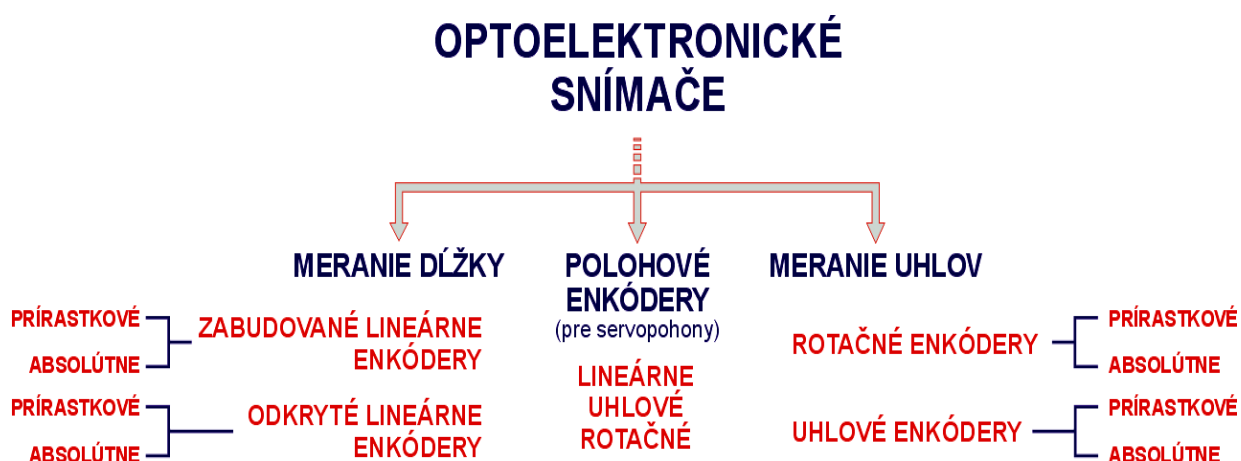


# OPTOELEKTRONICKÉ INKREMENTÁLNE A ABSOLÚTNE SNÍMAČE

Pod *optoelektronickým snímaním* budeme rozumieť spôsob snímania lineárnej alebo rotačnej dráhy/odchýlky, kedy sa fyzikálna hodnota zmeny polohy (lineárnej alebo rotačnej) premieňa na výstupný prírastkový alebo absolútny elektrický signál sinusového alebo TTL/HTL priebehu formou prerušovania svetelného lúča presne formátovaným rastrom (mriežkou, delením) vytvoreným na nosiči (väčšinou sklenenom, ale aj kovovom) gravírovaním (vyrytím, staršie typy), leptaním alebo nanášaním (väčšinou kovového povlaku).

Rozdelenie optoelektronických snímačov uvádza obr. 1 :



**Obr. 1** Rozdelenie optoelektronických snímačov

Prírastkovým (inkrementálnym) snímaním budeme rozumieť spôsob snímania meranej veličiny, kedy meraná hodnota sa sníma formou inkrementálneho (prírastkového) napočítavania jednotkového signálu zo snímača (prerušenie svetelného toku = inkrement, prírastok), pričom počiatok načítavania môže byť zadaný v ľubovoľnom bode pracovného rozsahu snímača, napr. prerušením napájania, značkou alebo inak.

Absolútnym snímaním budeme rozumieť spôsob snímania, kedy sa načítava konkrétna kódovaná hodnota polohy snímača buď v jednej otáčke, pri jednom zdvihu alebo pri viacerých otáčkach/zdvihoch, pričom počiatok je presne definovaný a odpamätávaný aj po prerušení napájania. Pre presnejšie meranie sa kombinuje kódovaná absolútna hodnota s interpolovanou prírastkovou hodnotou.

U **inkrementálnych snímačov uhlového natočenia a rotačných snímačov** sa sníma aktuálna poloha – vychádzajúca z jedného vzťažného bodu – načítaním meracích krokov, resp. načítaním periód signálu. Pre opakovanie vzťažného bodu majú inkrementálne snímače polohy HEIDENHAIN referenčné značky, ktoré sa musia po štarte prejsť.

**Inkrementálne rotačné snímače s komutačným signálom** udávajú – bez pootočenia - uhlovú polohu pre náfázovanie točivého poľa motorov s permanentnými magnetmi.

**Absolútne snímače uhlovej polohy a rotačné snímače** udávajú po zapnutí stroja absolútnu uhlovú polohu bez nutnosti pootočenia. **Singleturn – jednootáčkové** snímače udávajú uhlovú polohu absolútne v rozsahu jednej otáčky, zatiaľ čo rotačné snímače **Multiturn** dodatočne rozlišujú viacej otáčok.

Absolútne uhlové a rotačné snímače HEIDENHAIN udávajú hodnotu pozície cez **sériové dátové rozhranie – EnDat, SSI, PROFIBUS-DP** alebo iné. Obojsmerné rozhranie **EnDat** alebo **PROFIBUS-DP** podporuje automatické uvedenie do činnosti, ako aj funkcie sledovania

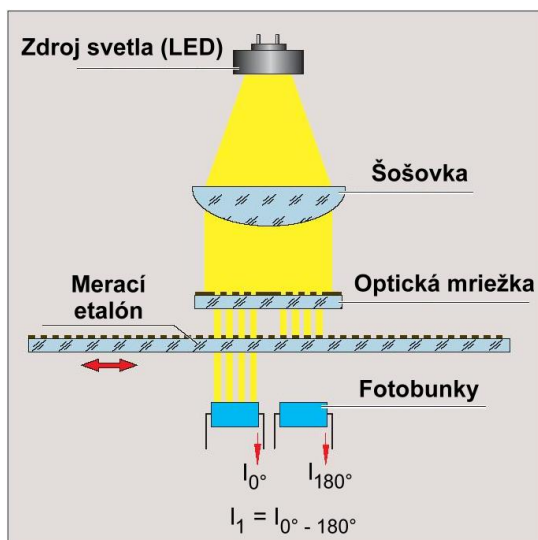
a diagnózy. U **programovateľných rotačných snímačov** sú rôzne funkcie a parametre nastaviteľné pomocou počítačového softwaru.

## Princíp merania optoelektronického snímača

**Inkrementálny** rotačný/lineárny **snímač** prevádza rotačný/lineárny pohyb na elektrické signály. Prevod mechanického pohybu na elektrické signály sa zabezpečuje fotoelektrickým bezkontaktným spôsobom podľa obr. 2. Snímač má potom takú rozlišovaciu schopnosť (krok merania) a takú presnosť, s akou presnosťou je vyrobený raster na kotúčoch snímača, ako jeho jadra.

Z časového sledu elektrických signálov je možné zistiť uhol pootočenia, smer pootočenia, smer otáčania, rýchlosť otáčania sa jedného mechanického celku voči druhému. Vysoká rozlišovacia schopnosť, fotoelektrické bezkontaktné snímanie pohybu a mechanická odolnosť konštrukcie zabezpečuje vysokú presnosť a spoľahlivosť inkrementálneho rotačného/lineárneho snímača.

Principiálne to funguje nasledovne : svetelný signál zo zdroja (LED) je usmernený optickou sústavou (šošovka) do dostatočne lineárneho svetelného prúdu, ten sa prechodom cez optickú mriežku rozkladá na úzke vzorky, ktoré dopadajú na kalibrovaný merací etalón s presným rastrom. Cez mriežku etalónu prenikajú na svetlocitlivý fotosnímač (fotobunka, fotónka), ktorých je spravidla viac s fázovým posunutím. V prípade lineárneho snímača je potom sledovaný počet prechodov na jednotlivé fotosnímače a z toho potom vyhodnocovacia elektronika stanovuje absolútnu hodnotu nameranej vzdialenosti. To podmieňuje obmedzený rozsah lineárneho snímača. V prípade rotačného snímača je vzorkovanie podobné, akurát obmedzenie v otáčkach nemusí striktne existovať ( $n \times 360^\circ$ ).



**Obr. 2** Princíp optoelektronického inkrementálneho snímača (enkódera)

Merací krok závisí od jemnosti mriežky základného a etalónového kotúča/bežca. Jemnosť delenia je závislá od dostupnej technológie výroby kotúča/bežca.

