

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY



Snímače (převodníky) neelektrických veličin

OBSAH.....	2
1. Úvod.....	3
2. Rozdělení.....	3
3. Pasivní snímače (převodníky).....	4
3.1 Odporové snímače (převodníky).....	4
3.2 Indukčnostní snímače (převodníky).....	7
3.3 Kapacitní snímače (převodníky).....	8
3.4 Elektromechanické oscilátory (převodníky).....	8
4. Aktivní snímače (převodníky).....	9
4.1 Indukční snímače (převodníky).....	9
4.2 Piezoelektrické snímače (převodníky).....	10
4.3 Termoelektrické převodníky.....	10
4.4 Fotoelektrické snímače (převodníky).....	10
Literatura.....	12

1. Úvod

Snímače jsou zařízení, která snímají měřenou veličinu a vedou jí do převodníku nebo přímo k ukazateli, obvykle představují omezující část celého měřicího kanálu (přesnost, cena, materiálová a výrobní náročnost.).

Snímače mechanické - nejsou samy o sobě použitelné v automatizaci a u měřicích řetězců. Pro použití v těchto zařízeních musí být tyto snímače vybaveny vhodnými převodníky mechanické veličiny na jiný, obvykle elektrický signál. Tedy pojem snímač lze chápat jako snímání neelektrické veličiny a její převod na elektrickou veličinu.

2. Rozdělení

Snímače (převodníky) lze rozdělit:

a) podle vstupních neelektrických veličin rozeznáváme snímače

- mechanických veličin
- tepelných veličin
- chemických veličin
- záření

b) podle převodu vstupních veličin na elektrický signál rozeznáváme snímače

- aktivní (generátorové) - při působení neelektrické veličiny se snímač chová jako zdroj elektrické energie (např. termoelektrické, piezoelektrické, indukční) - odebírají energii potřebnou pro svou funkci z měřeného procesu.
- pasivní - působením neelektrické veličiny na snímač se mění některé z jeho parametrů (např. odporové, kapacitní, indukčnostní) - využívají část energie procesu pro změnu svých parametrů, další transformace na elektrický signál je podmíněna odběrem energie z pomocného zdroje.

c) podle způsobu převodu neelektrických veličin na elektrické

- jednoduchý převod - měřená neelektrická veličina se přímo mění na elektrickou veličinu (např. teplota - termočlánek, apod.).
- složitý převod (několikanásobný) - měřená neelektrická veličina se přímo mění na jinou neelektrickou veličinu a pak teprve na elektrickou.

Snímače se dále mohou dělit na bezdotykové, dotykové, apod. (dělení má význam zejména při řešení zvláštních požadavků).

Snímače hybridní a integrované se používají v technologických procesech s výkonovými členy (tyristory, ultrazvuk, vysokofrekvenční ohřev), kde lze správnou funkcí snímače zajistit jen obtížně (extrémní podmínky rušení). U snímačů s nízkou úrovní výstupního signálu je tedy nutné upravit signál na vyšší úroveň nebo na takový tvar, který nepodléhá rušení. Člen, kterým se tato úprava

provádí, musí být vestavěn ve snímači (odstranění rušení na trase přenosu) - vznikne tzv. hybridní snímač, v němž je sloučen blok snímače a blok elektrických obvodů. Integrovaný snímač má sloučené části čidla s částmi elektronických obvodů. Někdy je vybaven i vysílačem signálu (radiovým).

Intelligentní snímače (smart-sensor) využívají principů umělé inteligence pro kompenzaci vlivu změn okolí, zlepšení dynamických vlastností, linearity, atd. Korekce jsou zpracovány mikropočítačem z údajů pomocných převodníků (o parametrech okolí) a z paměti (o přenosových vlastnostech).

