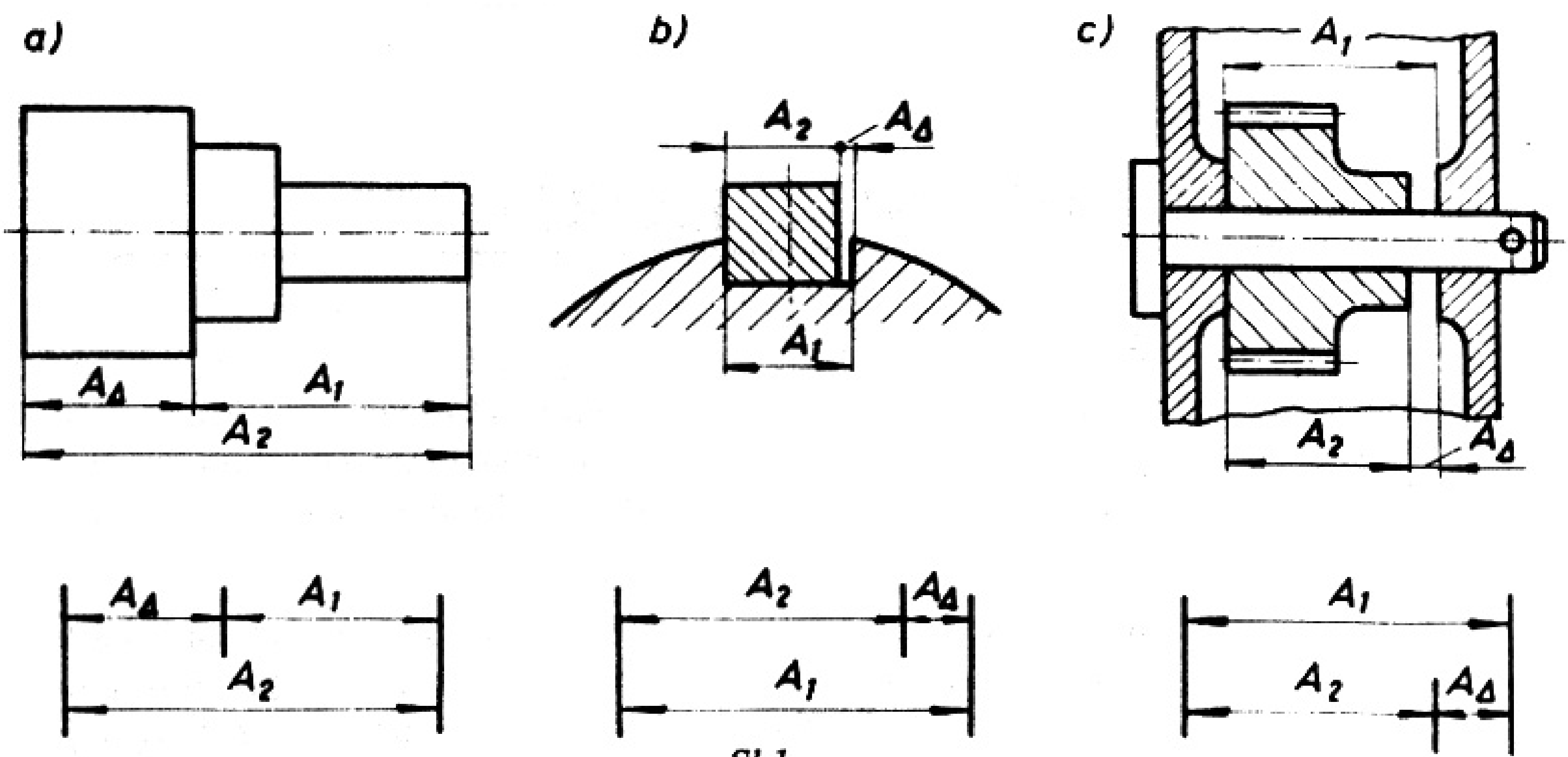
Upravljanje kvalitetom proizvoda I – četvrta nastavna jedinica – Merni lanci

Prof. dr Vidosav D. Majstorović, dipl.maš.inž.
Mašinski fakultet u Beogradu

Pojam mernog lanca

- Niz mera koje se jedna za drugom neprekidno raspoređuju po zatvorenoj konturi (elemenata, sklopova), slika 1
- Mere koje ulaze u merni lanac, nazivaju se članovima:
  - Sastavni (uvećavajući, umanjujući) (min po 1)
  - Završni član (uvek samo 1)

Slika 1. Primeri jednostavnih ML



Sl. 1.

Primeri jednostavnijih mernih lanaca elemenata (*a*) i sklopova (*b,c*) sa šemama.

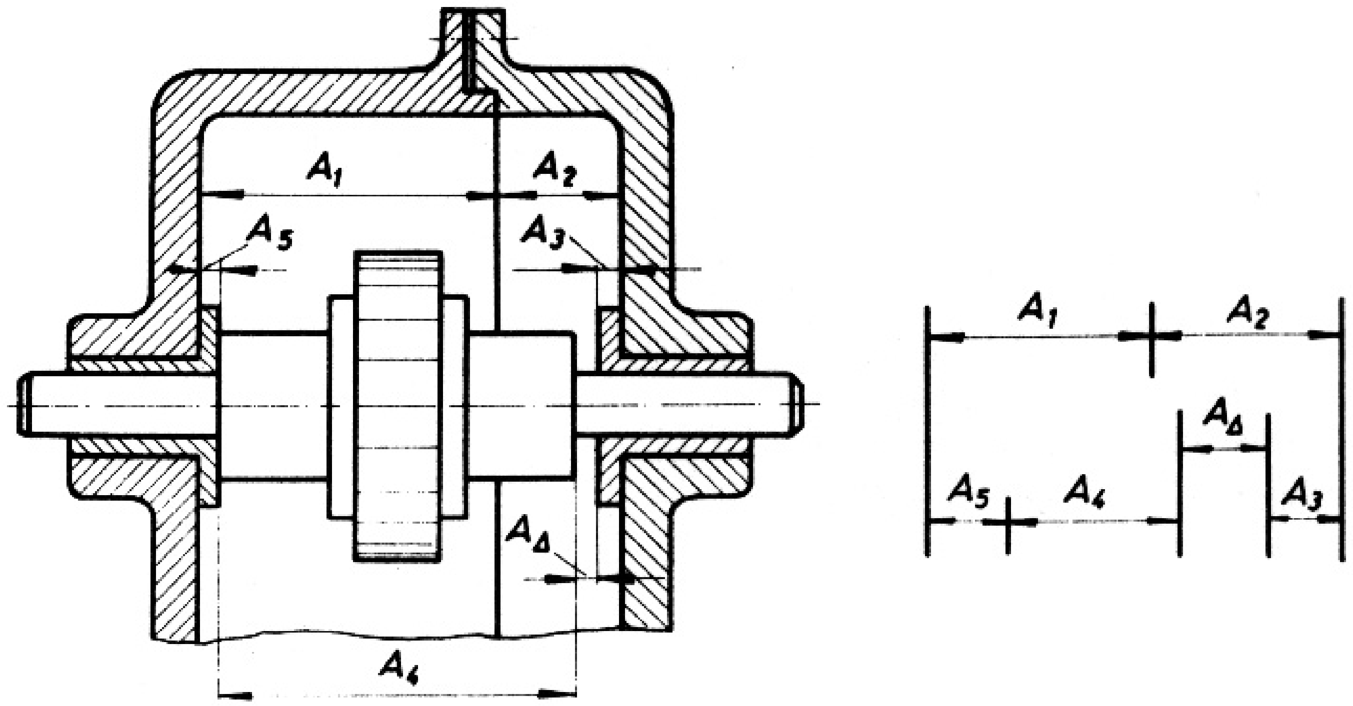
Pojam mernog lanca

- Uvećavajući članovi – porastom njihovih vrednosti raste i vrednost završnog člana
- Povećanje vrednosti umanjujućih članova – smanjuje se veličina završnog člana

$$A_{\Delta} = f(A_1, A_2, A_3, \ldots, A_{m-1})$$

$$A_{\Delta} = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_5)$$

Slika 2 – ML za menjačku kutiju



Sl. 2.
Mehanizam menjačke kutije sa mernim lancem.

