



Универзитет у Београду
Машински факултет

КАТЕДРА ЗА ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО

ОАС
3.2.5.:

ПРОИЗВОДНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ И МЕТРОЛОГИЈА

АТ-9

ПНЕУМАТСКИ МЕРНИ СИСТЕМИ

Ван. проф. др Славенко Стојадиновић

Karakteristike pneumatskih mernih sistema

- Vrlo rasprostranjeni merni sistemi, koji se koriste u gotovo svim fazama tehnološkog procesa.
- Raznovrsne konstrukcije sa sledećim performansama:
 - visoka osetljivost,
 - merenje čak do 0.05 mikrometara,
 - visoka tačnost i u uslovima visokih vibracija,
 - bezkontaktno merenje (nema habanja),
 - merenje na teško pristupačnim mestima,
 - distanciona merenja (do 250 metara),
 - relativno velika brzina merenja,
 - jednostavna konstrukcija, i
 - mogućnost automatizacije procesa.

Primena i nedostaci pneumatskih mernih sistema

- **Merenje i kontrola svih vrsta tolerancija.**
- **Glavni nedostaci** pneumatskih mernih sistema su:
 - relativno mali opseg merenja (do 0.2 mm),
 - inertnost, i
 - nužnost napajanja vazduha pod pritiskom.

Podela pneumetskih mernih sistema

- **Struktura merne šeme:**
 - Merni pribori **manometarskog tipa**,
 - Merni pribori **rotametarskog tipa**,
 - Merni pribori **bolometarskog tipa**.
- **Faza tehnološkog procesa:**
 - **Procesni merni** pribori,
 - **Posleprocesni merni** pribori.
- **Veličina radnog pritiska:**
 - Merni pribori **niskog pritiska**, do 1 Pa,
 - Merni pribori **visokog pritiska**, preko 1 Pa.

Pneumatski merni pribori manometarskog tipa

- Promena Δx karakteristike kvaliteta x , meri se preko promene pritiska h na pokazivaču - *manometru*
- Senzorsko-pretvarački niz kod pneumatskih MP manometarskog tipa može da izvrši dvojak zadatak:
 - **prenese informaciju** na pokazivačku jedinicu (manometar) o stanju kvaliteta konformnosti,
 - **generiše upravljački signal** za izvršne i/ili radne organe mašine alatke ili kontrolno selektivnog automata

Pneumatski merni pribori manometarskog tipa

- Klasifikacija prema vrsti ugrađenog manometra:
 - merne pribore sa membranskim manometrom,
 - merne pribore sa talasastom (elastičnom) cevi,
 - merne pribore sa vodenim manometrom.