3. Pasivní snímače (převodníky)

3.1 Odporové snímače

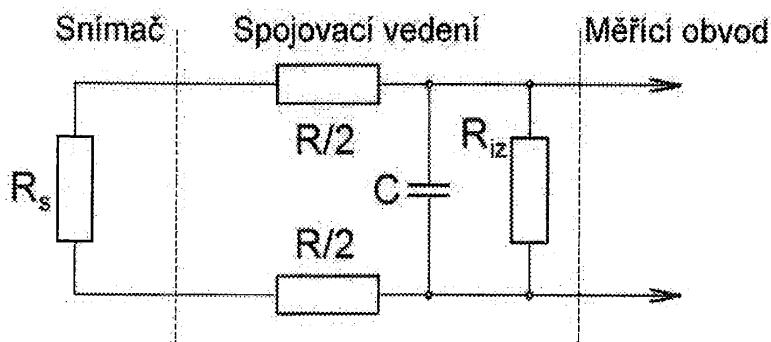
Měřená neelektrická veličina je snímačem (převodníkem) převedena na změnu odporu. Tyto snímače jsou zapojeny do obvodů s pomocným napětím, nejčastěji k vyváženému nebo nevyváženému můstku - obr.1. Vyznačují se jednoduchostí, celá skupina je velmi rozsáhlá a umožňuje řešení většiny problémů z oboru měření neelektrických veličin.

Odpor elektrického vodiče je dán vztahem

$$R = r \cdot \frac{l}{S} \quad (1)$$

kde ρ je měrná vodivost, l je délka vodiče a S průřez vodiče.

Vlastnosti spojovacího vedení mohou výrazně ovlivnit parametry snímače i přesnost měření. Aby nebyla ovlivněna citlivost snímače a chyby způsobené vedením (teplota, vlhkost, časová stálost, atd.) byly v přijatelných mezích, musí platit $R \ll R_s \ll R_{iz}$.

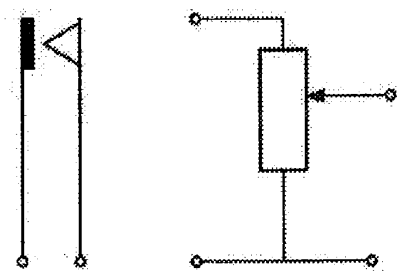


Obr. 1 - Elektrické náhradní schéma odporového snímače

Odporové snímače (převodníky) mohou být:

Kontaktové – obr.2a - odpor závisí na posunutí kontaktu. Kontakt může být ovládán přímo nebo nepřímo (změnou teploty, změnou magnetického pole). Přepínání (zapínání) kontaktuje vratné nebo nevratné (nutno regenerovat). Používají se k zapínání, vypínání, přepínání, mohou mít plynovou nebo kapalinovou náplň. Používají se i ke snímání zrychlení, otáček, vibrací, hladiny.

Potenciometrické a reostatové – obr.2b - využívají změny délky odporového vodiče pomocí pohyblivého (posuvného) kontaktu. Výstupní signál je vzhledem ke konečné hodnotě odporu a vstupní impedance indikátoru nelineární. Podle konstrukce se používají kruhové, deskové, šroubovicové, rtuťové, elektrolytické a speciální. Používají se k měření polohy (úhel i lineární), indikace polohy výkonových členů, měření hladiny, snímání tlaku.



Obr. 2 – a) kontaktový, b) potenciometrický snímač

Odporové tenzometry - mění svůj odpor v závislosti na deformaci a jsou charakterizovány tzv. součinitelem deformační citlivosti „ k “ a platí, že

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot e \quad (2)$$

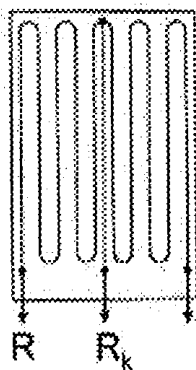
kde $\frac{\Delta R}{R}$ je poměrná změna odporu, $e = \frac{\Delta l}{l}$ je poměrné prodloužení (u kovových tenzometrů, drátkových i fóliových) je $k \approx 2$ a zjišťuje se u každé šarže měřením.