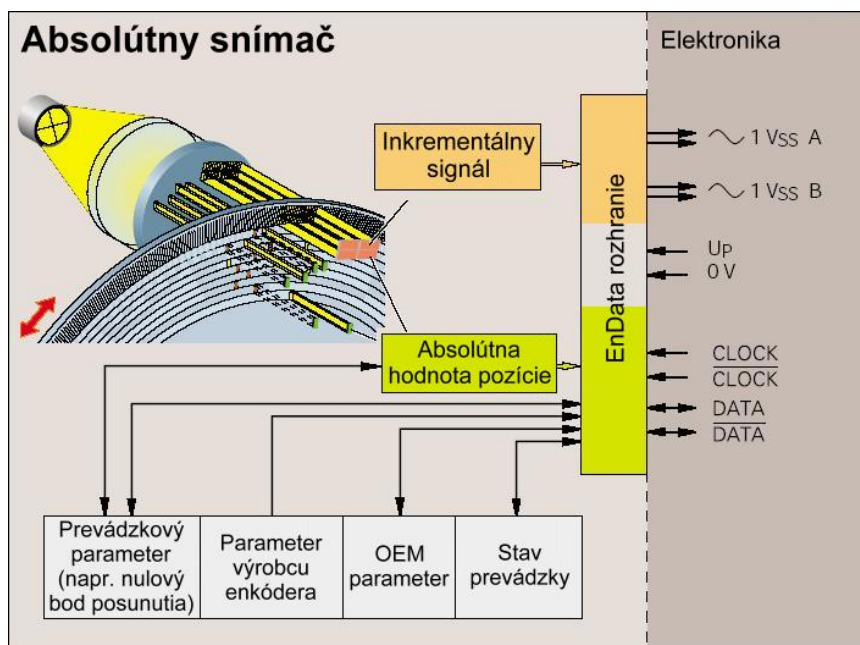
Potom počet prechodov  $1/0$  stanovuje počet odmeraných „inkrementov“, čo sa potom zaťažením konštantou prevodu a interpoláciou generuje na absolútnu hodnotu vzdialnosti/uholového natočenia (signál je možné použiť po predspracovaní buď priamo do nejakého RS, napr. stroja, prípadne zobrazíť na vyhodnocovacej jednotke – pozri v ďalšom – alebo načítaním cez meraciu kartu do PC).

Napr. ak vzdialenosť rýsiel na mriežke lineárneho snímača predstavuje 0,001mm a vyhodnocovacia jednotka prijme 5000 prechodov  $1/0$ , znamená to, že sme namerali absolútnu hodnotu 5 mm. V prípade rotačného snímača je postup podobný. Odčítavanie uholového natočenia v rámci jednej otáčky je úplne zhodné so spôsobom snímania prechodov

u lineárneho prevedenia, počet otáčok sa potom stanovuje tak, že vo vyhodnocovacej elektronike sa podelí celkový nameraný počet prechodov 1/0 (inkrementov) hodnotou delenia kotúča. Napr. ak delenie kotúča je 3600 na 1 otáčku, nameraný počet inkrementov je 360000, absolútna hodnota otáčok je 100. Hrozí tu však riziko „pretečenia“ hodnoty, t. j. počet prechodov po predelení počtom delenia kotúčom bude tak vysoký, že jednoducho ho vyhodnocovacia elektronika nebude vedieť zobraziť (číslo pre počet otočení bude vyššie, ako je platný počet zobrazovaných číslíc na ukazovateli vyhodnocovacej jednotky).

Pri metóde **s absolútnym odmeriavaním**, sa hodnota polohy získava z enkódera ihneď po zapnutí a môže byť vyvolaná kedykoľvek vyhodnocovacou elektronikou. Tu nie je potrebné pohybovou osou hľadať referenčnú polohu (synchropoloha). Absolútna hodnota polohy je čítaná z disku delenia, ktorý obsahuje samostatnú stopu paralelného delenia (obr.3).

Stopa s presným delením je interpolovaná na hodnotu polohy a súčasne sa používa vygenerovaný ľubovoľný prírastkový signál. V jednotáčkovom enkóderi sa informácia o absolútnej polohe opakuje s každou otáčkou. Viacotáčkový enkóder rozlišuje medzi otáčkami.



**Obr. 3** Princíp a stavba absolútneho snímača (enkódera)

## Signály pri snímaní

Signál poskytovaný snímačom môže mať rôzne priebehy. Môže to byť buď sinusový signál (napätový alebo prúdový) alebo obdĺžnikový signál.

Enkóder s  $\sim V_{PP}$  rozhraním poskytuje napätové signály (obr. 4), ktoré môžu byť ešte interpolované. Sínusové prírastkové signály **A** a **B** sú fázovo posunuté o 90° elektr. a majú väčšinou amplitúdu 1V<sub>PP</sub>.

Referenčná značka signálu **R** má použiteľnú zložku **G** približne 0,5 V. Hneď za referenčnou značkou môže byť výstupný signál redukovaný v rozsahu do 1,7 V voči kludovej hladine **H**. To však nesmie zapríčiniť prebudenie elektroniky. V dolnej úrovni signálu sa špička signálu môže objaviť až s amplitúdou **G**.

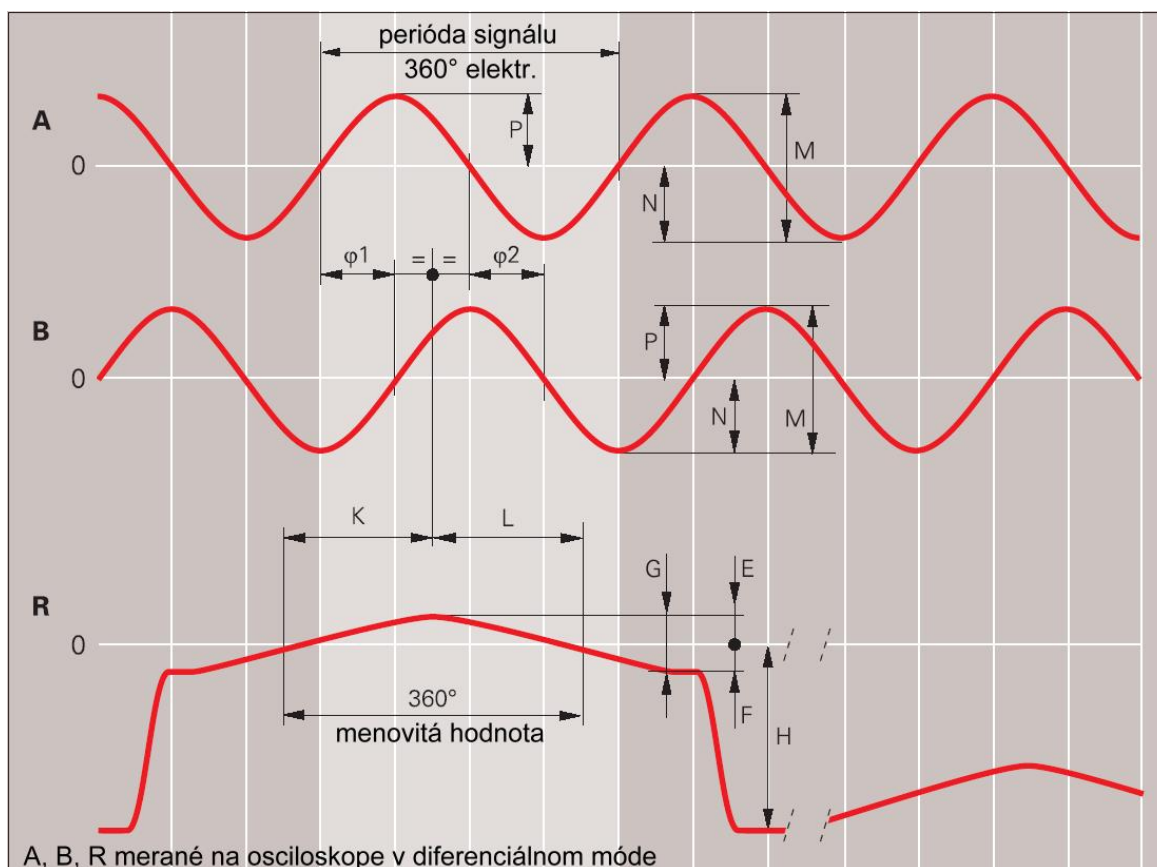
Údaje o amplitúde signálu sa používajú, keď je enkódera napájaný podľa podmienok uvedených v technickej špecifikácii. Vzťahujú sa na diferenčné meranie na  $120\Omega$  koncovom odpore medzi združenými výstupmi. Amplitúda signálu klesá so stúpajúcou frekvenciou. Prerušovacia frekvencia snímania indikuje frekvenciu, pri ktorej v určitých percentách originál amplitúdy signálu pokračuje ako :

- pri prerušovacej frekvencii  $-3\text{ dB}$  : 70% amplitúdy signálu,
- pri prerušovacej frekvencii  $-6\text{ dB}$  : 50% amplitúdy signálu.

Interpolácia/rozlíšenie/merací krok výstupného signálu  $1V_{PP}$  rozhrania sú obvykle interpolované v elektronike za účelom dosiahnuť dostatočne vysokú rozlišovaciu schopnosť. Pre riadenie rýchlosti, interpolačné faktory sú bežne nad 1000, za účelom získať ešte použiteľnú informáciu o rýchlosti aj pri nízkych rýchlostiach. Merací krok pre meranie polohy je odporúčaný v technických podmienkach. Pre špeciálne aplikácie sú tiež možné iné rozlíšenia.