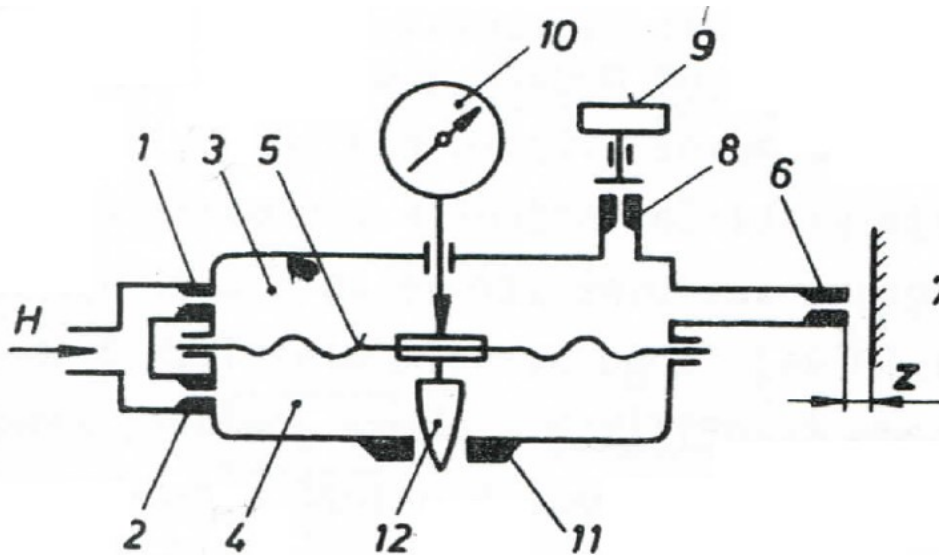
Membranski merni pribori

- Dobili su naziv po osnovnom elementu – **membrani**, koja predstavlja vrlo osetljiv element u senzorsko-pretvaračkom lancu.
- Prema principu rada postoje dva osnovna tipa:
 - *kompenzacioni*, i
 - *diferencijalni*.
- Kompenzacioni radi na principu kompenzacije pritiska u mernoj i kompenzacionoj komori.
- Diferencijalni – osnova je diferencijalna merna šema pomoću koje se upoređuju vrednosti dva pritiska h_1 i h_2 i realizuje zavisnost: $y = f(h_1 - h_2)$

Membranski merni pribori

- *Kompenzacioni MP* se odlikuju:
 - jednostavnom konstrukcijom,
 - visokom tačnošću
 - manje su inertni
 - radni pritisak je od 1 do 6 Pa
- *Diferencijalni MP* su više osetljivi na moguće osilacije vrednosti radnog pritiska

Membranski merni pribori



Membranski merni прибор се temelji на принципу компензације притисака у мernoј 3 и компензационој 4 комори.

Prvu granu, kroz koju prolazi vazдушna struja, čine elementi: ulazni mlaznik 1, merna komora 3 i izlazni (merni) mlaznik 6 (regulacioni mlaznik 8 i ventil 9, a drugu: ulazni mlaznik 2, компензациона комора 4 i компензациони mlaznik 11 sa iglom 12.

Pri, na primer, smanjivanju zazora z (porast Δx) raste pritisak u komori 3, pa se membrana 5 sa iglom 12 pomera ka komori 4, smanjujući protok vazduha kroz компензациони mlaznik 11 u atmosferu.

Pomeranje se nastavlja sve do trenutka kada se pritisci vazduha u komorama 3 i 4 izjednače (компензую).

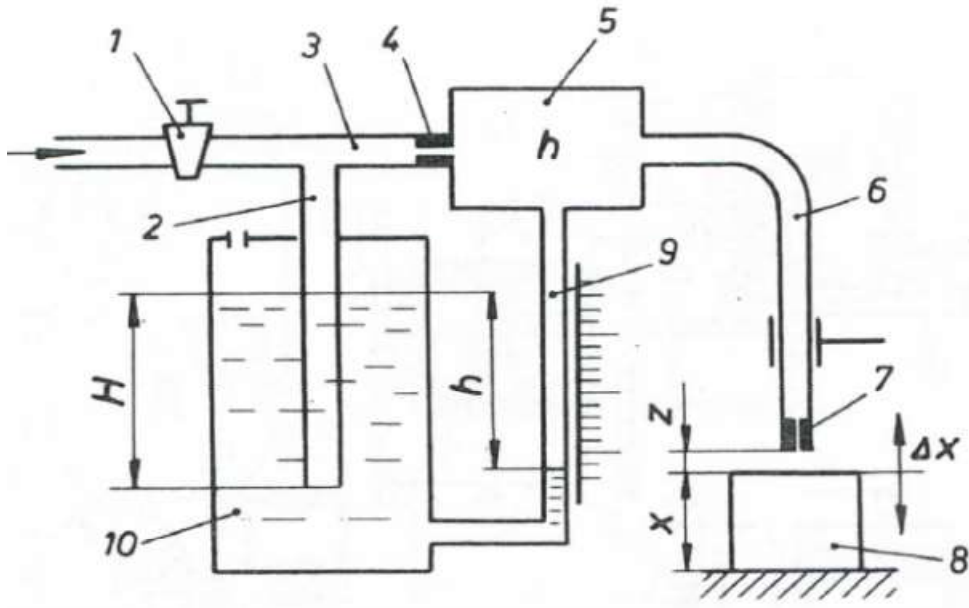
Pomeranje igle 12, koje se registruje na pokazivacu 10, srazmerno je promeni Δx karakteristike kvaliteta x na mernom predmetu 7.

Merni pribori sa vodenim manometrom

Osnovne karakteristike:

- radni pritisak, manji od 0.5 Pa
- relativno veliki prenosni odnos,
- koriste se kao višemerni merni pribori, jer se niz vodenih manometara postavlja u bateriju,
- mogu se koristiti kao kontrolno-selektivni automati.