Deformační citlivost nalepeného tenzometrů k_0 je menší vlivem jeho konečných rozměrů a nedokonalého přenosu deformace, tedy

$$k_0 = a \cdot k \cdot \left(1 - \frac{k}{k}\right) \quad (3)$$

kde a je součinitel přenosu ($a = 0,98 - 1,0$), k je příčná deformační citlivost tenzometrů.

Odpor nalepeného tenzometrů závisí i na teplotě. Proto se vyrábějí i tenzometry s kompenzačním vinutím (obr.3) nebo samokompenzované.



Obr. 3 – Tenzometr s kompenzačním vinutím

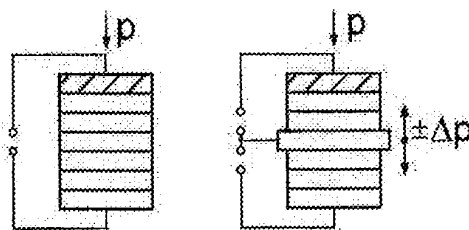
Polovodičové tenzometry - mají tvar tenkých pásků, vyrábějí se speciální technologií z monokrystalů křemíku s vodivostí P nebo H. Využívá se piezorezistentního jevu (změna koncentrace a pohyblivosti nositelů náboje při deformaci). Součinitel deformační citlivosti je až o 2 řády vyšší, než u tenzometrů drátkových, nepříznivá je však nelineární závislost odporu na deformaci a celkového odporu na teplotě, proto se lepí na součást s předpětím.

Snímače využívající stykového odporu - (obr.4) - odpor závisí na přechodovém odporu ve styku. Většinou se používá uhlíku nebo jiných polovodičů. Používá se 10 - 15 destiček o průměru 5 - 10 mm, tloušťky 0,5 - 3,5 mm. Přechodový odpor destiček závisí na tlaku (pro jednotlivé sloupce u diferenciálního uspořádání) dle vztahu

$$R_1 = R_0 + \frac{k_1}{p_0 + \Delta p} \quad (4)$$

$$R_2 = R_0 + \frac{k}{p_0 - \Delta p} \quad (5)$$

kde R_0 je odpor základní části desek, R_1 je odpor jednoho sloupce desek, R_2 je odpor druhého sloupce desek (diferenciální uspořádání), k, k_1 jsou konstanty, Δp značí změnu tlaku, p_0 je výchozí tlak.



Obr. 4 – Snímač využívající stykového odporu

Jsou-li u diferenciálního uspořádání oba sloupce stejné a platí - li, že $p_0 \gg \Delta p$, pak platí že

$$\Delta R = R_2 - R_1 \approx \frac{2 \cdot k_1 \cdot \Delta p}{p_0^2} \approx k_1 \cdot \Delta p \quad (6)$$

Odporové převodníky teploty - využívají závislosti elektrické vodivosti kovů, polovodičů, P-N přechodů, apod. na teplotě. Patří sem především odporové teploměry, které mají nelineární závislost odporu na teplotě, polovodičové teploměry křemíkové a germaniové (v kryogenice), dále drátkové anemometry atd.

