

Procesni Merilni Sistemi

(Robert S.)

Rešene naloge pisnih izpitov:

1.) Opišite osnovne 4 funkcionalne elemente merilnih sistemov. (str.: 4)

1 Tipalo: To je element merilnega sistema, ki je v stiku oz. povezavi s procesom, katerega spremenljivko meri in, katerega izhod je na nek način odvisen od vrednosti spremenljivke. Tipalo zajema informacijo o merjeni spremenljivki in jo spreminja v obliko, kateri ostali deli merilnega sistema lahko priredijo numerično vrednost. Na primer, **termočlen** je tipalo, katerega vhod je temperatura in izhod majhna vrednost termonapetosti. Druga vrsta termometra je **uporovni termometer**, ki ima vhodno vrednost temperaturo, izhodno vrednost pa spremenljivo upornost.

2 Prilagajanje signala: Element za prilagajanje signala pretvori izhod senzorja v takšno obliko, ki je primerna za procesiranje in se lahko uporablja v regulacijskem sistemu. V primeru termočlena se prilagajanje signala lahko izvrši s pomočjo ojačevalnika, da se dobi dovolj veliko vrednost termonapetosti, ki se jo potem ustrezno pretvori v odčitek temperature. Na sliki je prikazano prilagajanje s pomočjo Wheatstonovega mostiča.

Slika 1:

3 Procesiranje signala: Element za procesiranje ali obdelovanje signala pretvori signal v ustrezno obliko za prikaz ali nadaljnji prenos v nekaterih regulacijskih sistemih. Elementa za procesiranje signala predstavljata na primer **analogno/digitalni pretvornik**, ki pretvori analogno obliko signala v digitalno, za morebitno nadaljnjo obdelavo z računalnikom in filter, ki i signala odstrani šum.

4 Predstavitev podatkov: Podatki naj bodo predstavljeni v takšni obliki, ki omogoča uporabniku razumljivo prepoznavanje. To je lahko izvedeno s pomočjo kazanja. Na primer pomikanje kazalca vzdolž skale instrumenta ali pa s pomočjo prikaza na zaslonu. Lahko uporabimo tudi npr. risalnik ali magnetni disk.

Slika 2:

2.) Razložite prenos signalov s pomočjo optičnih vlaken. (str.: 72)

Prenos signala s pomočjo optičnih vlaken zahteva pretvorbo električnega signala v moduliran svetlobni val, ki se prenaša preko optičnega kabla. Na koncu optičnega kabla se svetloba ponovno pretvori v električen signal.

Prednosti:

- Nedovzetna je na vpliv sosednih elektromagnetnih polj
- Slabljenje na večjih prenosnih razdaljah je precej manjše.
- Sama po sebi je varna.

Slabosti:

- Stroški prenosa z o.k. so precej večji v primerjavi z kovinskimi prevodniki. Glavni razlog so visoke cene pretvornikov na obeh straneh o.k.

Kabel vsebuje vsaj eno vlakno, največkrat pa kar cel sveženj.

Slika 3:

Signali se preko o.k. običajno prenašajo v digitalni obliki, čeprav je možen tudi prenos v analogni obliki. Če se izkaže potreba za prenos večje skupine signalov, je to bolj ekonomično s preklapljanjem signalov in prenosom preko enega o.k. kot s posameznimi o.k. za vlak signal.

- 3.) Razložite naslednje pojme: linearnost, faktor slabljenja, zanesljivost, ločljivost, občutljivost, negotovost, razločljivost, ponavljivost, merilno območje, kalibracija (umerjanje), stabilnost in drift(lezenje), zahtevani pogoji.

Linearnost: Pri striktno linearni karakteristiki sistema je občutljivost neodvisna od x . Če pa je sistem nelinearen, pa je občutljivost funkcija x in y . Jasno je, da bo v praktičnih primerih zaželeno linearna karakteristika, saj se lahko v tem primeru občutljivost poda le z eno številko.

Slika 4:

Nelinearnost sistema se lahko definira kot največje odstopanje od aproksimirano linearne linije. Na sliki 4 se lahko nelinearnost odčita kot Δx_{\max} ali pa se izrazi kot relativna nelinearnost:

$$\text{Relativna nelinearnost} = \frac{\Delta x_{\max}}{x_{\max}}$$

To vrednost se lahko izrazi tudi v odstotkih.

Na sliki 5 so prikazani se drugi pogosti primeri nelinearnosti. Tovrstne nelinearnosti so statične saj jih obravnavamo pri počasi se spreminjajočih signalih. Pri hitrih spremembah signalov pa pride do izraza **slew rate**. Slew rate je definiran kot čas, potreben za spremembo izhodne napetosti, ko je na vходу postavljena stopnica.

