

AVS / EPS

Pracovní verze – část 3

Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.

AVS / EPS

Odměřovací zařízení - Zpětnovazební prvky a čidla

- Odměřovací systémy
- Přímé a nepřímé odměřování
- Odměřování přírůstkové, cyklicky absolutní a absolutní, analogové a digitální
- Zpracování signálu, referenční body
- Princip a funkce fotoelektrických snímačů
- Princip a funkce indukčních snímačů
- Další používané snímače (tlaku, teploty, proudu a rychlosti)

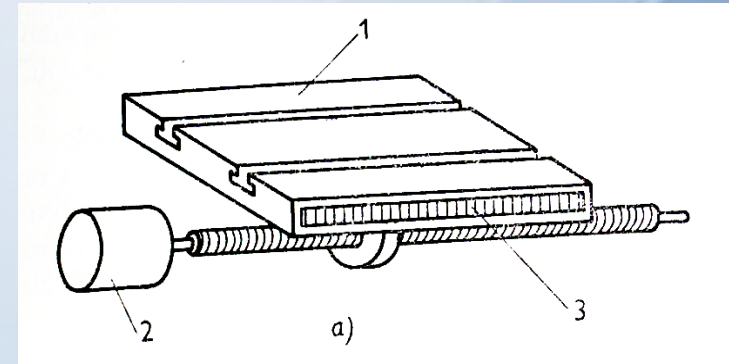
Odměřovací zařízení

- Je důležitou částí CNC stroje, do značné míry ovlivňuje jeho výslednou přesnost.
- Zajišťuje okamžitou polohu stolu nebo suportu.
- Každá osa musí mít vlastní odměřovací zařízení.

Rozdělení dle způsobu odměřování

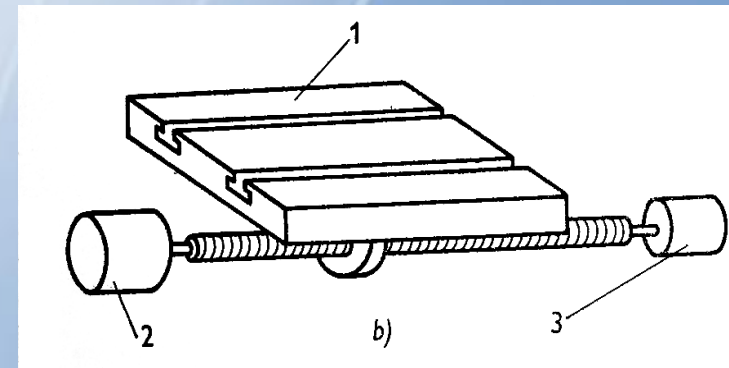
a) přímé

- dráha je odměřována přímo na pracovním stole
- přesnost odměřování není ovlivněna typem a přesností pohonu
- užití u přesných strojů
- nevýhodou je větší pořizovací cena



b) nepřímé

- dráha je odměřována nepřímo v závislosti na pootočení kuličkového šroubu nebo pastorku
- nevýhodou je, že nepřesnost pohonu a vlivy silových účinků, se přenášejí do měření
- velmi rozšířené

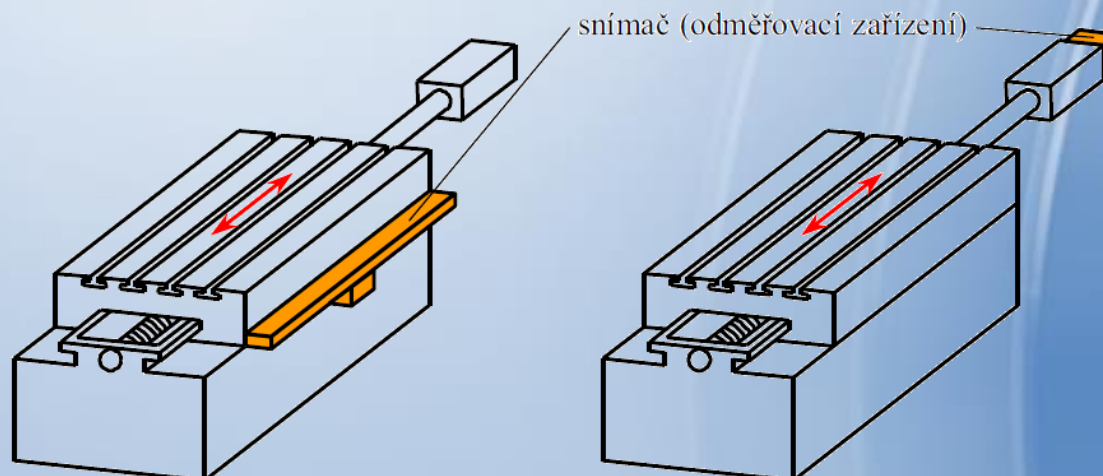


- 1 Pracovní stůl
- 2 Pohon
- 3 Odměřovací ústrojí

Rozdělení dle způsobu odměřování

Z hlediska získání informace o poloze je možné odměřovací zařízení rozdělit na:

- **přímé** – snímač odměřuje polohu přímo (viz obr. vlevo), při lineárním odměřování roste cena snímače s jeho délkou, teplotní dilatace ovlivňuje přesnost měření, obtížné krytování, ale obvykle vyšší přesnost měření proti nepřímému odměřování – používá se u přesnějších strojů...
- **nepřímé** – ujetá dráha se neměří přímo, poloha je počítána ze změřeného úhlu natočení a např. stoupání šroubu (viz obr. vpravo) – měření negativně ovlivňují chyby stoupání šroubu, ale snímače jsou levnější, jednodušší krytování (obvykle je snímač integrován přímo do pohonu) – použití u většiny dnešních CNC strojů...



Rozdělení dle informace o poloze

a) absolutní

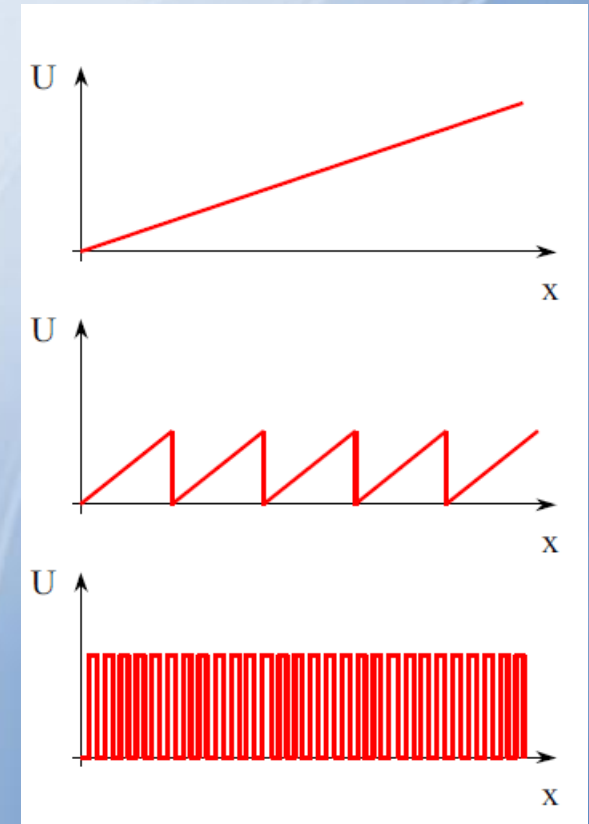
- vyznačuje se tím, že po vypnutí a opětovném zapnutí el. Proudu je údaj o poloze k dispozici
- není citlivý na vnější rušivé vlivy

b) cyklicky absolutní

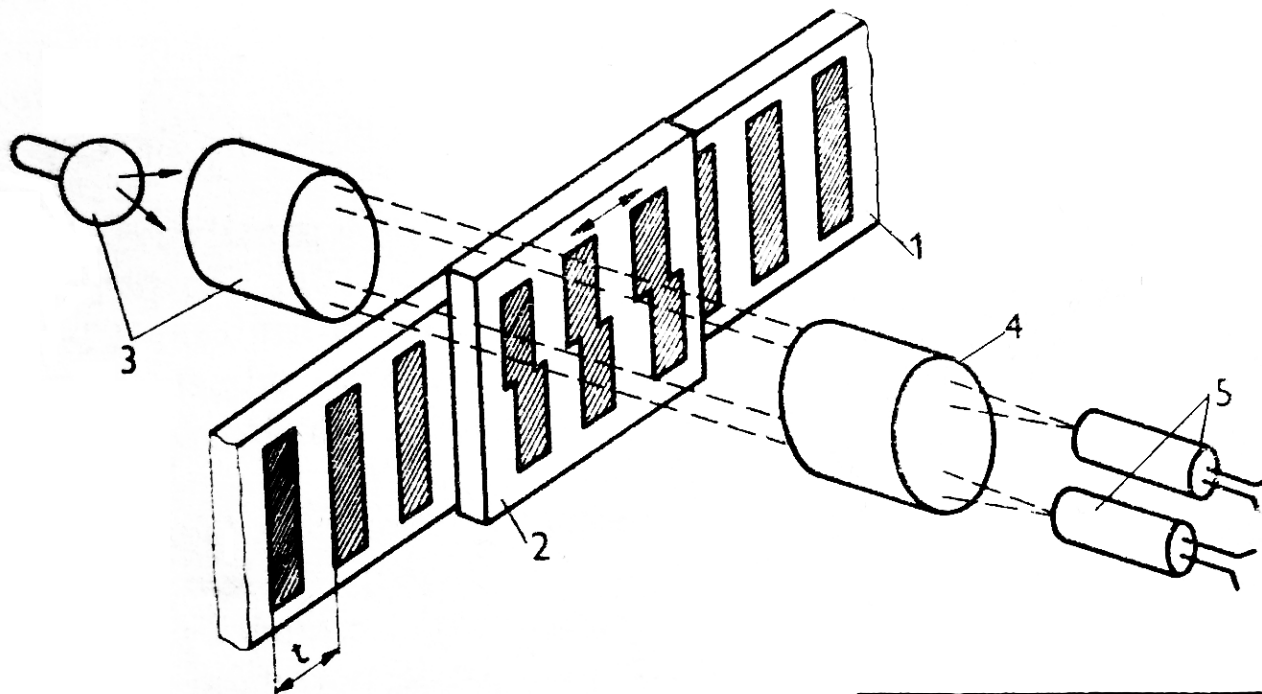
- v určitém intervalu dráhy suportu je odměřování absolutní
- při odměřování delší dráhy se může signál cyklicky opakovat

