

UNIVERZA V LJUBLJANI

Fakulteta za strojništvo

Določanje merilne negotovosti merilnega sistema

Eksperimentalne metode

Tilen THALER

November, 2005

Kazalo

1	Uporabljene oznake	3
2	Uvod	3
3	Definicija naloge	3
4	Meritve	3
4.1	Napake, nastavitve in parametri merilnega okolja	3
5	Tabela meritev	5
6	Grafi napak	6
7	Odgovori na vprašanja	8
8	Zaključek	11
	Literatura	12

1 Uporabljene oznake

Oznaka	Pomen
X	Meritev s pozicionirno mizo, enota: [m]
X_{las}	Meritev z laserjem, referenčna meritev, enota: [m]
X_{ld}	Meritev linearnim inkrementalnim dajalnikom, enota: [m]
X	Meritev z rotacijskim inkrementalnim dajalnikom, enota: [m]
e_{pm}	Napaka pozicionirne mize, enota: [m]
e_{ld}	Napaka linearnega inkrementalnega dajalnika, enota: [m]
e_{rd}	Napaka rotacijskega inkrementalnega dajalnika, enota: [m]

2 Uvod

Namen vaje je spoznati pomen merilne negotovosti merilnih sistemov na praktičnem primeru. Noben merilni sistem v praksi ni absolutno točen. Za določitev točnostnega razreda določenega sistema pa potrebujemo ustrezen referenčni merilni sistem, ki ima vsaj za en razred boljšo točnost kot sistem, ki ga merimo.

Objekt preizkušanja bodo inkrementalni dajalniki za merjenje pomika, ki so osnova skoraj vsakega numerično krmiljenega stroja. Študentje se bodo seznanili z osnovami delovanja inkrementalnih dajalnikov pomika.

Na vaji bo za referenčni merilni sistem uporabljen laserski merilni sistem, ki se uporablja predvsem za merjenje geometrijske točnosti obdelovalnih strojev. V skladu s tem bodo študentje spoznali tudi osnove laserskega merilnega sistema. [1]

3 Definicija naloge

Zahteve naloge so [1]:

- Na postavljenem testnem mestu eksperimentalno preverite točnost obeh inkrementalnih dajalnikov pomika glede na laserski merilni sistem.
- Dodatno ocenite mehanske napake NC pozicionirne mize sistema.
- Narišite grafe napak v odvisnosti od pomika mize za vsak merilni sistem in za vsak merilni cikel.

4 Meritve

4.1 Napake, nastavitve in parametri merilnega okolja

Meritve izvedemo v treh ciklih. Določimo naslednje:

Absolutni pogrešek (absolutna napaka) je po dogovoru:

$$e = x - x_{ref},$$

Nastavitev	Vrednost nastavitve
Maksimalen pomik mize, enota: [mm]	400
Dolžina pomika med dvema točkama, enota: [mm]	70
Merilno območje, enota: [mm]	350
Število točk meritve, enota: [1]	6
Število pomikov, enota: [1]	5

Tabela 2: Tabela nastavitvev

pri čemer je e napaka, x_{ref} je referenčna vrednost, ki jo merimo z merilnikom, ki je vsaj desetkrat bolj natančen od inštrumenta, ki ga preverjamo, x merimo z merilnikom, ki ga preverjamo.

Za naš primer so napake [1]:

Napaka pozicionirne mize:

$$e_{pm} = x - x_{las},$$

Napaka linearnega inkrementalnega dajalnika:

$$e_{pm} = x_{ld} - x_{las},$$

Napaka rotacijskega inkrementalnega dajalnika:

$$e_{pm} = x_{rd} - x_{las},$$

Parametri okolice	Vrednost parametra
Temperatura zraka, enota: [°C]	20.81
Zračni tlak, enota: [mmHg]	744.15
Relativna vlažnost, enota: [%]	50
Temperatura merjenja, enota: [°C]	23.27
Konstante	Vrednost konstante
Razteznostni količnik merjenja, enota: ppm/°C	11.7
Faktor kompenzacije materiala, enota [1]	0.9996841
Faktor kompenzacije okolice, enota: [1]	0.9997351
Parametri pri preizkusu	Vrednost parametra
Hitrost, enota: [mm/s]	25
Korak pomika, enota: [mm]	70
Merilna dolžina, enota [mm]	350
Število točk, enota [1]	6