Slika 5:

Faktor slabljenja: Reakcijski faktor ali bolj točno common-mode rejection ratio (CMRR) je definiran kot naslednje razmerje:

$$H = \frac{A_{dd}}{A_{cd}} \Big|_{V_{out} = konst.} \quad \text{po definiciji}$$

ali v **decibelih** $20 \cdot \log|H| = 20 \cdot \log \left| \frac{A_{dd}}{A_{cd}} \right|$

CMRR običajno izrazimo v decibelih in je najbolj pomemben faktor diferencialnega ojačevalnika. Opisuje njegovo **zmožnost odstranjevanja sofaznih (common mode) signalov**, ki so priključeni na vhod. To je močno povezano z ojačevalnikovo simetrijo ter njegovo nastavitvijo. CMRR mora imeti veliko vrednost; npr. 120dB je dobra vrednost in 70dB je relativno slaba. Včasih uporabljamo tudi recipročno vrednost H... .. Vrednost H je odvisna od sistema in je zato nespremenljiva. CMRR oziroma H vedno podaja proizvajalec, medtem ko F ne....
Pozorni moramo biti na to, da na CMRR lahko vpliva tudi nesimetrija vhodnega vezja, ..., temperaturni efekt vhodnega vezja ter nihanje napajalnega vezja.

Zanesljivost: Zanesljivost R(t) je definirana kot verjetnost, da bo sistem deloval znotraj določenih specifikacij predhodno določeno število ur.

Za dele, komponente in sisteme je vedno bolj pomembno, da lahko podamo številke (pogosto so zahtevane s pogodbo) o zanesljivosti sistema. Običajno se podaja srednja vrednost med izpadi v urah (mean time between failure – MTBF).

Ločljivost: Je definirana kot najmanjša razlika med kazANJI **prikazovalne naprave**, ki jo je še mogoče razločiti.

Ločljivost se lahko poda na različne načine, npr:

1. najmanjša sprememba vhodne vrednosti, δx_{min}
2. najmanjša sprememba vhodne vrednosti glede na maksimalno vhodno vrednost $\delta x_{min}/x_{max}$
3. obratno od zgornje definicije x_{max}/δ_{min}

Ločljivosti po zadnjih 2 definicijah se imenujeta tudi relativni ločljivosti.

Primer:

Občutljivost: Občutljivost določa kolikšna vrednost izhoda ustreza neki **enoti** na vhodu, to je razmerje izhod/vhod. Na primer, termočlen ima lahko občutljivost $20\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Pojem se pogosto uporablja tudi za določitev občutljivosti vhodov, ki se jih ne meri. (str. 13)

Občutljivost v merilnem sistemu se lahko definira kot razmerje med spremembo odziva merilnega sistema in pripadajočo spremembo vhodnega signala:

$$S = \frac{y}{x} \quad \text{ali} \quad S = \frac{\delta V_{out}}{\delta x_i}$$

kjer je V_{out} izhodna napetost in x_i vhodna veličina.

Poleg tega poznamo še dve drugi občutljivosti, to sta **križna občutljivost** (cross sensitivity) in **smerna občutljivost**. Posebno pri senzorjih je križna občutljivost moteč pojav, ki vpliva na izhodni signal z neželenimi fizikalnimi parametri.

Negotovost: točnost in negotovost: Točnost sistema pomeni ujemanje merilnega rezultata s pravo vrednostjo merjenj veličine. Točnost je kakovostni pojem in namesto njega se ne sme uporabljati izraza " natančnost ". Primernejši pojem od točnosti je **negotovost**. To je parameter, ki je povezan z merilnim rezultatom in označuje raztros vrednosti, ki jih je mogoče upravičeno pripisati merjeni veličini. Na primer, termometer ima podano negotovost $\pm 0,1^\circ\text{C}$. to pomeni, da se pri podani vrednosti termometra $45,5^\circ\text{C}$ prava vrednost nahaja med $45,4^\circ\text{C}$ in $45,6^\circ\text{C}$.

Negotovost je pogosto navedena kot odsek največje možne vrednosti kazanja ali kot odstotek polnega odklona kazalca na skali. Pri polnem odkloni kazalca 10A znaša negotovost $\pm 0,1\text{A}$. Na ta način navedena negotovost pomeni konstantno negotovost v celotnem območju instrumenta.

Točnost merilnega sistema je definirana ko sposobnost merilnega sistema, da so njegovi odzivi bliju prave vrednosti. **Točnost** je kvlikativen pojem. Noben merilni sistem ni popolnoma **točen**, zato pri merjenju vedno pride do pogreškov oz. napak.

Razločljivost: Razločljivost sistema predstavlja najmanjša sprememba na vhodu, ki jo je možno zaznati. Na primer, digitalni voltmeter ima lahko štiri mestni prikazovalnik s fiksno decimalno vejico, kar omogoča največjo prikazano vrednost 999,9 V. Razločljivost inštrumenta je 0,1V, ker manjše spremembe ne morejo povzročati spremembe kazanja.

