

Porovnanie odporových a induktívnych snímačov dráhy

Odporové a induktívne snímače majú podobné metrologické vlastnosti – chyba oboch typov sa pohybuje približne od 0,2 do 0,5 % z ich rozsahu. Pracujú však na odlišných princípoch a líšia sa tiež cenou. Preto je aj oblasť ich optimálneho využitia rôzna. Tento článok opisuje základné vlastnosti oboch typov s cieľom pomôcť pri výbere vhodného typu pre danú aplikáciu.

Odporové snímače dráhy (lineárne potenciometre)

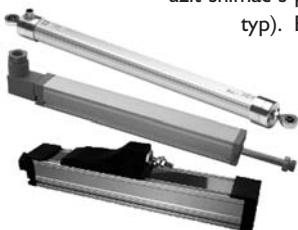
Odporové snímače dráhy pracujú na princípe lineárne premenlivého odporu. Odporová dráha je v tvare pásika, po ktorom sa pohybuje bežec. Ak na odporovú dráhu pripojíme elektrické napätie, na bežci bude napätie úmerné jeho polohe vzhľadom na začiatok odporovej dráhy. Z elektrického hľadiska ide teda o delič napätia.

V súčasnosti sa odporová dráha vyrába takmer výlučne z kvalitného elektricky vodivého plastu, čo zaručuje veľmi dobré parametre snímača. Snímače majú vysoké rozlíšenie, dlhú životnosť, vysoký teplotný rozsah a vzhľadom na kontaktný spôsob merania aj veľmi vysokú rýchlosť posuvu bežca po dráhe (až 10 m/s). To všetko za podmienky, že na snímač nepôsobia vysoké vibrácie. Tie môžu spôsobiť odsakovanie bežca od odporovej dráhy a následkom toho môže dôjsť ku krátkodobým výpadkom signálu. Problematické je tiež meranie oscilácií, t. j. rýchlych priebehov s malou amplitúdou. V takom prípade sa bežec pohybuje veľmi rýchlo na malej dráhe, preto môže dôjsť k vydraniu dráhy a trvalému poškodeniu snímača. Všeobecne teda nie je použitie odporových snímačov dráhy pri silných vibráciách vhodné.

Napriek uvedeným nedostatkom je odporová metóda merania dráhy (a tiež uhlu) jednou z najčastejšie používaných metód v priemysle (podľa niektorých zdrojov je to najčastejšie používaná metóda merania dráhy). Odporové snímače dráhy majú totiž najmenej štyri veľké prednosti. Po prvé, ide o absolútne meranie, t. j. po pripojení napájacieho napätia je informácia o meranej veličine okamžite k dispozícii. Po druhé, aplikácia snímača a tiež spracovanie signálu sú veľmi jednoduché. Po tretie, snímače potrebujú na svoju činnosť malý výkon, nakoľko sa štandardne zapájajú len ako napäťový delič. Po štvrté, snímače majú veľmi široký merací rozsah, bežne od 10 mm do 2 000 mm. Majú tiež veľmi priaznivý pomer meracieho rozsahu a celkovej dĺžky.

Odporové snímače dráhy sa dodávajú v širokom sortimente mechanických vyhotovení. Asi najčastejšie sa používa vyhotovenie s ťahadlom, ktoré sa vysúva z telesa snímača (obr. 1 – horný a stredný typ). Toto vyhotovenie sa dodáva aj s vratnou pružinou alebo s prírubovým prichytením. Pri väčších rozsahoch však môžu vzniknúť problémy s rozmermi, lebo pri úplnom vysunutí ťahadla sa zväčší dĺžka snímača na dvojnásobok (teleso snímača + ťahadlo). V takom prípade možno použiť snímač s paralelným vedením (obr. 1 – spodný typ). Bežec potenciometra je spojený (na

magnetickom princípe) s posuvnou hlavou, ktorá sa pohybuje po celej dĺžke snímača. Meraný objekt sa tak pohybuje paralelne s telesom snímača, takže snímač môže mať rozsah rovnaký, ako je dĺžka meraného objektu, napríklad stroja.