c) přírůstkové

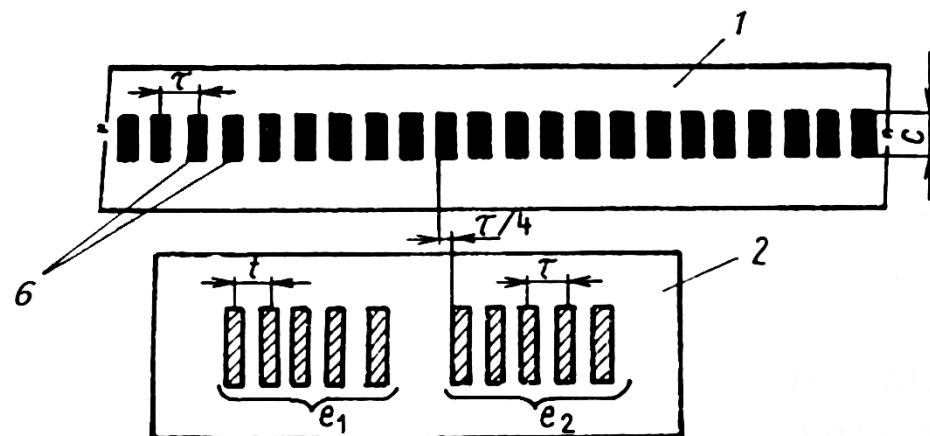
- charakteristickým znakem je přičítání dráhových přírůstků v počítači pulsů současně s určením smyslu pohybu řízeného členu
- nevýhodou je, že při výpadku proudu ztrácí systém informaci o poloze a je nutno najet do referenčního bodu
- citlivý na vnější rušivé vlivy



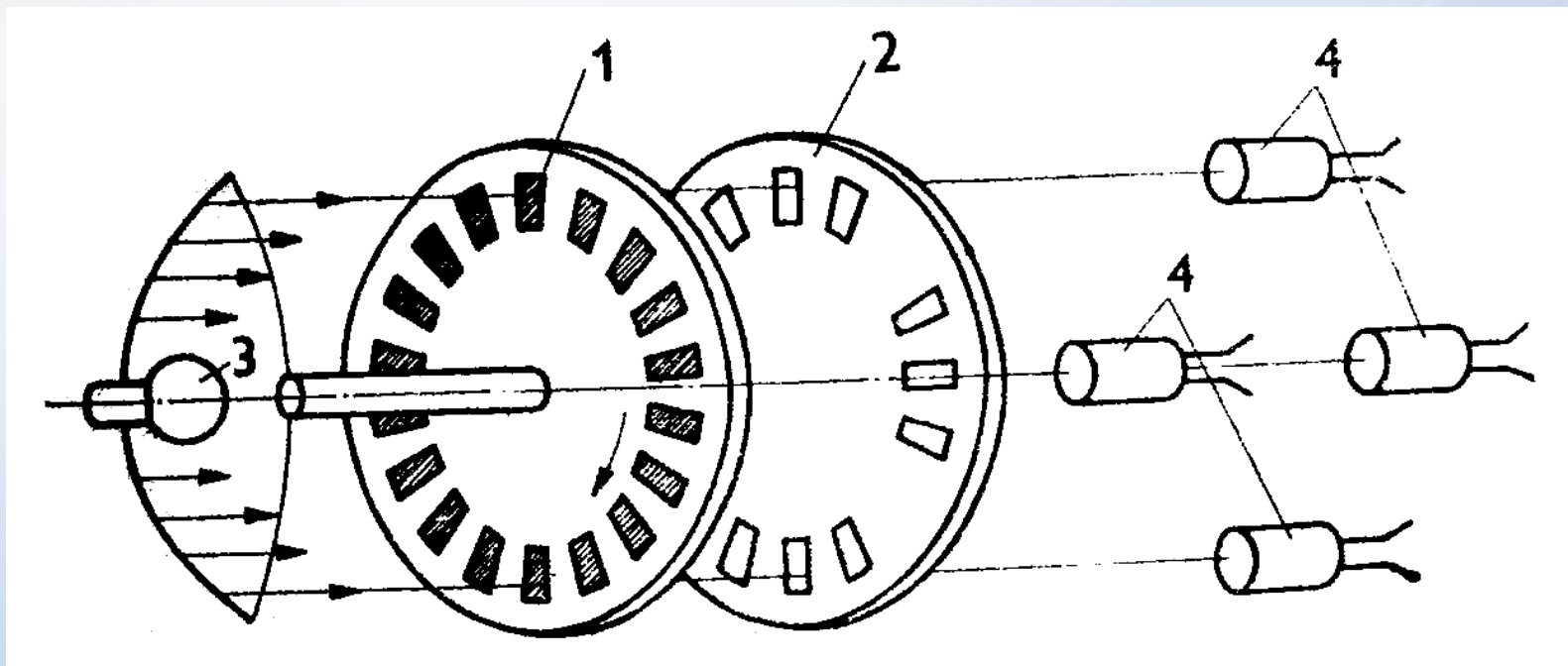
Princip přímého přírůstkového odměřování



- 1 Pevné měřítko
- 2 Jezdec
- 3 Zdroj světla
- 4 Objektiv
- 5 Fotosnímače
- 6 Dělení
- t, τ Rozteč
- c Délka dílku
- $e_{1,2}$ Skupiny polí