Tabela 3: Tabela parametrov

Podatki o inkr. daj.	linearni i. d.	rotacijski i. d.
Prouzvajalec	RSF Elektronik	RSF Elektronik
Tip	MSA 3701	DG 120
A/B signal?	Ne	/
Ločljivost, enota: [μm], [pulzov/obrat]	1	1000
Prikazovalnik	RSF Elektronik	RSF Elektronik
Laserski merilni sistem	Glava	Kotni interferometer
Proizvajalec	HP	HP
Tip	5519-A	10770-A

Tabela 4: Tabela podatkov o merilnikih

5 Tabela meritev

Cikel	X [mm]	X_{las} [mm]	X_{ld} [mm]	X_{rd} [mm]	e_{pm} [mm]	e_{ld} [mm]	e_{rd} [mm]
1	0	0	0	0	0	0	0
1	70	69.984	69.969	69.985	0.016	-0.015	0.001
1	140	139.979	139.956	139.97125	0.021	-0.023	-0.00775
1	210	209.983	209.943	209.965	0.017	-0.04	-0.018
1	280	279.98	279.935	279.96125	0.02	-0.045	-0.01875
1	350	349.976	349.938	349.96125	0.024	-0.038	-0.01475
1	350	349.974	349.935	349.95625	0.026	-0.039	-0.01775
1	280	279.98	279.935	279.95625	0.02	-0.045	-0.02375
1	210	209.985	209.941	209.95875	0.015	-0.044	-0.02625
1	140	139.981	139.951	139.9625	0.019	-0.03	-0.0185
1	70	69.974	69.957	69.97	0.026	-0.017	-0.004
1	0	-0.058	-0.063	-0.055	0.058	-0.005	0.003

