lepí pomocou špeciálnych lepidiel, ktoré musia zabezpečiť dokonalý prenos deformácie, nesmú podliehať vonkajším vplyvom (teplota, vlhkosť a pod.).

Meandrovitý tvar je volený kvôli zvýšeniu citlivosti. Ak je snímač tvorený N závitmi, potom pri predĺžení o Δl je celková zmena dĺžky $N \cdot \Delta l$.

7.1.5 Polovodičové odporové teploměry

Polovodičové senzory teploty podobne ako kovové využívajú závislosti odporu na teplote.

Medzi polovodičové odporové teploměry radíme:

- NTC-termistory,
- PTC-termistory,
- monokryštalické senzory teploty.

Príklady komerčne vyrábaných termistorov

Handheld Thermometer

HH-25 Series \$99

Ultra-High-Accuracy Handheld Thermistor Thermometer

HH40 Series \$390

Document #1671

Document #1584

For more information, call OMEGAfax™ on-line publishing service at 1-800-848-4271 and request desired document numbers.

For Sales and Service, Call: 1-800-82-66342™

1-800-TC-OMEGA

NTC-termistory (negastory)

Závislost odporu na teplotě je nelineární a odpor s teplotou klesá podle vztahu

$$R_t = R_0 e^{B \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

kde R_0 , R sú odpory termistoru pri teplote T_0 resp. T a B je veličina úmerná aktivačnej energii.

Vyrábané sú v širokom rozmedzí hodnôt odporu od $0,1 \Omega$ až do niekoľko $M\Omega$. Teplotný súčiniteľ je asi o rád vyšší ako pri kovoch (sú 5 až 50x citlivejšie, ako kovové teploměry).

Výhodou termistorov je veľká citlivosť a malá hmotnosť senzoru, čo umožňuje meranie veľmi malých a rýchlych teplotných zmien (rádovo $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$), bodové meranie teploty, meranie povrchových teplôt a pod.

Bežný merací rozsah teploty je od $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ až do $+200 \text{ }^\circ\text{C}$ (výnimočne až do $400 \text{ }^\circ\text{C}$).

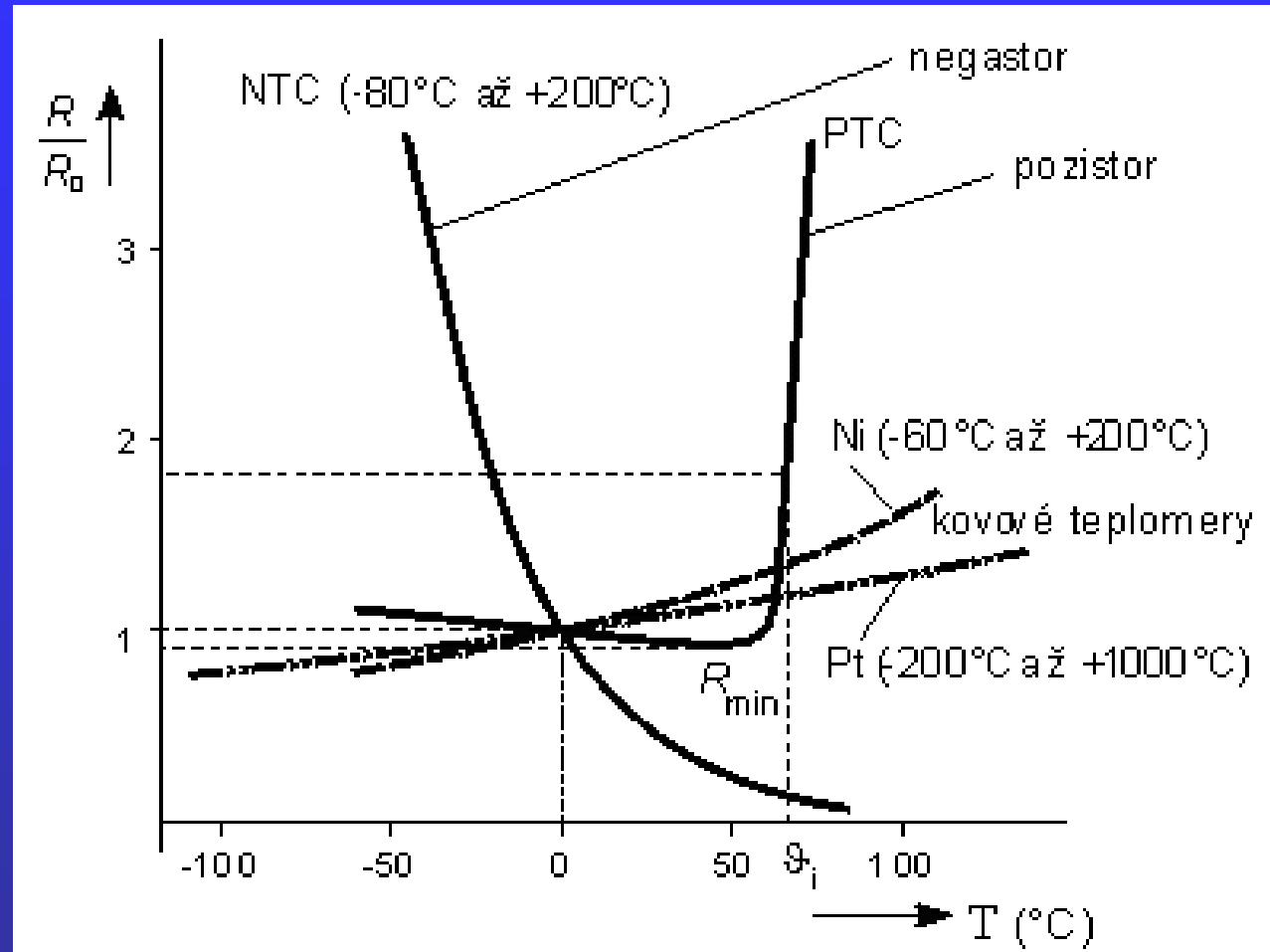
Ďalšia výhoda: sú pomerne lacné

Nevýhodnou vlastnosťou termistorov je ich časová nestálosť.

PTC-termistory (pozistory)

- sú polovodičové súčiastky s kladným teplotným koeficientom odporu.
- sú vhodné pre merania vo veľmi úzkom teplotnom intervale, hlavne pre signalizačné účely.
- vyrábajú sa z kremíka, germánia alebo india.
- v priemyselnej praxi sa stretávame s kremíkovými senzormi teploty, ktoré sú vhodné k meraniu teploty v rozsahu od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.1.6 Závislost odporu na teplotě pro různé materiály



7.2. Indukčnostné snímače

Patria do skupiny pasívnych snímačov.

Princíp činnosti – závislosť vlastnej alebo vzájomnej indukčnosti na meranej neelektrickej veličine.

Snímače bývajú zapojené v obvode s pomocným striedavým napätím.

Hlavnú časť indukčnostného snímača tvorí cievka, prípadne systém cievok.

Cievky sú bez jadra alebo s feromagnetickým či neferomagnetickým elektricky vodivým jadrom.

Pôsobením neelektrickej veličiny dochádza k vzájomnej zmene polohy jednotlivých častí, resp. k zmene ich elektrických a magnetických vlastností.

Vlastná indukčnost cievky závisí od jej geometrických rozmerov, permeability, materiálu jadra a počtu závitov.

V prípade dlhej valcovej vzduchovej cievky v oblasti nízkych frekvencií je vlastná indukčnost cievky určená vzťahom:

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

kde μ_0 je permeabilita vákua, N je počet závitov, S je prierez dutiny cievky a l je dĺžka cievky.