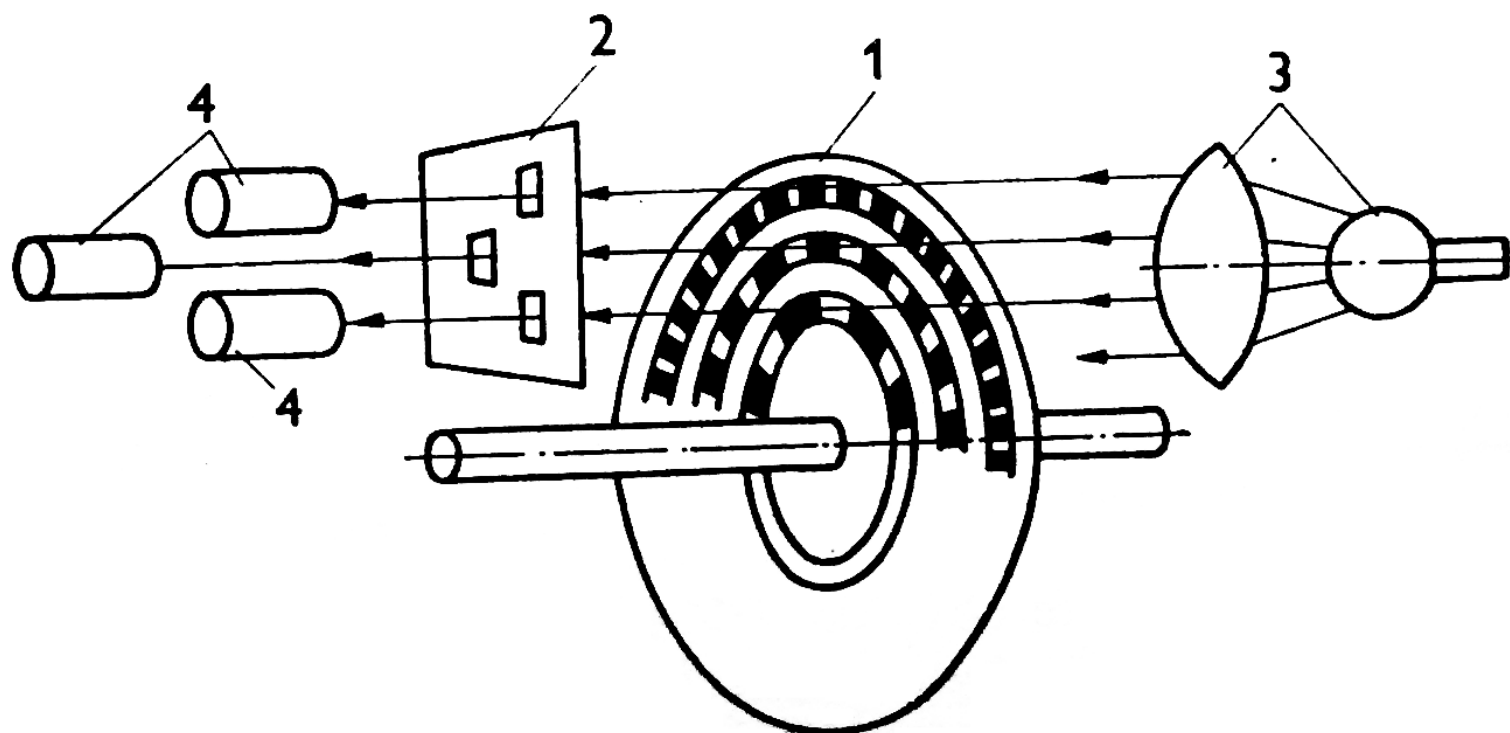


Princip nepřímého přírůstkového odměřování



- 1 Skleněný kotouč
- 2 Pevný kotouč se štěrbinami
- 3 Zdroj světla
- 4 Fotosnímače

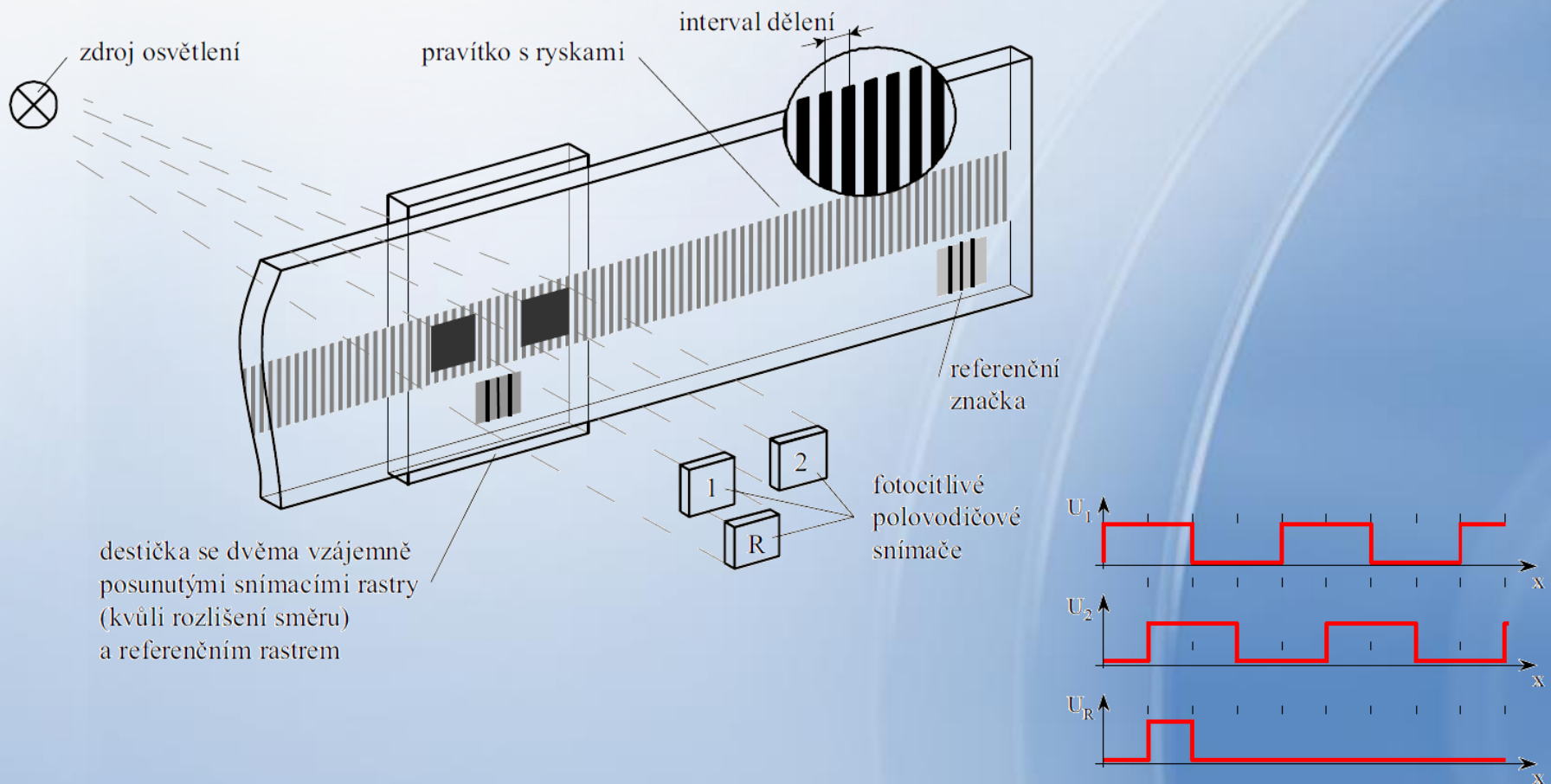
Princip nepřímého absolutního odměřování



- 1 Kotouč
- 2 Pevná clona
- 3 Zdroj světla
- 4 Fotosnímače

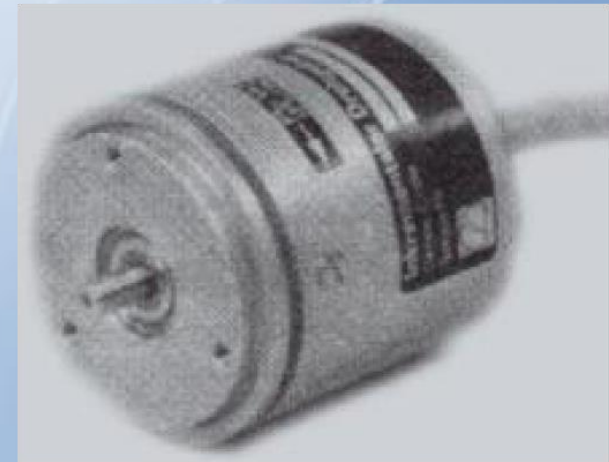
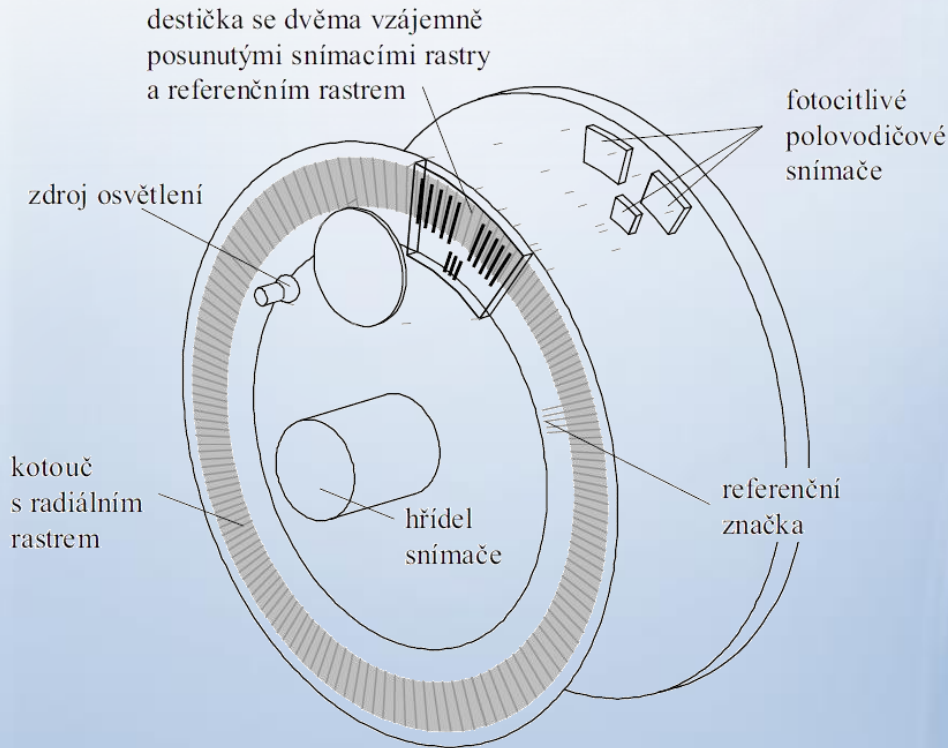
Přímý inkrementální snímač polohy