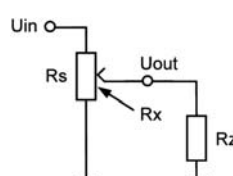
Obr.1 Odporové snímače dráhy

Pre extrémne náročné podmienky sa dodávajú odporové snímače dráhy naplnené olejom. Tieto typy majú odporovú dráhu navinutú z odporového drôtu a sú hermeticky uzavreté. Tým sa stávajú takmer necitlivými voči okolitým podmienkam. Pre aplikácie, v ktorých je rozhodujúca cena, je možné zakúpenie len samotnej odporovej dráhy a bežca. Dráha sa prichytáva lepením, bežec sa musí prichytiť na pohyblivú časť tak, aby bol rovnomerne prítlačný po celej dĺžke dráhy. Toto riešenie je ekonomicky výhodné, ale technicky dosť náročné. Určitým kompromisom je použitie fóliového snímača. Je to nová a veľmi zaujímavá technológia. Odporová dráha je nanosená na polyesterovej fólii a nad ňou je po celej dĺžke druhá fólia, ktorá je elektricky vodivá. Medzi oboma fóliami je medzera a celok je hermeticky uzavretý. Kontakty odporovej dráhy a hornej fólie sú vyvedené na konektor. Systém funguje tak, že pri stlačení hornej (vodivej) fólie dôjde ku kontaktu so spodnou (odporovou) fóliou a tým k zmene odporu na svorkách. Fólia sa prítlačá pomocou odpruženej guľôčky. Jej pohybom po fólii dochádza k zmene odporu v závislosti od polohy.

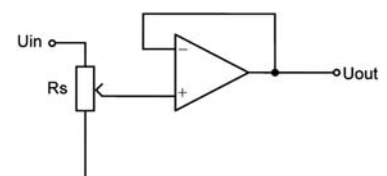
Signály z odporových snímačov dráhy sa vyhodnocujú jednoducho, treba však dodržať určité podmienky. Snímač R_s sa zapája ako odporový delič a napája sa stabilným napätím U_{in} (obr. 2). Z bežca sa potom odberá výstupné napätie U_{out} , pričom je zaťažený odporom R_z . Je to napr. vstupný odpor zobrazovacieho prístroja, analógovej karty počítača a pod. Výrobcovia obvykle uvádzajú maximálny prúd bežca 1 mA. To znamená, že ak by napájacie napätie bolo napr. 10 V, potom zaťažovací odpor R_z by mal byť najmenej 10 k Ω . To obvykle nie je problém dodržať. Väčší problém môže spočívať v tom, že zaťažovací odpor R_z zväčšuje celkovú chybu merania. R_z je paralelne pripojený k časti snímača R_x a tým deformuje charakteristiku $U_{out} = f(R_x)$. Je zrejme, že čím je R_z väčší, tým menší je jeho nežiaduci účinok. Ak je R_z dostatočne veľký (teoreticky nekonečný), jeho vplyv je nulový a závislosť $U_{out} = f(R_x)$ je lineárna. Dá sa pomerne jednoducho vypočítať, že kritická nie je absolútna veľkosť zaťažovacieho odporu R_z , ale jeho pomer k odporu snímača R_s . Čím je pomer R_z/R_s väčší, tým lepšie. V tab. 1 je uvedené, ako sa mení chyba linearity v závislosti od pomeru R_z/R_s .