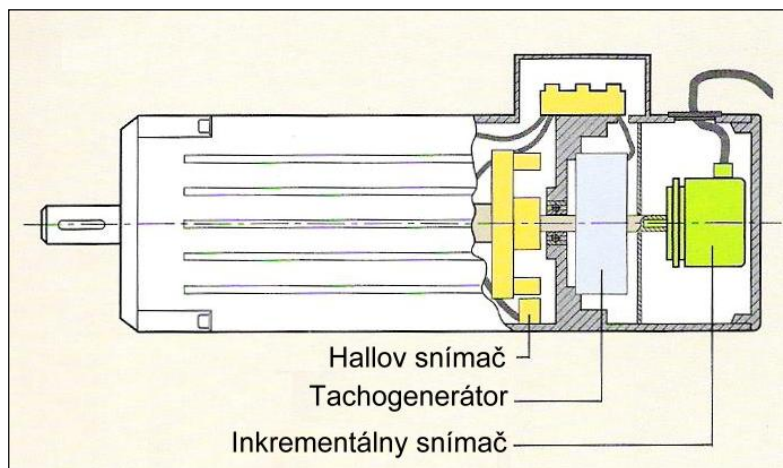
Enkóдеры pre elektrické pohony obyčajne poskytujú dodatkové prírastkové signály, ktoré sú použiteľné bez oneskorenia v prídavnej elektronike pre riadenie rýchlosti a polohy.

V „klasických“ servopohonoch (obr. 5) sa v minulosti používali na zabezpečenie riadenia v spätnej väzbe dva snímače. Jeden na zabezpečenie tzv. rýchlostnej spätnej väzby (pováčšine tachogenerátory, ale aj potenciometre a iné) a ďalší na zabezpečenie polohovej spätnej väzby (napr. aj klasické inkrementálne snímače).



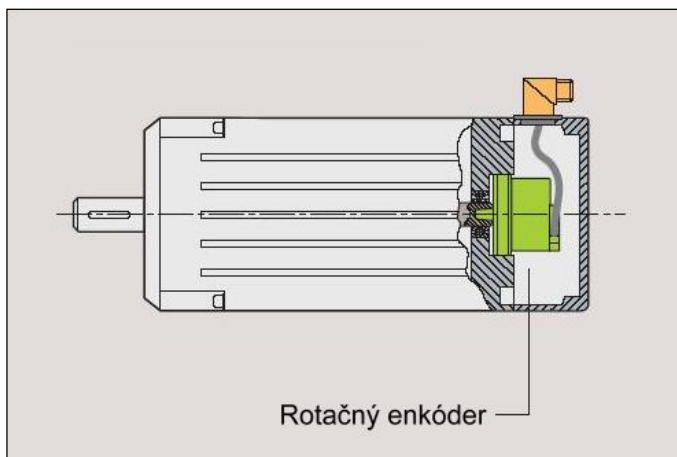
**Obr. 4** Sinusový signál zo snímača

V tzv. „digitálnych“ servopohonoch (obr. 6) našli uplatnenie práve na to vyvinuté rotačné enkóдеры.

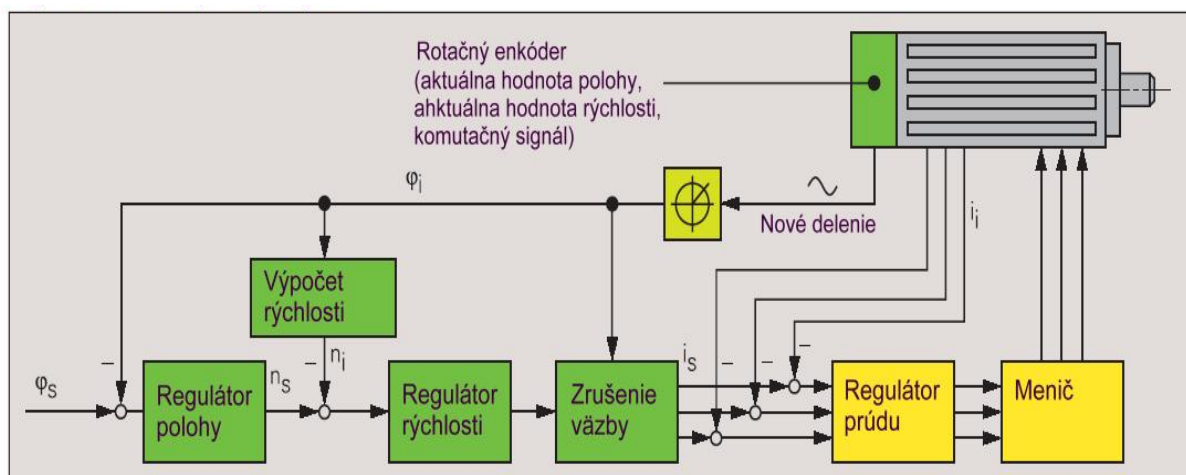


Obr. 5 „Analogový servomotor“

Pre „digitálne“ servopohony (obr. 7) výrobcovia používajú hlavne enkóдеры s TTL alebo HTL obdĺžnikovým výstupným signálom, prípadne, pre DC pohony s permanentnými magnetmi, prídavnú komutáciu signálu.



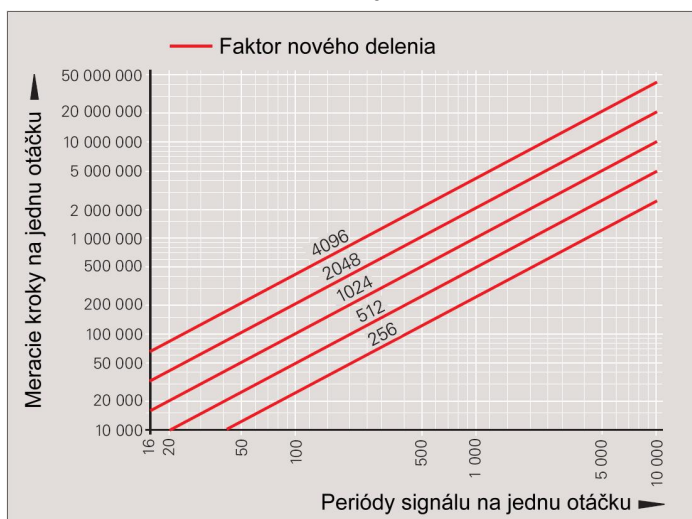
Obr. 6 „Digitálny servomotor“



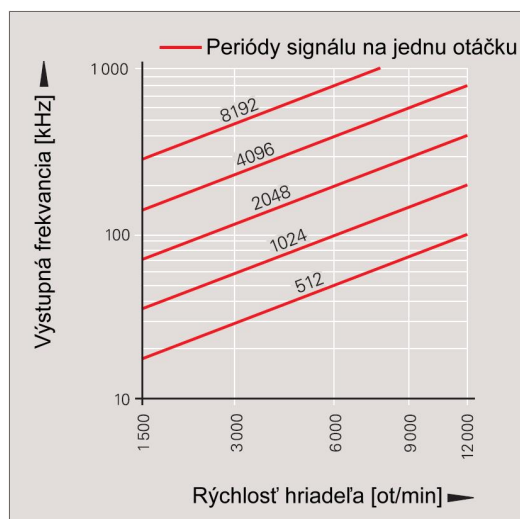
Obr. 7 Schéma riadenia digitálneho servopohonu



Pre digitálne riadenie rýchlosti na strojoch s vysokými požiadavkami na dynamiku, je požadované vysoké množstvo meracích krokov, obyčajne aj viac ako 500.000 na jednu obrátku. Pre aplikácie so štandardnými pohonmi, ako napr. s resolvermi, postačuje približne 60.000 meracích krokov na jednu otáčku.



Graf 1



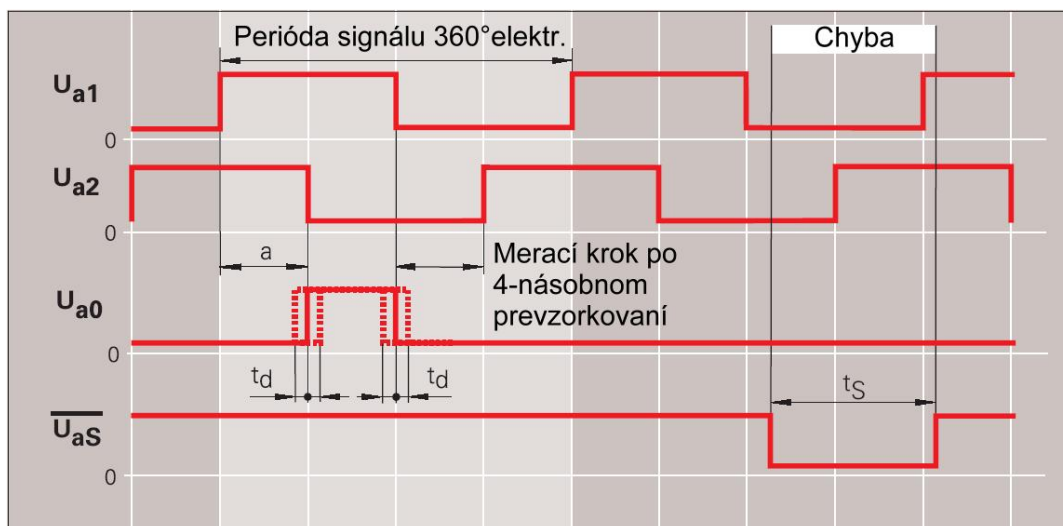
Graf 2

Napr. enkóдеры fy HEIDENHAIN pre pohony s číslicovým riadením polohy a rýchlosti dokážu poskytnúť sínusový prírastkový signál s úrovňou signálu 1 VPP, ktorý, vďaka k svojej vysokej kvalite, môže byť značne interpolovaný v prídavnej elektronike (graf 1).