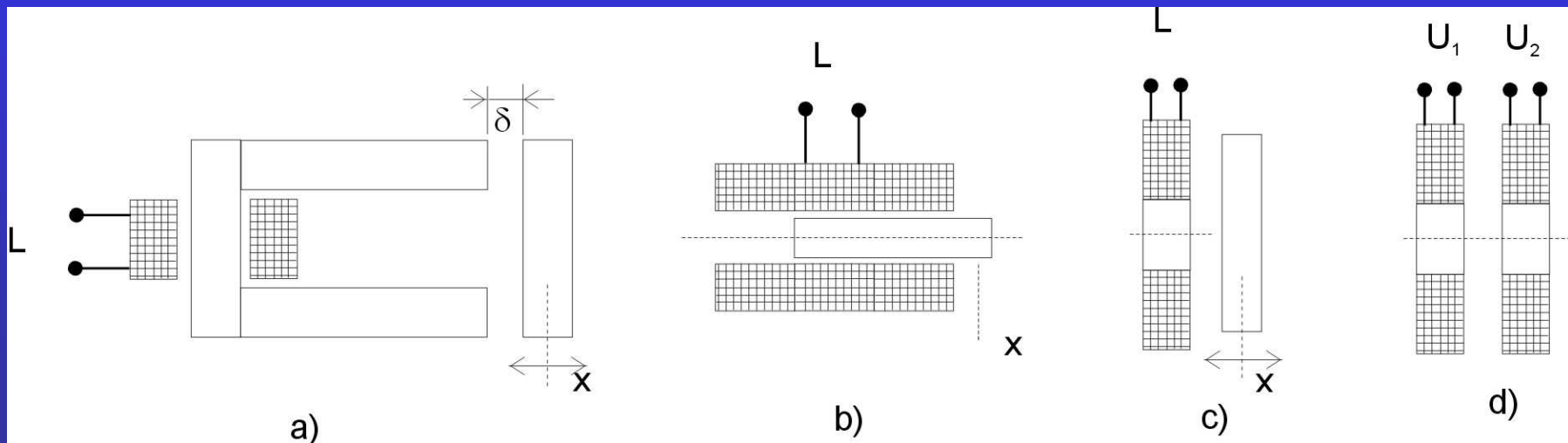
Vzťah platí pre priemer cievky: $d \ll l$

Zmena indukčnosti cievky nastáva pri jej dĺžkovej dilatácii zmenou jej dĺžky alebo krútením.

Indukčnost cievky možno výrazne meniť i pomocou feromagnetického jadra, ktoré sa zasúva do dutiny cievky. Pohyb jadra sa potom prejavuje zmenou indukčnosti cievky čo možnou využiť na meranie posunutia.

Podľa usporiadania cievok, magnetického obvodu a podľa toho, na ktorú konštrukčnú časť pôsobí meraná neelektrická veličina, indukčnosťné snímače delíme na:

- a) snímače s malou vzduchovou medzerou,
- b) s otvoreným magnetickým poľom,
- c) s potlačeným magnetickým poľom,
- d) bez feromagnetika.

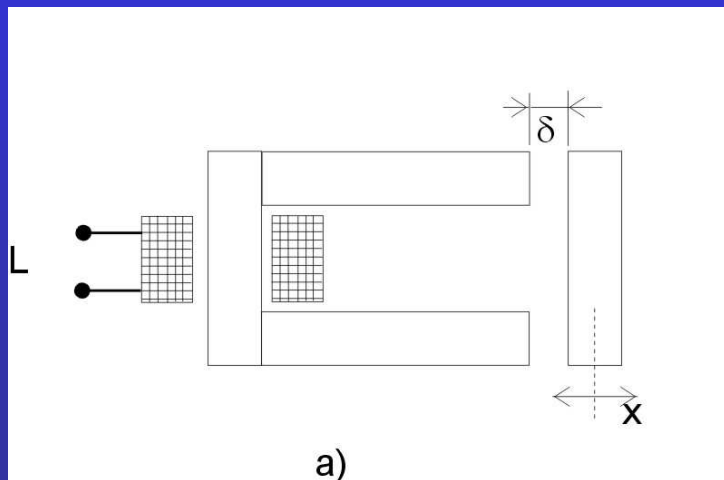


7.2.1 Indukčnostný snímač s malou vzduchovou medzerou

Patrí k najviac rozšíreným pre meranie malých geometrických rozmerov (do 5 μm) a ďalších veličín.

Môže pracovať v dvoch režimoch:

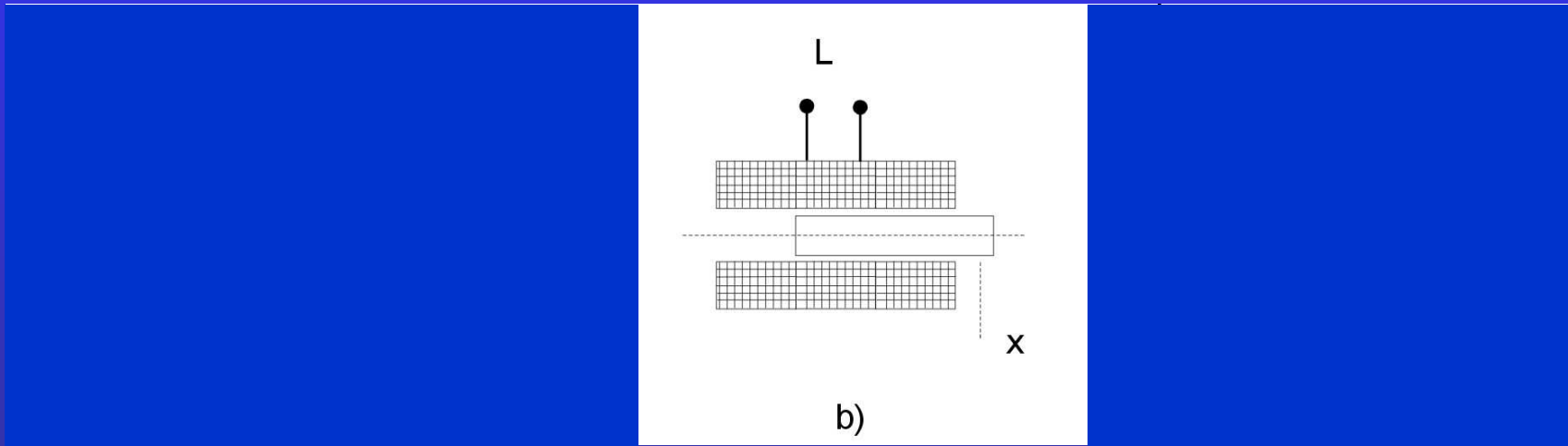
- zmena veľkosti vzduchovej medzery,
- zmena plochy vzduchovej medzery.



7.2.2 Indukčnosťné snímače s otvoreným magnetickým poľom

Tvoria ich plná cievka, resp. systém cievok, do ktorých sa pôsobením meranej neelektrickej veličiny zasúva feromagnetické jadro.

Závislosť vlastnej indukčnosti L cievky od polohy jadra je nelineárna. Lepšie metrologické vlastnosti sa dajú získať diferenčným zapojením.



Výhodou takéhoto snímača s otvoreným magnetickým obvodom je možnosť použitia pre veľké zmeny polohy (až ± 300 mm).