R_z/R_s	100	10	5	1
chyba linearity v % FS.	$\pm 0,06$	$\pm 0,6$	$\pm 1,17$	$\pm 4,74$

Tab.1



Obr.2 Zapojenie odporového snímača dráhy



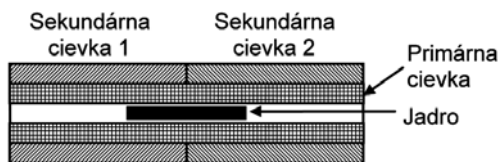
Obr.3 Optimálne pripojenie odporového snímača dráhy

Vidieť, že ak nechceme zvyšovať chybu linearity, musí platiť $R_z \geq 10 R_s$, inak chyba prudko stúpa.

Optimálny spôsob pripojenia odporového snímača dráhy teda vyžaduje, aby bol zaťažovací odpor čo najväčší. Vhodný spôsob je napr. pripojenie snímača na vstup operačného zosilňovača podľa obr. 3.

Induktívne snímače dráhy (LVDT)

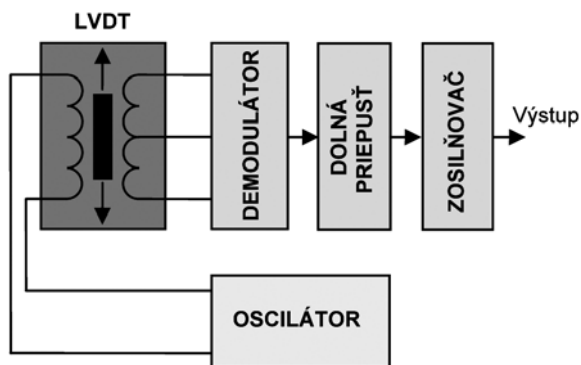
Induktívne snímače dráhy môžu pracovať na jednom z dvoch princípov: polmostík alebo diferenciálny transformátor (LVDT – Linear Variable Differential Transformer). Častejšie sa stretávame so snímačmi LVDT, nakoľko sú citlivejšie aj presnejšie. Majú jednu primárnu a dve sekundárne cievky usporiadané podľa obr. 4. V osi sa pohybuje jadro z feromagnetického materiálu, pričom konštrukcia snímača zabezpečuje, aby sa jadro nedotýkalo stien. Ide teda o bezkontaktný merací systém, čo je hlavná výhoda induktívnych snímačov oproti odporovým. Primárna cievka je budená striedavým napätím, obvykle v rozsahu 2,5 až 6 kHz, v sekundárnych cievkach sa indukuje striedavé napätie tak ako v bežnom transformátore. Jadro tvorí magnetický obvod transformátora. Ak je jadro v strede, väzba medzi primárnou a oboma sekundárnymi cievkami je rovnaká a aj výstupné napätia sú rovnaké. Pohybom jadra sa táto väzba mení a v dôsledku toho sa menia aj napätia v sekundárnych cievkach. Tie sa vyhodnocujú v demodulátore a následne sa signál upravuje dolnopriepustným filtrom a zosilňovačom. Na výstupe je potom štandardný analógový signál, napäťový alebo prúdový. Celý merací reťazec je na obr. 5.



Obr.4 Konštrukcia snímača LVDT

Parametre snímačov LVDT sú dané kvalitou vinutia cievok. Rozhodujúca je homogénnosť vinutia, t. j. jeho rovnomernosť a tiež kvalita drôtu, ktorý musí mať konštantný priemer. Už raz navinutú cievku nemožno mechanicky nijako zmeniť. To má priamy vplyv na presnosť snímača. V praxi sa v súčasnosti používajú dve triedy presnosti, a to $\pm 0,5\%$ a $\pm 0,25\%$, pričom hlavnú zložku chyby tvorí nelinearita prevodovej charakteristiky. Ak sa použije externá elektronika s mikropočítačom, prevodovú charakteristiku možno linearizovať a dosiahnuť presnosť $\pm 0,1\%$. Rozlišovacia schopnosť induktívnych snímačov dráhy je teoreticky nekonečná. V skutočnosti je ovplyvnená úrovňou šumu a vlastnosťami vyhodnocovacej elektroniky, takže v praxi možno počítať s rozlíšením 0,01 mm. Problémy s vinutím bývajú aj hlavný obmedzujúci činiteľ rozsahu týchto snímačov. Zatiaľ čo odporové snímače sa bežne vyrábajú až do rozsahu 2 m, pri induktívnych snímačoch je rozsah obmedzený približne na 350 mm.