znázornění funkce přímého inkrementálního snímače polohy



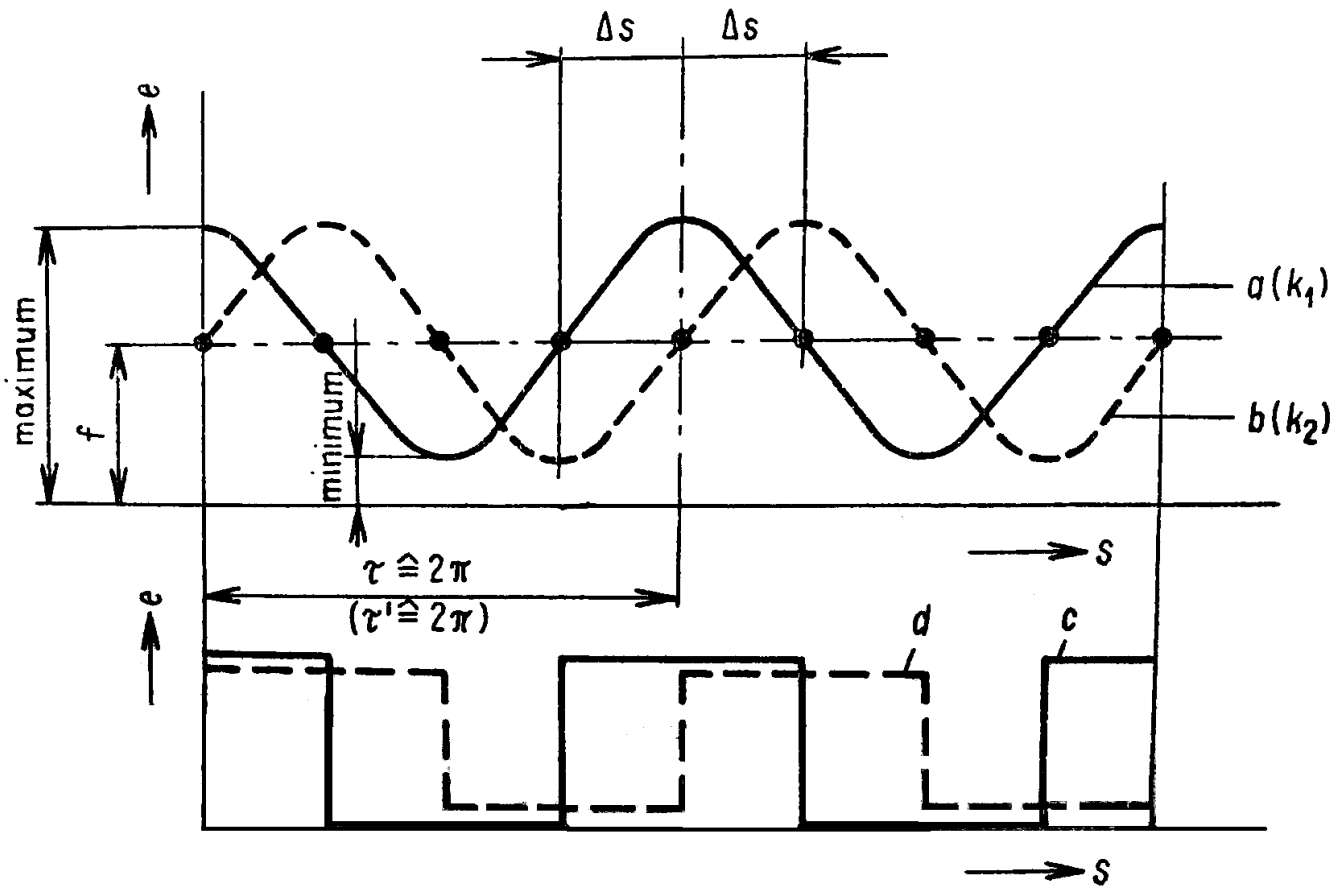
Rotační inkrementální snímač polohy

znázornění funkce rotačního inkrementálního snímače



příklad praktického provedení snímače

Schématický průběh signálu ze dvou fotodiod

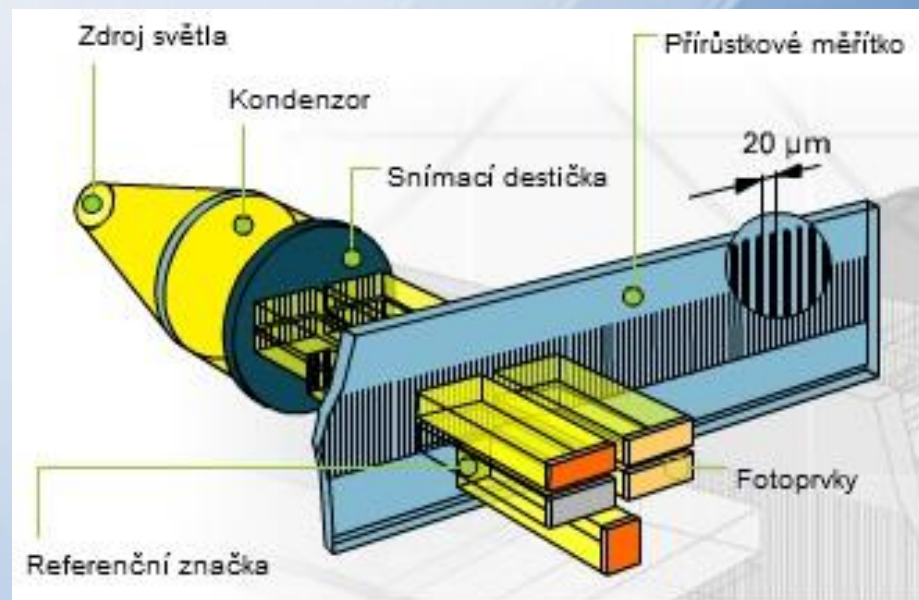


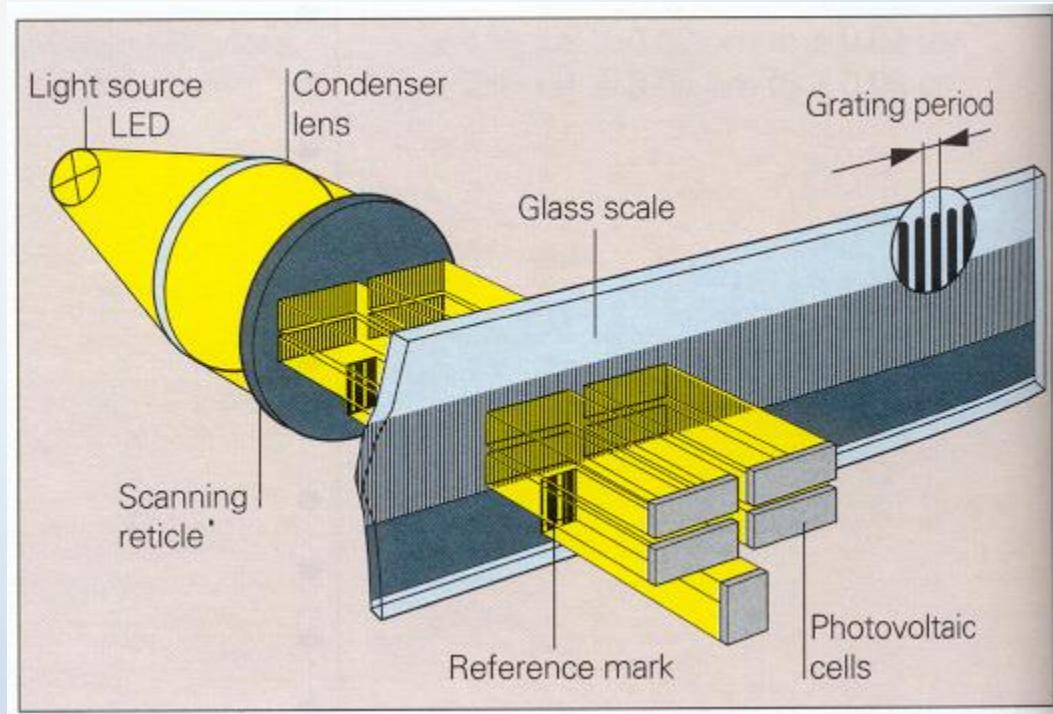
Δs	Rozteč
s	Čas
f	Napětí
τ	Dělení

$a(k_1), b(k_2)$ Sinusový průběh napětí
 c, d Obdélkový průběh napětí

Přírůstkové odměřování dráhy

1. Paralelní světelný svazek přenáší snímací políčko na skleněné měřítko. Dělení snímacího políčka je stejné, jako je na měřítku.
2. Na snímací destičce jsou čtyři snímací políčka, která jsou vůči sobě přesazena vždy o čtvrtinu dělicí periody.
3. Při pohybu skleněného měřítka před snímací mřížkou se mění intenzita světelného paprsku sinusově. Následující elektronika z toho vytváří čítací impulzy.
4. Řídicí systém vypočítává ujetou dráhu sčítáním nebo odčítáním těchto impulzů.