Merni pribori sa vodenim manometrom



Iz posebnog kompresora ili iz radioničke mreže dovodi se sabijeni vazduh (pod pritiskom $3,5-5 \text{ daN/cm}^2$) kroz ventil 1 u cev 2 uronjenu do dubine H u sud 10 s vodom (kod nekih pribora dubina H prelazi i preko 1m).

Na taj način se u cevima 2 i 3 održava stalan pritisak H vazduha.

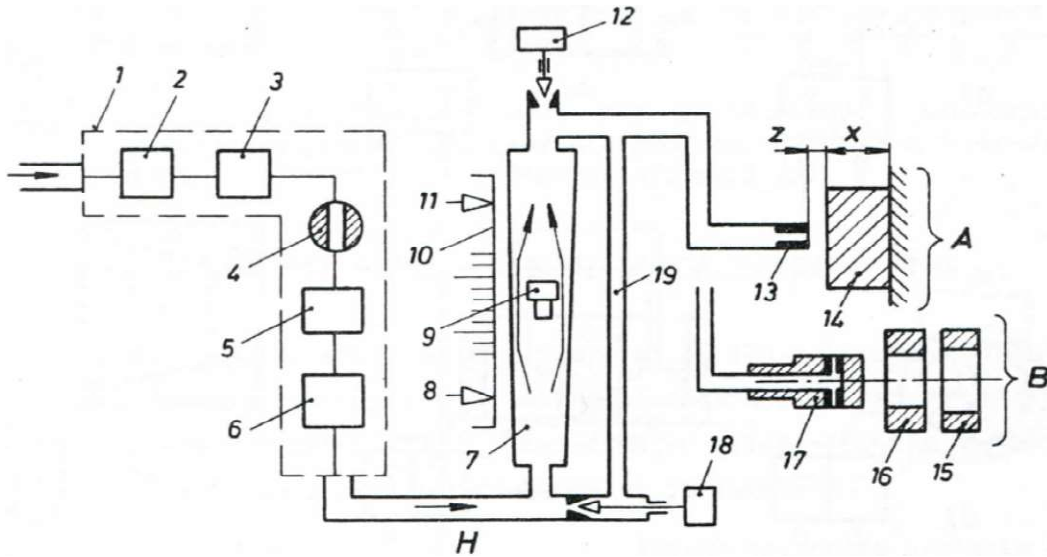
Vazduh dalje prolazi kroz ulazni mlaznik 4, komoru 5, ispusnu cev 6 i izlazni (merni) mlaznik 7 u atmosferu.

U zavisnosti od promene Δx odnosno z , menja se i pritisak h u komori 5 koji se meri vodenim manometrom 9.

Merni pribori rotameterskog tipa

Osnovne karakteristike:

- visoka tačnost,
- konstantnost radnog pritiska i visoka čistoća vazduha,
- rotametar (providna konusna cev sa plovkom),



Očišćen i stabilizovan vazduh radnog pritiska $H=0,5-2 \text{ daN/cm}^2$ dovodi se, iz bloka 1, u providnu konusnu cev 7, podižući ili spuštajući u njoj smešteni lagani metalni plovak 9, zavisno od brzine vazdušne struje.

Večoj vrednosti zazora z odgovara večja brzina vazduha (veća količina vazduha koja struji kroz cev 7) i obrnuto.

Svakoj vrednosti z , odnosno vrednosti karakteristike kvaliteta x odgovara određeni položaj plovka.

Merenjem položaja plovka na skali 10 meri se, dakle, zazor z , odnosno promena Δx karakteristike kvaliteta x .