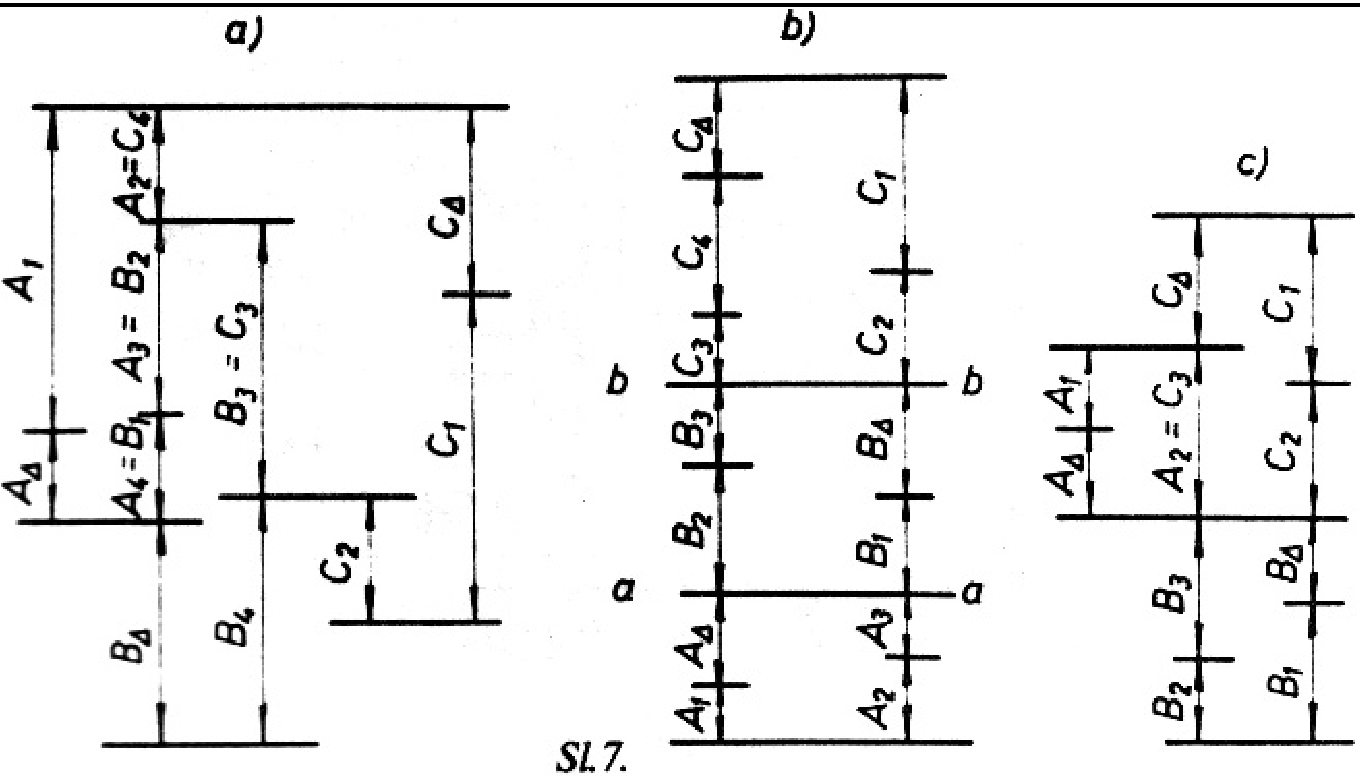
Obeležavanje članova ML

- ML se može definisati za: tolerancije dužina, ugova, položaja
- *Članovi ML:*
- Uvećavajući: A_1, A_2, A_3, ... A_n
- Umanjujući: A_{n+1}, A_{n+2}, ..., A_{m-1}
- Završni: A_m

Klasifikacija ML

- **Oblast primene (konstrukcijske, tehnološke, montažne, kontrolne)**
- **Mesta u mašinskoj strukturi (elemenata, sklopova / podsklopova)**
- **Međusobnom položaju članova (linijske, ravanske, prostorne)**
- **Metodu postizanja tačnosti (bez kompenzacijskog / sa kompenzacijskim članom)**
- **Međusobnoj vezi (nezavisne, uzajamno zavisne: paralelne, redne, kombinovane)**

Slika 7 Medjusobno povezani ML



Medjusobno povezani merni lanci: *a* - paralelno vezani, *b* - redno vezani i *c* - kombinovano vezani.

Primena ML

- Utvrdi veza između elemenata mašine i odrede nominalne vrednosti i tolerancije međusobno povezanih dimenzija
- Izabere najrentabilniji metod međusobne zamenljivosti delova u datoj mašinskoj strukturi
- Proveri i analizira ispravnost unesenih mera i njihovih tolerancija na radioničkim crtežima mašinskih delova

Primena ML - nastavak

- Izabere racionalni metod redosleda pojedinih operacija i proračunaju međuoperacione dimenzije
- Izabere najpovoljniji položaj tehnoloških i kontrolnih baza
- Proračunaju moguće parcijalne i ukupne greške obrade
- Odaberu metode i sredstva merenja i proračunaju greške merenja

Tipovi proračuna ML

- **Proračun ili rešavanje ML znači odrediti numeričke vrednosti (nominalne i granične / tolerancije)**
- **U zavisnosti od toga koji je deo članova ML zadat, odnosno koja je to grupa članova čije se nepoznate mere i tolerancije proračunom određuju, koriste se dva tipa proračuna:**
  - **Proračun sastavnih članova ML**
  - **Proračun završnog člana ML**

Proračun sastavnih članova ML

- Sastoji se u tome da se u odnosu na poznatu nominalnu vrednost i toleranciju završnog člana (definisani zahtevima tačnosti), određuju T sastavnih članova
- NV sastavnih članova su poznate

Proračun završnog člana

- Određuje se NV i T završnog člana, na osnovu NV i T sastavnih članova
- Češći slučaj primene ML