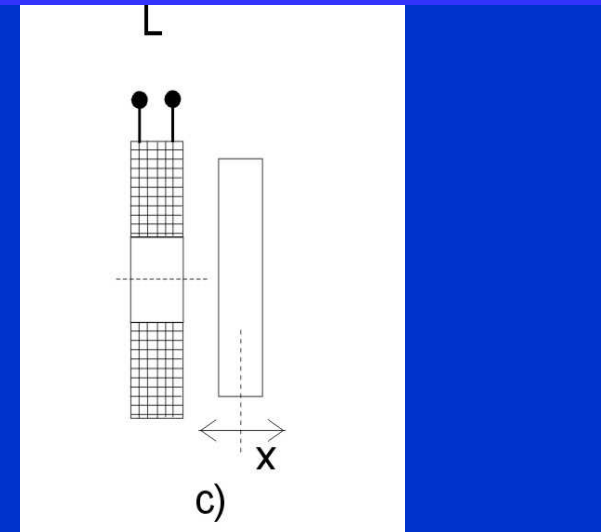
7.2.3 Indukčnostné snímače s potlačeným magnetickým poľom

V predchádzajúcich typoch snímačov meraná veličina ovplyvňovala magnetické pole cievky zmenou polohy feromagnetického jadra. Principiálne odlišným spôsobom sa magnetické pole ovplyvňuje v snímačoch s potlačeným poľom.

Pri prechode prúdu cievkou sa vytvára magnetické pole, ktoré čiastočne prechádza kovovou vrstvou, v ktorej vznikajú vírivé prúdy.

Tieto prúdy vytvárajú magnetické pole pôsobiace proti poľu, ktoré ich vyvolalo. Zmenšuje sa tak intenzita pôvodného poľa. Uvedený jav sa nazýva „potlačenie poľa“.

V magnetickom poli cievky, ktorá môže byť bez feromagnetika alebo s otvoreným feromagnetickým obvodom, sa nachádza vodivý predmet (kovová doska, tyč, prípadne i elektricky vodivá kvapalina). Ak sa mení napríklad vzdialenosť predmetu od cievky, mení sa aj impedancia cievky. Podobný vplyv má aj zmena hrúbky vodivej dosky, resp. zmena elektrickej vodivosti.



Takéto typy snímačov sa vyznačujú malou hmotnosťou a malou citlivosťou, zvyčajne pracujú v obvode s vyššou frekvenciou.

Zväčšenie citlivosti sa dá dosiahnuť použitím otvoreného feromagnetického jadra, zlepšenie linearity diferenčným zapojením.

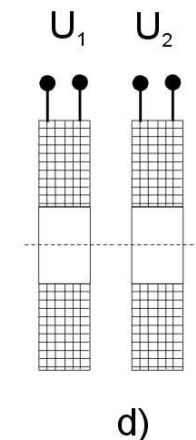
7.2.4 Indukčné snímače bez feromagnetika

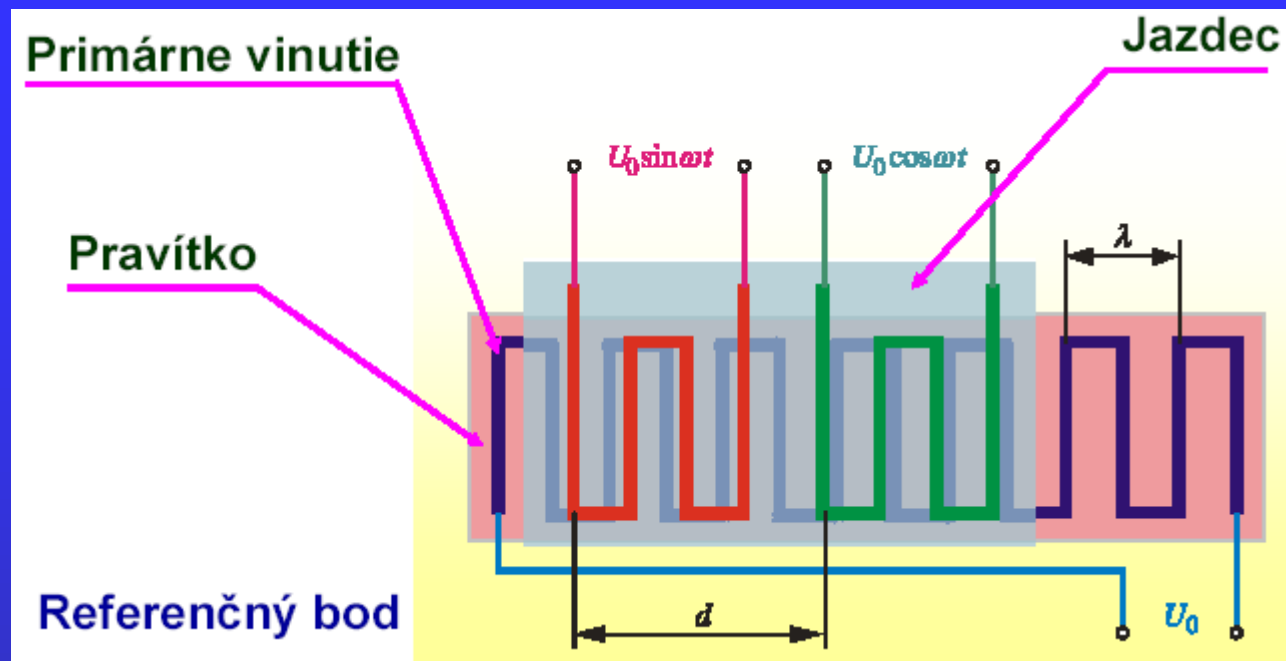
Jedná sa o zapojenie aspoň dvoch cievok, umožňujúcich vzájomné posunutie. Snímač je navrhovaný vždy ako transformátorový a väčšinou ako diferenčný.

Snímač je navrhovaný vždy ako transformátorový a väčšinou ako diferenčný.

Používa sa pre malé posunutia, merania uhlových výchyliek a pod.

U snímača je možný pomerne presný výpočet jeho parametrov.





Hodnota vzájomnej induččnosti:

- M_{\max} \Rightarrow úplné prekrytie obrazcov vinutí jazdca a pravítka
- M_0 \Rightarrow vzájomný posuv obrazcov vinutí jazdca a pravítka o štvrt' kroku $\Rightarrow \pi/4$

7.3. Kapacitné snímače

Kapacitný princíp sa radí k najstarším princípom, ktoré sa využívajú pri konštrukcii snímačov.

Princíp činnosti – snímače využívajú hlavne zmenu vzdialenosti elektród, ako aj zmenu prostredie dielektrika.

Zmena vzdialenosť elektród - Ako deformačný člen sa používa väčšinou doska, ktorá tvorí zároveň jednu (aktívnu) elektródu kondenzátora. Pri pôsobení sily sa mení vzdialenosť medzi elektródami, a teda i kapacita kondenzátora.

Princíp ich funkcie spočíva v závislosti kapacity kondenzátora od jeho geometrických rozmerov a od vlastností dielektrika.

Základná predstava vychádza zo vzťahu pre kapacitu doskového kondenzátora:

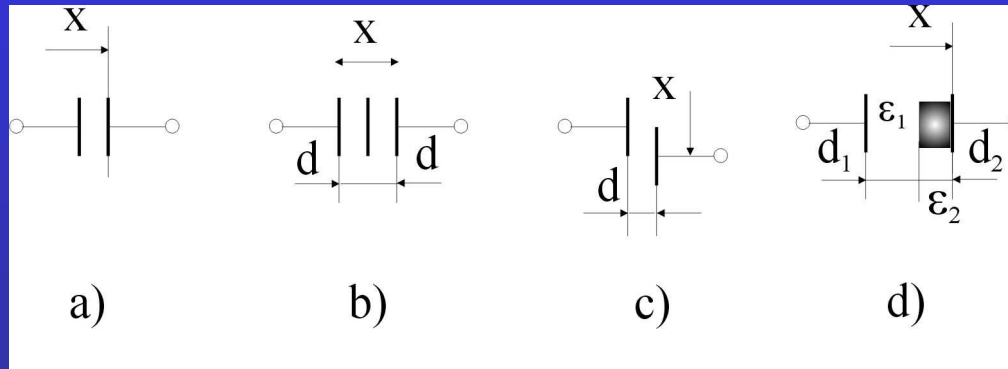
$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

kde S je plocha elektród, d je vzdialenosť elektród, ε_0 je permitivita vákua a ε_r je relatívna permitivita dielektrika kondenzátora.