Tabela 5: Tabela meritev

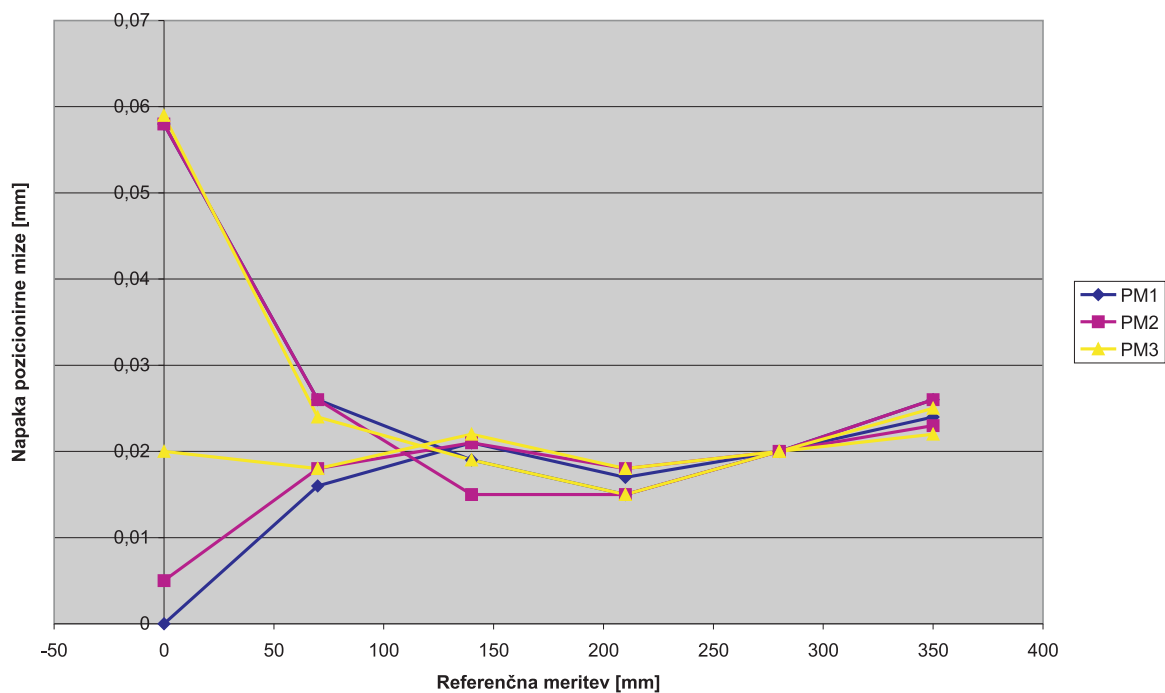
Cikel	X [mm]	X_{las} [mm]	X_{ld} [mm]	X_{rd} [mm]	e_{pm} [mm]	e_{ld} [mm]	e_{rd} [mm]
2	0	-0.005	-0.006	-0.00625	0.005	-0.001	-0.00125
2	70	69.982	69.968	69.98125	0.018	-0.014	-0.00075
2	140	139.979	139.956	139.96875	0.021	-0.023	-0.01025
2	210	209.982	209.941	209.96125	0.072	0.013	0.03325
2	280	279.98	279.935	279.96	0.02	-0.045	-0.02
2	350	349.977	349.938	349.96125	0.023	-0.039	-0.01575
2	350	349.974	349.934	349.95375	0.026	-0.04	-0.02025
2	280	279.98	279.934	279.95375	0.02	-0.046	-0.02625
2	210	209.985	209.941	209.9575	0.015	-0.044	-0.0275
2	140	139.985	139.95	139.95875	0.015	-0.035	-0.02625
2	70	69.974	69.957	69.96625	0.026	-0.017	-0.00775
2	0	-0.058	-0.07	-0.06125	0.058	-0.012	-0.00325
3	0	-0.02	-0.012	-0.00375	0.02	0.008	0.01625
3	70	69.982	69.968	69.98125	0.018	-0.014	-0.00075
3	140	139.978	139.954	139.96875	0.022	-0.024	-0.00925
3	210	209.982	209.942	209.96125	0.018	-0.04	-0.02075
3	280	279.98	279.935	279.9575	0.02	-0.045	-0.0225
3	350	349.978	349.938	349.96	0.022	-0.04	-0.018
3	350	349.975	349.934	349.95375	0.025	-0.041	-0.02125
3	280	279.98	279.934	279.9525	0.02	-0.046	-0.0275
3	210	209.985	209.94	209.9575	0.015	-0.045	-0.0275
3	140	139.981	139.95	139.96125	0.019	-0.031	-0.01975
3	70	69.976	69.956	69.96875	0.024	-0.02	-0.00725
3	0	-0.059	-0.068	-0.06125	0.059	-0.009	-0.00225