Napríklad, rotačný ekóder s 2048 signálnymi periódami na otáčku a 1024-násobným alebo 4096-násobným prevzorkovaním v prídavnej elektronike vytvára približne 2 alebo 8 miliónov meracích krokov na jednu otáčku. To zodpovedá rozlíšiteľnosti 23 bitov. Pri rovnomernej rýchlosti na hriadeľi 12.000 ot/min., signál dorazí na vstupný obvod riadiaceho systému s frekvenciou iba približne 400 kHz (graf 2). 1 VPP prírastkový signál umožňuje použiť kábel s dĺžkou až do 150 metrov.

Enkóder s  $\square$  TTL rozhraním so vstavanou elektronikou funguje tak, že digitalizuje zosnímané sínusové signály s alebo bez interpolácie (obr. 8). Prírastkové signály sú prenášané ako séria impulzov  $U_{a1}$  a  $U_{a2}$  obdĺžnikového signálu, s fázovým posuvom o  $90^\circ$  elektr.

Referenčná značka signálu pozostáva z jedného alebo viacerých referenčných impulzov  $U_{a0}$ , ktoré sú hradlom k prírastkovým signálom. Navyše, integrovaná elektronika vytvára k nim inverzné signály  $U_{a1}$ ,  $U_{a2}$  a  $U_{a0}$  v snahe vytvoriť odolnosť signálu zo snímača voči šumu pri jeho prenose. Postup výstupných signálov — s  $U_{a2}$  oneskorným voči  $U_{a1}$  — určuje smer a zmysel chodu hriadeľa. Indikácia chyby signálu, podmienená napr. prerušením napájacej linky alebo chýbajúcim zdrojom svetla, vytvára stav poruchy snímača. To môže byť použité pre také účely, ako je napr. vypnutie stroja v priebehu automatizovanej prevádzky. Rozdiel medzi dvoma po sebe nasledujúcimi obrysami prírastkových signálov  $U_{a1}$  a  $U_{a2}$  prostredníctvom 1-, 2- alebo 4-násobného vzorkovania dáva jeden merací krok. Následná elektronika musí byť spôsobilá objaviť každú hranu obdĺžnikového impulzu. Minimálna hodnota hrany delenia je uvedená v technických podmienkach ako požiadavka na výstupný obvod s dĺžkou kábla 1m a nameraného rozdielu na vstupnej linke prijímača. Šírenie časových rozdielov s dĺžkou v kábli následne znižuje hranu rozlíšenia o 0,2 ns na 1 meter kábla. Kvôli zabráneniu načítavania chýb, následná elektronika spracúva len niečo okolo 90% výslednej hodnoty hrany rozlíšenia. Max. prípustná rýchlosť hriadeľa alebo pojazďová rýchlosť nesmie byť nikdy prekročená.



Obr. 8 Obdĺžnikový signál zo snímača

### Zostava snímača

Enkóдеры s optickým snímaním obsahujú merací etalón s periodickou štruktúrou, známou ako mriežka. Táto mriežka je aplikovaná na nosiči zo skla alebo ocele. Táto presná mriežka je vyrábaná rôznymi fotolitografickými spôsobmi.

Mriežky sa zhotovujú ako :

- linky z mimoriadne tvrdého chrómu aplikované na skle,
- masky - leptané linky na pozlátenej oceľovej páske,
- trojrozmerná štruktúra na sklenenej alebo oceľovej podložke.

Fotolitografický výrobný postup, vyvinutý firmou HEIDENHAIN, vytvára mriežku s rozmerom dielika zväčša od 50  $\mu\text{m}$  do 4  $\mu\text{m}$ . Tento spôsob umožňuje vytvoriť veľmi jemnú mriežku, charakteristickú vysokou ostrosťou hrany a homogénnosťou linky delenia. Spolu s fotoelektrickým postupom snímání tohto vysoko ostrého delenia mriežky sa vytvára predpoklad pre vysokú kvalitu výstupného signálu. Základné mriežky (etalóny) sú vo firme HEIDENHAIN zhotovované na vysokopresných strojoch vlastnej produkcie.

### Technológia zhotovenia mriežky

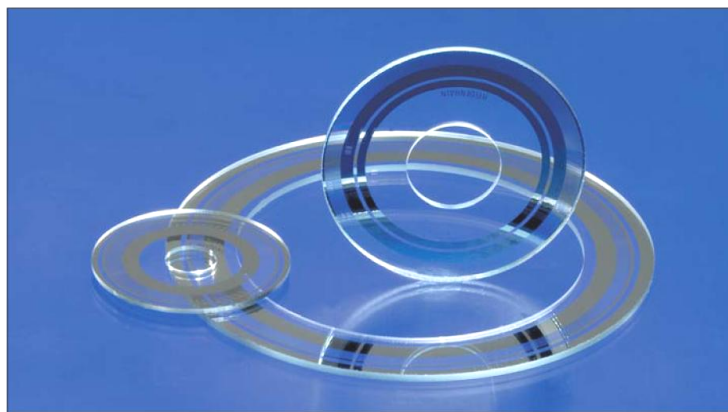
V princípe sú dve možnosti vytvorenia rastra : vytváraním rysiek do skleneného kotúča/hranola, pričom ryska spôsobuje rozptyl svetelného lúča a tým vyhodnocovanie signálu s hodnotou 0, plocha bez vrypu prepustí svetlo bez skreslenia a vyhodnocovacia sústava to zachytáva ako signál úrovne 1.

Vytvoriť vzorkovaciu mriežku je možné aj nanášaním tenkých reflexných (chrómových) prúžkov a plôšok, pričom princíp funkcie je zachovaný. Na reflexnej vrstve sa lúč odráža (0), cez nepokrytú plochu lúč voľne prechádza (1).

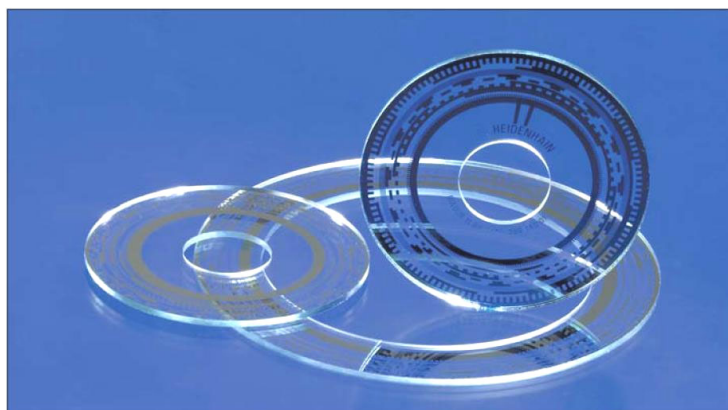
### Merací etalón

V oboch prípadoch optoelektronického snímání sa v snímačoch používajú tzv. meracie etalóny. Pre prírastkové (inkrementálne) snímače majú formát podľa obr. 9, pre absolútne odmeriavanie podľa obr. 10.

Pri prírastkových metódach odmeriavania mriežka pozostáva z periodicky štruktúrovanej delenia. Informácia o polohe je získavaná pri načítaní jednotlivých inkrementov (meracie kroky) od nejakého počiatočného bodu. Od vzťažnej značky sa stanoví požadovaná poloha, kalibrované disky sú dodávané s dodatočnou stopou nosiacou referenčný znak.



**Obr. 9** Cyklická mriežka pre prírastkový rotačný enkóder

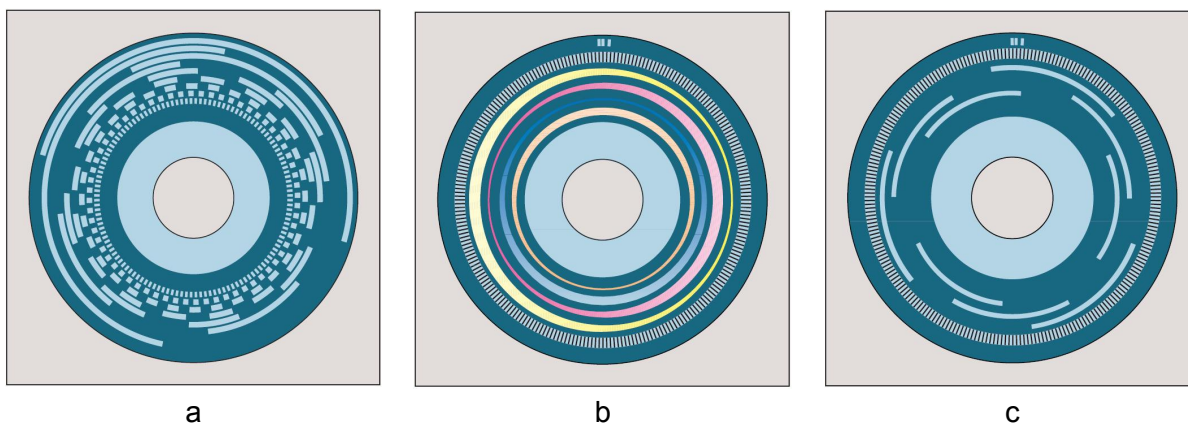


**Obr. 10** Cyklická mriežka pre absolútny rotačný enkóder

Absolútna poloha platná pre referenčnú značku je hradlo s páve jedným meracím krokom. Referenčná značka musí byť preto pri snímaní stanovená absolútne alebo vyhľadáním predošlej označenej informácie.