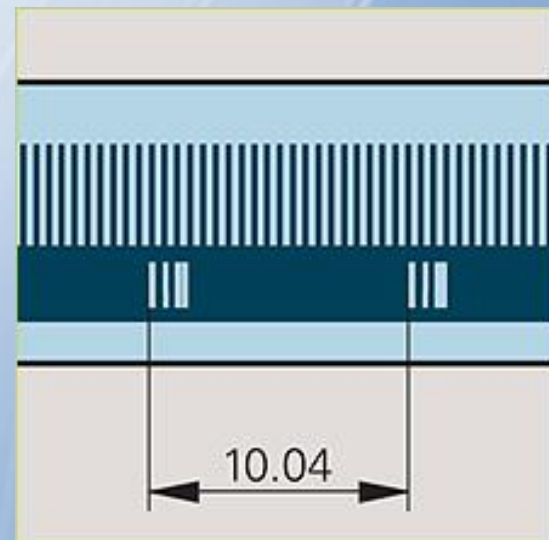




- Pro měřítka s periodou dělení 100 až 20 μm je používán všeobecně známý princip vyhodnocení se čtyřmi mřížkami vzájemně posunutými o 90° (0° , 90° , 180° , 270°)
- Při dopadu světla na strukturu mřížky dochází k jeho ohybu. U velkých period dělení dopadají částice světla po ohybu prakticky společně, čímž vzniká za paralelně prosvětlovanou mřížkou s větší periodou dělení stínový obraz struktury dělení. Hrubší dělení jsou tedy v podstatě snímána principem vrhání stínu, viz obr. Relativní pohyb měřítka vůči snímací mřížce vede k modulaci světlo – tma, která je snímána fotočlánky.

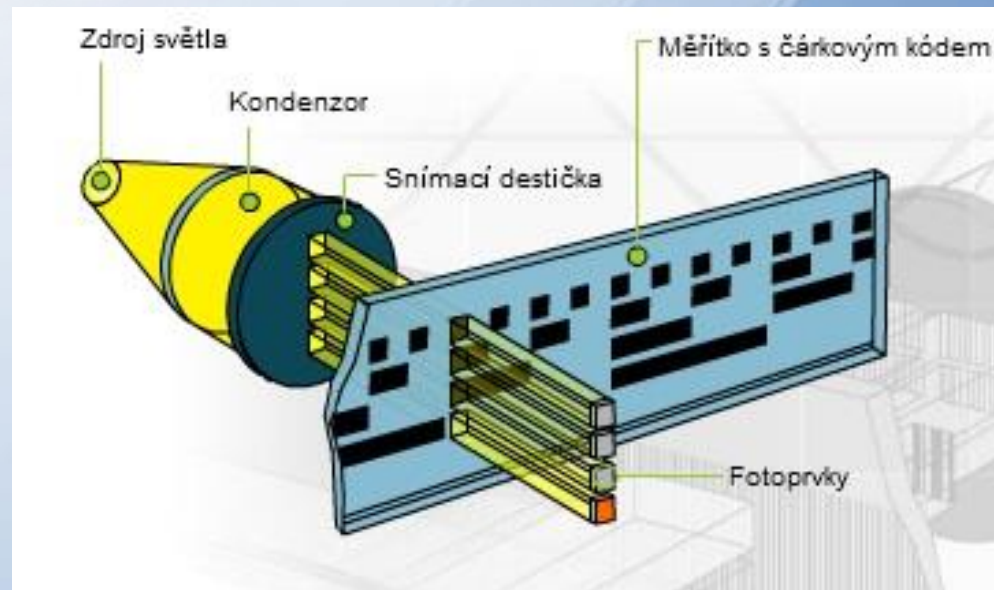
Referenční značky

- Označení na lineárním odměřovacím zařízení, které určuje určitou pozici v ose.
- U přírůstkových odměřovacích zařízení je pro absolutní vztah nutná referenční značka.
- Než se může vytvořit absolutní vztah nebo než se znovu najde poslední zvolený vztažný bod, tak se musí přejet referenční značka.

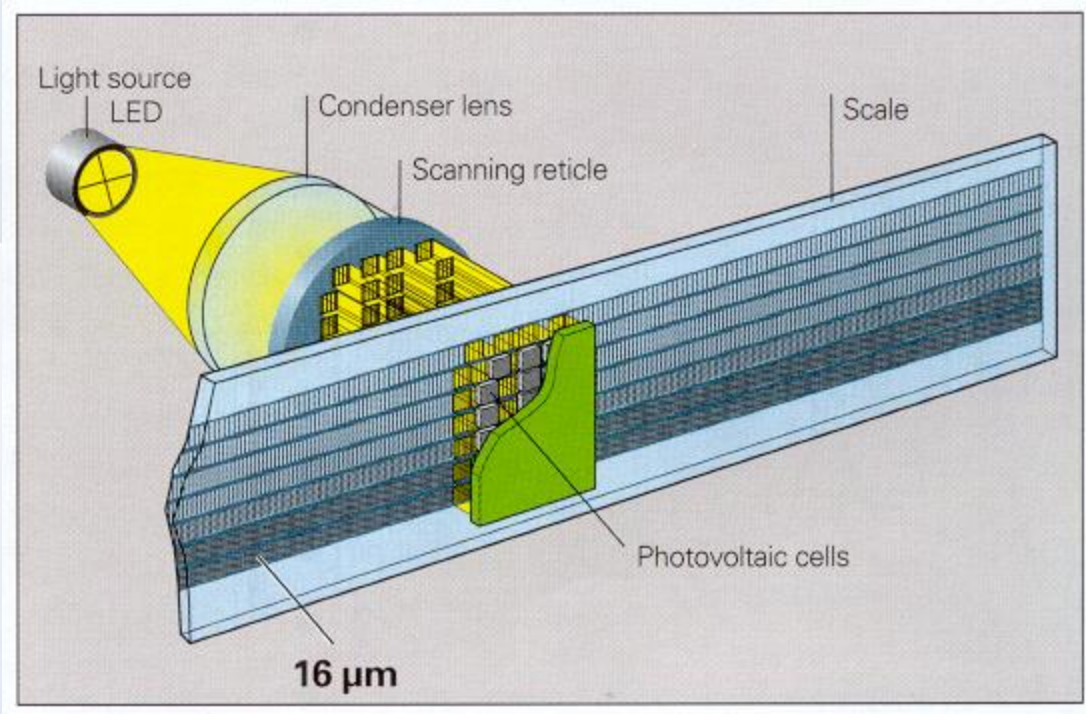


Absolutní odměřování dráhy

1. Paralelní světelný svazek přenáší snímací políčko na skleněné měřítko.
2. Při pohybu skleněného měřítka před snímací mřížkou se získává pro každou polohu jednoznačná digitální hodnota.