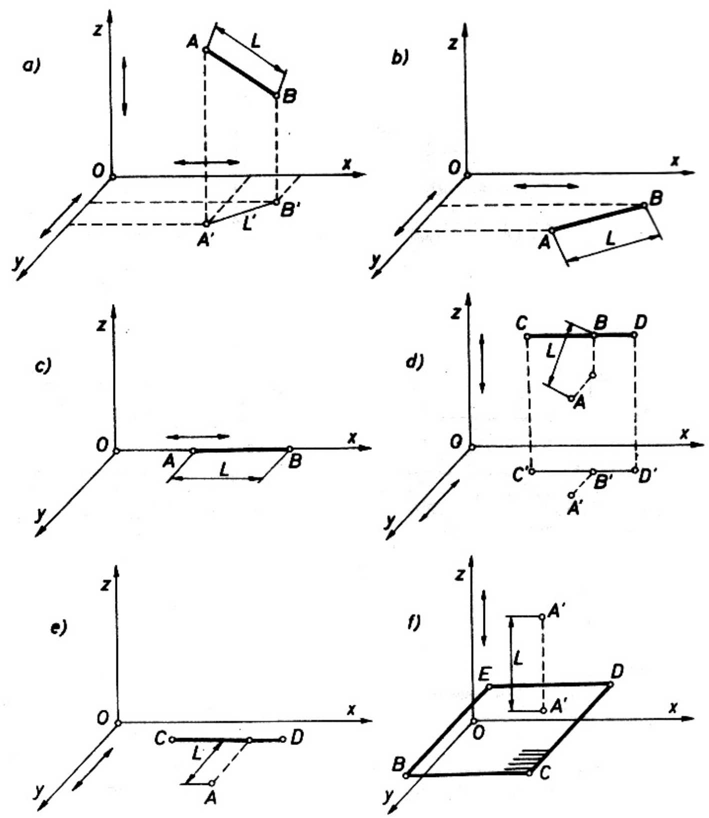
Principi projektovanja ML

- Projektovati ML znači: odrediti tip ML, njegovu strukturu, broj, odnos i karakteristike svih članova u njemu
- ML se projektuje na osnovu sledećih kriterijuma ili zahteva:
  - Postavljenog (projektovanog, planiranog, ugovorenog) nivoa kvaliteta datog proizvoda
  - Namene (funkcionisanje, trajnost)

Principi projektovanja ML

  - **Propisa, normi i standarda (internih, domaćih, međunarodnih) koji se moraju zadovoljiti**
  - **Analize ponašanja u eksploatacijskim uslovima (datog ili sličnog) proizvoda**
  - **Sistemskih istraživanja u sopstvenim laboratorijama**
- **Principi izbora završnog člana**
  - **Prvi princip: isti kao za principe projektovanja ML (napred navedeno)**
  - **Drugi princip: album sistematizovanih oblika završnih članova, slika 12**

Sl. 12 Album završnih članova ML



Sl.12.

Album sistematizovanih oblika završnih članova mernih lanaca (*TU* - tehnički zahtevi, *S* - stepen slobode, *B* - broj menih lanaca):

Principi projektovanja ML

- **Treći princip: tačnost relativnih položaja karakterističnih tačaka ML (rastojanje, ugao, paralelnost, ortogonalnost, ...**

Podela metoda rešavanja ML

- Metod apsolutne zamenljivosti
- Metod nepotpune zamenljivosti
- Metod grupne zamenljivosti
- Metod podešavanja
- Metod regulisanja

Metod apsolutne zamenljivosti

- Zahtevana tačnost završnog člana se uvek postiže, bez obzira na promene sastavnih članova
- Ovo znači da se montaža uvek ostvaruje sa bilo kojim delom iz grupe / serije
- Ova metoda se u literaturi naziva i metod maksimuma / minimuma

Rešavanje liniskih mernih lanaca – proračun završnog člana

- Osnovna jednačina LML je:

$$A_\Delta = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \ldots + A_n) - (A_{n+1} + A_{n+2} + A_{n+3} + \ldots + A_{m-1}) =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} A_i - \sum_{i=n+1}^{m-1} A_i$$

- ili rečima: nomimalna vrednost završnog člana jednaka je zbiru ...

Rešavanje liniskih mernih lanaca – proračun završnog člana

- J-ne za određivanje gornje i donje granične vrednosti završnog člana:

$$A_{\Delta g} = \lfloor A_{g1} + A_{g2} + \ldots + A_{gn} \rfloor - \lfloor A_{d(n+1)} + \ldots + A_{d(m-1)} \rfloor =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} A_{gi} + \sum_{i=n+1}^{m-1} A_{di}$$

$$A_{\Delta d} = [A_{d1} + A_{d2} + \ldots + A_{dn}] - \lfloor A_{g(n+1)} + \ldots + A_{g(m-1)} \rfloor =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} A_{di} + \sum_{i=n+1}^{m-1} A_{gi}$$

Rešavanje liniskih mernih lanaca – proračun završnog člana

- Kako je tolerancija po definiciji jednaka razlici gornjeg i donjeg odstupanja, onda je tolerancija završnog člana:

$$\delta_\Delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \ldots + \delta_{m-1} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i$$

Rešavanje liniskih mernih lanaca – proračun sastavnih članova

- **Za rešavanje ML ovom metodom primenjuju određeni principi i kriterijumi, kao što su: jednaki kvalitet, jednake tolerancije, jednaki uticaji, princip kompenzacije, empirijski kriterijum i drugi.**
- **Koriste se sledeći metodi:**
  - **Empirijski postupak**
  - **Postupak jednakih kvaliteta**
  - **Postupak jednakih tolerancija**
  - **Postupak jednakih uticaja**
  - **Kompenzacijski postupak**
  - **Postupak ekonomičnih tolerancija**
  - **Modifikovani ili kombinovani postupci**

Empirijski postupak

- Osnovna karakteristika: vrednost tolerancija sastavnih članova određuje se na osnovu empirijskih procedura
- Često se koristi u inženjerskoj praksi, jer je univerzalna, jednostavna, objektivna i pouzdana
- Primenjuje se u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji

Postupak jednakih tolerancija

- Polazi se od prepostavke da je isti stepen uticaja svih sastavnih članova na toleranciju završnog člana
- Pod ovim uslovom, onda su iste tolerancije sastavnih članova

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \ldots = \delta_{m-1} = \delta_s$$

Postupak jednakih tolerancija

- Onda se može napisati:

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i = (m-1)\delta_s$$

$$\delta_s = \frac{\delta_{\Delta}}{m-1}$$

gde je: δs – srednja vrednost sastavnih članova linijskog mernog lanca

Postupak jednakih stepena tačnosti

- Polazi se od jednakosti stepena tačnosti (kvaliteta) svih sastavnih članova lanca
- Ovo se ostvaruje kroz tehnologiju izrade
- Tolerancija i-tog sastavnog člana definisana je relacijom:

$$\delta_i = \alpha_i i = \alpha_i (0{,}45\sqrt[3]{A_{si}} + 0{,}001 A_{si})$$

Postupak jednakih stepena tačnosti

- gde je:

α_i - broj jedinica tolerancije

A_{si} – geometrijska sredina između najveće i najmanje mere, odnosno grupe, čime se postiže:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \ldots = \alpha_{m-1} = \alpha_s$$

Postupak jednakih stepena tačnosti

- Na kraju, srednji broj jedinica tolerancija je:

$$\alpha_s = \frac{\delta_\Delta}{\sum_{i=1}^{m-1}\left(0.45\ \sqrt[3]{A_{si}} + 0.001 A_{si}\right)}$$

Rešavanje ravnih i prostornih mernih lanaca

- Ravni ML: pravci sastavnih i završnog člana se prostiru duž osa xy, xz ili yz Dekartovog koordinatnog sistema (tj. U ravni)
- Prostorni ML: pavci sastavnih i završnog člana se prostiru u xyz Dekartovom koordinatnom sistemu (tj. u prostoru)

Rešavanje ravnih i prostornih mernih lanaca

- Prvo pravilo: jedna osa koordinatnog sistema se postavlja duž završnog člana ML
- Drugo pravilo: Ravni ML se svode na linijske, a prostorni na ravne, pa zatim na linijske i onda se rešavaju napred navedenim metodama

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Opšta zavisnost završnog i sastavnih članova je:

$$A_{\Delta} = f\,(A_1, A_2, A_3, \ldots, A_{m-1})$$

- Ako se ovo diferencira, dobija se totalni diferencijal:

$$dA_{\Delta} = \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_1} dA_1 + \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_2} dA_2 + \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_3} dA_3 + \ldots + \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_{m-1}} dA_{m-1}$$