7.3.1 Rozdělení kapacitných snímačů

Medzi základné geometrické typy kapacitných snímačov možno zaradiť nasledovné:

- doskový jednoduchý a diferenčný s premenlivou medzerou (obr. a)
- doskový (diferenčný) s premenlivou plochou pokrytia (obr. b)
- doskový s vrstvou dielektrika s premenlivou medzerou (obr. c)
- doskový s premenlivou vrstvou dielektrika (obr. d)



$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

Kapacitný približovací prepínač:



Aktívna plocha
– dielektrikum
snímača

Reagujú na blízkosť vodiča alebo dielektrika.

Jedna elektróda je spojená s kmitavým RC-oscilátorom, druhá je spojená so zemou a dielektrikum je tvorené aktívnou plochou.

Priblíži sa hmota (kov, nekov, kvapalina, ...) k aktívnej ploche, zmení sa permitivita prostredia a výstup snímača sa prepne.

7.3.2 Realizačný popis kapacitných snímačov:

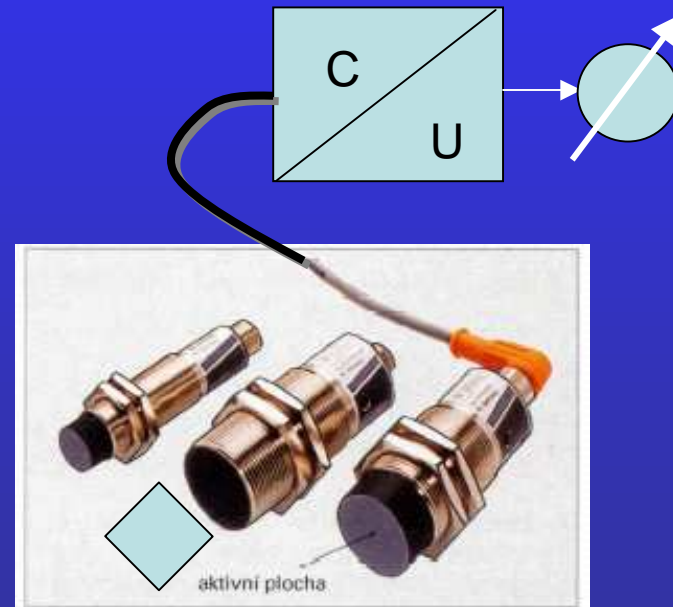
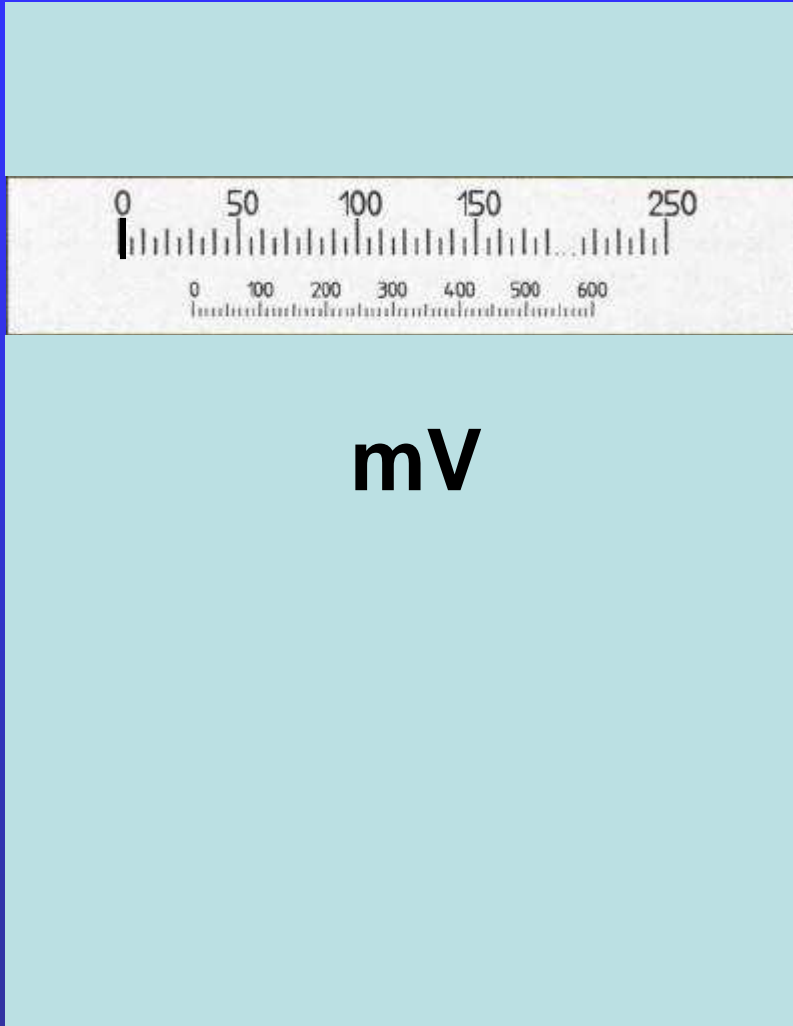
Veličina snímaná kapacitným snímačom sa dá previesť na zmenu prekrytia elektród, zmenu ich vzdialenosti alebo zmenu permitivity prostredia medzi elektródami.

Okamžitú hodnotu kapacity snímača je možné previesť na:

- jednosmerné napätie alebo prúd,
- frekvenciu

Ideálny kapacitný snímač tak umožňuje realizáciu lineárnych snímačov s prúdovým, napäťovým alebo frekvenčným výstupom.

Prevodníky kapacita/prúd, resp. kapacita/napätie sú preto spravidla **priamoúmerné a lineárne.**



Prevodníky kapacita/napätie:

Výstupné napätie kapacitného snímača s prevodníkom kapacita/napätie **lineárne závisí od zmeny plošného obsahu prekrytia elektród snímača S , resp. od zmeny permitivity prostredia ϵ_r**

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

kde K_u je konštanta prevodníka kapacita/napätie.

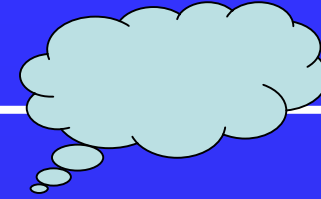
Prevodníky kapacita/frekvencia:

Pri použití prevodníka kapacita/frekvencia, kde je frekvencia spravidla nepriamo úmerná kapacite, **výstupná frekvencia snímača lineárne závisí od vzdialenosti elektród**

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

kde K_f je konštanta prevodníka kapacita/frekvencia.