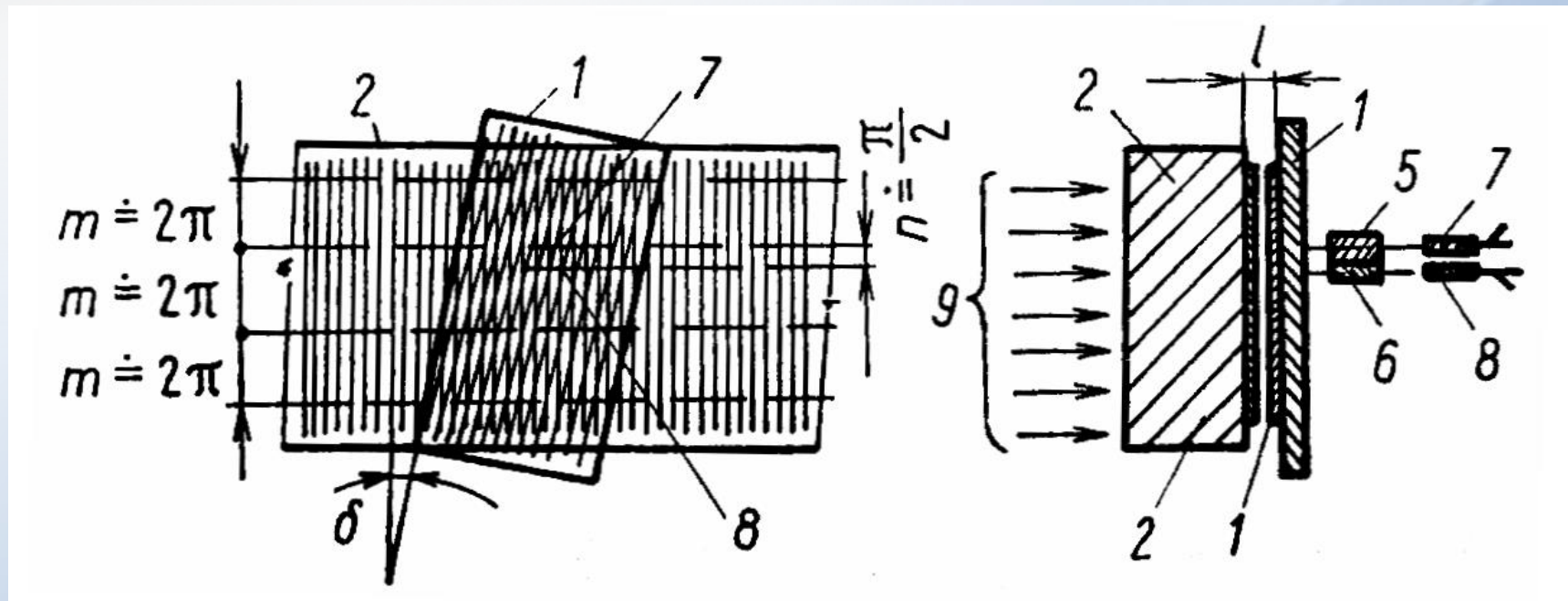


Absolutní snímače



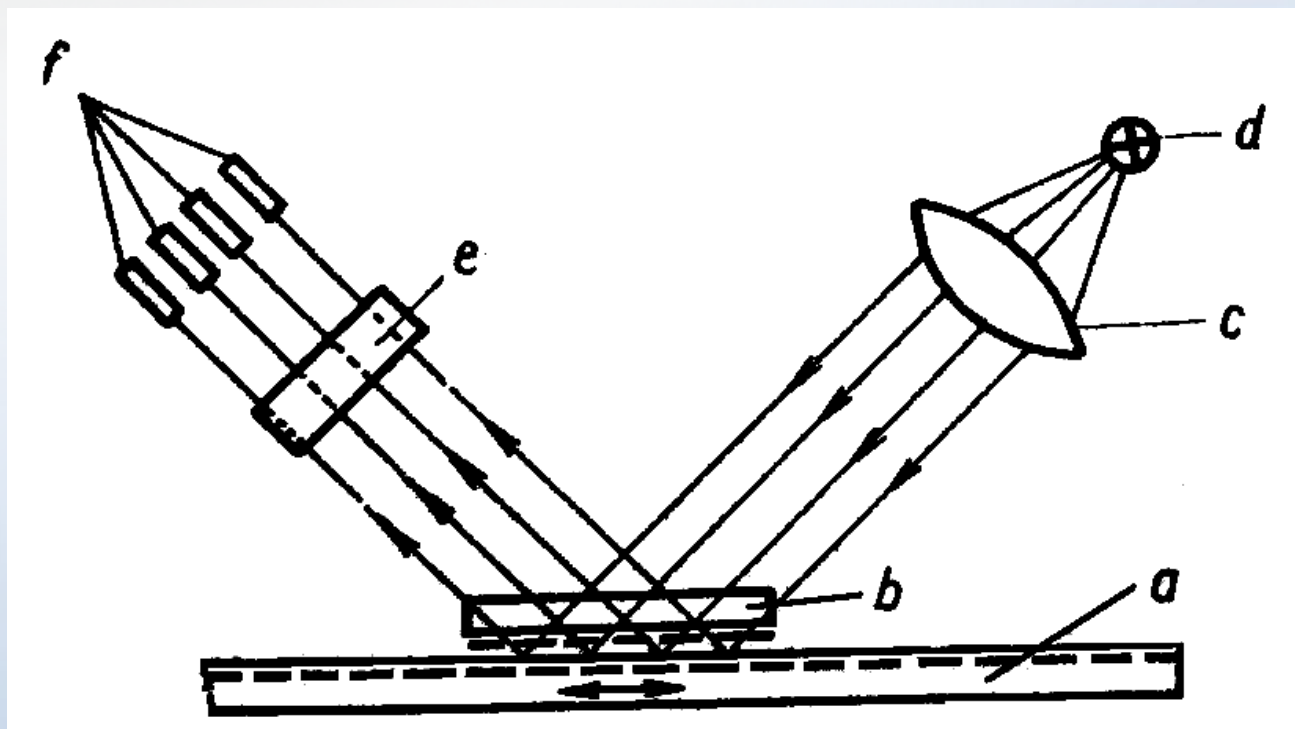
- Stále v nabídce většiny výrobců, a to jak pravé vícestopé absolutní snímače, tak nepravé absolutní snímače pracující na různých principech.
- Pravé absolutní snímače již nepoužívají čistě binární princip vyhodnocení, kdy by např. pro délku 1000 mm při základní rozteči rysek 16 μm snímač musel mít 16 stop. Místo toho jsou kombinovány stopy s větší než dvojnásobnou roztečí rysek s elektronickou interpolací a díky tomu např. lineární snímač pro zdvih do 3040 mm má jenom sedm stop při rozlišitelnosti pod 100 nm.
- Nepravé absolutní snímače používají převážně buď vnitřní paměť s vlastní napájecí baterií, nebo referenční značky s kódovanou roztečí. Nevýhodou uspořádání s vnitřní pamětí je to, že pokud při vypnutém napájení dojde k pohybu, snímač ho nezaznamená.
- Kódované referenční značky mají drobnou nevýhodu v tom, že pro získání údaje o absolutní poloze je nutné vykonat pohyb 20 až 50 mm resp. 10 až 20 stupňů.

Princip odměřování na základě Moire interference



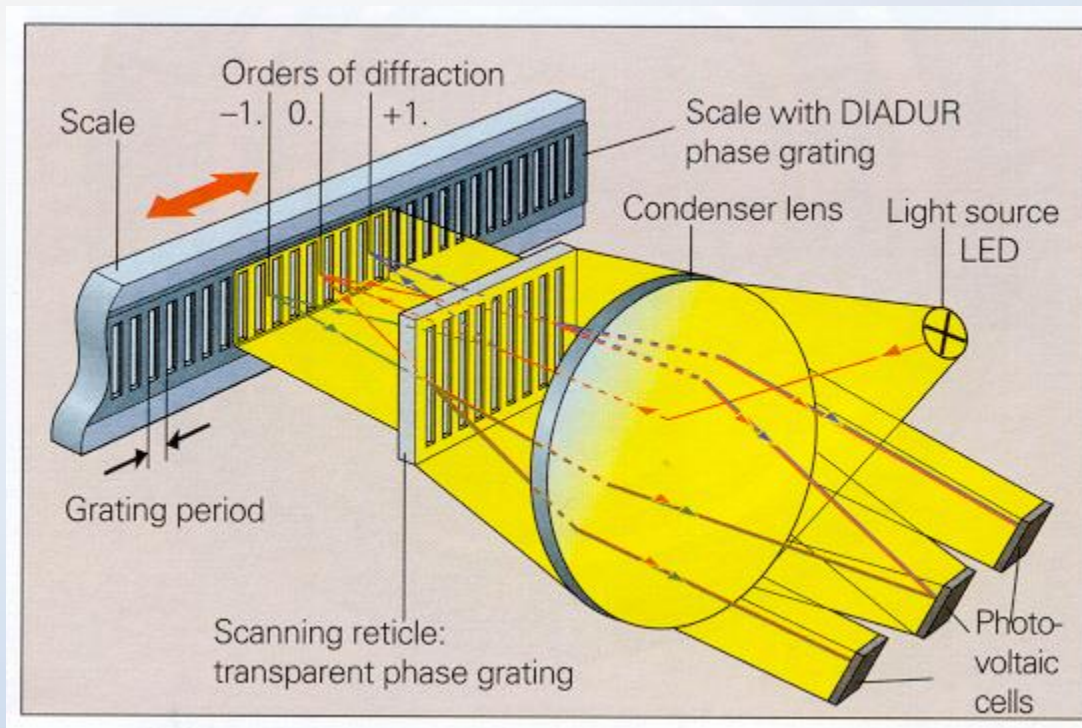
- 1 Jezdec
- 2 Skleněná mřížka
- 5,6 Sběrné čočky
- 7,8 Fotodiody
- δ Úhel sklonu drážkování
- g Zdroj světla

Princip přírůstkového odměřování s kovovým měřítkem



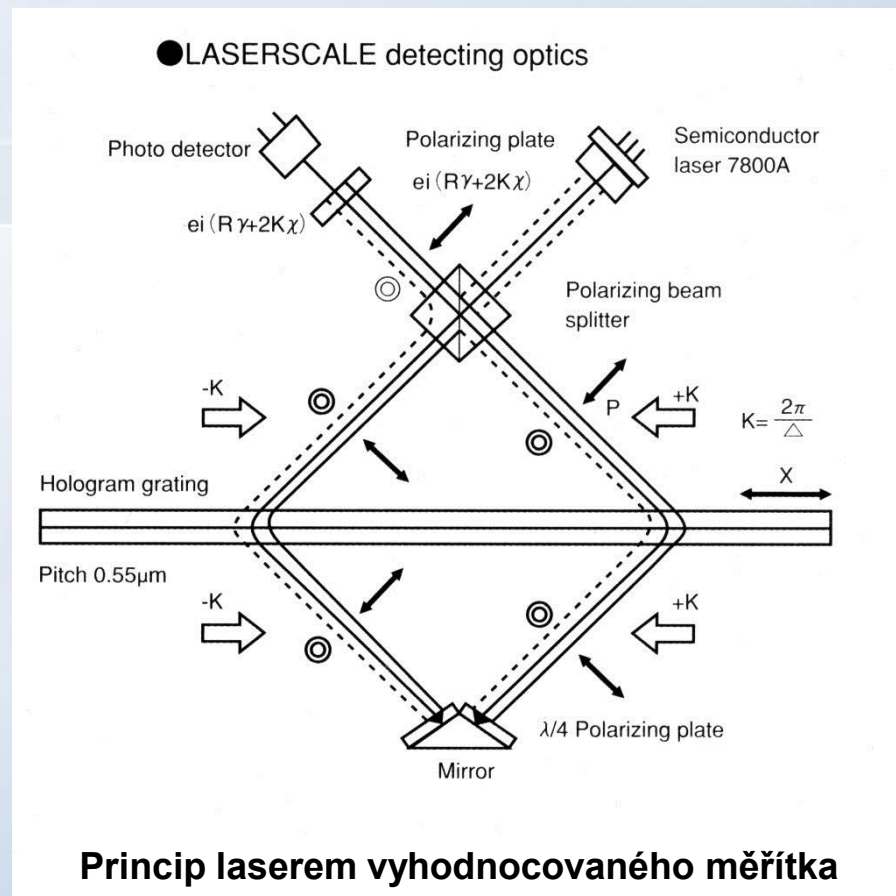
- a Měřítko
- b Průhledná protimřížka
- c Usměrňovací čočka
- d Zdroj světla
- e Sběrná optika
- f Fotodiody