### Kotúče pre absolútne enkóдеры

Skôr vyrábané trojfázové motory s permanentnými magnetmi museli mať k dispozícii pre elektrickú komutáciu hodnotu absolútnej pozície. Rotačné enkóдеры sú k dispozícii s rozdielnymi typmi kotúčov pre určovanie pozície :



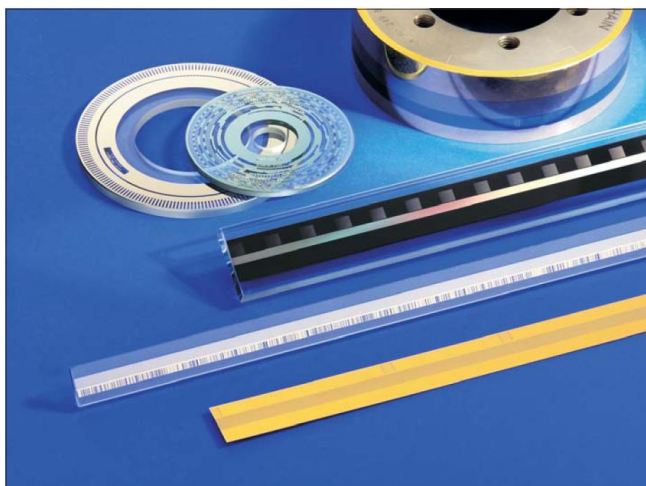
**Obr. 11**



- *absolútny rotačný enkóder v jednootáčkovej a mnohootáčkovej verzii* (obr. 11a) poskytuje informáciu o absolútnej pozícii ihneď po zapnutí. Toto prevedenie umožňuje ihneď odvodiť presnú pozíciu pootočením na použitie pre elektrickú komutáciu.
- *prírastkový rotačný enkóder s doplnkovou stopou - Z1 stopou* – (obr. 11b) poskytuje jeden sínusový a jeden kosínusový signál (C a D) okrem prírastkových signálov pre jednu obrátku hriadeľa motora. Pre sínusovú komutáciu, rotačný enkóder so Z1 stopou potrebuje iba novú deliacu jednotku a signálový multiplexer poskytne oba absolútne pozície rotora od Z1 stopy s presnosťou  $\pm 5^\circ$  a informáciu o pozícii pre rýchlosť a reguláciu polohy z prírastkovej stopy.
- *prírastkový rotačný enkóder s blokovo komutačnou stopou* (obr. 11c) poskytuje výstup troj-komutátorového signálu (I, II, a III), ktorý sa používa na bezprostredné budenie výkonovej elektroniky. Tieto enkóдеры sú dostupné s premenlivou komutačnou stopou. Typické verzie poskytujú 3 signálové cykly ( $120^\circ$  mech.) alebo 4 signálové cykly ( $90^\circ$  mech.) na otáčku pre komutáciu. Nezávisle od týchto signálov, prírastkový obdĺžnik - pulzujúci signál, plnia úlohu pri riadení polohy a rýchlosti.

Pri komutácii synchronných lineárnych motorov, rovnako ako absolútny rotačný a uhlový enkóder, absolútny lineárny enkóder LC série poskytuje presnú polohu pohybujúceho sa motora detailne ihneď po zapnutí. Toto vytvorí možnosť reštartu s maximálnym udržiavaním načítania pri prerušení.

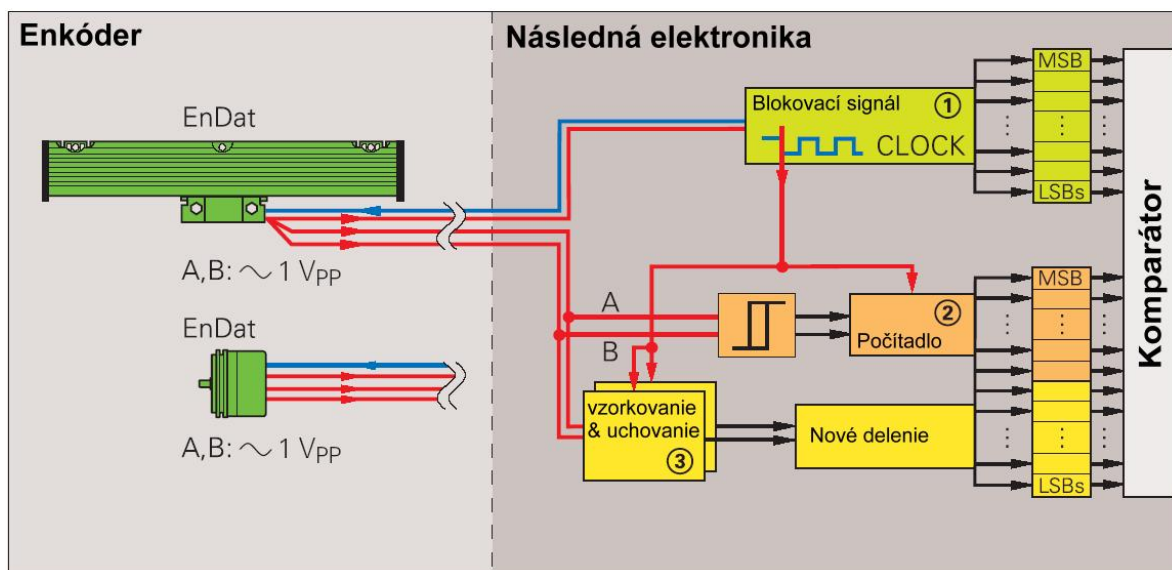
Kotúče vo všeobecnosti nie sú jedinou formou vytvorenia etalónu pre meranie inkrementálnym alebo absolútnym spôsobom. Niekoľko iných príkladov je naznačených na obr. 12.



Obr. 12 Typy etalónových nosičov

### Synchronizácia sériovo prenášanej kódovej hodnoty s prírastkový signálom

Absolútny enkóder s **EnDat** (obr. 13) rozhraním dokáže presne synchronizovať sériovo prenášanú absolútnu hodnotu polohy s prírastkovou hodnotou. S prvou klesajúcou hranou (blokovanie signálu) hodinový signál (CLOCK) od prídavnej elektroniky, snímanie signálu samostatných stôp v enkóderi a čítači sú blokované, ako aj A/D prevodník pre ďalšie delenie sínusového prírastkového signálu v následnej elektronike. Hodnota kódu odovzdávaná cez sériové rozhranie jednoznačne určí jeden cyklus prírastkového signálu. Hodnota pozície je absolútna vnútri jedného sínusového cyklu prírastkového signálu. Ďalej delený prírastkový signál môže preto byť doplnený v následnej elektronike k sériovo prenášanej hodnote kódu.



Obr. 13 Princíp EnDat rozhrania

## Referenčná značka

Fotoelektrické snímanie mriežkovej štruktúry má za následok prírastkovú, t. j. napočítanú, mieru. Požaduje sa však zistiť absolútnu hodnotu polohy. Referenčná značka odblokuje exaktné obnovenú najväčšiu posledne definovanú informáciu, napríklad prerušením energie (reset). Toto je fotoelektricky snímané a spojitou pridružené k práve jednému meraciemu kroku, bez ohľadu na smer alebo rýchlosť prechodu.

## Meranie uhlov

### Snímače uhlového natočenia



Obr. 14

Snímače uhlového natočenia HEIDENHAIN (obr. 14) sa vyznačujú vysokou presnosťou v rozsahu uhlových sekúnd a jemnejším. Tieto prístroje sa používajú napríklad pre NC otočné stoly, výkyvné hlavy u obrábacích strojov, deliace hlavy, veľmi presné uhlové meracie stoly, presné prístroje pre meranie uhlov, antény a teleskopy.

Typy snímačov uhlového natočenia :

- **Snímače uhlového natočenia RON, RPN, RCN s vlastným uložením a integrovanou statorovou spojkou**

Vďaka statickej a dynamickej presnosti sa snímače uhlového natočenia s vlastným uložením a statorovou spojkou RCN, RON a RPN prednostne používajú pre presné aplikácie, napr. na otočných stoloch a výkyvných osiach. U prístrojov so statorovou spojkou už špecifikovaná presnosť zahŕňa spojkou spôsobenú odchýlku. U snímačov uhlového natočenia so zvláštnou spojkou hriadeľa sa musí pre zistenie presnosti systému prirátavať ešte chyba spojky.

- **Snímače uhlového natočenia ROD s vlastným uložením, pre samostatnú mechanickú spojkou**

Snímače uhlového natočenia ROD s plným hriadeľom pre samostatnú mechanickú spojkou sú vhodné zvlášť pre aplikácie s vysokými otáčkami alebo pri požiadavkách na väčšie montážne tolerancie. Pomocou presnej spojky možno kompenzovať axiálne vôle v spojení až do  $\pm 1\text{ mm}$ .

Pre zistenie systémovej presnosti je nutné pri snímačoch uhlového natočenia so zvláštnou spojkou hriadeľa pripočítavať uhlovú odchýlku spôsobenú pripojením hriadeľa.