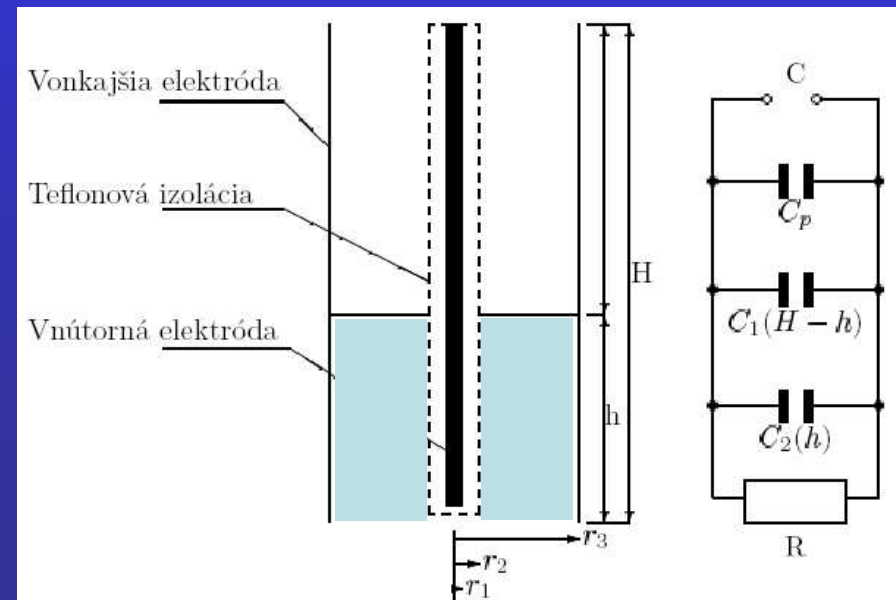
7.3.3 Meranie výšky hladiny

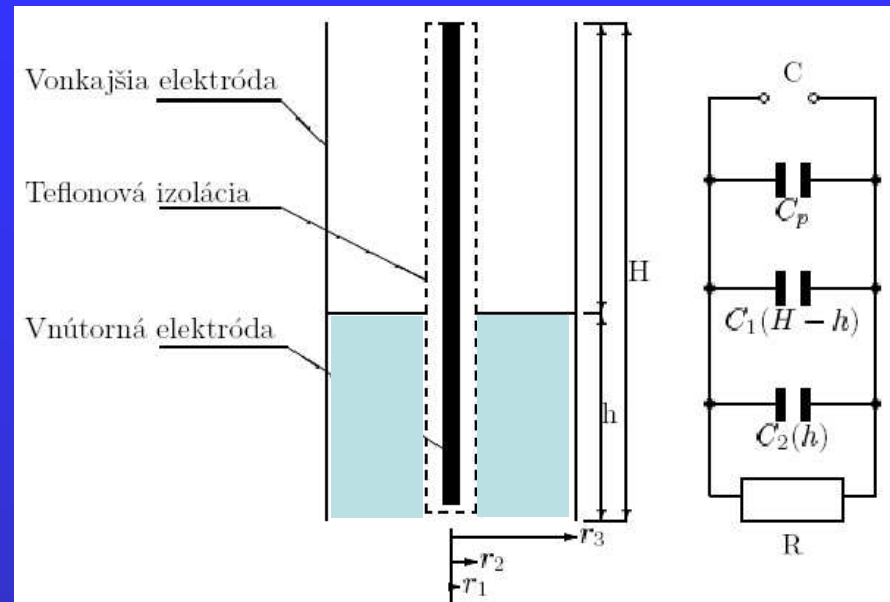


Kapacitné snímače sa dajú použiť na meranie výšky hladiny :

- väčšiny kvapalín,
- tekutých kovov (pri vysokých teplotách),
- práškových a granulovaných materiálov,
- korozívnych látok (kyseliny).

Na snímanie hladiny sa využíva napr. zmena kapacity valcovej sondy pri jej ponorení do kvapaliny.





- Elektródy sondy tvoria dva koncentrické valcové vodiče.
- Pre meranie vodivých kvapalín (napr. voda, $\rho = 10^3 - 10^6 \Omega\text{m}^{-1}$) musia byť elektródy izolované.
- Kapacita je určená dĺžkou, priemerom elektród a dielektrickou konštantou materiálov medzi elektródami.
- Vo vrchnej časti, bez vody, je tvorená kapacitou s teflonovým dielektrikom v sérii s kapacitou so vzduchovým dielektrikom a lineárne klesá s výškou hladiny.

7.4. Indukčné snímače

Indukčné snímače predstavujú rozsiahlu skupinu, ktorá je využívaná predovšetkým pre **meranie mechanických veličín**.

Princíp činnosti – ide o spojenie cievky a magnetického obvodu, u ktorého pomocou stáleho magnetu alebo budiaceho obvodu **pôsobí magnetický tok Φ** .

Napätie indukované v cievke je dané Faradayovým zákonom elektromagnetickej indukcie:

$$U = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

kde U je elektrické napätie indukované na svorkách cievky umiestnenej v magnetickom poli,

N je počet závitov,

$$\frac{d\Phi}{dt}$$

je časová zmena magnetického indukčného toku viazaného so závitmi cievky.

Meraná neelektrická veličina môže spôsobiť:

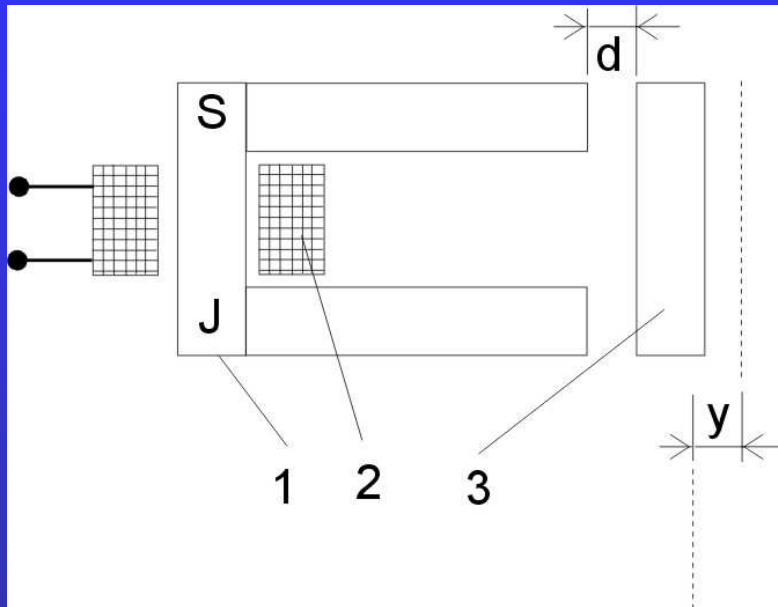
- rýchlosť zmeny magnetického toku spojeného s N závitmi pevnej cievky,
- pri stálom mag. toku meniť počet závitov cievky, ktoré sú v danom časovom okamihu viazané s magnetickým tokom.

Ide teda o:

- snímače elektromagnetické,
- snímače elektrodynamické.

7.4.1 Snímače elektromagnetické

U těchto snímačov sa mení magnetický tok najčastejšie zmenou impedancie magnetického obvodu.

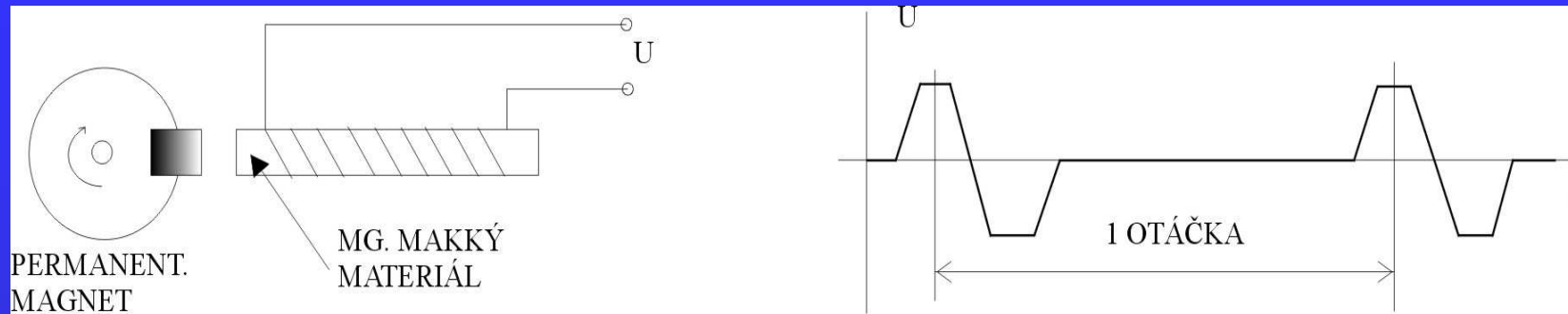


Na jadro stáleho magnetického obvodu 1 je nasadená cievka 2 s N závitmi.

