

# Porovnanie snímačov posunu (2)

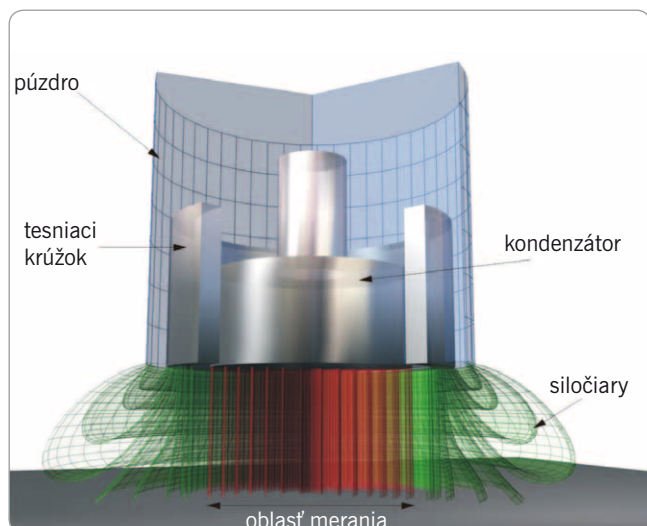
V tomto seriáli článkov porovnáваме rôzne meracie princípy na meranie posunu a vzdialenosti. Predchádzajúca časť sa venovala snímačom využívajúcim vírivé prúdy. Druhá časť sa venuje kapacitným snímačom. Obedva typy sú klasifikované ako elektromagnetické snímače. Druhá časť tiež vysvetľuje merací princíp a poukazuje na to, kedy sú kapacitné snímače tou správnou voľbou. V článku sú ďalej uvedené aj situácie, kedy možno použiť aj iný merací princíp okrem kapacitných snímačov, pretože každý merací princíp má svoje typické použitie v konkrétnych aplikáciách.

## Kapacitný merací princíp

Pri kapacitnom spôsobe merania vytvára snímač a meraný objekt ideálny doskový kondenzátor. Ak kondenzátorom preteká striedavý prúd s konštantnou frekvenciou a konštantnou amplitúdou, potom je veľkosť amplitúdy striedavého napätia na výstupe snímača priamo úmerná vzdialenosti od meraného cieľa (zemniacej elektródy).

V praxi možno vďaka vyhotoveniu snímača vo forme kondenzátora s tieniacim krúžkom dosiahnuť takmer ideálnu lineárnu charakteristiku. Pri stálom meraní sa však vyžaduje konštantné dielektrikum medzi snímačom a meraným objektom – tento systém je totiž veľmi citlivý na zmeny dielektrika v meracej medzere. Kapacitné snímače tiež merajú izolované materiály. Pri izolátoroch možno dosiahnuť takmer lineárny výstupný signál vďaka použitiu elektronického obvodu. Systém merania kapacity (ako elektromagnetický proces) možno štandardne použiť na meranie všetkých kovov s konštantnou citlivosťou a linearitou. Takýto merací systém vyhodnocuje reaktanciu doskového kondenzátora, ktorá sa presne mení v pomere k vzdialenosti.

Z hľadiska základného princípu fungovania kapacitného snímača je pole vyžarované aj bočne mimo elektródy, čo by mohlo viesť k nespresnej informácii o vzdialenosti meraného objektu. Na zníženie tohto „bočného efektu“ sa okolo elektródy montuje tieniaci krúžok. Ten obmedzuje vyžarovanie poľa a umožňuje generovať homogénne údaje z merania. Siločiarly poľa vyžarované z ochranného krúžku neskresľujú meranie. Pole prechádza aj plastom. Ak je v meracej medzere objekt z plastu, možno zistiť hrúbku izolačného materiálu medzi dvomi platňami kondenzátora (elektródou a protilahlým povrchom). Takto možno vyhodnotiť zmenu signálu, ktorý závisí od permitivity a hrúbky izolantu. Aby sa dosiahlo spoľahlivé meranie hrúbky, treba dodržať túto permitivitu konštantnú.



Obr. 1 Kapacitný princíp merania. Tieniacy krúžok poskytuje oveľa homogénnejšie meracie pole

## Vysokopresné meranie

Systémy na princípe kapacitných snímačov patria medzi vysoko-presné. Problémom je, že extrémne malé vzdialenosti zapríčínajú rovnako malé zmeny signálu. To znamená, že medzi snímačom a regulátorom na indikáciu zmeny vzdialenosti sa nachádza len niekoľko elektrónov. Ak sa na trase medzi snímačom a regulátorom

objavia veľmi malé zvodové alebo parazitické prúdy, informácia o veľkosti vzdialenosti už nie je správna. Z tohto dôvodu sa používajú veľmi zložité triaxiálne káble. Tieto špeciálne, hermeticky uzavreté rádiové káble poskytujú vysokú kvalitu signálu. Spolu s tieniacim krúžkom možno dosiahnuť veľmi presné merania. Teplotne ovplyvnená zmena vodivosti meraného objektu nemá vplyv na meranie. Preto je kapacitný princíp merania spoľahlivý aj pri teplotných fluktuáciách. Meracia elektróda je z hľadiska geometrického vyhotovenia veľmi prispôsobivá požiadavkám zákazníkov.