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Zamenjujući pojedine diferencijale dA_i malim konačnim priraštajima, dobija se:

$$\omega_\Delta = \left|\frac{\delta A_\Delta}{\delta A_1}\right|\omega_1 + \left|\frac{\delta A_\Delta}{\delta A_2}\right|\omega_2 + \left|\frac{\delta A_\Delta}{\delta A_3}\right|\omega_3 + \ldots + \left|\frac{\delta A_\Delta}{\delta A_{m-1}}\right|\omega_{m-1}$$

$$\omega_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1}\left|\frac{\delta A_\Delta}{\delta A_i}\right|\omega_i$$

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Odnosno

$$\Delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \left| \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_i} \right| \Delta_i$$

gde su:

Δ_i – greške sastavnih članova mernog lanca

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Kada se umesto veličine polja rasturanja njihove tolerancije, onda se tolerancija završnog člana može napisati kao:

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \left| \frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_i} \right| \delta_i$$

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Definiše se prenosni odnos za sastavne uvećavajuće članove:

$$\frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_i} = 1, \qquad \mathrm{i} = 1,2,3\ldots,\mathrm{n},$$

- Kao i prenosni odnos za umanjujuće članove:

$$\frac{\delta A_{\Delta}}{\delta A_i} = -1, \qquad \mathrm{i} = n+1,\mathrm{n}+2,\ldots,\mathrm{m}-1.$$

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Za ravne merne lance definišu se projekcije:

$$A_{i\,x} = A_i \cos\alpha_i$$

$$A_{i\,y} = A_i \sin\alpha_i$$

pri čemu je: α_i -ugao nagiba člana A_i prema x-osi

Rešavanje ravnih mernih lanaca

- Za prostorne ML osnovne jednačine su:

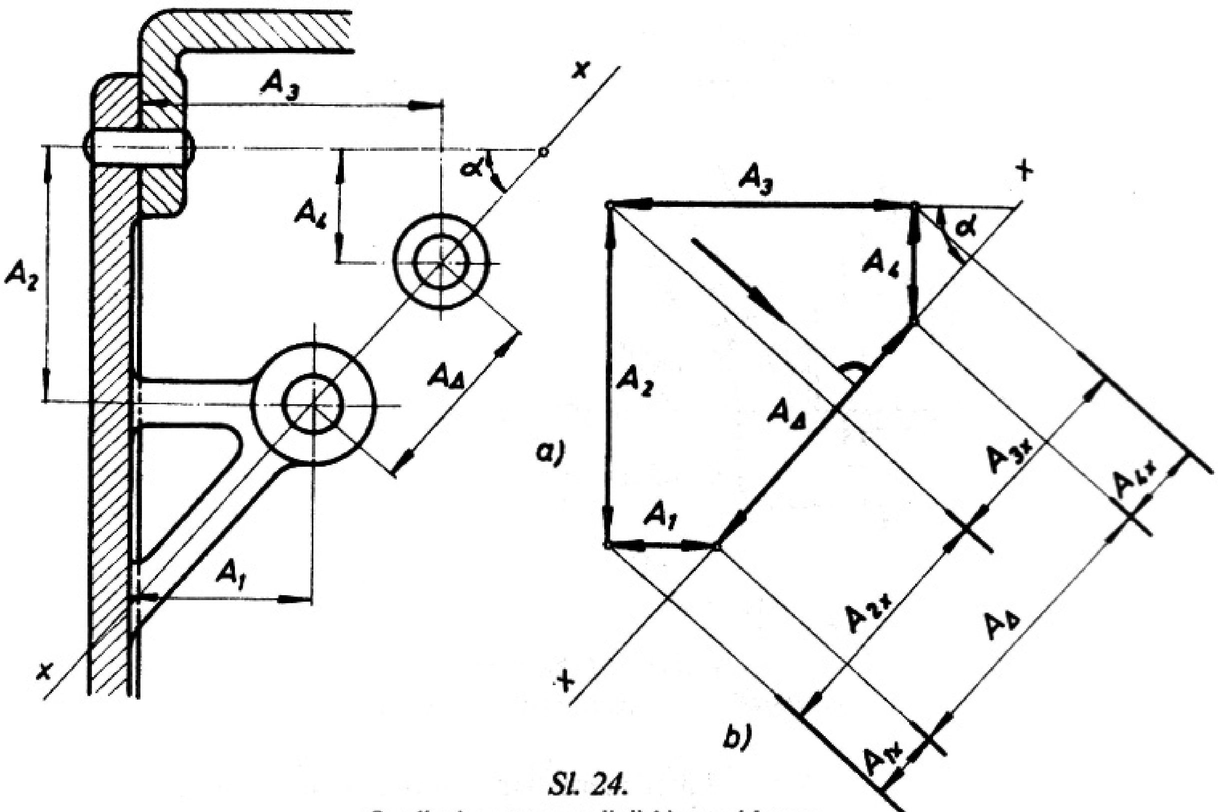
$$A_{i\,x} = A_i \cos\alpha_i$$

$$A_{i\,y} = A_i \cos\beta_i$$

$$A_{i\,z} = A_i \cos\gamma_i$$

gde su: ... α_i β_i γ_i -uglovi koje član A_i zatvara sa koordinatni osama

Slika 24 – Svođenje ravnog na linijski ML



Sl. 24.
Svodjenje ravnog na linijski merni lanac

Prednosti i mane metoda apsolutne zamenljivosti

- Prednosti:
  - Jednostavni za primenu i izračunavanje
  - Pojednostavljeno postavljanje i regulisanje elemenata OS
  - Omogućuje visok stepen kooperacije različitih fabrika i proizvodnih pogona
- Nedostatak – tolerancije sastavnih članova su manje u odnosu na ostale metode
- Okvir primene ovog metoda se definiše ekonomičnošću proizvodnje

Metod nepotpune zamenljivosti

- Ovaj metod se zasniva na stavovima teorije verovatnoće
- Stvarne mere pri obradi delova predstavljaju slučajne veličine, koje se raspoređuju unutar nekog intervala po određenim zakonima teorije verovatnoće, najčešće po normalnom zakonu distribucije frekvencija

Metod nepotpune zamenljivosti

- Glavno obeležje metoda: kada se u ML izmene jedan ili više članova, propisana tačnost završnog člana se ne može postići u svim mogućim slučajevima, već samo u jednom pretežno većem broju slučajeva, a da se pri tome prethodno ne vrši izbor ili podešavanje

Metod nepotpune zamenljivosti

- Linijske i uglovne mere (x) delova, sklopova i mašina, kao jedan od vidova karakteristika kvaliteta, predstavljaju sa tehnološkog stanovišta slučajne veličine, koje se menjaju po izvesnim statističkim zakonima, što isto važi i za merne lance

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

- Opšta j-na ML

$$A = f(A_i) \qquad i = \overline{1, m-1}$$

svodi se na poznatu linearnu funkciju

$$A = \sum_{i=1}^{m-1} a_i A_i$$

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

kojom se matematički opisuje model osnovnog ML

- Veličina ai (i =1, m-1) predstavlja prenosni odnos ili uticajni koeficijenat, jer se njime definiše stepen i pravac dejstva nekog sastavnog člana na završni član ML

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

- Prema stavovima iz prethodne tačke, pojedini sastavni članovi A_i, ML predstavljaju slučajne veličine
- Statistički parametri lokacije i disperzije završnog člana, mogu se napisati u obliku:

$$EA_{\Delta} = \overline{A_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} a_i EA_i = \sum_{i=1}^{m-1} a_i \overline{A_i}$$