- **Snímače uhlového natočenia ERP, ERO, ERA bez vlastného uloženia**

Snímače uhlového natočenia HEIDENHAIN ERP, ERO a ERA bez vlastného uloženia sú určené pre montáž do častí stroja alebo prípravkov. Sú vhodné pre nasledujúce požiadavky :

- veľký priemer dutého hriadeľa (až do 10 m/s použitím pásika)
- vysoké otáčky až do  $40\,000\text{ min}^{-1}$
- žiadny dodatočný moment otáčania pri nábehu cez tesniace krúžky hriadeľa

Dosiahnuteľná presnosť systému závisí na vystredení rastra voči uloženiu hnacieho hriadeľa, jeho presnosti hádzania a otáčania.

## Rotačné snímače

Rotačné snímače HEIDENHAIN (obr. 15) slúžia ako snímače rotačných pohybov, otáčok a v spojení s mechanizmami ako sú napr. guľčkové skrutky aj k meraniu lineárnych pohybov. Oblasti použitia sú napr. elektrické pohony, obrábacie stroje, tlačiarenské stroje, drevoobrábacie stroje, textilné stroje, roboty a manipulačné prístroje a meracie a kontrolné prístroje najrôznejšieho druhu.



Obr. 15 Rotačné snímače

Typy rotačných snímačov :

- **Rotačné snímače ERN, ECN, EQN s vlastným uložením a integrovanou satorovou spojkou, stupeň krytia IP 64**

Rotačné snímače HEIDENHAIN ERN, ECN a EQN s vlastným uložením a satorovou spojkou sa vyznačujú jednoduchou montážou a nízkou montážnou výškou. Rozsiahla oblasť použitia siaha od jednoduchých meraní až po reguláciu polohy a otáčok elektrických pohonov. Dutý hriadeľ týchto prístrojov sa nasúva priamo na unášací hriadeľ. Pri uhlovom zrýchlení hriadeľa zachytáva satorová spojka reakciu momentu z trenia ložiska. Rotačné snímače so zabudovanou satorovou spojkou preto vykazujú veľmi dobré dynamické vlastnosti a vysokú vlastnú frekvenciu.

- **Rotačné snímače ERN, ECN, EQN s vlastným uložením a integrovanou satorovou spojkou, stupeň krytia IP 40**

Rotačné snímače HEIDENHAIN ERN, ECN a EQN so stupňom krytia IP 40 sú vyvinuté špeciálne pre zástavbu do motorov. Majú vlastné uloženie a satorovú spojku. Pre synchronne motory sú k dispozícii absolútne rotačné snímače a verzia s komutačnými stopami. Kuželový hriadeľ (rad ERN/ECN/EQN 1300), resp. upínací adaptér jednostranne otvorené duté hriadele (rad ERN 1100) je spojený priamo s unášacím hriadeľom. Tým sa dosiahne extrémne pevné spojenie, ktoré umožňuje zvlášť dobré dynamické vlastnosti pohonu. Satorová spojka sa upína do dutého vybrania štítu motora a umožňuje rýchlu, jednoduchú montáž s možnosťou jemného mechanického nastavenia komutačného signálu.

- **Rotačné snímače ROD, ROC, ROQ s vlastným uložením, pre zvláštne pripojenie hriadeľa**

Rotačné snímače ROD, ROC a ROQ HEIDENHAIN majú vlastné uloženie a púzdro, stupeň krytia je podľa prevedenia IP 64 až IP 67. Majú robustnú konštrukciu a kompaktné rozmery. Spojenie týchto rotačných snímačov s unášacím hriadeľom alebo vretenom je pomocou samostatnej mechanickej spojky, ktorá vyrovnáva axiálne pohyby a odchýlky hádzania medzi hriadeľom rotačného snímača a hnacím hriadeľom.

- **Rotačné snímače ECI, EQI, ERO, ERM bez vlastného uloženia**

Induktívne snímače ECI/EQI 1300 sú signálovo kompatibilné so snímačmi pracujúcimi na optoelektrickom princípe radu EXN 1300. Hriadeľ sa upevňuje stredovou skrutkou. Stator sa upevňuje do náboja motora skrutkovým spojením.

Rotačné snímače HEIDENHAIN ERO určené k zabudovaniu sú zložené z rastrovaného kotúča s nábojom a zo snímacej hlavy. Sú vhodné zvlášť do zúžených montážnych priestorov alebo pre aplikácie, pri ktorých nesmie vznikáť žiadne trenie. Snímač otáčok HEIDENHAIN ERM určený k zabudovaniu je zložený z bubna s magnetickým rastrom a zo snímacej hlavy s magnetorezistívnymi senzormi. Typické prípady použitia sú stroje a zariadenia s veľkým vnútorným priemerom dutého hriadeľa v prostredí s vysokým obsahom prachu alebo striekajúcej kvapaliny, napr. hlavné vretená na sústruhoch a frézovacích strojoch.

Prehľad snímačov firmy HEIDENHAIN pre meranie uhlov

Snímače uhlového natočenia		Rad
s vlastným uložením a integrovanou statorovou spojkou	inkrementálne absolútne, Singleturn	<b>RON, RPN RCN</b>
s vlastným uložením, pre samostatnú mechanickú spojkou	inkrementálne	<b>ROD</b>
bez vlastného uloženia	inkrementálne	<b>ERP, ERO, ERA</b>
Rotačné snímače		
s vlastným uložením a integrovanou statorovou spojkou	inkrementálne absolútne, Singleturn absolútne, Multiturn	<b>ERN ECN EQN</b>
s vlastným uložením, pre samostatnú mechanickú spojkou	inkrementálne absolútne, Singleturn absolútne, Multiturn	<b>ROD ROC ROQ</b>
bez vlastného uloženia	inkrementálne absolútne, Singleturn absolútne, Multiturn	<b>ERO,ERM ECI EQI</b>

### Možnosti montáže

U uhlových snímačov a rotačných snímačov s vlastným uložením a **statorovou spojkou** (obr. 16) sa kotúč s ryskami spája priamo s meraným hriadeľom. Snímač je uložený na hriadeľi v guľíkových ložiskách a podoprený statorovou spojkou. Statorová spojka pri uhlových zrýchleniach zachytáva reakciu momentu vznikajúcu trením ložiska – tým možno minimalizovať tak statické, ako aj dynamické odchýlky merania. Okrem toho statorová spojka vyrovnáva axiálne pohyby hnacieho hriadeľa.

Výhodami statorovej spojky sú :

- jednoduchá montáž
- malá zastavovaná dĺžka
- vysoká vlastná frekvencia pripojení
- možnosť použitia průchozí duté hřídele



Obr. 16



Snímače uhlového natočenia a rotačné snímače s vlastným uložením, ktoré sú koncipované pre **samostatnú mechanickú spojku** (obr. 17), majú plný hriadeľ. Spojka hriadeľa doporučená pre pripojenie na meraný hriadeľ vyrovnáva radiálnu a axiálnu hádzavosť. U snímačov so samostatnou mechanickou spojkou sú prípustné vyššie otáčky.



Obr. 17

Snímače uhlového natočenia a rotačné snímače **bez vlastného uloženia** (obr. 18) pracujú bez trenia. Obe ich časti – snímacia hlava a kotúč s ryskami, bubon alebo merací pásik – sú pri montáži voči sebe nastavené v definovanej polohe. Ich výhodou je :

- minmálny priestor zástavby
- veľký priemer dutého hriadeľa (pri rozlíšení pásika do 10 m)
- vysoké otáčky
- žiadny dodatočný moment otáčania pri nábehu



Obr. 18



ROQ 425  
so synchroprírubou

ROQ 425  
so zvernou prírubou

EQN 425  
so statorovou spojkou

Obr. 19 Niektoré typy rotačných snímačov

## Meranie dĺžok

Dĺžkové meradlá sú charakterizované veľkými rozsahmi merania a trvale vysokou presnosťou. Základom pre oboje je meranie princípom fotoelektrického snímání prírastkovej hodnoty. HEIDENHAIN lineárny enkóder používa reálny merací etalón, pozostávajúci z prírastkového delenia na báze skla alebo sklokeramiky. Tento merací etalón umožňuje značné rozsahy merania, je necitlivý voči vibráciám a nárazom a má presne stanovené tepelné správanie sa. Zmeny atmosferického tlaku alebo relatívnej vlhkosti nemajú účinok na presnosť meracieho etalónu, ktorý je predpokladom pre dlhodobú vysokú stabilitu presnosti dĺžkových meradiel HEIDENHAIN. Matrica pre toto delenie je vyrábaná na deliacich strojoch vyvinutých a postavených firmou HEIDENHAIN. Vysoká tepelná stabilita v procese výroby zaručuje, že delenie má vysokú presnosť po celej meracej dĺžke. Matrica delenia je aplikovaná na nositeľ použitím reprodukovania DIADUR postupov vyvinutých firmou HEIDENHAIN, ktoré vytvorí veľmi tenké, ale odolné chrómové stupnice. Prírastkové delenie je fotoelektricky snímané bez mechanického kontaktu a tým bez poškodenia. Svetlo prejde cez štruktúru snímacej optickej mriežky a cez mierku do fotobunky. Fotobunka produkuje sínusový výstupný signál s malou periódou. Interpoláciou vo vyhodnocovacej elektronike vznikajú veľmi malé meracie kroky (v nanometroch). Snímací princíp, spolu s mimoriadne jemným delením a vysoko ostrým ohraničením čiar mriežky zaisťujú kvalitu výstupného signálu, ako aj malú odchýlku polohy vnútri jednej periódy signálu. Toto uplatňujú najmä HEIDENHAIN dĺžkové meradlá, ktoré používajú DIADUR fázovú mriežku ako merací etalón. Interferenčná metóda snímání vytvára sínusový prírastkový signál s periódou len 2  $\mu\text{m}$ .