Interferenční způsob vyhodnocení



- Tehdy, když rozteč rysek se blíží vlnové délce světla (typicky měřítko s dělením $8\text{ }\mu\text{m}$ a $4\text{ }\mu\text{m}$).
- Měřítka a vyhodnocovací mřížka (scanning reticle) jsou vyrobeny jako tzv. fázová difrakční mřížka (phase grating) s prostorovou strukturou. Na vyhodnocovací mřížce a na měřítku dochází k ohybu světla a vznikají tři paprsky (difrakce 0. řádu a ± 1 . řádu). U paprsků 0. řádu dochází k fázovému posuvu světelných vln, který je úměrný vzájemnému posunutí měřítka a vyhodnocovací mřížky. Na třech fotočláncích pak dochází k interferenci paprsků a vznikají tři harmonické signály vzájemně posunuté o 120° (0° , 120° , 240°), které jsou posléze převedeny na standardní signály vzájemně posunuté o 90° (0° , 90° , 180° , 270°).
- Snímače tohoto druhu se v posledních letech používají velmi často, protože rozteč rysek měřítek klesla až na hodnoty $2\text{ }\mu\text{m}$.

Interferenční vyhodnocení laserovým paprskem



- umožňuje dosáhnout ještě větší rozlišitelnost než u předchozího principu.
- Laserový paprsek vychází ze zdroje (polovodičový laser 7800A) a na polarizačním polopropustném zrcátku (beam splitter) je rozdělen na dvě části. Ty se po průchodu měřítkem s holografickou difrakční mřížkou ohýbají, po odrazu od zrcátka (mirror) znovu procházejí měřítkem a polopropustným zrcátkem a posléze dopadají na polarizační destičku. Vzájemný posuv měřítka a vyhodnocovací optiky mění fázi obou paprsků, které spolu interferují a vytvářejí tak interferenční proužky, z jejichž změn (světlo–tma) se vyhodnocuje vykonaný pohyb.
- Perioda takto vzniklého sinusového signálu je 137,9 nm. Po elektronické interpolaci lze docílit rozlišení až 0,28 nm.

Technické parametry

Zakrytované lineární snímače

Obvyklé parametry:

- Třída přesnosti $\pm 2 \mu\text{m}$ až $\pm 5 \mu\text{m}$
- Rozlišitelnost $0.1 \mu\text{m}$ až $0.004 \mu\text{m}$
- Měřicí délka až 30 m
- Max. rychlost 60 až 120 m/min
- Max. zrychlení 50 až 100 m/s^2



Otevřené lineární snímače

Obvyklé parametry:

- Třída přesnosti $\pm 0.1 \mu\text{m}$ až $\pm 5 \mu\text{m}$
- Rozlišitelnost až $0.001 \mu\text{m}$ (1nm)
- Měřicí délka až 30 m
- Max. rychlost 60 až 480 m/min
- Max. zrychlení až 200 m/s^2



Induktivní odměřování

Typy induktivního odměřování

- Rotační – resolver, rotační indukotosyn
- Lineární – indukotosyn

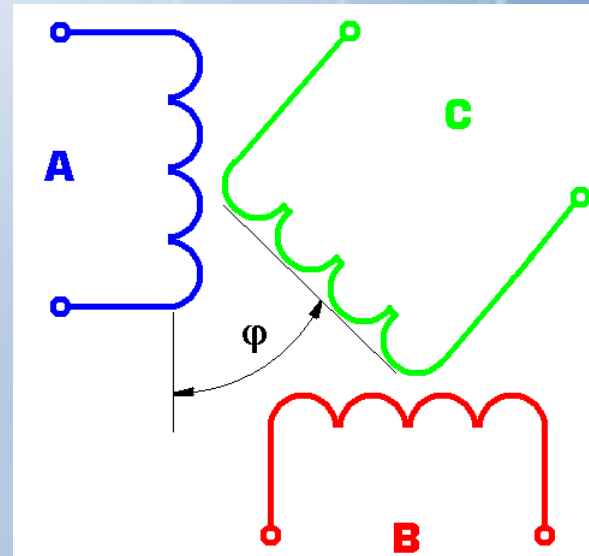
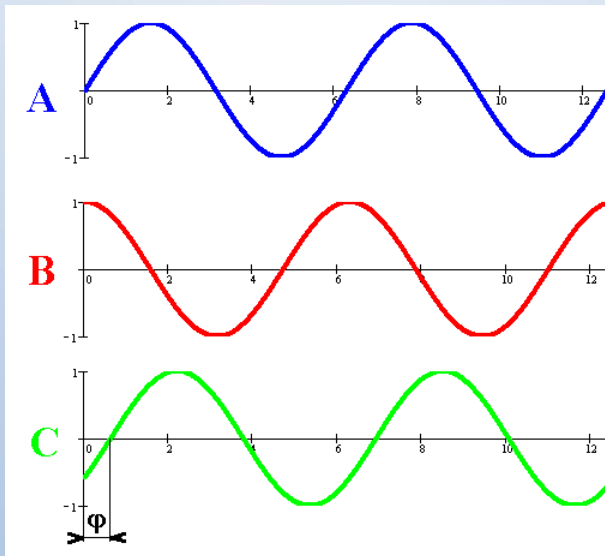
Resolver

1) s vyhodnocením fáze

- Napájena jsou vinutí statoru
- Stator je tvořen dvěma cívkami vzájemně pootočenými o 90° a v rotoru je otočná cívka na níž se indukují napětí U_C

$$U_C = U_A \cos \varphi + U_B \sin \varphi$$

- $U_A = U_o \sin \omega t$
 $U_B = U_o \cos \omega t$
 $U_C = U_o \sin(\omega t + \varphi)$



Resolver

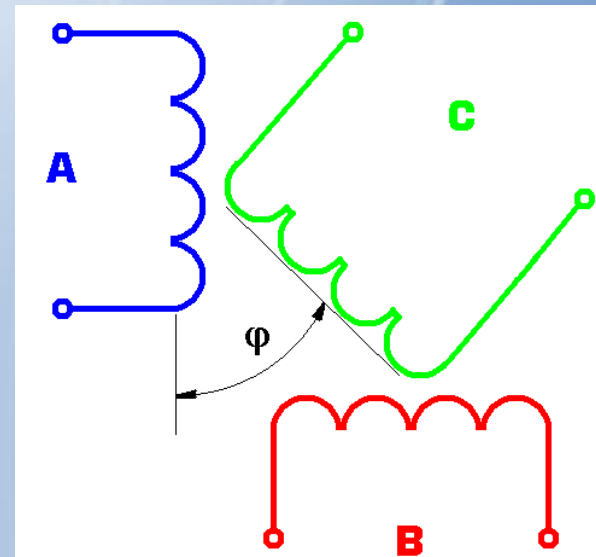
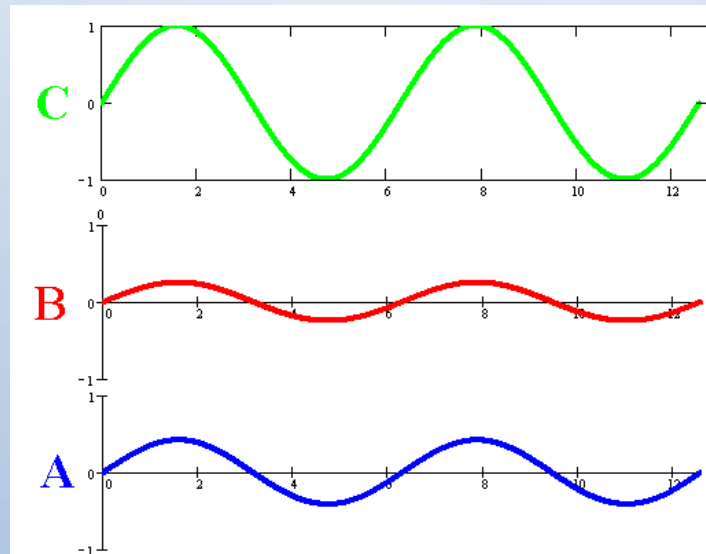
2) s vyhodnocením amplitudy