Tabela 6: Tabela meritev

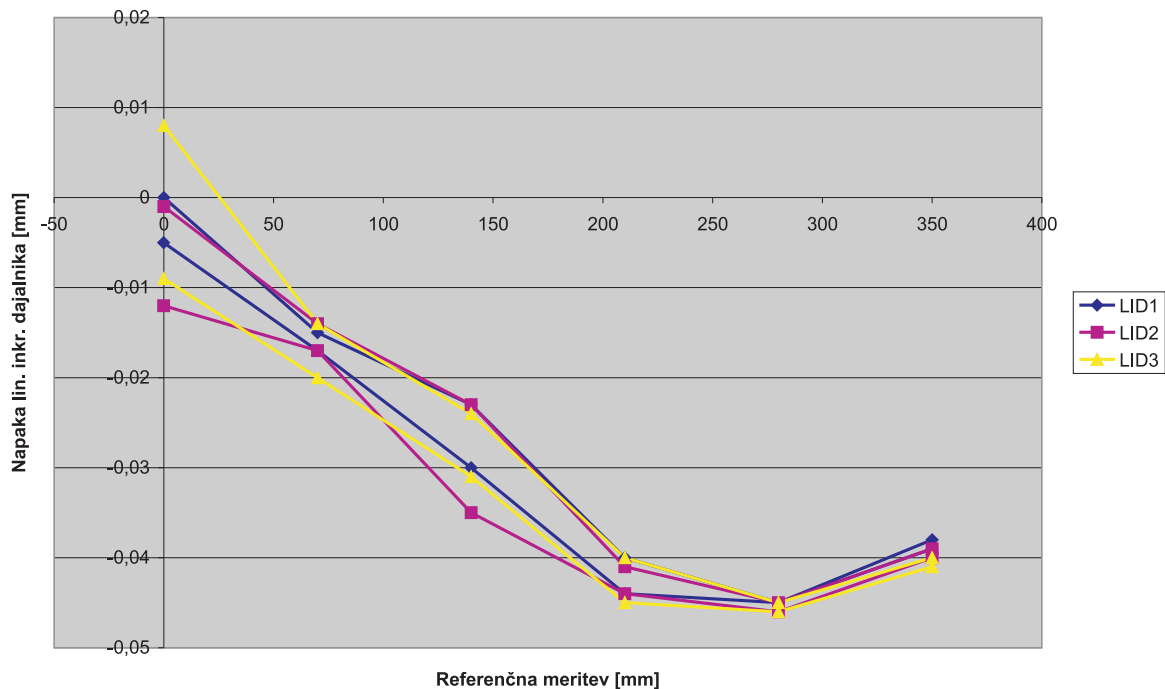
6 Grafi napak

Rezultat laboratorijske vaje so grafi napak za tri sisteme (pozicionirna miza, rotacijski inkrementalni dajalnik in linearni inkrementalni dajalnik) za tri merilne cikle.

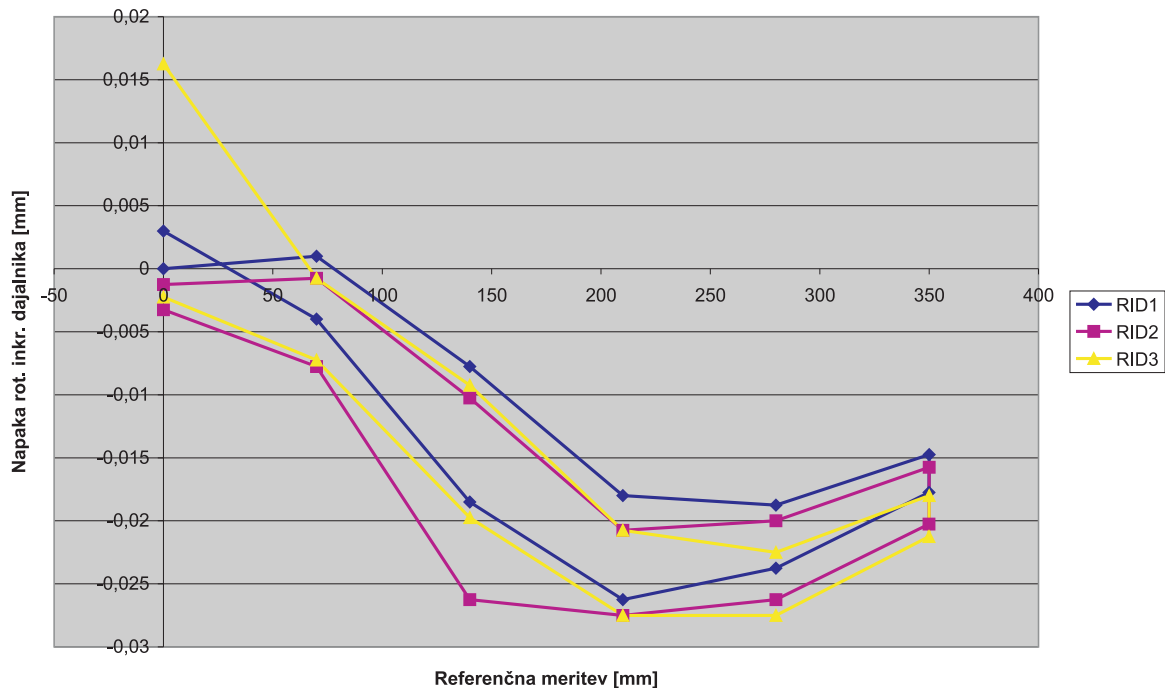
Graf absolutnega pogreška za pozicionirno mizo, $e_{pm}(x_{las})$