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

- Disperzija završnog člana

$$DA_{\Delta} = \sigma_{\Delta}^{2} = \sum_{i=1}^{m-1} a^{2}{}_{i} DA_{i} + 2\sum_{i<1} a_{i} a_{j} K_{ij}$$

- Kada su sastavni članovi mernog lanca međusobno nezavisni, tada se j-na 42 može napisati i kao:

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

$$DA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} a^2{}_i DA_i$$

- U proizvodnoj praksi, moguća su dva karakteristična slučaja. Kada se oni pojave tada, za analizu ML, nisu dovoljni statistički parametri: EAΔ i DAΔ), već se uvode još dva parametra:
  - Koeficijenat relativnog rasturanja – k
  - Koeficijent asimetrije - alfa

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

- Sada se proračun ML temelji na skupu od četiri statistička parametra:

$SP = (EA_{\Delta}, DA_{\Delta}, k, \alpha)$

- Moguća su dva slučaja:
  - ne poklapaju se vrednosti Tp i T (već samo njihove sredine polja)
  - sredine polja Tp i T su pomerene

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

- Prvi slučaj:

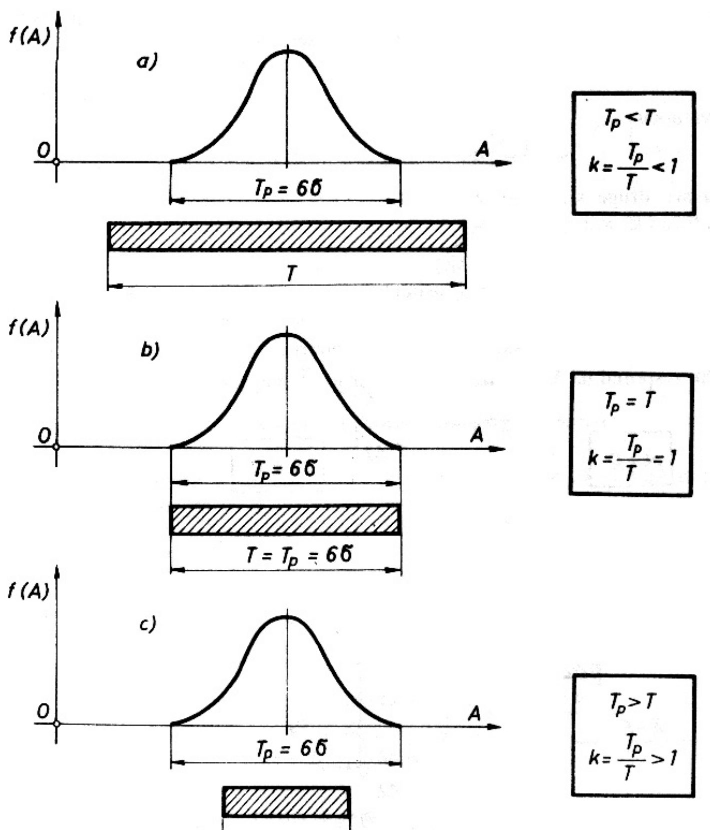
  $Tp \neq T$

- Koeficijent relativnog rasturanja

  $k = Tp / T$

- Koeficijent asimetrije – α, slika 31

Slika 31 – Prvi slučaj



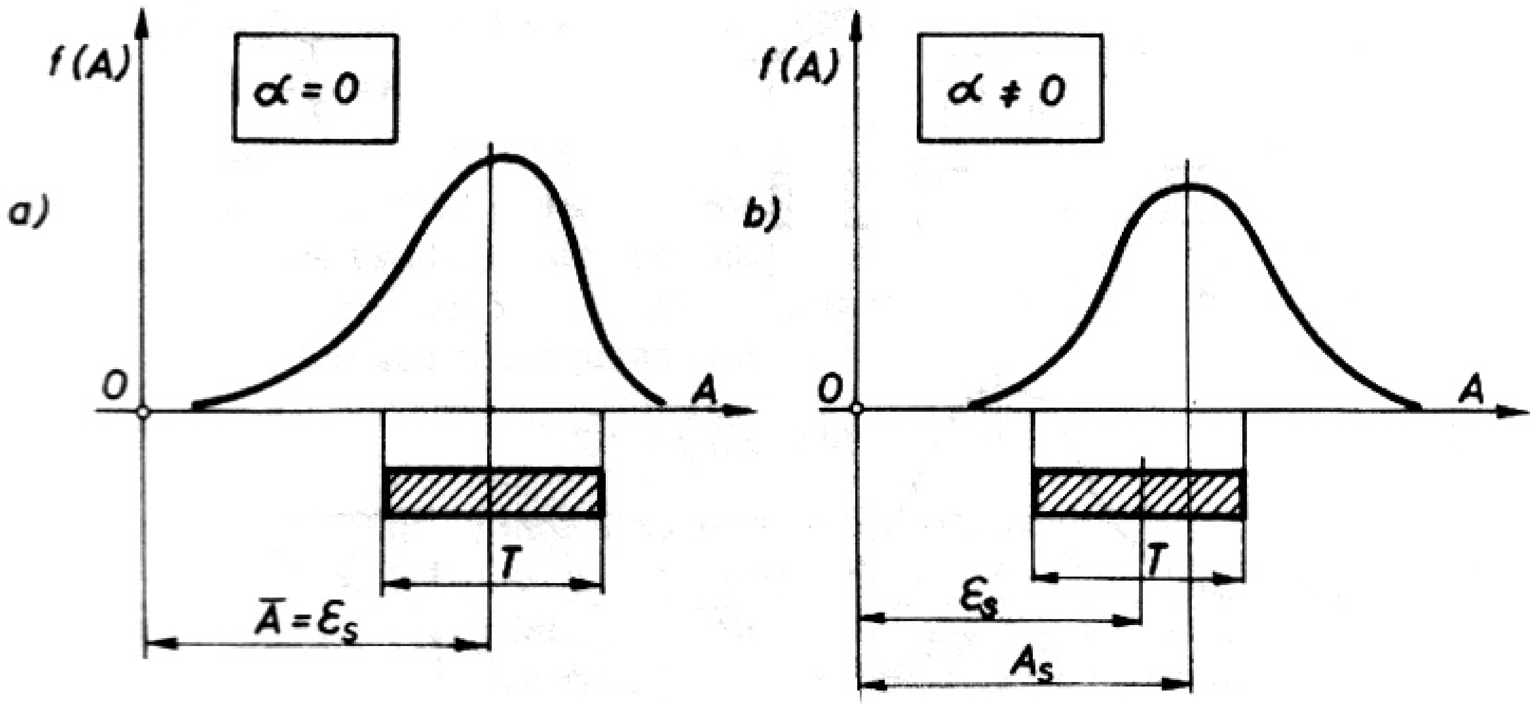
Sl. 31.

Referentni ($k = 1$) i drugi normalni rasporedi ($k < 1$ i $k > 1$).

Jednačina glavnih statističkih parametara metoda nepotpune zamenljivosti

- Koeficijent asimetrije – α
- α = 0, asimetričan raspored
- α različito od nule (3), simetričan raspored
- Slika 32, karakteristični rasporedi

Slika 32 – Dva karakteristična rasporeda



Sl. 32.

Dva karakteristična rasporeda sa korespodentnim vrednostima koeficijenta asimetrije α.