3.2 Indukčnostní snímače (převodníky)

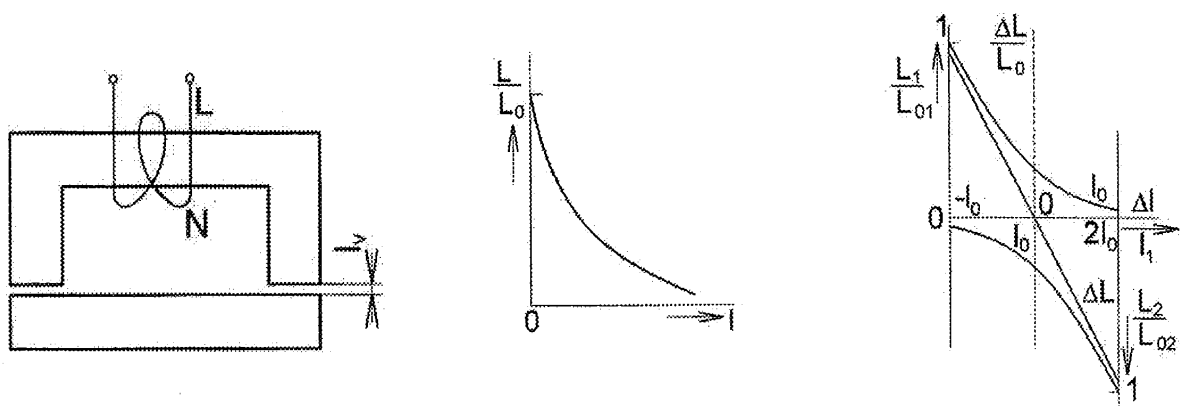
Funkce je odvozena od závislosti vlastní indukčnosti L , případně vzájemné indukčnosti M snímacích cívek na měřené veličině. Schéma je na obr.5. Platí, že

$$L = \frac{N^2}{Z_m} \quad (7)$$

$$M = K \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (8)$$

kde L je indukčnost, M je vzájemná indukčnost cívek (1,2), Z_m je magnetická impedance, K je součinitel vzájemné vazby a N je počet závitů cívky.

Do této skupiny snímačů (převodníků) patří i systémy s pohyblivým jádrem (v diferenciálním zapojení), převodníky s pohyblivou cívkou, úhlové polohy (selsyny), převodníky založené na magnetostrikčním jevu (nepřímé měření sil nebo deformace), indukčnostní převodníky teploty až do Curieovy teploty (nad ní se stávají paramagnetickými).



Obr. 5 - Indukčnostní převodník s malou mezerou, a) schéma sestavy, b) charakteristika, c) charakteristika při diferenciálním zapojení

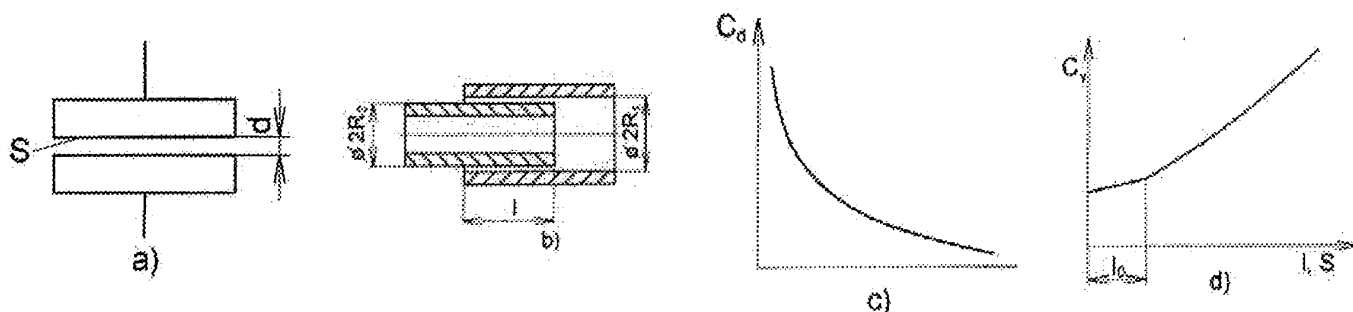
3.3 Kapacitní snímače (převodníky)

Využívají závislosti kapacity deskového C_d nebo válcového C_v kondenzátoru na geometrických rozměrech nebo na permitivitě - viz obr.6. Platí, že

$$C_d = \frac{S}{d} \quad (9)$$

$$C_v = \frac{e_0 \cdot e_r \cdot 2 \cdot p \cdot l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (10)$$

kde e_0, e_r je permitivita vakua, relativní permitivita dielektrika, d, l, R_1, R_2 - geometrické rozměry desky, resp. válce.