- Napájený je rotor a sledují se indukovaná napětí
- Na základě natočení rotoru se mění velikost amplitud v jednotlivých statorových vinutích

$$U_C = U_o \sin \omega t$$

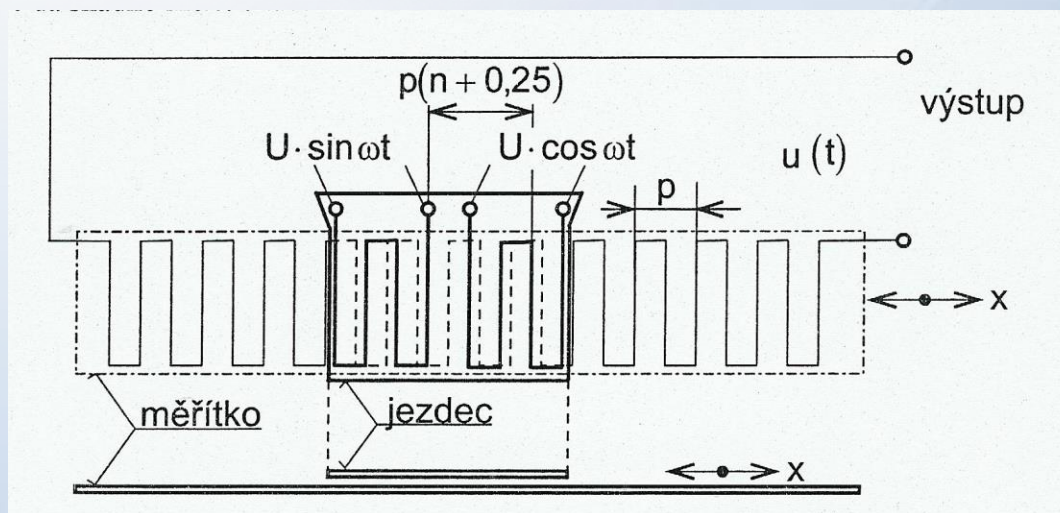
$$U_A = U_C \cos \varphi = U_o \cdot \sin \omega t \cdot \cos \varphi$$

$$U_B = U_C \sin \varphi = U_o \cdot \sin \omega t \cdot \sin \varphi$$



Lineární induktsyn

- Induktosyn je v podstatě polohový transformátor zvláštní plošné konstrukce
- Skládá se z pevné části (měřítko) a pohyblivé části (jezdec)
- Jezdec obsahuje dvě vinutí vzájemně posunuta o $\frac{1}{4}$ rozteče

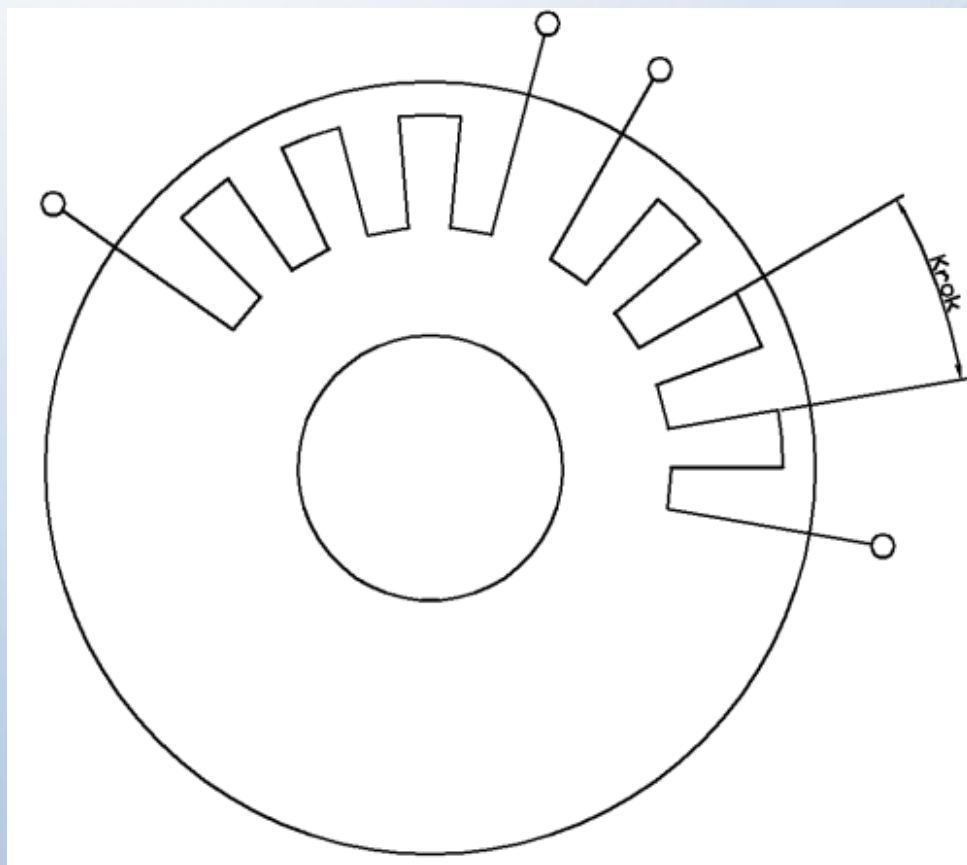


Princip:

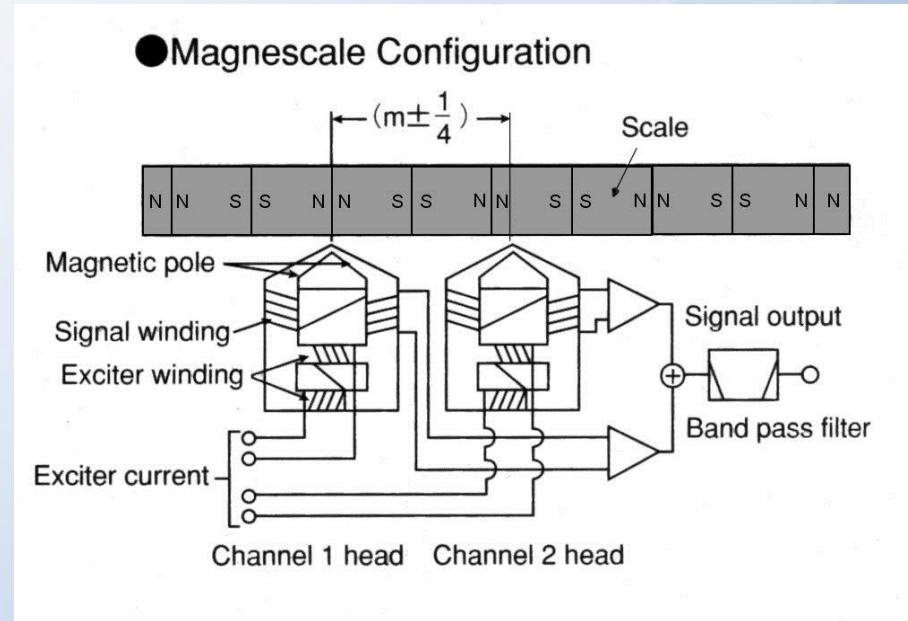
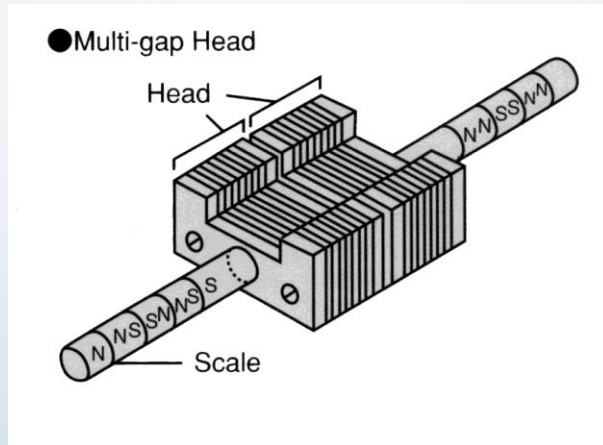
Vinutí jezdce je napájeno sinusovým a cosinusovým signálem, který vytváří v mezeře mezi měřítkem a jezdce homogenní elektromagnetické pole. Do vinutí měřítka se pak indukuje napětí jehož okamžitá amplituda nese informaci o poloze jezdce vůči měřítku.

Rotační induktosyn

- Pracují na stejném principu jako lineární induktosyny
- Skládají se z dvojice soustředně uložených kotoučů, kdy na jednom kotouči je dvojice vinutí posunutých o $\frac{1}{4}$ rozteče



Snímače na magnetickém principu



- Vyznačují se značnou robustností a možností integrace např. do lišty vedení nebo do kroužku velkorozměrového ložiska.
- Snímačům nevadí znečištění zkondenzovaným olejem, je ale samozřejmě nutná ochrana před třískami.
- Rozlišení až 100 nm odpovídá optickým měřítkům.