Vo vzdialenosti d od pólových nastavcov magnetu je meraná feromagnetická časť 3.

Napätie v snímači cievky 2 je dané časovou zmenou magnetického toku podľa predošlej rovnice.

Príkladom elektromagnetického snímača môže byť indukčný snímač otáčok.



Na rotujúcej časti je umiestnený magnet a zmenou magnetického poľa pri priblížení a nasledujúceho vzdialenia tohto magnetu od snímačovej cievky sa v nej indukuje napäťový impulz.

Toto usporiadanie sa používa napr. pri bicykloch alebo turbínových prietokomerov, kde je umiestnený malý permanentný magnet, na materiály z nemagnetického materiálu.

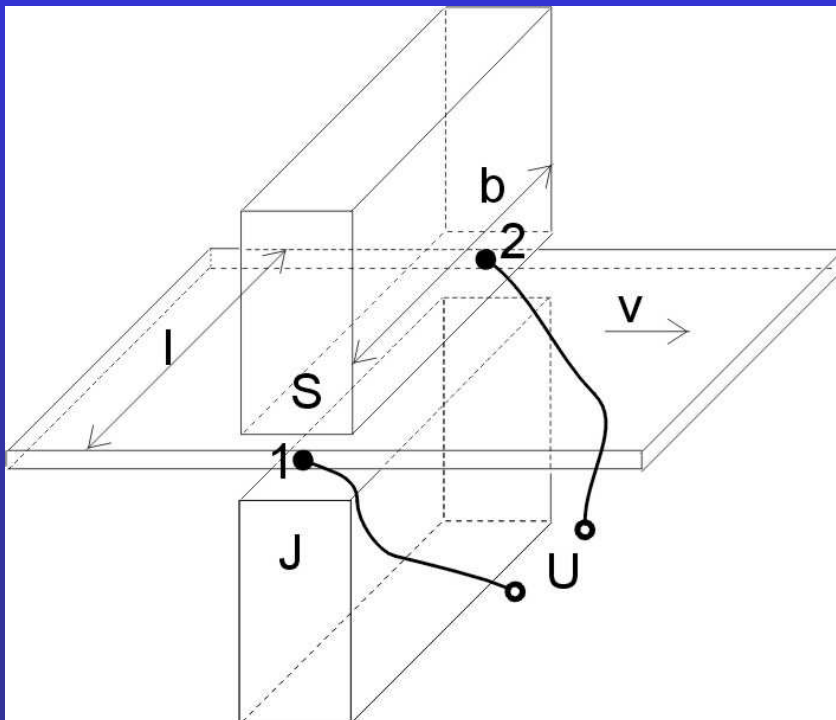
7.4.2 Snímače elektrodynamické

Ked' sa vodič pohybuje v magnetickom poli, indukuje sa v ňom elektrické napätie.

Ak je magnetické pole homogénne a pohyb vodiča kolmý na magnetické siločiaru, indukované napätie nadobúda hodnotu:

$$U = B.l.v \quad (4.1)$$

kde B je magnetická indukcia,
 l dĺžka aktívneho vodiča,
 v rýchlosť pohybu vodiča.



Ak pripojíme vodič k zdroju jednosmerného prúdu veľkosti I , pôsobí naňho sila:

$$F = B.I.l \quad (4.2)$$

Porovnaním rovníc (4.1) a (4.2) dostaneme:

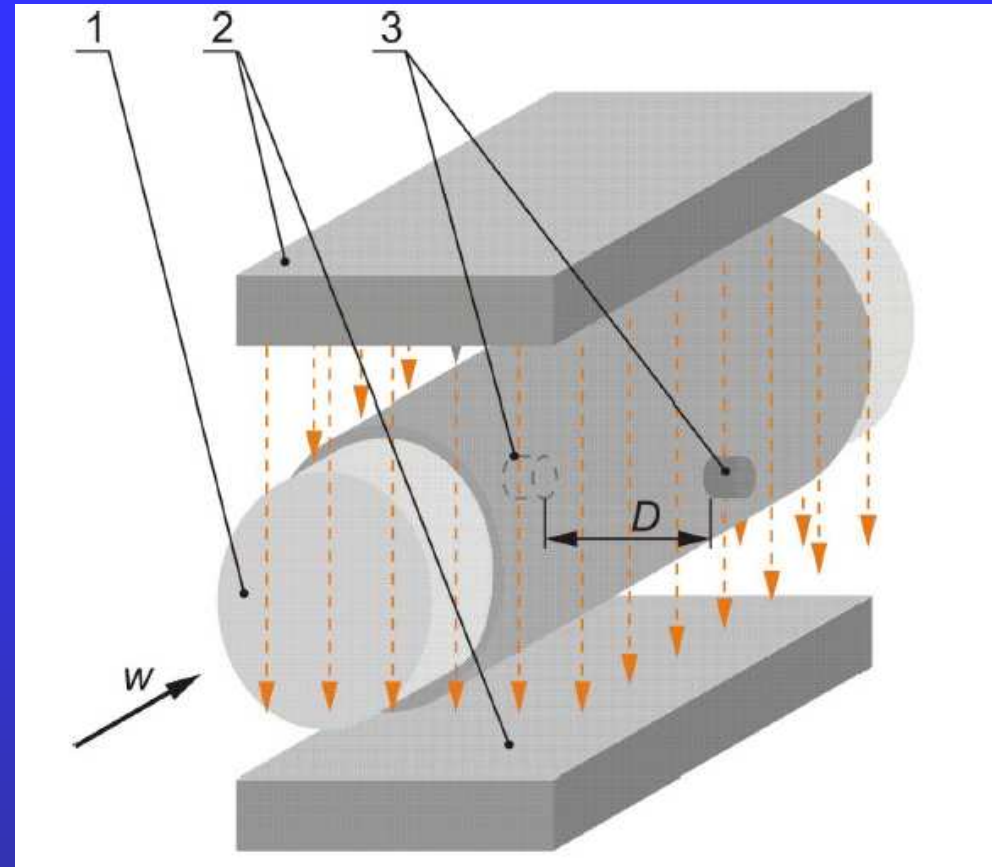
$$U = \frac{F}{I} \cdot v$$

Tento vzťah môžeme používať k statickému ciachovaniu snímača.

Jedným z elektrodynamických snímačov je i **indukčný prietokomer**.

U indukčného snímača prietoku, pohybujúcemu sa vodiču odpovedá elektricky vodivá kvapalina.

Permanentný magnet alebo elektromagnet vytvára magnetické pole, ktoré prechádza potrubím a kvapalinou.



Úsek potrubia medzi pólmi magnetu musí byť z neferomagnetického materiálu.

Na vnútornom priemeru trubky sú zabudované, kolmo na smer magnetických siločiar, dve elektródy pre snímanie indukovaného napätia, ktoré je úmerné rýchlosti kvapaliny.

7.5. TERMOELEKTRICKÉ SNÍMAČE

Využívajú termoelektrického javu, ktorý bol objavený ruským vedcom Epinusom už v roku 1758 a nemeckým fyzikom Seebeckom (1822).

Snímače dosiahli širokého využitia pre svoju jednoduchosť a odolnosť voči mechanickému a tepelnému namáhaniu.

Termoelektrické snímače sú vhodné pre široký rozsah teplôt a meranie ich rýchlych zmien.