Metod grupne zamenljivosti

- Ovaj metod omogućuje postizanje vrlo visoke propisane tačnosti završnog člana ML bez obzira što je tačnost sastavnih članova relativno mala i ostvarena u okviru proizvodnih ekonomičnih tolerancija

Metod grupne zamenljivosti

- Osnova metoda: delovi se nakon izrade razvrstavaju u određen broj grupa, pa se zatim vrši sklapanje elemenata u montaži
- Omogućena je ekonomična proizvodnja u okviru širih tolerancija
- Može se postići vrlo visoka propisana tačnost završnog člana mernog lanca

Metod grupne zamenljivosti

- Neka je δ_Δ, propisana tačnost završnog člana u mernom lancu od m-1 sastavnih članova
- Prema metodi apsolutne zamenljivosti, srednja vrednost tolerancije sastavnih članova je:

$$\delta_s = \frac{\delta_\Delta}{m-1}$$

Metod grupne zamenljivosti

- Može se dogoditi da je zbog suviše uskih tolerancija, nemoguće postići veličinu δ_Δ na ekonomičan način u datim proizvodnim uslovima
- Zato se ova tolerancija povećava n puta

$$\delta_{s'} = n\delta_s$$

Metod grupne zamenljivosti

- Sada se nova tolerancija $\Delta_{s'}$, lako ostvaruje, pa se tako obrađeni delovi selektiraju u n jednakih grupa / područja
- Montaža se vrši sa delovima iz istih grupa, na primer k
- Ovo znači da se i merni lanac formira za k-tu grupu, pa se zato ovaj metod naziva i metod *grupne zamenljivosti ili selektivni metod*

Metod grupne zamenljivosti

- Model proračuna ML po ovom metodu zasniva se na tročlanom mernom lancu
- Višečlani ML se takođe mogu proračunavati ovim metodom, tako što će se svoditi na tročlane ML

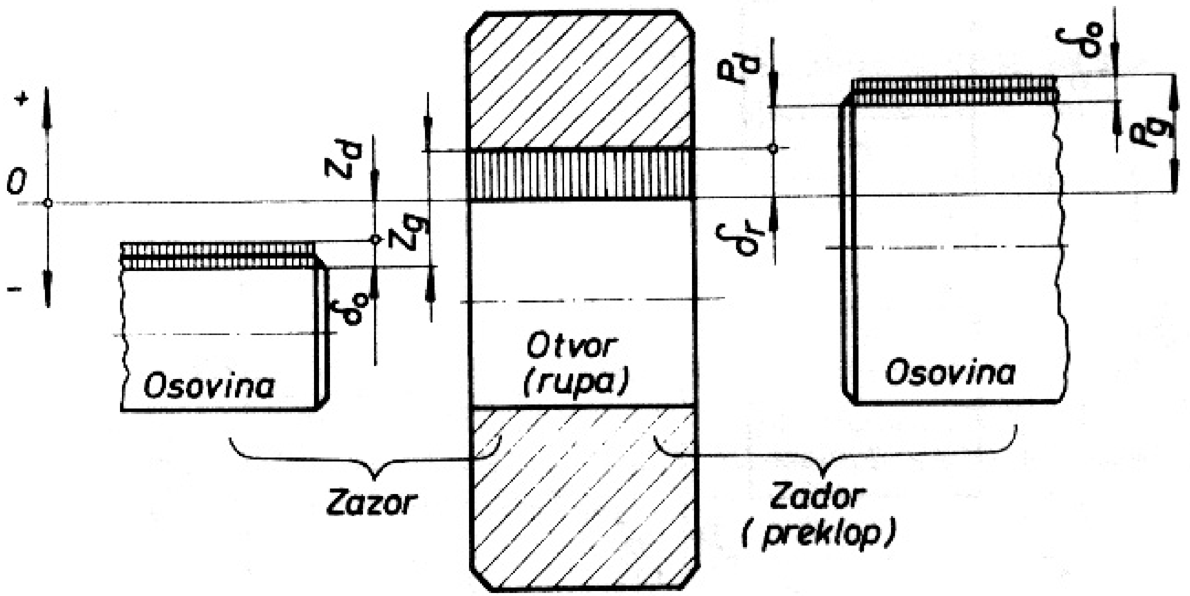
Proračun TROČLANOG ML selektivnom metodom

- Primer: Kotrljajni ležaj – otvor / osovina, slika 43
- Propisane tolerancije:
  - Rupe – Δ_r
  - Osovine – Δ_o
- Ekonomična proizvodnja – propisane tolerancije se povećavaju n puta

Slika 43 Tročlani ML

$$\delta_r' = n\,\delta_r ,$$

$$\delta_0' = n\,\delta_0 .$$



Sl. 43.

Tročlani merni lanac: otvor - osovina - zazor (zador).

Proračun tročlanog ML selektivnom metodom

- Opšti položaj novih (proizvodnih) tolerancija $\Delta_{r'}$ i $\Delta_{o'}$, slika 44
- Na slici je:

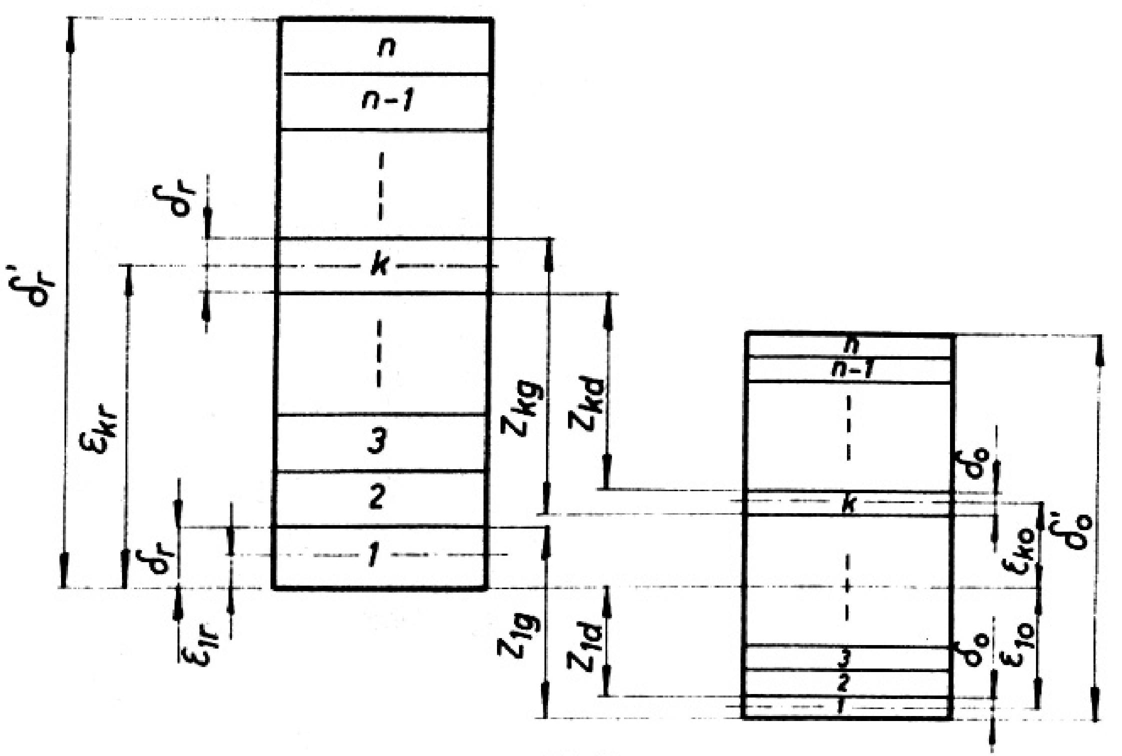
n – broj selekcionih grupa

- srednje odstupanje k-te grupe otvora (osovine)

- srednje odstupanje otvora (osovine) prve grupe

- granične vrednosti zazora prve odnosno k-te grupe

Sl. 44 Primena selektivnog metoda za tročlani ML za ....