Kapacitné snímače capaNCDT patria medzi najpresnejšie snímače na svete. S nimi možno dosiahnuť rozlíšenie pod jeden nanometer. Medzi nesporné výhody snímačov spoločnosti Micro-Epsilon patrí ich rýchla výmena bez potreby recalibrácie. Bez potreby recalibrácie možno tiež vykonať jednoduchú výmenu snímačov s rôznymi rozsahmi merania a vzájomne nahradiť aj rôzne regulátory capaNCDT. Výmena snímača normálne zaberie len niekoľko sekúnd. Na rozdiel od ostatných, v súčasnosti dostupných systémov možno zrealizovať aj bezkontaktné uzemnenie meraného objektu. Ak dva kapacitné kanály, napr. na meranie hrúbky, musia byť zosynchronizované, musí byť meraný objekt uzemnený. Pri snímačoch capaNCDT je uzemnenie vykonané regulátorom, ktorý stále pracuje automaticky, opačne sfázovaný a synchronizovaný vo dvojici. Vo väčšine prípadov, pri často veľmi zložitých meraných objektoch nie je uzemnenie potrebné.

## Špecifikácia kapacitancie

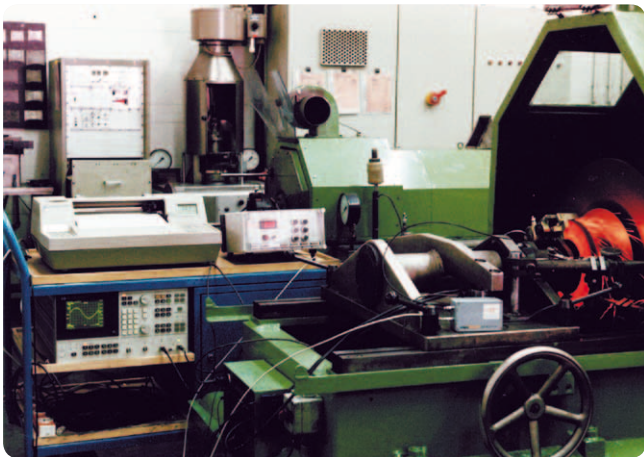
Pri tomto meracom princípe sa vyžaduje čisté a suché prostredie, pretože zmeny prostredia medzi snímačom a meraným objektom môžu meranie ovplyvniť. Trvale sa odporúča používať medzi snímačom a regulátorom relatívne krátke dĺžky prepájacích káblov. Pri zariadeniach so zabudovaným predzosilňovačom sa táto dĺžka definuje na 1 m (podľa modelu to možno rozšíriť do 3 m). S externým predzosilňovačom môže byť vzdialenosť medzi regulátorom a predzosilňovačom až do 20 m.

Kapacitné snímače sa používajú v aplikáciách, kde sa vyžadujú presné výsledky. Používajú sa na meranie vibrácií, oscilácií, výchylky, posunu, ohybu, deformácie a pod. Ak možno pre kapacitné snímače dosiahnuť čisté prostredie, používajú sa často aj na zabezpečenie kvality počas výroby.

Najnovšie kapacitné snímače na meranie posunu dosahujú presnosť 0,038 nm s meracím rozsahom od 0,05 mm. Vďaka výnimočnej teplotnej stabilite sú ideálne pre aplikácie s vysokými teplotami a tam, kde môže dôjsť k silnému posunu signálu v dôsledku teploty. Meranie na optickom princípe v takýchto prípadoch neprináša dobré výsledky, pretože napr. žiahané kovy neumožňujú dostatočne jasný odraz laserového bodu, čo môže viesť k chybným výsledkom merania.

## Aplikácia: Test brzd

Vhodným príkladom tohto meracieho princípu z oblasti strojárstva je deformácia brzdových kotúčov pri záťaži. S cieľom získať presné údaje o deformácii počas procesu brzdenia musí byť kotúč testovaný pri extrémnych podmienkach. Brzdny kotúč sa na testovacej stolici pohybuje rýchlosťou 2 000 rpm a pri teplote 600 °C. Na túto aplikáciu bolo potrebné vybrať vhodný systém merania, ktorý by umožnil vykonať veľký objem merania a ktorý nie je ovplyvnený zmenami v magnetickej a kapacitnej charakteristike meraného objektu zapríčineného teplotou.



**Obr. 2 Použitie snímačov pri testovaní bŕzd. Vysoká teplota brzdového kotúča nemá takmer žiaden vplyv na meranie. Na brzdovom kotúči sa merajú deformácie v rozsahu mikrometrov**

Snímač musí, samozrejme, ponúkať veľmi vysoké rozlíšenie, pretože vyskytujúce sa deformácie nedosahujú ani  $100\ \mu\text{m}$ . Kapacitný princíp merania je ideálny, nakoľko spĺňa všetky požadované podmienky. V tomto prípade nemožno využiť metódu využívajúcu vírivé prúdy, pretože veľké fluktuácie vodivosti a permeability zapríčinené gradientmi nemožno úplne vykompenzovať.

*Autor: Dipl. Wirt.-Ing. (FH) Florian Hofmann, MICRO-EPSILON MESSTECHNIK GmbH & Co. KG*

**Juraj Devečka**

[juraj.devecka@micro-epsilon.cz](mailto:juraj.devecka@micro-epsilon.cz)