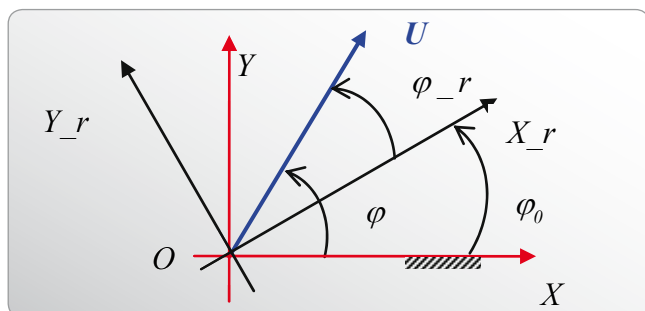


Číslicové snímače polohy, rychlosti a zrychlenia (1)

V seriáli článkov sa budeme venovať číslicovým snímačom polohy, rychlosti a zrychlenia pre rotačné a lineárne motory. Využívajú sa pri aplikáciách v robotike, obrábacích strojoch, riadení technologických liniek a priemyselných pohonoch. Cieľom tohto príspevku je poukázať na moderné aplikácie snímačov polohy, rychlosti a zrychlenia v číslicových servopohonoch.

Snímače polohy

Poloha je fyzikálna veličina, ktorá je viazaná na predmet. Polohu predmetu v priestore môžeme charakterizovať jej súradnicami v karteziánskom alebo polárnom súradnicovom systéme. V rovine môžeme pomocou vektora \hat{u} charakterizovať polohu rotora – uhol natočenia alebo veľkosť posunu (obr. 1).



Obr. 1 Zobrazenie vektora v súradnicových systémoch, absolútny X, Y a relatívny: X_r, Y_r súradnicový systém

Vektor \hat{u} v absolútnom súradnicovom systéme možno vyjadriť vzťahom:

$$\text{Nech platí } \hat{u} = \hat{I} = e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi \quad (1)$$

potom v polárnom súradnicovom systéme je poloha vektora vyjadrená uhlom φ .

$$\hat{u} = e^{j\varphi} \quad (2)$$

V karteziánskom súradnicovom systéme je poloha vektora vyjadrená nepriamo dvomi trigonometrickými funkciami uhla $\sin \varphi$ a $\cos \varphi$.

$$\hat{u} = \cos \varphi + j \sin \varphi \quad (3)$$

Uhol φ sa priamo môže vypočítavať pomocou vzťahu:

$$\varphi = \arctg \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \quad (4)$$

Tieto dva princípy sú základné a využívajú sa pri všetkých typoch snímačov polohy.

Absolútnu polohu vektora \hat{u} (obr. 1) charakterizuje uhol φ definovaný uhlom, ktorý zvierá os X súradnicového systému s vektorom \hat{u} .

Polohu vektora \hat{u} môžeme vyjadriť aj v relatívnom súradnicovom systéme. Prírastok – inkrement polohy je vyjadrený uhlom φ_r definovaným uhlom, ktorý zvierá os X_r súradnicového systému s vektorom \hat{u} .

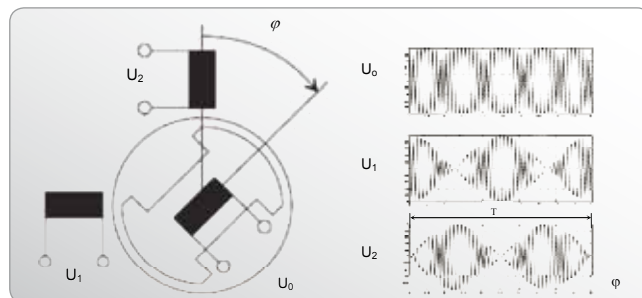
Platia potom nasledujúce vzťahy:

$$\hat{u}_r = \hat{I}_r = e^{j\varphi_r} = \cos \varphi_r + j \sin \varphi_r, \text{ kde } \varphi_r = \arctg \frac{\sin \varphi_r}{\cos \varphi_r} \quad (5)$$

Poloha – uhol natočenia vektora \hat{u} ako vektorová fyzikálna veličina – je vyjadrená veľkosťou a smerom (znamienková funkcia +/-). Na jej určenie je potrebná vo všeobecnosti znalosť dvoch trigonometrických funkcií $\sin \varphi$ a $\cos \varphi$!

Ako príklad môžeme uviesť schému indukčného bezdotykového snímača polohy – selsyn resolver (obr. 2), ktorý má jedno vinutie na rotore napájané referenčným signálom U_0 a dve snímacie

vinutia U_1, U_2 na statore, ktoré sú vzájomne kolmé. Modulované signály U_1 a U_2 obsahujú zložku sin a cos uhla natočenia rotora φ .