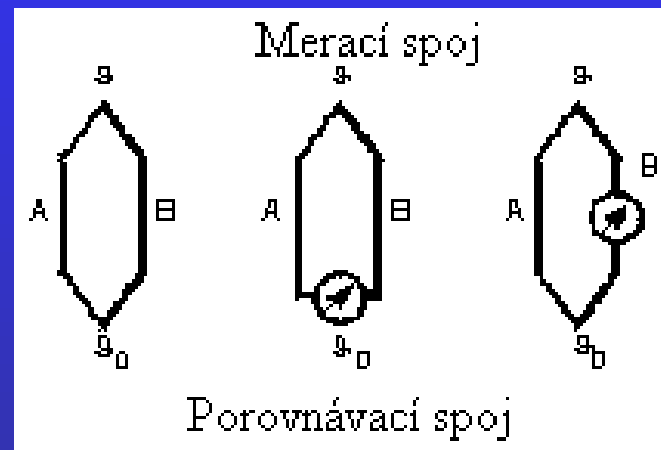
Z teórie pohybu voľných elektrónov v kovoch vieme, že na dotyku dvoch kovov môže vzniknúť rozdiel potenciálov, ak výstupné práce oboch kovov sú rôzne.

Pre rozdiel teplôt, ktoré sa vyskytujú v technickej praxi môžeme s dostatočnou presnosťou používať závislosť, podľa ktorej je termoelektrické napätie U je priamo úmerné rozdielu teplôt styku dvoch kovov.

Vo všeobecnosti sa jedná o kvadratickú závislosť, no pre technické merania sa využíva len počiatočná časť stúpajúcej charakteristiky, ktorá sa najviac blíži priamke.

7.5.1 Najjednoduchšie usporiadanie obvodu termoelektrického snímača

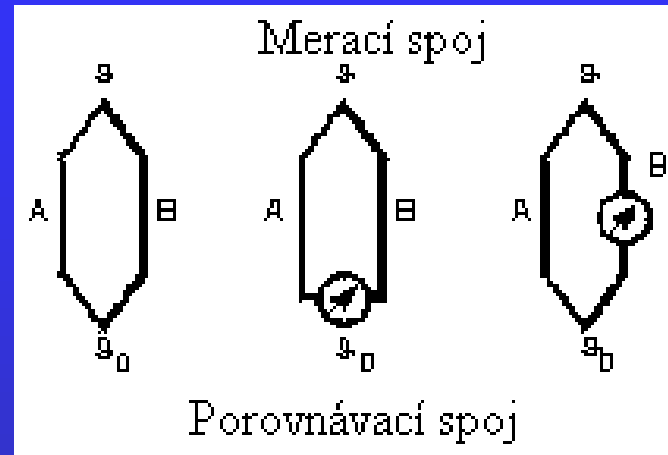
Obvod sa skladá z dvoch kovových vodičov A a B navzájom spolu spojených. Jeden z bodov spojení označujeme ako merací spoj, druhý ako porovnávací spoj.



Pre správnu funkciu snímača je potrebné, aby teplota porovnávacieho spoja bola konštantná, alebo aby vplyv termoelektrického napätia tohto spoja bol kompenzovaný.

Polarita termoelektrického napätia závisí len od materiálu, z ktorého je obvod vyrobený.

Ak chceme zmerať veľkosť termoelektrického napätia, musíme zapojiť do obvodu snímača merací prístroj buď tak, že rozpojíme porovnávací spoj (**obr. uprostred**) alebo tak, že zapojíme meradlo do jednej prerušenej vetvi termočlánku (**obr. vpravo**).



Obe spájacie svorky meradla musia mať rovnakú teplotu, aby pri zapojení meradla do obvodu nedošlo k zmene termoelektrického napätia.

V zjednodušenej forme môžeme závislosť termoelektrického napätia na teplote vyjadriť lineárnym vzťahom:

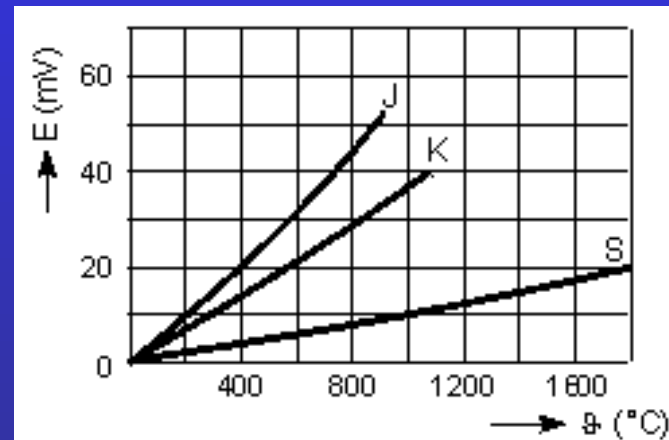
$$U = \alpha(T_0 - T_1)$$

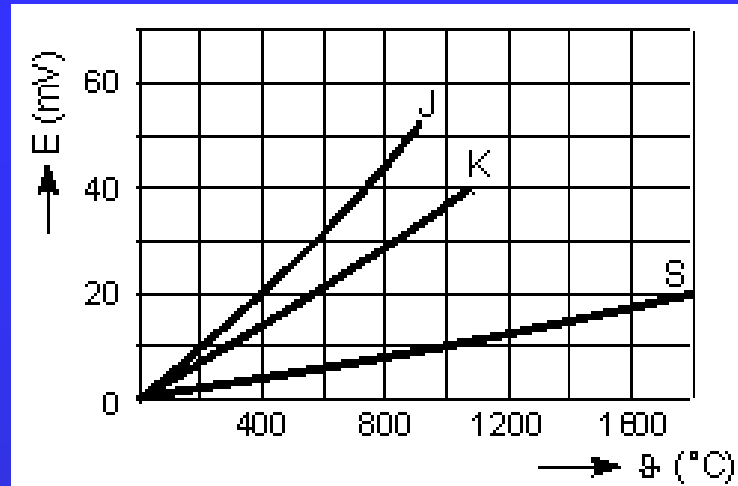
kde α je koeficient závislý na použitom materiály.

7.5.2 Materiál na výrobu termoelektrických článků

Má vykazovat' pokud' možno:

- velký a lineární přírůstek U v závislosti na teplotě (Obr.),
- stabilitu údaje při dlouhodobém používání,
- odolnost' proti chemickým a mechanickým vplyvom.





Páry materiálov pre vytvorenie termočlánkov sú normalizované – jednotlivé termočlánky označujeme veľkými písmenami:

J - (železo-med'nikel) – najrozšírenejší - **pre rozsah teplôt od -200 do +600 °C**
- termoel. napätie **5,37 mV/100 °C**

K - (nikelchróm-nikelhliník) - **v rozsahu od -50 do 1 000 °C**
- termoel. napätie **4,8 mV/100 °C**

S - (platinarhodium-platina) **sa používa v rozsahu od 0 do +1 300 °C**
- termoel. napätie **0,64 mV/100 °C**

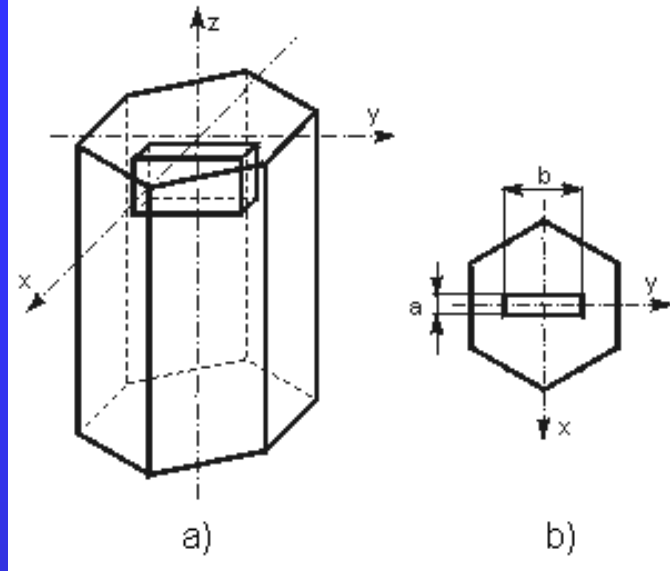
7.6 PIEZOELEKTRICKÉ SNÍMAČE

Pri mechanickej deformácii kryštalických látok, ktoré nemajú stredovú symetriu, vzniká na ich povrchu elektrický náboj, ktorého veľkosť je priamo úmerná uvedenej deformácii.