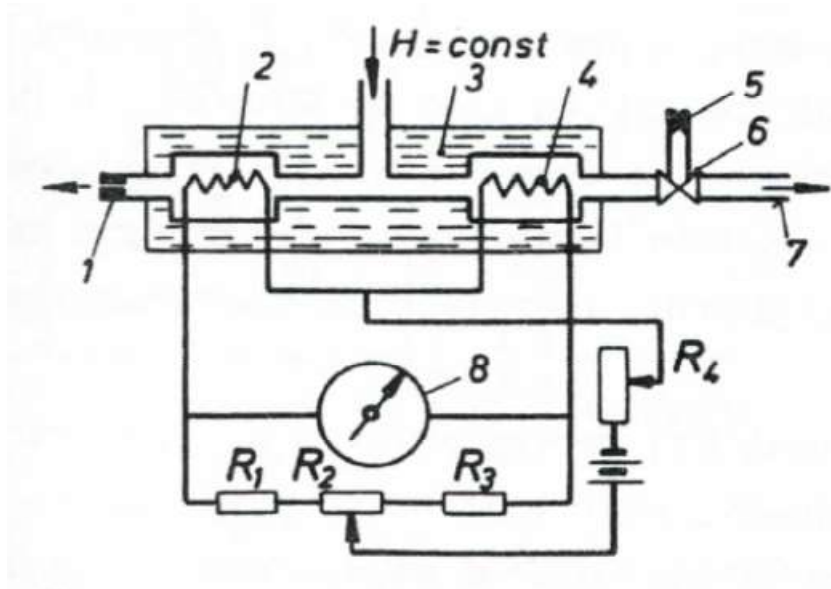
Merni pribor bolometarskog tipa

Osnovne karakteristike:

- elektropneumatski merni pribor,
- male inertnosti zbog generisanja mernog signala u električnom obliku koji može da se prenese na velike daljine,
- u pribor su ugrađeni **bolometri (termoanemometri)**.

Mana je relativno složen model električnog bloka (most, galvanometar, akumulator, otpornici).

Merni прибор bolometarskog tipa



Vazduh se, posle prolaska kroz stabilizator, grana unutar pribora u dva pravca: ka mlazniku 1 (maloga otvora) u atmosferu i ka mernom mlazniku, prolazeći prethodno kroz slavinu 6 i dovodnu cev 7. Slavina 6 služi za periodičnu proveru rada pribora i njegovo isključenje. U dvema komorama pribora, kroz koje struji vazduh ka izlaznim mlaznicima, smeštene su zagrejane spiralne niti 2 i 4 koje čine dve grane Vitstonovog mosta

Na preostale dve grane mosta postavljeni su reostati stalnih otpora R_1 , R_2 i R_3 , a u njegovoj dijagonali galvanometar 8. Merna šema (most) se napaja iz baterije.

Stepen hlađenja zagrejanih niti (promena njihovog otpora) zavisi od intenziteta vazdušne struje (količine vazduha koji struji kroz komore sa nitima), a ova od veličine zazora z , odnosno od promene kontrolisane karakteristike kvaliteta.

PITANJA!?



Универзитет у Београду
Машински факултет

КАТЕДРА ЗА ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО

ОАС
3.2.5.:

ПРОИЗВОДНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ И МЕТРОЛОГИЈА

АТ-10

ЛАСЕРСКИ И ФОТОЕЛЕКТРИЧНИ МЕРНИ СИСТЕМИ

Ван. проф. др Славенко Стојадиновић

Strukturni elementi lasera

Lasери su kvantni generatori ili svetlosni amplifikatori (pojačavači) u kojima se pojačavanje svetlosti postiže pomoću indukcionog (prinudnog) zračenja atoma i molekula.

Osnovni strukturni elementi lasera su:

- aktivna ili radna materija,
- rezonantni sistem,
- podizač.

U dopunske elemente spadaju:

- sistem hladjenja,
- opticki sistem za upravljanje laserskim zracima,
- modulator i
- detektor laserske emisije.

Podela lasera

Najčešće se laseri dele prema:

- agregatnom stanju aktivne materije na:
 - čvrste lasere,
 - tečne lasere, i
 - gasne lasere;
- režimu rada na:
 - impulsne lasere, i
 - lasere kontinualnog (neprekidnog) zračenja;
- strukturi aktivne materije, laseri se dele na:
 - atomske lasere (He-Ne lasere i dr.),
 - jonske lasere (Ar, Kr, Xe, itd.), i
 - molekularne lasere (CO₂ - N₂ - He i dr.).