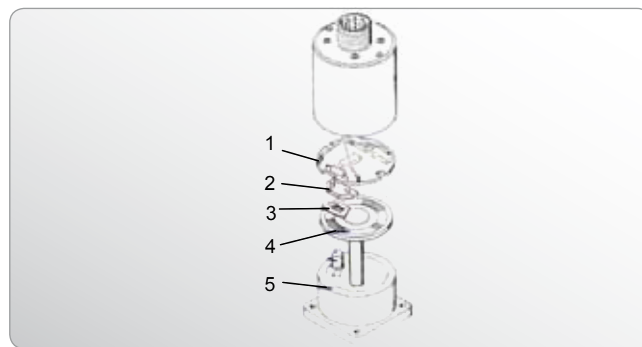
Obr. 2 Indukčný snímač polohy – selsyn resolver

Číslicové snímače polohy delíme na:

- absolútne (kódové pravítka, selsyn resolver),
- prírastkové (IRC snímače).

Inkrementálne prírastkové rotačné snímače

Inkrementálne prírastkové rotačné snímače IRC sa v angličtine označujú optical shaft encoder, incremental encoder. Určené sú na prevod informácií o vzájomnej polohe dvoch mechanických celkov na zodpovedajúce elektrické impulzy, pričom počet impulzov zodpovedá veľkosti zmeny polohy a frekvencia impulzov rychlosti pohybu. Snímače sú označované ako prírastkové, čo znamená, že údaj o polohe charakterizuje prírastok polohy. Na inicializáciu snímača sa môže využiť nulový impulz I.



Obr. 3 IRC snímač polohy

Snímač na obr. 3 je konštruovaný ako kompaktné teleso valcovitého tvaru. Pozostáva z nasledujúcich funkčných skupín:

- 1)elektronické obvody s výstupným konektorom,
- 2)fotoelektrický merací systém,
- 3)nóniový kotúč (stator),
- 4)odmeriavací kotúč (rotor),
- 5)základné teleso s osvetľovacou sústavou.

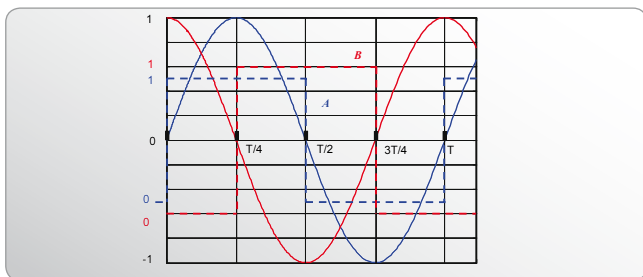
V základnom telese je namontované špeciálne presné vreteno, ktoré prenáša odmeriavaný pohyb. Odmeriavací kotúč je sklenený s pravidelným delením, ktoré je realizované striedaním priehľadných a nepriehľadných rysiek. Počet rysiek potom určuje počet impulzov na otáčku. Odmeriavací kotúč je centricky namontovaný na hriadeľ snímača. Nóniový kotúč má pravidelné delenie zhodné s delením odmeriavacieho kotúča a usporiadané do segmentov. Je centricky namontovaný do základného telesa.

Rastre rotora a statora sú presvetľované rovnobežným zväzkom lúčov. Modulovaný svetelný tok je snímaný fototranzistormi, ktoré zmeny svetelného signálu prevádzajú na zodpovedajúce elektrické signály. V elektronických obvodoch sú potom spracované tri signály pravouhlého tvaru. Dva sú periodické signály A, B, ktorých počet zodpovedá deleniu odmeriavacieho kotúča. Aby bola možnosť rozlíšenia smeru otáčania snímača, sú tieto signály vzájomne posunuté o 90° elektrických. Tretí výstupný signál – nulový impulz I – je tvorený jedným impulzom na jednu mechanickú otáčku snímača a je určený na nastavenie referenčnej polohy. N_{mech} – počet impulzov na otáčku určuje mechanickú rozlišovaciu schopnosť IRC snímača.

Snímač charakterizuje údaj o mechanickej rozlišovacej schopnosti. Tento údaj je súčasťou označenia na štítku IRC snímača; napr. $N_{mech} = 1\ 000\ imp./ot.$ predstavuje snímač, ktorý môže dosiahnuť maximálnu presnosť polohovania, daný jednotkovým prírastkom uhla:

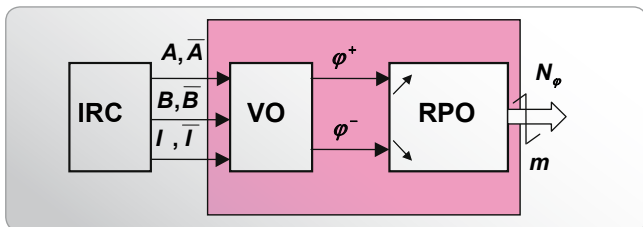
$$\Delta\varphi_{mech} = \frac{2\pi}{N_{mech}} = \frac{2\pi}{1e^3} = 2\pi e^{-3}\ rad / imp \quad (6)$$

IRC snímače môžu mať napájacie napätie DC zdroja 5 až 30 V. Výstupné napätie signálov (A, B, I) je obdĺžnikové (obr. 4) alebo sínusové 10 až 30 V.