Obr. 6 - Kapacitní převodníky (snímače)

a) deskový, b) válcový, c) charakteristika deskového, d) charakteristika válcového převodníku

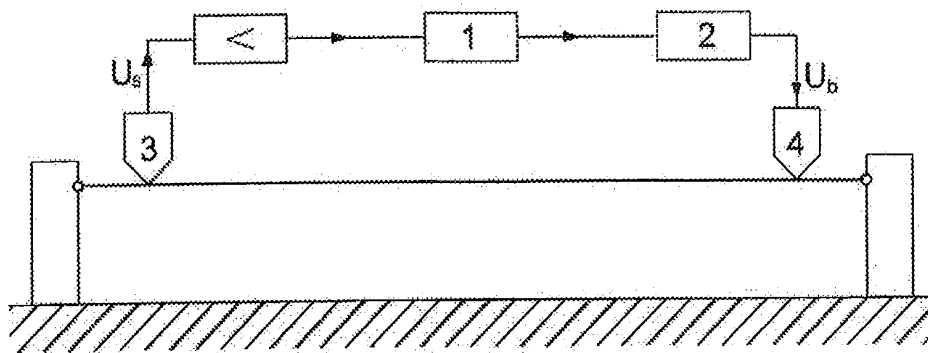
3.4 Elektromechanické oscilátory

Tyto snímače (převodníky) mají mechanický rezonanční obvod (obr.7), jehož vlastní frekvence Ω_0 je ovlivňována měřenou veličinou a elektrický zdroj buzení s kladnou zpětnou vazbou na krytí ztrát tlumením. Nejznámější je strunový oscilátor používaný pro měření deformací stavebních konstrukcí. Struna délky l je předepjata silou F a vlastní frekvence pak bude

$$\Omega_0 = \sqrt{\frac{F}{4 \cdot l^2 \cdot S \cdot \rho}} \quad (11)$$

kde ρ je hustota struny, l je délka a S průřez struny.

Mimo strunových oscilátorů se využívá mechanicko-elektrický oscilátor i jako převodník teploty. Využívá se závislosti vlastní frekvence piezoelektrických výbrusů na teplotě (např. křemíku).



Obr. 7 - Blokové schéma strunového oscilátoru

1 - fázový obvod, 2 - výkonový zesilovač, 3 - elektromagnetický snímač, 4 - budící elektromagnet

4. Aktivní snímače (převodníky)

Aktivní snímače (převodníky) nepotřebují ke své funkci zdroj elektrického napětí (proudu). Patří sem zde:

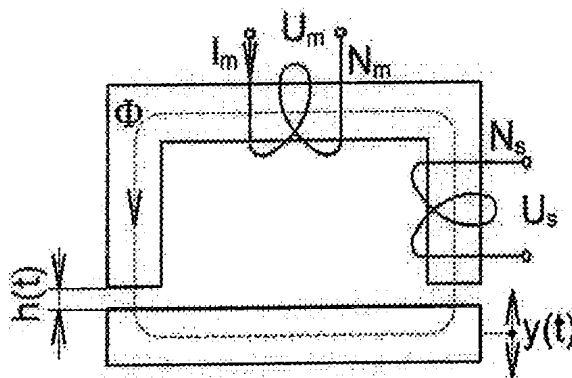
4.1 Indukční snímače (převodníky)

Ve snímací cívce snímače (převodníku) je generováno elektrické napětí buď vlivem časově proměnného magnetického pole nebo vlivem pohybu cívky ve stálém magnetickém poli.