Sl. 44.

Primena selektivnog metoda na tročlani merni lanac za slučaj $\delta_r > \delta_0$.

Proračun tročlanog ML selektivnom metodom

- Prema slikama 43 i 44, srednja veličina zazora *prve* grupe je:

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{1_r} + \varepsilon_{1_o} = z_{1d} + \frac{1}{2}\delta_r + \frac{1}{2}\delta_o$$

odnosno *k-te* grupe

$$\varepsilon_{sk} = \varepsilon_{k_r} + \varepsilon_{ko} = \varepsilon_{s1} + (k-1)(\delta_r - \delta_o)$$

Proračun tročlanog ML selektivnom metodom

- Pri sklapanju delova uzetih iz istih grupa mora uvek biti zadovoljena funkcionalnost sklopa (naleganja) koju je predvideo konstruktor, što znači da su vrednosti srednjih zazora međusobno jednake:

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{s3} = \ldots = \varepsilon_{sk} = \varepsilon_{sn}$$

Proračun tročlanog ML selektivnom metodom

- Prema j-načinama 93, 94 i 95, sledi:

$$(k-1)(\delta_r-\delta_o)=0$$

ili, pošto je k >1, $\delta_r=\delta_o$

Prema tome da bi se obezbedio uslov $\varepsilon_{si}=const$

(i = 1, 2, 3, ..., n) treba da su u tročlanom mernom lancu jednake vrednosti tolerancija sastavnih članova

Proračun tročlanog ML selektivnom metodom

- **Prema dosadašnjem i slici 44, može se zaključiti:**
  - **kada je $\delta_r = \delta_o$ postiže se u svim grupama delova konstantna veličina srednjeg zazora (zadora), postižu se najpovoljniji rezultati u pogledu jednoobraznosti naleganja**
  - **ako je $\delta_r > \delta_o$ tada postepeno raste zazor, odnosno opada zador idući od prve ka poslednjoj grupi delova i obrnuto, kada je $\delta_r < \delta_o$ opada zazor a raste zador**

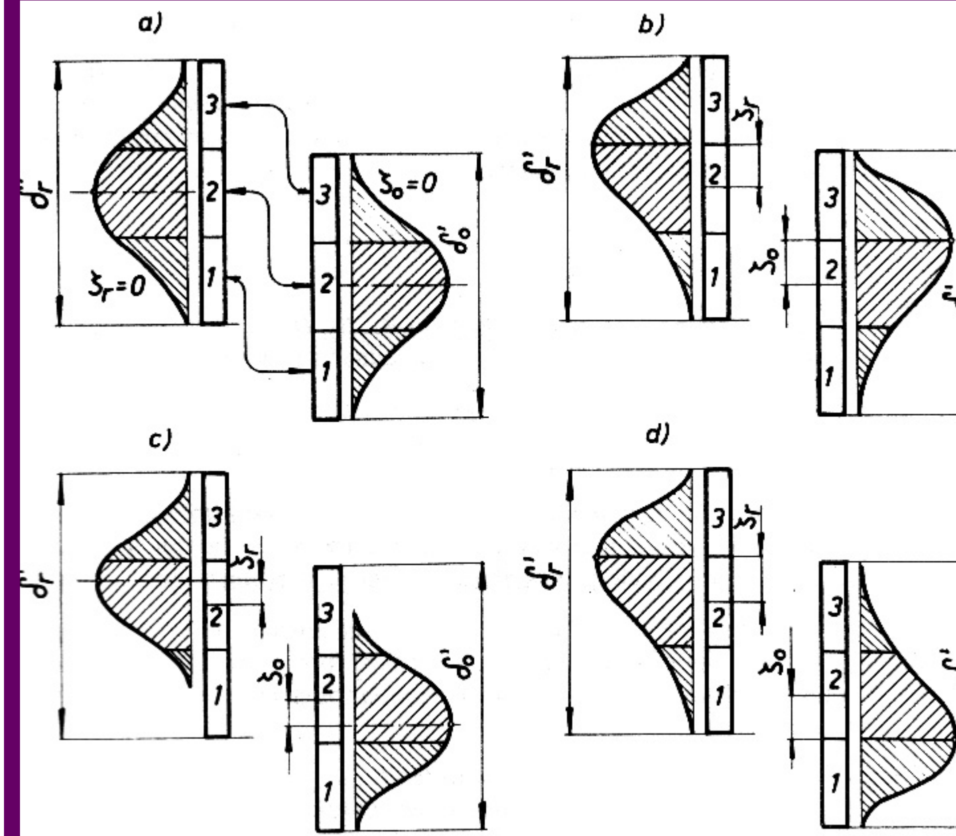
Proračun tročlanog ML selektivnom metodom

- Ove razlike postaju još veće sa porastom samih razlika $\delta_r - \delta_o$, odnosno $\delta_o - \delta_r$
  I najzad, sa povećanjem proizvodnih tolerancija otvora i osovine, kao i broja selekcionih jedinica menja se razlika u zazoru, odnosno zadoru između prve i poslednje grupe

Proračun tročlanog ML selektivnom metodom - zaključci

- Pored matematičkog uslova, potrebno je da budu prethodno ispunjeni i neki drugi uslovi, kao:
  - Identične krive rasporeda mera svih sastavnih članova datog lanca
  - Jednake po veličini i znaku koordinate centra grupisanja mera u odnosu na sredinu tolerancijskog polja kod svih sastavnih članova lanca, slika 45

Slika 45 Uticaj oblika i položaja krive rasporeda mera na mogućnost primene selektivnog metoda



Sl. 45.

Uticaj oblika i položaja krive rasporeda mera na mogućnost primene selektivnog metoda.

Metod podešavanja

- Često se koristi kao jedna od metoda rešavanja ML u postizanju propisane tačnosti završnog člana
- Proračunski model je postavljen i razvijen na tročlanom mernom lancu
- Efikasna je primena i na višečlani ML, koji se takođe svodi na tročlani ML

Metod podešavanja

- Procedura primene ovog metoda je:
  - Tolerancija završnog člana je:

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i$$

i uža je od ekonomičnih tolerancija koje je moguće postići u datim proizvodnim uslovima

Metod podešavanja

- Zbog toga tolerancije sastavnih članova veće ....
- Prema tome i tolerancija završnog člana, prema j-ni 101, biće veća