Primena lasera u proizvodnoj metrologiji

Najčešće se laseri primenjuju za:

- najtačnija merenja dimenzija, rastojanja i pomeranja,
- kontrolu pomoćnih kretanja (koraka) kod alatnih i drugih mašina.
- ugradnju (lasera) u koordinatne merne mašine,
- merenje hrapavosti i površinskih defekata na obrađenim površinama delova,
- kontrolu merne tehnike visoke tačnosti,
- procesnu aktivnu kontrolu karakteristika kvaliteta,
- proveru ravnosti i normalnosti površina
- proveru tačnosti (baždarenje) podeljaka i skala na kinematičkim parovima masina alatki (klizačima, zavojnim parovima itd.) i na analognim mernim priborima.

Laserski interferometri

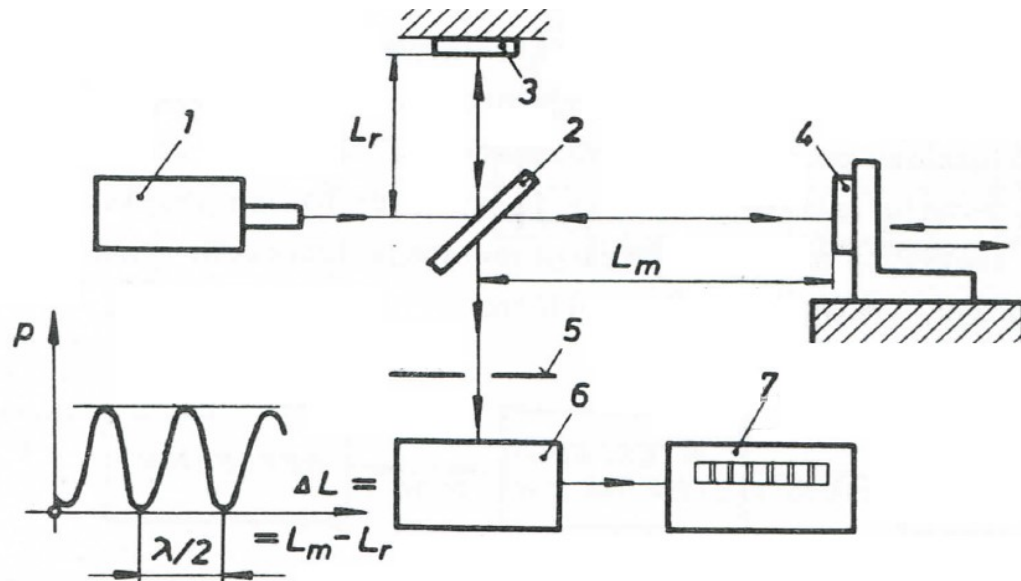
U zavisnosti od toga da li su razvijeni na principu refleksije ili registracije prolazelih zrakova, odnosno na interferenciji ili difrakciji, mogu se podeliti laserski sistemi na dve opšte grupe:

- laserske interferometre, i
- laserske difrakcione merne sisteme.

Laserski interferometri dele se dalje na dve podgrupe:

- kvantne interferometre i,
- interferometre sa laserskim izvorom svetlosti.

Laserski interferometri



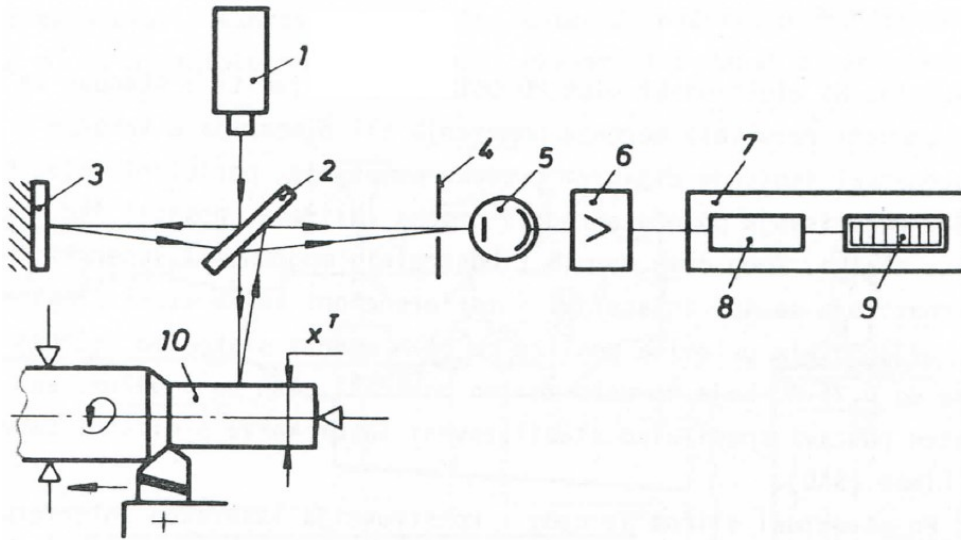
Konstrukcija ovih mernih sistema sastoji se iz nekoliko tipičnih jedinica:

- lasera,
- optičkog interferometra,
- reflektora,
- fotodetektora, i
- bloka obrade i indikacije rezultata merenja.

Zrak iz lasera 1 usmerava staklena ploča 2 (delitelj laserskih zraka) u dva pravca: referentni pravac ka nepokretnom ogledalu 3 i merni pravac ka pokretnom ogledalu 4 (reflektoru).

Posle odbijanja od ogledala 3 i 4 laserski zraci, prolazeći različite (referentni L_r i merni L_m) optičke puteve, sjedinjuju se na ploči 2 u jedan zrak i interferiraju, obrazujući tako polje interferencije. Proces merenja se odvija automatski tako što se, posle prolaska zraka kroz dijafragmu 5, transformiše u fotodetektoru 6 optički u električni signal koji se zatim predaje elektronskom bloku 7 gde se nakon sabiranja impulsa i obrade prikazuje rezultat merenja na digitalnom pokazivaču.

Procesni laserski interferometri



Pored merenja pomeranja i dimenzija (izvan procesa obrade) laserski interferometri se koristi i kao procesni merni sistemi, jer visoki intenzitet laserskog zraka omogućuje nastanak jasno interferencione slike i pri korišćenju obrađene površine obratka 10 umesto reflektora sa ogledalima ili prizmama.

Tok merenja i strukturne jedinice sistema ne razlikuje se od prethodno opisanog laserskog interferometara.

Minimalni kontrolisani prečnik otvora je 1,27 mm, a tačnost obrade otvora, uz upotrebu ovog laserskog sistema, postiže se u granicama 0,125-0,2 μm .