Ponavljivost: Ponavljivost je sposobnost merilnega sistema dati enako merilno vrednost pri ponovljeni meritvi, če se vrednost merjene veličine ni spremenila. Najbolj pogost vzrok slabe ponavljivosti so naključne spremembe okolice, naprimer spremembe temperature in relativne vlažnosti.

Merilno območje: Podatki določajo veličino, za katero se sistem lahko uporablja in prav tako območje vrednosti inotraj katerih se lahko izvajajo meritve. Merilno območje določa meji znotraj katerih se lahko izvajajo meritve. Na primer, sistem je lahko določen kot digitalen termometer z območjem od 0°C do 150°C.

Kalibracija (umerjanje): Kalibracija je postopek primerjave izhodna vrednosti merilnega sistema z etalonom znane negotovosti. Da bi sistem lahko uporabljali z določeno negotovostjo, mora biti sistem predhodno kalibriran z željeno negotovostjo. (str: 15)

Stabilnosti in drift (lezenje): Stabilnost je sposobnost sistema dajati isto izhodno vrednost, ko meri konstantno vhodno vrednost v določenem časovnem intervalu. Pojem *drift ali lezenje* določa spremembo izhodne napetosti, ki se pojavi v določenem času. Drift se lahko izrazi v odstotkih celotnega merilnega območja. Pojem *ničeni drift* določa spremembo, ki se pojavi, ko je vhod nič. (str.: 13)

Zahtevani pogoji: Pogoji so lahko povezani z zahtevami napajanja ali z zahtevami okoliških pogojev, pod katerimi lahko sistem deluje. Tako je lahko navedena napajalna napetost 110V ali 240V. Lahko sta navedeni tudi dovoljena relativna vlažnost in temperaturno območje. (str.: 12)

- 4.) Narišite in obrazložite najboljšo priključitev zaščite pri voltmetru, v primeru meritve plavajočega vira napetosti. (strani: 76, ... 82)

ZASCITNA VEZAVA:

1. Zaščito priključimo tako, da bo na enaki napetosti kot negativni priključek ali pa vsaj na čim bolj enaki.
2. Zaščiti priključimo, tako da sofazni tok ali zaščitni tok nebo tekel skozi upor, ki bi določal vhodno napetost.

Če imamo baterijski merilnik praktično nimamo težav.

Nikoli **ne** priključujemo zaščite na maso instrumenta, ker lahko s tem uničimo instrument! ! !

Zaščito vedno priključimo! Skoraj vsaka priključitev je boljša, kot pa če pustimo zaščito nepriključeno! Vsaka povezava, ki prevzame vsaj nekaj toka upor R_b ali pa približa potenciala negativnega priključka in zaščite, bo izboljšala nas CMR

Z upoštevanjem prej omenjenih dveh pravil je najboljši način priključitve prikazan na sliki 6. Zaščita je praktično na istem potencialu kot negativni priključek in tako sofazni tok **ne teče** skozi R_a ali R_b in tako ne ustvarja napetosti na meritvenih priključkih voltmetra.

Slika 6: (str.:81)

5.) Pojasnite princip merjenja pretoka tekočin v zaprtih ceveh z uporabo korelacije. (str.: 113)

Izvor toplote naključno segreva tekočino. Te spremembe (sum) so narejene namenoma in čim bolj naključno, da bi pomagale pri korelacijskem procesu. Temperaturne spremembe so precej majhne in ne vplivajo na tekočino.

Ko gre tekočina mimo obeh senzorjev, se na teh ustvarja signal, ki je podoben šumu. Signala iz obeh senzorjev sta nato s procesorjem križno korelirana, da se ugotovi, kdaj se najbolj ujemata. Časovno zakasnitev korelacije τ nastavljammo toliko časa, dokler križna korelacija ne doseže maksimuma. Ko ta maksimum dosežemo lahko sklepamo, da je niz porabil ta čas za prehod od enega senzorja do drugega. Sedaj samo se izračunamo pretok.

Slika 7:

6.) Razložite in naštejte vzorčevalno/zadrževalno vezje. (str.:67)

Vzorčevalno in zadrževalno vezje je element, ki služi kot vmesnik med analognim instrumentom in analogno/digitalnim pretvornikom. Vezje zadrži konstantno vrednost vhodnega signala v času, ko se vrši analogno/digitalna pretvorba. S tem se izognemo napakam. Operacijski ojačevalnik v vezavi na sliki 8 omogoča vzorčevalno in zadrževalno funkcijo.

Delovanje: Vhodni signal je pripeljan v vezje v zelo kratkem času, ko je stikalo S_1 zaprto, stikalo S_2 odprto. Nato se S_1 odpre nivo signala se zadržuje, dokler ni potreben naslednji vzorec. Vezje se resetira, ko se zapre stikalo S_2 .