Graf absolutnega pogreška za linearni inkrementalni dajalnik, $e_{ld}(x_{las})$



Graf absolutnega pogreška za rotacijski inkramantalni dajalnik, $e_{rd}(x_{las})$



7 Odgovori na vprašanja

Razložite točnost merilnega sistema!

Točen merilni sistem je tisti, ki ima manjšo merilno negotovost. Pri bolj točnem merilnem sistemu lahko z večjo verjetnostjo trdimo, da je merjena veličina v nekem majhnem intervalu.

Kako bi določili točnost merilnega sistema, ki ga proizvajate?

Točnost merilnega sistema bi lahko določili z bolj natančnim sistemom oziroma z etalonom. Glede na raztros vrednosti v primerjavi z referenčnim merilom lahko potem ugotovljamo točnost proizvajanega merilnega sistema. Manjši, kot je raztros, večja je natančnost.

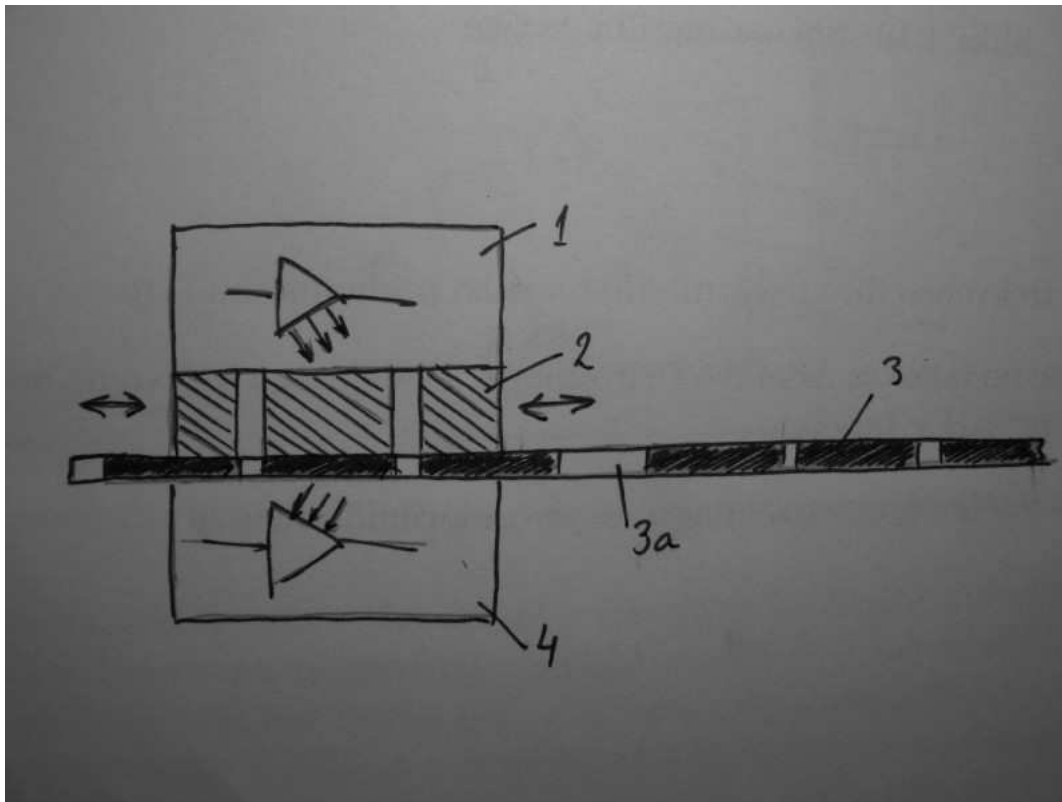
Kakšne so zahtevane karakteristike referenčnega merilnega sistema pri merjenju točnosti?