Tento jav označujeme ako piezoelektrický jav.

Objavili ho bratia Pierre a Jacques Curieovci roku 1880.

Spomenutý kryštál môže byť namáhaný ťahom, tlakom, krútením alebo ohybom, preto sa piezoelektrické snímače najčastejšie používajú na snímanie tlaku, sily a krútiaceho momentu.



Piezoelektrický snímač:

a) Kryštal kremeňa, b) Výbrus snímača

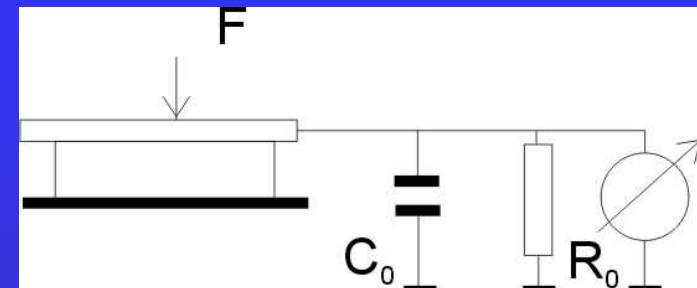
Piezoelektrický element tvorí výbrus získaný z kryštálu kremeňa (Obr.) vyrezaním doštičky, ktorej hrany sú rovnobežné s jednotlivými osami kryštálu (X - os elektrická, Y - os mechanická, Z - os optická).

6.2 Zapojenie snímača k meraciemu prístroju

Piezoelektrický snímač sa pri pôsobení neelektrickej veličiny chová ako generátor náboja.

K meraniu výstupného napätia je treba použiť merací prístroj (napr. obr.), ktorý pracuje v bezprúdovom režime.

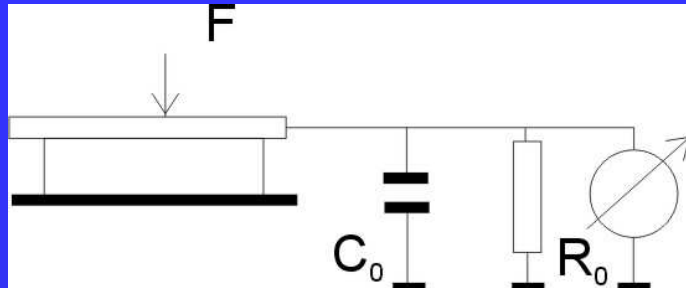
Požiadavku je možné splniť len čiastočne tak, že zmenšíme unikanie náboja z piezoelektrického snímača na minimum.



Pre zmenu výstupného napätia snímača platí:

$$U = \frac{Q_0}{C_0} e^{-\frac{t}{R_0 C_0}} = U_0 e^{-\frac{t}{R_0 C_0}}$$

kde Q_0 , U_0 je náboj a napätie na snímači v počiatku zaťaženia a t je doba, ktorá ubehla od začiatku zaťaženia.



Celková kapacita C_0 sa skladá z: kapacity vlastného snímača, prívodov a výstupnej kapacity meradla.

Odpor R_0 odpovedá odporu piezoelektrika, svoriek a prívodov a vstupného odporu meradla.

Charakteristickou veličinou snímača je aj časová konštanta, ktorá dosahuje rádovo stovky a viac sekúnd v závislosti od typu materiálu.

$$U = \frac{Q_0}{C_0} e^{-\frac{t}{R_0 C_0}} = U_0 e^{-\frac{t}{R_0 C_0}}$$

Veľkosť kapacity snímača podmieňujú rozmery a použitý materiál. Zvodový odpor závisí od použitého materiálu a väčšinou sa pohybuje v rozmedzí od 10^9 do $10^{14} \Omega$.

Na spracovanie signálu z piezoelektrických snímačov sa používajú zosilňovače s vysokou vstupnou impedanciou.

7.7 OPTOELEKTRONICKÉ SNÍMAČE využívající fotonapětový jav

- musia využívať vnútornú potenciálovú bariéru s elektrickým poľom na separáciu generovaných fotonosičov náboja,
- potenciálovú bariéru v polovodičoch vytvárame priechodom PN alebo Schotkyho priechodom.



Z hľadiska

- fotorezistor,
 - fotodióda,
 - fototranzistor.

snímače ako:

Pri fotorezistore sa využíva vnútorný fotoelektrický jav.

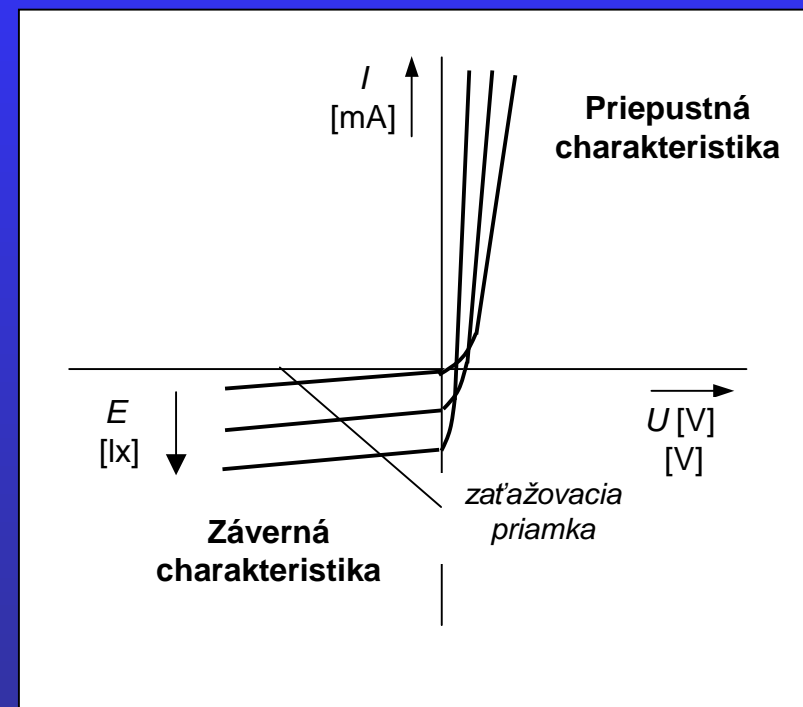
Najčastejšie sa používa polovodičový materiál CdSe naparený na keramickej podložke meandrovitého tvaru.

Hlavným parametrom charakterizujúcim fotoodpor je svetelná citlivosť, zmena hodnoty odporu v závislosti od osvetlenia. Jedná sa zväčša o pomalé zmeny odporu s osvetlením.

Pri fotodióde je PN priedchod ovplyvnený svetelným tokom..

Pri osvetlení vznikajú páry elektrón-diera, a tak dodatočný prúd diódou.

Pre účely detekcie je pracovný bod nastavovaný do 3. kvadrantu - najcitlivejšia závislosť od svetla je pri pólovaní v závernom smere, čiže fotodióda sa používa ako pasívny prvok.



Pri fototranzistore sa využíva prúd vzniknutý absorpciou žiarenia, ktorý je zosilnený tranzistorovým javom.