Slika 8:

7.) Pojasnite osnovne razlike in podobnosti med VXI in PXI vodilom. Razložite in narisite 4 osnovne VXI/PXI konfiguracije

Povzetek:

Lastnosti	PXI	VXI
Hitrost	132Mb/s	40Mb/s
Cena	nizka	visoka
Zanesljivost	majhna	velikaa
Razširljivost	majhna	velika
Velikost	majhna	velika
Zmogljivost	majhna	velika

4 osnovne konfiguracije: (str.: VXI -> 145,

- 8.) Narišite in obrazložite merjenje efektivnega CMR in čistega CMR. Napišite tudi enačbe za izračun efektivnega in čistega CMR. (str.: 91)

Merjenje EFEKTIVNEGA CMR: Slika 9 prikazuje določevanje efektivnega CMR. Merjenje efektivnega CMR je lažje in najbolj uporabno, ker inštrument uporablja odčitek za določitev CMR napak. Izvoj je najprej enosmeren in nato spremanljiv frekvenčni oscilator s 1kHz. Madar merimo instrumente z velikim CMR ($\approx 160\text{dB}$), težko dobimo kakršenkoli odčitek na voltmetru brez uporabe nevarno velikih napetosti. V takem primeru je dobro povečati neravnotežje (vrednost upora), da dobimo večje CMR napake. CMR in vrednost upora sta inverzno odvisna.

$$\text{CMR v dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{SOFAZNA_NAPETOST}}{\text{ODCITEK_VOLTMETRA}} \right)$$

Slika 9:

Merjenje ČISTEGA CMR: je malo težje, ker potrebujemo dodaten voltmeter, ki zaznava napako, oz. ki meri odstopanje glavne napetosti, ki jo proizvede sofazni izvor. Voltmeter mora biti plavajoč in po možnosti baterjsko napajan in mora biti bovolj občutljiv, da lahko meri odstopanja glavne napetosti.

$$\text{CMR v dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{SOFAZNA_NAPETOST}}{\text{ODCITEK_VOLTMETRA}} \right)$$

Slika 10:

- 9.) Opišite handshake princip komunikacije pri prenosu podatkov preko vodila IEEE-488 (narišite tudi sliko stanj na treh žilah DAV, NRFD, NDAC, ter na podatkovnih žilah DIO). (stran.: 128, 129, 130)

10.) Razložite in narišite 3 običajne ozemlitvene povezave. (str.: 98)

Vezava (a)

Ta vezava je zaradi svoje enostavnosti najbolj pogosto uporabljena. Ker je to najbolj šumni ozemlitveni sistem, se ga je treba izogibati.

Vezava (b)

Eden od pristopov za izboljšanje situacije. Ločena povezava, ki povezuje spodnji del vezja z napajalnim vezjem zagotavlja, da je odmik napetosti sedaj zanemarljiv. Nadalna izboljšava za vezje 3, ki ima 30mV bi bila uporaba ločenega napajanja.

Vezava (c)

To vezje se uporablja predvsem pri visokih frekvencah ($>10\text{MHz}$), zahteva zelo kratke povezave. Če je potrebno, se skupna impedanca ozemlitvene plošče zmanjša s posrebrenjem površine.

Slika 11:

- 11.) Pojasnite princip prenosa podatkov s pomočjo 20mA tokovne zanke. Razložite in narišite optično izolacijo med tokovnim detektorjem in napajalnim sprejemnikom.

V tokovno krmiljenih zankah predstavlja logično 1 tok 20mA, logična 0 pa je predstavljena s 0mA ali s 4mA. Možno je tudi, da je tokovni vir prisoten tudi na sprejemni strani, vendar le na eni strani – tokovna zanka ima lahko največ en vir.

Slika:

S tokovnimi zankami je prenašati serijske podatke na razdalje nekaj kilometrov.

Signal se lahko prenaša od vhoda do izhoda po optični poti. To poveča izolacijo med tokovnim detektorjem in sprejemnikom.

Slika:

- 12.) Razložite in narišite vezje za linearizacijo signala (z operacijskim ojačevalnikom). (str.: 51)

Več vrst merilnih pretvornikov ima izhod, ki je nelinearna funkcija vhodne merjene veličine. Takšen nelinearen signal se lahko spremeni v linearnega s pomočjo posebne konfiguracije op. oj. , ki ima enak in nasprotno nelinearen odnos med vhomom in izhodom.

Slika 12:

- 13.) Razložite zaprtizančni regulacijski sistem. (elementi, blok diagram, primer).
(str.: 44) (str.: 7,8)

$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s) - H(s) \cdot X(s)} \quad \gg \text{ če uredimo dobimo } \gg \quad \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s) \cdot H(s)}$$

Slika 13:

- 14.)