Za etalon je pomembno, da ima čim bolj linearne karakteristike v merilnem območju. Njegova natančnost in ločljivost morata biti za faktor 10 večja od preverjanega merilnega sistema.

Razložite princip delovanja inkrementalnih dajalnikov pomikov

Zgradba inkrementalnega dajalnika:

1-LED, 2-masko, 3-stekleno merilo, 3a-referenčna oznaka, 4-foto dioda



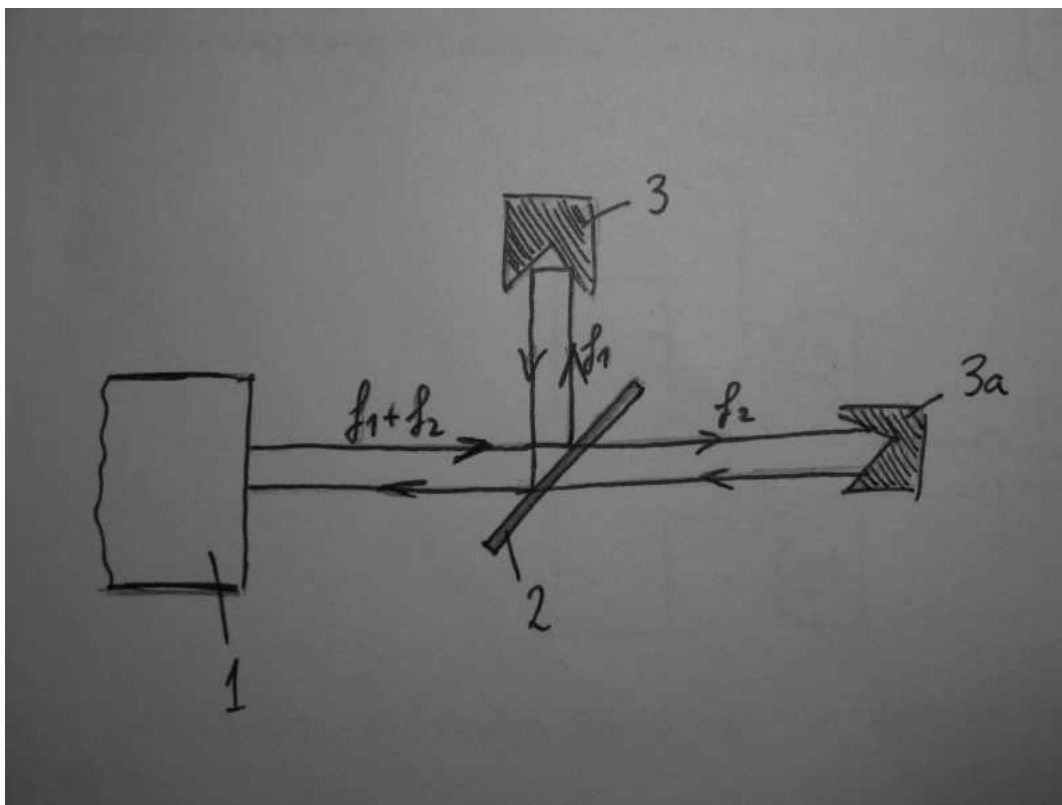
Če LED presvetli masko in merilo, foto dioda zazna signal. Pri tem se maska giblje vzdolž merila. Vhodni signal je konstanten, medtem ko je izhodni signal žagasta funkcija.

Kako določimo smer pomika pri inkrementalnih dajalnikih?

Če masko po dolgem prerežemo na dva dela in ju zamaknemo za četrtno reže, je v eno smer zamik med signaloma, ki ju prepuščata maski $+\frac{1}{4}$, v drugo smer pa je zamik $-\frac{1}{4}$. Ta zamik lahko zaznamo na inštrumentih.

Razložite delovanje laserskega merilnika razdalj!