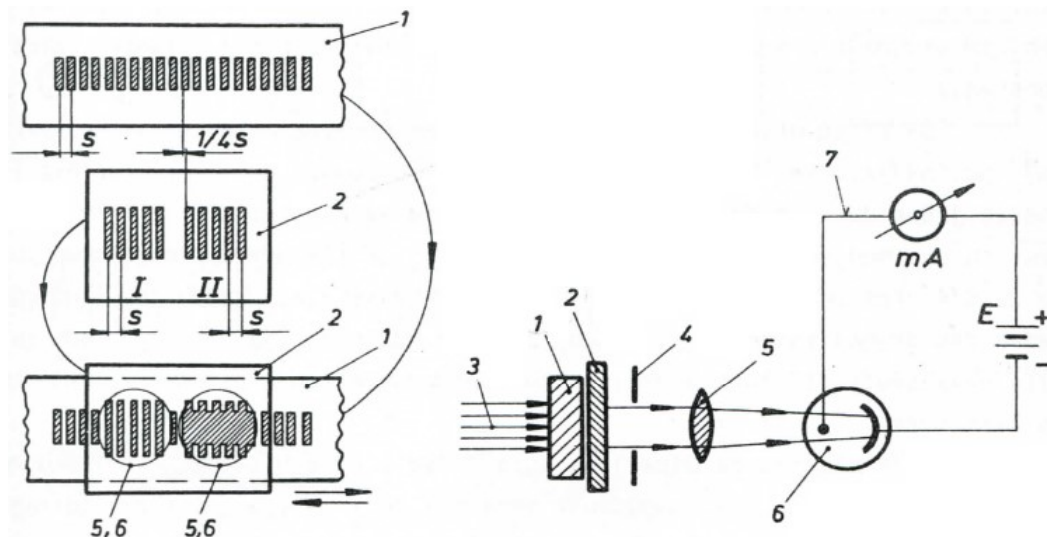
Fotoelektrični merni sistemi

- Principi metrološkog funkcionisanja fotoelektričnih mernih sistema, temelje se, u prvom redu, na principima dejstva fotoelektričnih senzora.
- Pomoću njih obavljaju se brojne metrološke operacije, među kojima u prvom redu:
 - Automatsko beskontaktno merenje i kontrola karakteristika kvaliteta proizvoda,
 - Pozicioniranje (određivanje koordinata položaja i geometrijskih veličina objekata) i orijentacija objekata u vidnom polju robotskog sistema, na primer, pri zahvatanju delova sa transportne trake, njihovo postavljanje u sanduke ili kontejnere, ili u radne položaje radi obavljanja narednih operacija obrade, markiranja i sl.,
 - Skeniranje (pretraživanje, posmatranje, ispitivanje) radnog prostora i raznovrsnih pokretnih i nepokretnih objekata u njemu.

Fotoelektrični merni sistemi

- Podela fotoelektričnih sistema može se izvršiti na osnovu raznih kriterijuma, međutim, pregledna podela sistema postiže se prema operacijama koje ovi sistemi obavljaju, pa je otuda i ova (kao jedna od mogućih) sistematizacija fotoelektričnih mernih sistema na:
 - Metrološke fotoelektrične sisteme,
 - Identifikacione fotoelektrične sisteme.
 - Informacione fotoelektrične sisteme.
- Moguće su i kombinovane (objedinjene) konstrukcije ovih sistema take da neki fotoelektrični sistemi mogu da, na primer, obavljaju, pored metroloških, i određene identifikacione operacije.

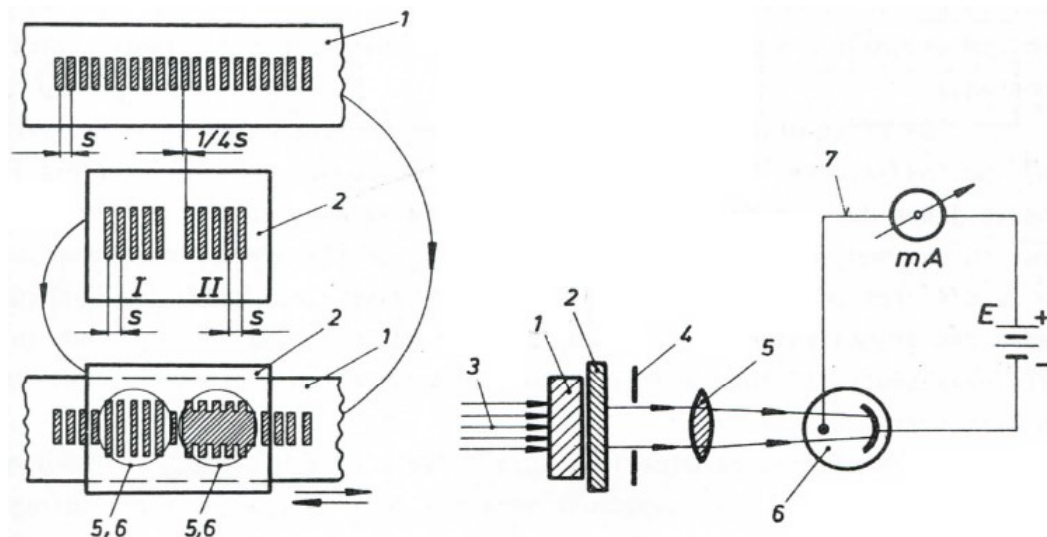
Fotoelektrični merni sistemi



Pretvaranje promena pozicija, pomeranja, rastojanja i sl. elemenata (klizača) mašina alatki, kao i promena karakteristika kvaliteta, u električne signale u fotoelektričnom sistemu (sl. 10.7) sa fotočelijom izvodi se u dva uzastopna pretvaranja veličina (pomoću dva pretvarača).