$$\delta'_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta'_i$$

Metod podešavanja

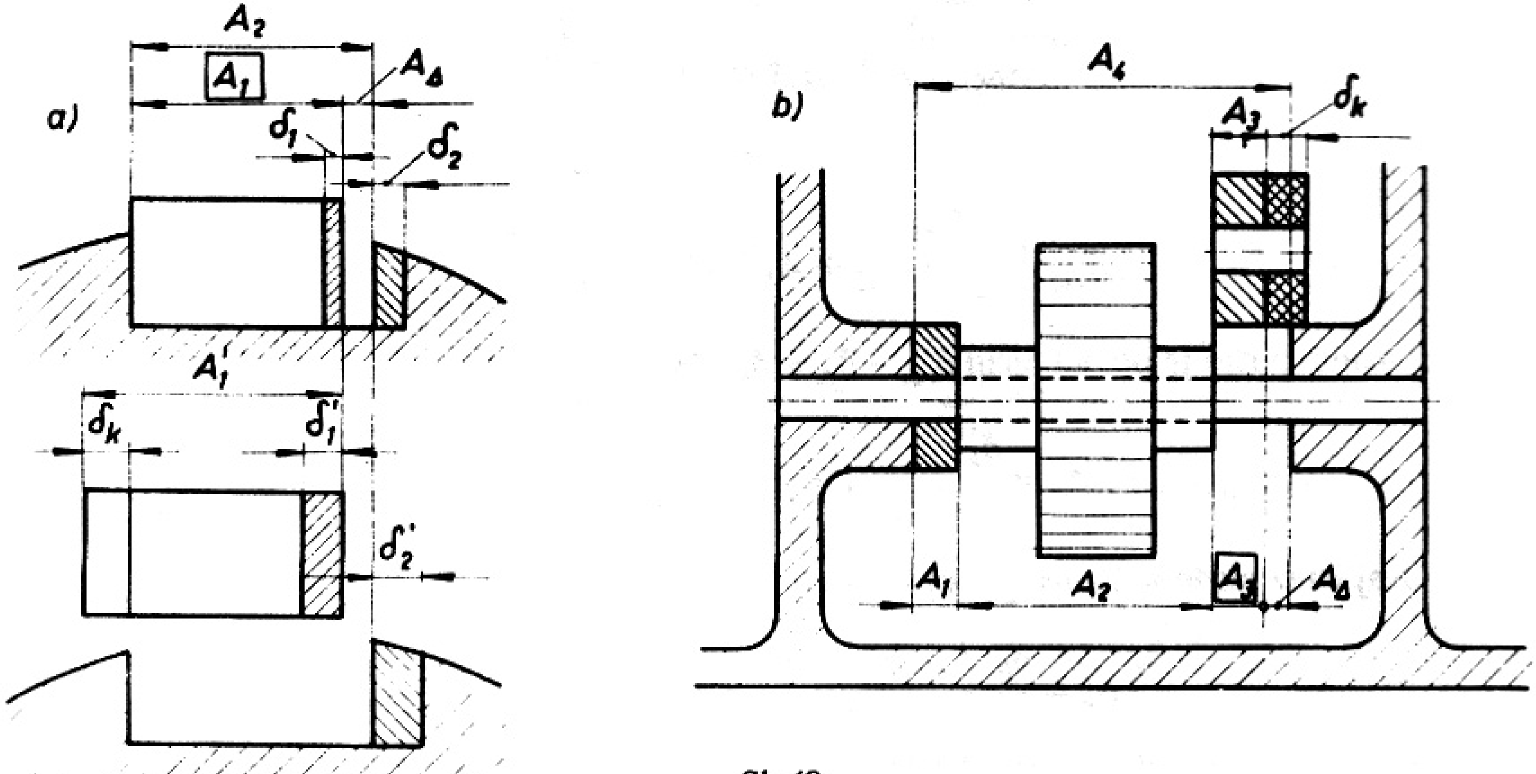
- Vrednost tolerancije završnog člana iz prethodne j-ne je njegova ekonomična tolerancija
- Tako se sada definiše – tolerancijski višak ili kompenzacijska veličina, koja je jednaka

$$\delta_k = \delta'_\Delta - \delta_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i - \delta_\Delta$$

Metod podešavanja

- Kako se tolerancijski višak ostvaruje u realnoj proizvodnji
- Na taj način što se sa jednog prethodno izabranog sastavnog člana skida naknadnom obradom, određen sloj materijala, sve dok se ne postigne propisana tačnost završnog člana
- Zbog ovoga, ovaj član se naziva i tehnološki kompenzacijski član
- Primer, slika 49

Slika 49 primer metoda podešavanja



Sl. 49.

Obezbedjenje propisane tačnosti završnog člana metodom podešavanja u tročlanom (a) i višečlanom (b) mernom lancu.

Metod regulisanja

- Propisana tačnost završnog člana ML, postiže se regulisanjem veličine jednog prethodno izabranog sastavnog člana
- Ovaj metod se koristi za montažne ML
- Dakle, kod ovog ML, postizanje propisane tačnosti završnog člana se ostvaruje regulisanjem kompenzacijskog člana, a ne naknadnom obradom

Metod regulisanja

- Pri određivanju kompenzacijske veličine, Δk, polazi se od osnovne j-ne ML

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{n} A_i - \sum_{n+1}^{m-1} A_i + A_k$$

ukoliko je kompenzacijski član uvećavajući, odnosno

Metod regulisanja

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{n} A_i - \sum_{n+1}^{m-1} A_i - A_k$$

kada je ovaj član umanjujući.

Polazeći od gornje / donje granične vrednosti, mogu se j-ne 109 i 110, napisati:

Metod regulisanja

$$A_{\Delta g} = \sum A'_{gi} - \sum A'_{di} + A_{kd}$$

$$A_{\Delta d} = \sum A'_{di} - \sum A'_{gi} + A_{kg}$$

$$A_{\Delta g} = \sum A'_{gi} - \sum A'_{di} + A_{kg}$$

$$A_{\Delta d} = \sum A'_{di} - \sum A'_{gi} + A_{kd}$$

Metod regulisanja

- Gornje i donje granične vrednosti sastavnih članova u relacijama 111 i 112 se odnose na proširene, odnosno ekonomične tolerancije
- Oduzimanjem prve od druge j-ne u 111 i 112, dobija se:

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta'_i - \delta_k$$

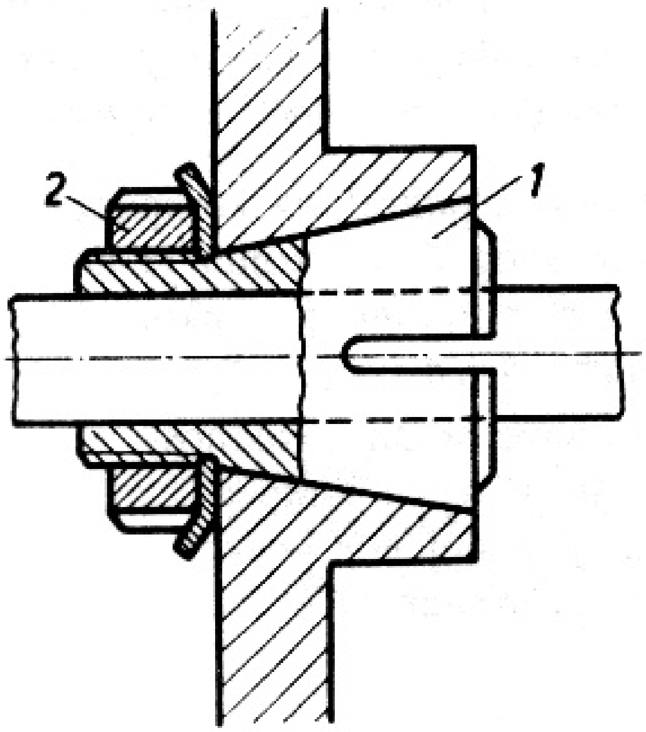
Metod regulisanja

- Konačno, sledi izraz:

$$\delta_k = \sum_{i=1}^{m-1} \delta'_i - \delta_\Delta$$

za tolerancijsku veličinu Δk, koja predstavlja veličinu promene, kompenzacijskog člana, slika 52

Slika 52 Kompenzator za metod regulisanja



Sl. 52.
Pokretni konusni kompenzator sa periodičnim regulisanjem.

Hvala Vam na pažnji !

Vaš

Prof. dr Vidosav D. Majstorović, dipl. maš. inž.,

Mašinski fakultet u Beogradu

P I T A NJ A !