**Pri inkrementálnych lineárnych snímačoch polohy** je zisťovaná aktuálna poloha, vychádzajúca zo vzťažného bodu, počítaním meracích krokov, resp. rozdelením a počítaním periód signálu. Pre opakovanie vzťažného bodu majú inkrementálne snímače HEIDENHAIN referenčné značky, na ktoré sa musí po štarte nabehnúť. Zvlášť jednoducho a rýchlo to funguje s referenčnými značkami kódovanými podľa vzdialenosti. Už po 20mm (LS, LF), resp. 80mm (LB) úseku dráhy sa zobrazí vzdialenosť k naposledy definovanému vzťažnému bodu.

**Absolútne lineárne snímače polohy** HEIDENHAIN udávajú – bez posuvu - pri zopnutí aktuálnu polohu. Prenos absolútnej hodnoty z pravítka sa prevádza sériovo cez rozhranie **EnDat** alebo iné sériové rozhranie.

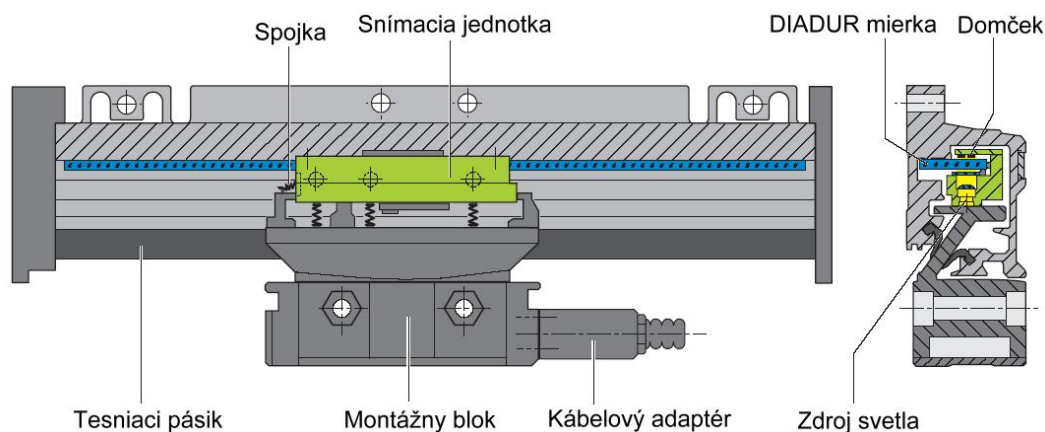
Prehľad lineárnych snímačov firmy HEIDENHAIN

<b>Zakryté lineárne snímače polohy</b>		<b>Rad</b>
s veľkoprofilovým púzdrom lineárneho snímača	pre snímání absolútnej polohy pe navyššiu opakovateľnú presnosť pre NC stroje typické pre stroje s ručnou obsluhou pre veľké merané dĺžky	<b>LC100</b> <b>LF100</b> <b>LS100</b> <b>LS600</b> <b>LB300</b>
s nízkoprofilovým púzdrom lineárneho snímača	pre snímání absolútnej polohy pe navyššiu opakovateľnú presnosť pre NC stroje typické pre stroje s ručnou obsluhou	<b>LC400</b> <b>LF400</b> <b>LS400</b> <b>LS300</b>
<b>Otvorené lineárne snímače polohy</b>		
	trieda presnosti lepšia ako $\pm 1 \mu\text{m}$ pre dve súradnice trieda presnosti až $\pm 3 \mu\text{m}$	<b>LIP</b> <b>PP</b> <b>LIDA, LIF</b>
<b>Dotykové meradlá</b>		
	presnosť $\pm 0,1 \mu\text{m}$ presnosť $\pm 0,2 \mu\text{m}$ presnosť až $\pm 0,5 \mu\text{m}$ presnosť $\pm 1 \mu\text{m}$	<b>CERTO</b> <b>METRO</b> <b>METRO</b> <b>SPECTO</b>

## Zakryté lineárne snímače polohy

Zakryté lineárne snímače polohy od firmy HEIDENHAIN (obr. 20) sú chránené pred prachom, trieskou a vodou a sú vhodné pre prevádzku na obrábacích strojoch.

U zakrytých lineárnych snímačov polohy firmy HEIDENHAIN je merítko, vozík snímača a jeho vedenie chránené púzdom z hliníka pred trieskou, prachom a vodou. Elastické tesniace pásiky (chlopne) uzatvárajú domček zdola. Vozík snímača je vedený po pravítku bez trenia. Je mechanicky spojený s montážnym blokom a vyrovnáva odchýlky vznikajúce pri pohybe medzi pravítkom a saňami stroja.



**Obr. 20** Schéma zakrytého lineárneho snímača



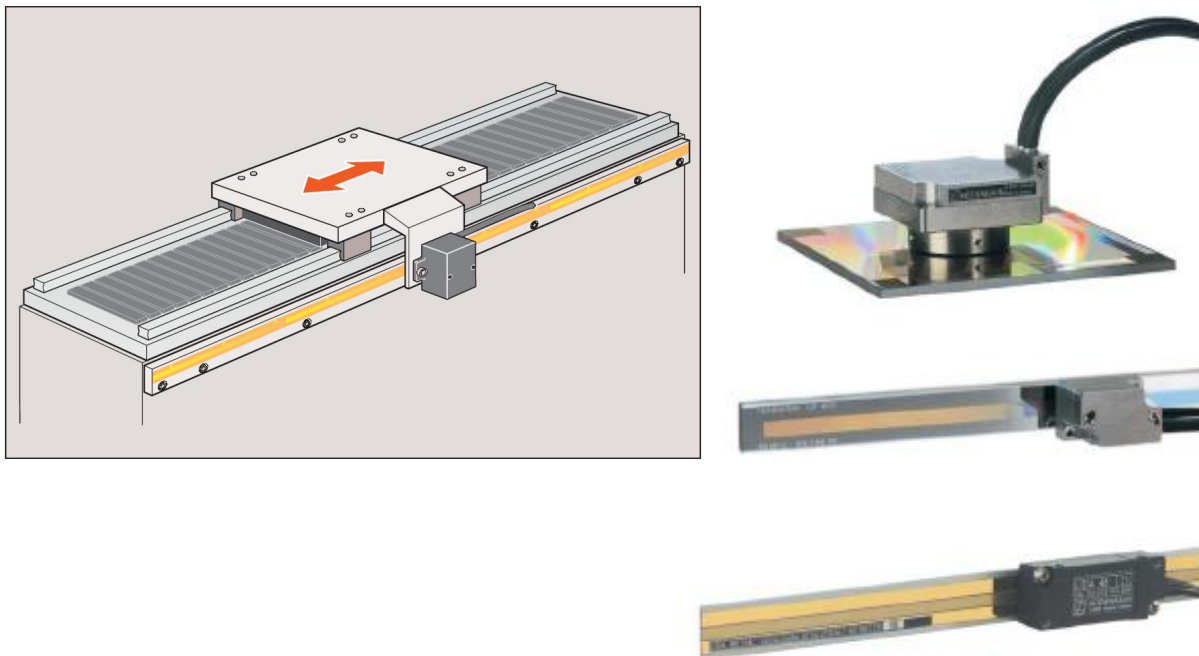
**Obr. 21** Zakryté lineárne snímače

Zakryté lineárne snímače polohy sú k dispozícii s

- **veľkoprofilovým púzdom lineárneho snímača** pre vysokú odolnosť proti vibráciám do dĺžky merania 30m
- **nízkoprofilovým púzdom lineárneho snímača** pre zúžený priestor montáže do dĺžky merania 1240 mm, s montážnou lištou aj do 2040mm

## Otvorené lineárne snímače polohy

Otvorené lineárne snímače polohy firmy HEIDENHAIN (obr. 22) pracujú bez mechanického kontaktu medzi hlavou snímača a mierkou, resp. meracím pásikom. Typická oblasť použitia týchto prístrojov sú meracie stroje, komparátory a ostatné presné prístroje techniky merania dĺžok, ako aj výrobných a meracích zariadení, napr. vo výrobe polovodičov.



Obr. 22

Typy otvorených lineárnych snímačov polohy :

- **Otvorené lineárne snímače polohy LIP, trieda presnosti lepšia ako  $\pm 1 \mu\text{m}$**   
Otvorené lineárne snímače polohy radu LIP sa vyznačujú krátkymi meracími krokmi pri súčasne vysokej presnosti. Sú tvorené fázovou mriežkou nanosenou na skle alebo sklokeramike.