U prvom pretvaraču se linijsko ili uglovno pomeranje, pozicija ili promena vrednosti date karakteristike kvaliteta, prevodi u promenu jačine svetlosti ili promenu svetlosnog fluksa pre ulaska u fotočeliju. Ovo se postiže pomoću lenjira (optičkih rešetki 1 i 2) koji su postavljeni između svetlosnog izvora (električne sijalice) i fotočelije 6. Rešetka 2 postavljena je na nepokretni a rešetka 1 na pokretni deo (klizač) mernog sistema ili mašine alatke. Na lenjire (od stakla i sl.) nanese su vrlo guste mreže sastavljene od međusobno paralelnih neprozirnih crta. Širina crta S (tamnih, neprozirnih mesta) jednaka je širini prozirnih mesta, tj. rastojanju (koraku) između crta i to na oba lenjira.

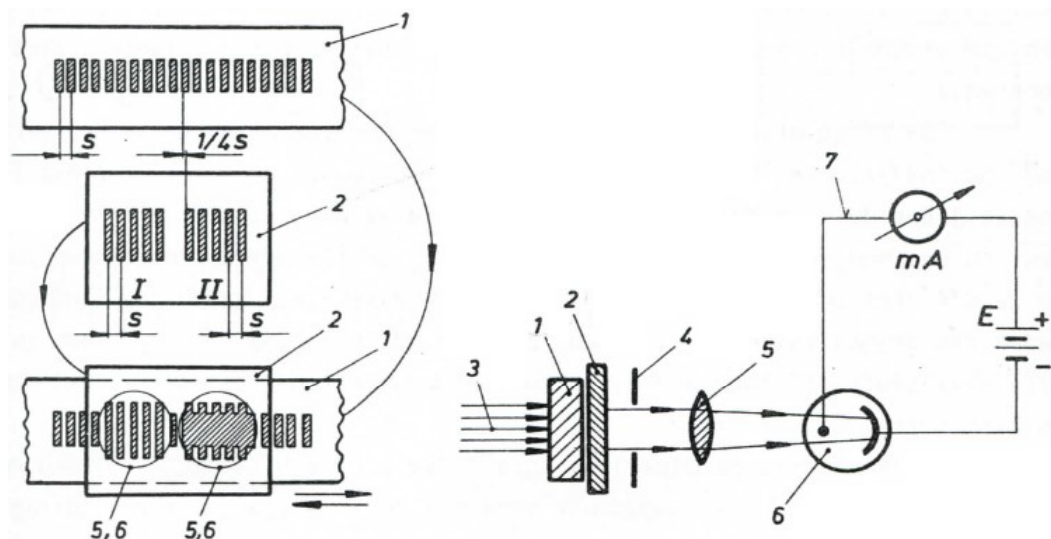
Fotoelektrični merni sistemi



Zbog toga će se, pri međusobnom pomeranju lenjira, ciklički zatvarati i otvarati prolaz svetlosnom snopu kroz dijafragmu 4; sabirno sočivo 5 i fotočeliju 6, tj. menjaće se jačina svetlosti (približno po sinusnom zakonu), što je i bio zadatak prvog pretvarača.

Drugi pretvarač pretvara promenu jačine svetlosti u električne signale pomoću fotočelije 6, jer se, prema prethodnom, fotočelija naizmenično osvetljava u ritmu promene jačine svetlosti. Ovako nastali svetlosni impulsi pretvaraju se, u fotočeliji, u pulsirajuću električnu struju, dakle, u električne signale. Pošto je broj impulsa (pri strogo ravnomernom rasporedu prozirnih i neprozirnih crta na optičkoj rešetki) srazmeran promeni date karakteristike kvaliteta ili vrednosti nekog pomeranja, lako se, pomoću brojača impulsa, određuje vrednost promene date karakteristike kvaliteta ili vrednost datog pomeranja.

Fotoelektrični merni sistemi



Da bi se utvrdio smer kretanja (smer promene karakteristike kvaliteta), postavljaju se, kao što se vidi sa sl. 10.7, iza optičkih rešetaka 1 i 2 umesto jedne dve fotoćelije. U skladu sa ovim na nepokretnom lenjiru 2 nanese su dve međusobno identične grupe mreža I i II koje su međusobno pomerene za $S/4$. Pri pomeranju pokretnog lenjira 1 osvetljava se naizmeničo (čas jedna čas druga) fotoćelija, pa se, zavisno od toga koja je od fotoćelija dobila prva svetlost, lako utvrđuje smer pomeranja (smer promene karakteristike kvaliteta).

PITANJA!?