Ak sa induktívne snímače používajú s externou elektronikou, bývajú zabudované v kryte (obvykle antikorová rúrka) s priemerom 20, 10, 12, prípadne 8 mm. Externá elektronika môže byť od snímača vzdialená až 100 m, ale treba dať pozor na rušivé vplyvy elektromagnetických polí. V každom prípade treba použiť tienový kábel a inštalovať ho mimo si-



Obr.5 Princíp induktívneho snímača dráhy

lových vedení. Snímače so zabudovanou elektronikou majú vonkajší priemer 20 alebo 22 mm. Obvykle majú štandardný analógový výstup 0 – 10 V alebo 4 – 20 mA, ale sú aj verzie s digitálnym výstupom (CANopen, SSI) alebo snímače s pasívnou prúdovou slučkou. To znamená, že sú napájané priamo z prúdovej slučky a nepotrebujú ďalší napájací zdroj. Elektronika je zaliata vnútri snímača, je preto vodotesná. Niektoré typy umožňujú dokonca použitie pod vodou.



Obr.6 Induktívne snímače dráhy

Montáž snímačov

Potenciometrické a induktívne snímače s valcovým krytom sa prichytávajú pomocou príchytiek dodávaných spolu so snímačom (obvykle ich treba objednať zvlášť). Dôležité je, aby bol hriadeľ vedený presne v osi snímača. Ak to tak nie je, zvyšuje sa trenie, v dôsledku toho sa znižuje životnosť a zvyšuje sa aj chyba merania. Preto je vhodné použiť na konci hriadeľa guľové ložisko. Ak je to možné, guľové ložisko treba použiť aj na prichytenie samotného snímača. Snímače v hranatých krytoch sa montujú pomocou jednoduchých príchytiek dodávaných spolu so snímačom. Platí pre ne to isté ako predtým – vodiaca tyč môže byť namáhaná len v axiálnom smere, nikdy nie do strany. Opäť je vhodné použiť na konci vodiacej tyče guľové ložisko.

	odporový snímač (vodivý plast)	induktívny snímač (LVDT)
rozsah merania (mm)	10 – 2 000	1 – 300
rozlíšenie (mm)	< 1/100	< 1/100
chyba linearity % (trieda presnosti)	0,5 – 0,1	0,5 – 0,1
opakovateľnosť (mm)	< 1/100	< 1/100
analógový výstup	f(U)	0 – 10/±10 V 0(4) – 20 mA
digitálny výstup	nie	je možný
elektronika	externá	externá alebo zabudovaná
krytie	≤ IP64	IP65 – IP68
rozsah pracovných teplôt °C	-30 až +100	-25 až +85
životnosť (mil. cyklov)	10 – 100	teoreticky nekonečná
pomer meracieho rozsahu a celkovej dĺžky	1 : 1,4	1 : 2 (1 : 4)
cenový faktor	1	2 – 3

Tab.2 Porovnanie parametrov štandardných odporových a induktívnych snímačov

Záver

Porovnanie hlavných parametrov odporových a induktívnych snímačov dráhy je v tab. 2. Nedá sa však jednoznačne povedať, ktorý typ snímača je „lepší“. Cenovo najvýhodnejší je jednoznačne odporový typ. Ak vyhovujú jeho parametre a podmienky aplikácie, je to asi najlepšia voľba. Ak z nejakých dôvodov nevyhovuje, treba použiť induktívny, prípadne iný typ.

Ing. Jozef Čukan, CSc.

e-mail: jozef.cukan@emsyst.sk

50