- **Otvorené lineárne snímače polohy PP, dvojsúradnicové snímače polohy**  
Teleso pravítok vo dvoch súradniciach PP tvorí plošná fázová mriežka na skle. Tým je umožnené snímánie polohy v rovine.

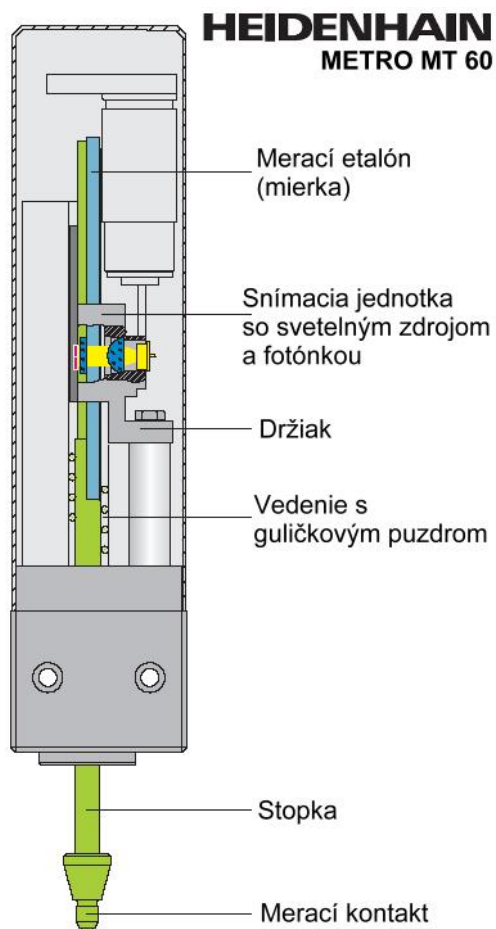
- **Otvorené lineárne snímače polohy LIDA, LIF, trieda presnosti lepšia ako  $\pm 3 \mu\text{m}$**   
Otvorené lineárne snímače polohy LIDA a LIF sa vyznačujú jednoduchou montážou.

## Dotykové meradlá

Dotykové meradlá HEIDENHAIN (obr. 23) disponujú samostatne vedeným meracím hrotom. Nachádzajú uplatnenie pri sledovaní polohy v priemyselnej meracej technike, ale aj ako zariadenia na meranie dráhy.



Obr. 23



Obr. 24 Funkčný princíp lineárneho dotykového snímača



Funkčný princíp dotykového lineárneho meradla je na obr. 24.

Typy dotykových meradiel :

- **Dotykové meradlá HEIDENHAIN-CERTO, presnosť  $\pm 0,1 \mu\text{m}$**

Dotykové meradlá HEIDENHAIN-CERTO disponujú veľkou meracou dráhou, vykazujú vysokú lineárnu presnosť a ponúkajú rozlíšenie v oblasti nanometrov. Využívajú sa prevažne pre výrobnú kontrolu vysoko presných jednotlivých súčiastok ako aj na kalibráciu etalónových koncových mierok. Pri konečnej kalibrácii tak možno znížiť počet etalónov.

- **Dotykové meradlá HEIDENHAIN-METRO, presnosť  $\pm 0,2 \mu\text{m}$**

Dotykové meradlá HEIDENHAIN-METRO MT 1200 a MT 2500 (obr. 25) sú vhodné vďaka svojej vysokej presnosti a krátkej perióde signálu zvlášť pre presné meracie pracoviská a kontrolné zariadenia. Výsuvná pinola meracieho hrotu je uložená valivo a pripúšťa tak zvýšené zaťaženie priečnymi silami.



Obr. 25 Snímače METRO MT1200 a MT2500

- **Dotykové meradlá HEIDENHAIN-METRO, presnosť  $\pm 0,5 \mu\text{m}$**

Hlavnou oblasťou použitia dotykových meradiel HEIDENHAIN-METRO MT 60 a MT 101 je vďaka ich dlhej meracej dráhe pri súčasne vysokej presnosti vstupná kontrola tovarov, sledovanie výroby, kontrola kvality, krátko povedané všade, kde se merajú diely so silne rozdielnymi rozmermi. Možno ich však zamontovať aj ako vysoko presné snímače polohy napr. na posuvné jednotky alebo na krížové stoly súradnicových mikroskopov.

- **Dotykové meradlá HEIDENHAIN-SPECTO, presnosť  $\pm 1 \mu\text{m}$**

Dotykové meradlá HEIDENHAIN-SPECTO sú vhodné zvlášť vďaka svojim kompaktným rozmerom predovšetkým k použitiu na viacmiestných automatických meracích staniciach a kontrolných prípravkoch.

## Spracovanie a zobrazenie nameraných hodnôt

### Číslicové indikátory polohy



**Obr. 26** Indikácie nameranej hodnoty

Číslicové indikátory polohy (obr. 26) slúžia k vizualizácii nameraných hodnôt, získaných pomocou lineárnych snímačov polohy, dotykového meradla, rotačného snímača alebo snímača uhlovej polohy. Oblasti použitia sú napríklad :

- meracie a kontrolné zariadenia
- deliace hlavy
- sledovanie meracích zariadení
- ručne ovládané obrábacie stroje
- meracie stroje

Číslicové indikátory polohy HEIDENHAIN sú koncipované pre **jednoduché používanie**. Typickými znakmi sú :

- optimálne čitateľný, alfanumerický displej
- prehľadne usporiadaná klávesnica
- ergonomické tlačidlá
- čelný panel chránený proti striekajúcej kvapaline
- robustné liatinové skrinky

Pre ďalšie spracovanie dát alebo jednoducho pre vytlačenie nameraných hodnôt disponuje väčšina číslicových indikátorov polohy **dátovým rozhraním** (RS 232C).

- **Číslicové indikátory polohy HEIDENHAIN pre ručne ovládané obrábacie stroje**

Číslicové indikátory polohy HEIDENHAIN zvyšujú produktivitu ručne ovládaných obrábacích strojov alebo meracích zariadení : šetrí čas, zvyšujú presnosť dodržania rozmerov vyrábaných obrobkov a zlepšujú komfort obsluhy. Pritom nehraje žiadnu úlohu, či nimi sú vybavené nové alebo staré stroje. Montáž číslicového indikátora polohy ND alebo POSITIP s príslušným lineárnym snímačom polohy LS resp. LB sa prevádza ľahko a je možná u každého typu stroja - nezávisle na metóde obrábania a počtu zobrazovaných osí.

- **Číslicové indikátory polohy ND 200 B pre dĺžky a uhly**

Rad ND 200 B ponúka číslicové indikátory polohy pre pripojenie dotykového meradla, lineárnych snímačov polohy a snímačov uhlového natočenia so sinusovým výstupným

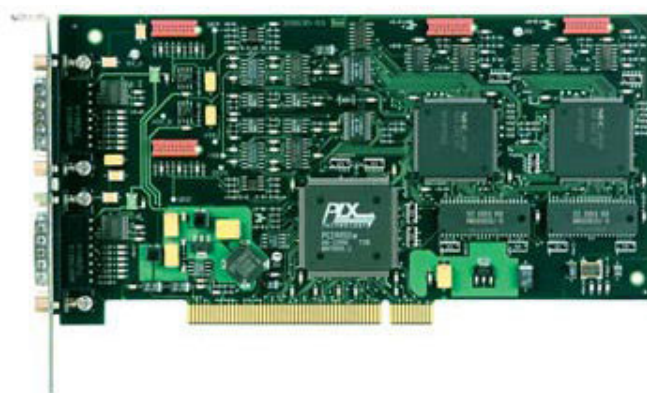
signálom ( $11 \mu A_{SS}$ ). Na číslicový indikátor ND 281 B možno pripojiť aj lineárne snímače polohy a snímače uhlového natočenia so sinusovým signálom  $1 V_{SS}$ .

## Karty čítačov

Karty čítačov pre integráciu do počítačov alebo programovateľných automatov zjednodušujú vytváranie **riešení podľa predstáv zákazníka**, ku ktorým patrí meracia elektronika, riadiace systémy alebo riadenie automatizovaných prevádzok.

### PC karty čítačov IK 220

IK 220 (obr. 27) je zásuvná karta pre PC so slotom PCI k snímaniu nameraných hodnôt **dvoch inkrementálnych alebo absolútnych lineárnych a uhlových snímačov polohy**. Elektronika karty **interpoluje sinusové vstupné signály až 4096-krát**. Softwarové ovládače sú súčasťou dodávky.



Obr. 27 PC karta HEIDENHAIN IK 220

Prehľad zariadení pre zobrazenie a spracovanie nameraných hodnôt firmy HEIDENHAIN

Číslicové indikátory polohy		Rad
až pre štyri osi	pre zariadenia na nastavenie polohy, frézovacie stroje a sústruhy	POSITIP
pre dve a tri osi	pre zariadenia na nastavenie polohy, frézovacie stroje a pod. pre sústruhy	ND 700 ND 700
Číslicové indikátory polohy		
	pre meranie dĺžok a uhlov	ND 200 B
Karty čítačov		
	pre PC	IK 220

#### Poznámka:

Informácie uvedené v tomto dokumente boli čerpané z propagačných materiálov firmy HEIDENHAIN a internetových lokalít uvedenej firmy :

<http://www.heidenhain.com>

<http://www.heidenhain.de>