Koherentna svetloba, ki jo oddaja laser (1) je sestavljena iz dveh pravokotno polariziranih komponent (f_1 in f_2). Na polprepustnem zrcalu (2) se ena odbije, druga pa potuje skozi. Prva potuje do fiksnega reflektorja (3), kjer se odbije, druga pa potuje do reflektorja (3a), ki je pritrjen na del merilnega sistema, ki se giblje. Če se reflektor (3a) premakne za $\lambda/4$, žarek naredi za $\lambda/2$ večjo pot, kot pri mirujočem sistemu. Ko oba odbita žarka interferirata se pojavijo oslabitve in ojačitve. Pri merilniku pomikov štejemo oslabitve in ojačitve. Pri tem moramo zelo natančno poznati vse parametre merjenja, ker je tak način merjenja zelo natančen in posledično tudi zelo občutljiv.



Ali mora imeti kontrolni merilni sistem, s katerim preverjate točnost nekega merilnega sistema boljšo ločljivost od merjenega? Obrazložite!

Kontrolni sistem mora imeti boljšo ločljivost, ker lahko v primeru slabše ločljivosti ne zaznamo signala dovolj natančno, da bi lahko nadzorovali merjeni sistem.

Kako bi se spremenila točnost linearnega dajalnika, če bi ga prerezali na pol in kako, če bi ga dvakrat podaljšali? Kako lahko teoretično podaljšate linearni dajalnik tako, da bo imel isto točnost kot osnovni?

Če podaljšamo linearni inkrementalni dajalnik, se točnost zmanjša zaradi linearnega temperaturnega raztezka, vendar je raztros enak. Z ustreznim koeficientom lahko to napako numerično zmanjšamo. Teoretično lahko podaljšamo lin. inkr. dajalnik na enak način, le da pomnožimo napako z nekim koeficientom, namesto da bi delili.

Kako bi podali točnost rotacijskega merilnega dajalnika? Kako se spreminja točnost s številom obratov?

Točnost rotacijskega inkrementalnega dajalnika lahko podamo kot absolutni pogrešek v [rad] ali pa z relativno napako, ki se pojavi pri enem obratu [rad/2 π]. Točnost z večanjem števila obratov pada, in sicer zaradi prenosa informacij. Kabli s svojo kapacitivnostjo delujejo kot visokofrekvenčni filter.

Zakaj se v računalniško vodenih strojih pogosteje kot rotacijski uporabljajo linearni dajalniki? Razložite!

Pri linearnih inkrementalnih dajalnikih je lažje določiti pozicijo, medtem ko moramo pri rotacijskih dajalnikih upoštevati še vijak, po katerem se giblje delovna enota. Zračnost v vijaku prispeva k pogrešku rotacijskega inkr. dajalnika. Boljša lastnost rotacijskega dajalnika pa je ta, da nanj temperatura okolice ne vpliva pomembno.

8 Zaključek

Iz grafov napak (6) lahko razberemo, da je najbolj natančen linearni inkrementalni dajalnik, ker ima najmanjši raztros. Pogrešek se mu sicer veča z referenčno dolžino, vendar to napako lahko numerično odpravimo, če upoštevamo trendo premico.

$$k = \frac{\textit{napaka}}{\textit{referencno dolzino}}.$$

Linearnemu dajalniku sledi pozicionirna miza, ki je v osnovi tudi lin. inkr. dajalnik, le da ima pri vrednosti, ko je referenca 0, velik raztros. Rotacijski dajalnik je verjetno najslabši merilni sistem, ker ima največji raztros po celi referenčni dolžini, poleg tega pa ima še napako zaradi raztezka vijaka. To napako lahko rešimo numerično (enako kot pri lin. inkr. dajalniku), raztros pa je v veliki meri posledica zračnosti (s tem nelinearnosti), česar pri lin. inkr. dajalniku ni.

Literatura

- [1] Člani laboratorija za eksperimentalne metode. *Predloga za vaje, 2005/2006*. Ljubljana, Fakulteta za Strojništvo.