Obr. 4 Výstupné signály z IRC snímača A, B

Výstupné signály z IRC snímača sa spracúvajú vo vstupno-výstupnej karte, ktorá transformuje informáciu o polohe z hladinových signálov A, B na číslcový údaj.

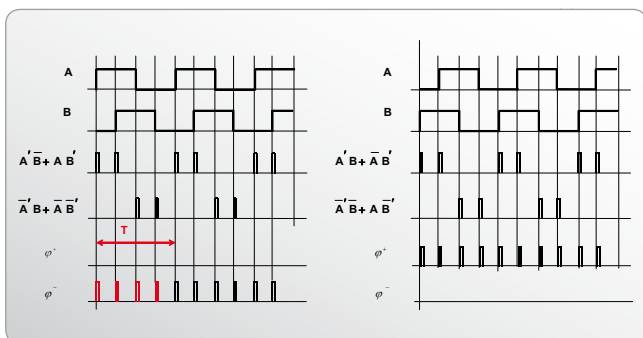


Obr. 5 Bloková schéma vyhodnocovacieho obvodu polohy IRC; IRC – inkrementálny snímač polohy, VO – vyhodnocovací logický obvod polohy v unitárnom kóde, RPO – reverzibilné počítadlo

Algoritmus prevodu signálov A, B IRC snímača na unitárny kód

Z elektrických signálov sa v bloku VO z hladinových signálov A, B a ich derivácií A' , B' vyhodnocuje pomocou logických funkcií prírastok polohy v unitárnom kóde pre pohyb v kladnom a zápornom smere podľa uvedených logických funkcií:

$$\begin{aligned} \varphi^+ &= 0 & \varphi^+ &= A' \cdot B + \bar{A} \cdot B' + \bar{A}' \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{B}' \\ \varphi^- &= A' \cdot \bar{B} + A \cdot B' + \bar{A}' \cdot \bar{B}' + \bar{A} \cdot B' & \varphi^- &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$



Obr. 6 Výstupné signály z vyhodnocovacieho logického obvodu

Obr. 6 graficky znázorňuje výpočtový algoritmus výpočtu polohy. Vyhodnocovací obvod zvyšuje mechanickú – základnú rozlišovaciu schopnosť IRC 4-krát.

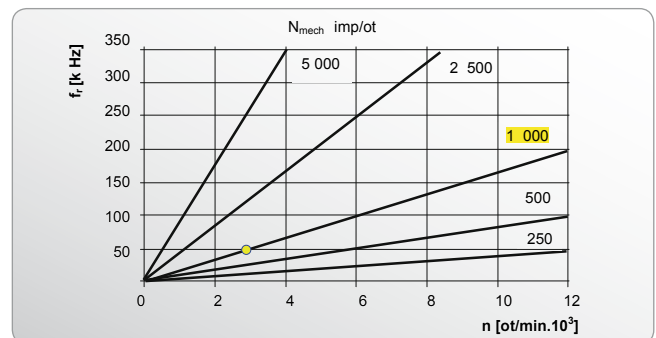
Platí:

$$N_{el} = 4 \cdot N_{mech} \quad (8)$$

Ako príklad možno uviesť vstupno-výstupnú kartu MF 624 od firmy Humusoft, ktorá umožňuje spracovať až štyri vstupné kanály (vstupy A, B), pričom vstupná frekvencia je maximálne 2,5 MHz a rozlíšenie $m = 32$ bit.

Pre výber inkrementálneho snímača je limitujúca maximálna výstupná frekvencia signálov z IRC snímača $f_{max,r}$. Nech sú maximálne otáčky snímača $n = n_{max} = 3\ 000\ min^{-1}$, rozlišovacia schopnosť snímača je $N_{mech} = 1\ 000\ imp./ot.$, potom maximálna výstupná frekvencia je $f_{max,r} = f_{max} \cdot N_{mech} = \frac{n_{max}}{60} \cdot N_{mech} = 50\ kHz$.

Pri výbere parametrov IRC snímača možno použiť nasledujúci diagram.



Obr. 7 Závislosť požadovanej frekvencie výstupných impulzov IRC snímača od otáčok; parametrom je rozlišovacia schopnosť snímača – počet impulzov na otáčku.

Príklad: katalógový list inkrementálneho rotačného snímača IRC 205 od firmy LARM.

Údaje o obmedzení mechanickej veličín:

- otáčky $10\ 000\ min^{-1}$,
- uhlové zrýchlenie $40\ 000\ rad. s^{-2}$,
- moment zotrvačnosti mechanickej časti $20\ gcm^2 \pm 10\ %$.

Počet impulzov na otáčku (binárne alebo dekadické delenie):

84, 96, 100, 108, 124, 128, 168, 192, 200, 250, 400, 500, 600, 720, 900, 1 000, 1 024, 1 250, 2 048, 2 500, 3 600, 4 098 a 5 000 s jedným nulovým impulzom na otáčku.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. V MSP-II-0015-09

prof. Ing. Milan Žalman, PhD.

Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
FEI STU v Bratislave
milan.zalman@stuba.sk