Elektromagnetické převodníky (obr.8) - se používají např. ke snímání rychlosti pohybu (permanentní nebo buzený magnetický obvod). Výstupní signál snímací cívky

$$U_s = \frac{v \cdot N_s \cdot N_m \cdot I_m \cdot m_0 \cdot S}{(h + y)^2} \quad (12)$$

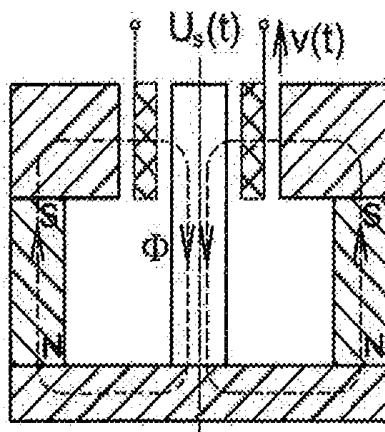
kde N_s a N_m je počet závitů snímací, resp. magnetové cívky, I_m je magnetizační proud, h je klidová vzdálenost kotvy, v je rychlost pohybu kotvy.



Obr. 8 - Elektromagnetický převodník

Elektrodynamické převodníky (obr.9) - generují výstupní napětí U_s úměrné rychlosti pohybu v snímací cívky s délkou vodiče l ve stálém magnetickém poli s magnetickou indukcí B . Výstupní napětí se pak stanoví ze vztahu

$$U_s = -B \cdot l \cdot v \quad (13)$$



Obr. 9 - Elektrodynamický převodník

4.2 Piezoelektrické snímače (převodníky)

Tyto snímače (převodníky) pracují na principu nepřímého piezoelektrického jevu, který je silně anizotropní. Při deformaci výbrusu krystalu působením síly F se mění na příslušných plochách výbrusu polarizace a objeví se volný náboj Q . Orientace těchto vektorů se definuje podle optické „z“ a elektrické, případně mechanické osy „x“, popř. „y“ krystalu. Plochy S_i mají polepy a vytvářejí tak kondenzátory s kapacitami C_i a náboj Q_i vyvolá napětí U_i podle vztahu

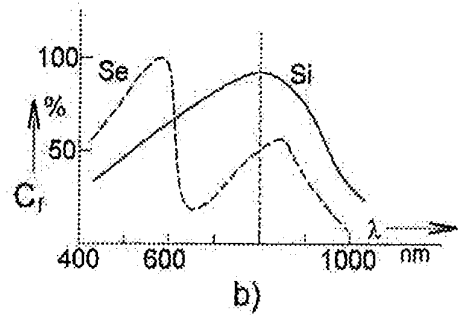
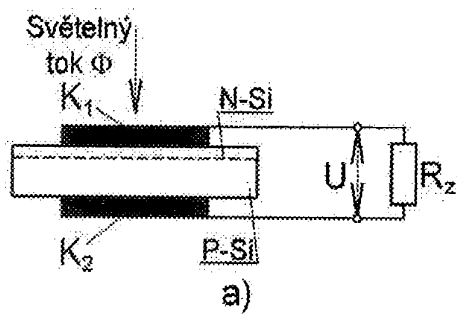
$$U_i = \frac{Q_i}{C_i} \quad (14)$$

4.3 Termoelektrické převodníky

Využívají termoelektrického jevu, který se projevuje vznikem rozdílu potenciálu na stykové ploše dvou kovů s odlišnou energií volných elektronů a závislosti tohoto napětí na teplotě

4.4 Fotoelektrické převodníky

Jsou založeny na fotovoltaiickém jevu. Při osvětlení přechodu dvou polovodičů nebo dvojice polovodič - kov vzniká elektrické napětí (na obr.10 je sestava křemíkové foto-diody)



Obr. 10 - Fotoelektronický převodník

a) sestava, b) spektrální charakteristika (C_f je citlivost a λ vlnová délka světla)

Vyšší citlivosti se dosahuje u fototranzistorů, kde světelný tok dopadá na přechod báze - emitor.

Literatura

- [1] Bráza, A., Jenčík, J.: *Technická měření*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996
- [2] Ďado, S., Kreidl, M.: *Měřicí převodníky fyzikálních veličin*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1990
- [3] Ďado, S., Kreidl, M.: *Senzory a měřicí obvody*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996