

# Tehnološki merni sistemi – treća nastavna jedinica / Metodi merenja

---

**Prof. dr. Vidosav D.  
MAJSTOROVIĆ, dipl.maš.inž.  
Mašinski fakultet, Beograd**

# Metodi merenja

- **Svako merenje** koristi određeni metod merenja, koji se zasniva na:
  - principu merenja, i
  - tehnici merenja (merno sredstvo – merni sistem, merni pribor).
- *Princip merenja* – fizički fenomen i njegova zakonitost

# Podela metoda merenja

- Kakve se veličine mere ?
- Kako se mere ove veličine (apsolutna / relativna vrednost) ?
- Metodi merenja se dele na: **direktni** / **indirektni**, metod skretanja ili odbrojavanja, metod **ravnoteže** ili nulti metod, **kompensacioni** metod, **diferencijalni** metod, metod **upoređenja** ili metod komparativnog merenja

# Dve osnovne grupe metoda

- **Direktni ili indirektni metodi**
- **Metod skretanja (odnosno odbrojavanja) i nulti metod merenja**

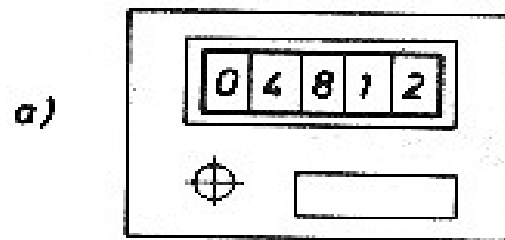
# Osnove direktnog metoda

- *Direktni metodi* – upoređivanje dve vrednosti jedne iste veličine tj. direktno određivanje vrednosti merne veličine bez naknadnih izračunavanja iz funkcionalnih zavisnosti
- *Primer* – merenje prečnika mikrometrom / temperature termometrom

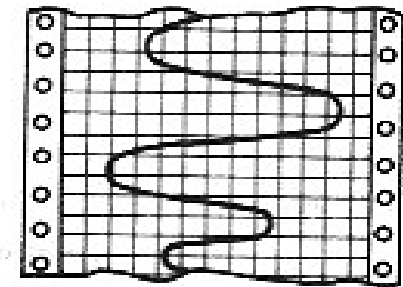
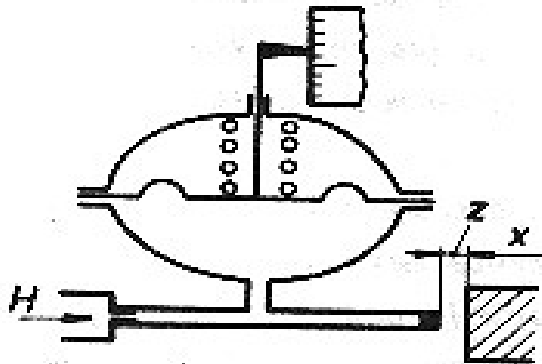
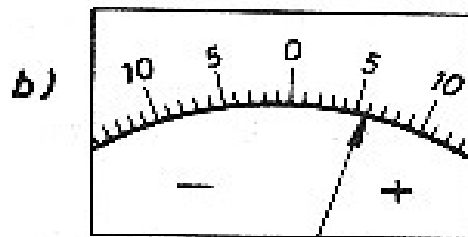
# Merni pribori direktnog metoda

- **Svi** mehanički, električni, optički, elektronski i drugi merni pribori koji poseduju **analognu / digitalnu pokazivačku jedinicu**, slika 3.1

# Slika 3.1 Primeri digitalnih a) i analognih b) pokazivanja mernih rezultata po direktnom metodu merenja



10	+04,35 $\mu\text{m}$	↑	Λ
09	+01,81 $\mu\text{m}$	↑	Λ
08	+19,34 $\mu\text{m}$	↑	Λ
07	+16,84 $\mu\text{m}$	↑	Λ
06	+12,24 $\mu\text{m}$	↑	Λ



Slika 3.1. Primeri digitalnog (a) i analognog (b) prikazivanja mernih rezultata po direktnom metodu merenja

# Podela direktnog metoda

**Direktni metod**

```
graph TD; A[Direktni metod] --> B[Metod skretanja]; A --> C[Metod odbrojavanja];
```

**Metod skretanja**

**Metod  
odbrojavanja**

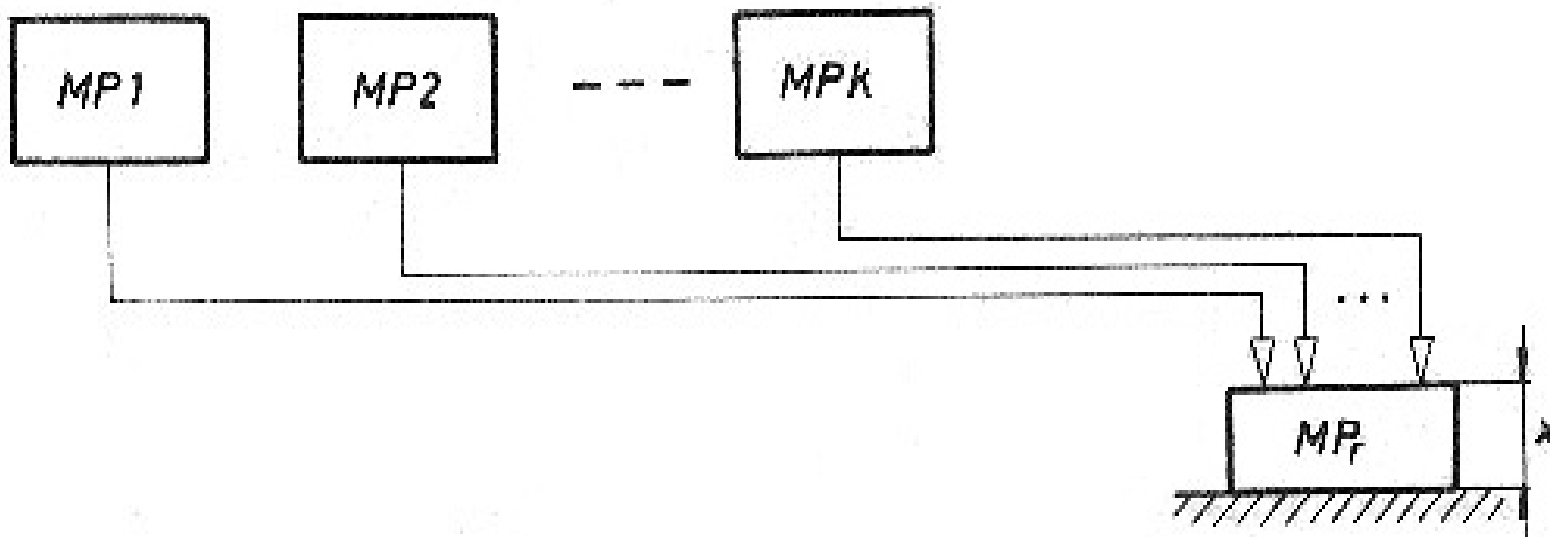


# Direktni metod

- Pokazivačka jedinica sa skalom i kazaljkom – *metod skretanja*
- Pokazivačka jedinica sa **digitalnim pokazivačem** – *metod odbrojavanja*

- ***Metod skretanja*** – veća brzina merenja i jednostavnost korišćenja (pogonska metrologija). Tačnost metoda zavisi od tačnosti mernog pribora
- ***Metod odbrojavanja*** – kvantovanje kontinualnog električnog signala – tačniji od metoda skretanja
- **Proizvodna metrologija** – direktni metod merenja upotrebom etalona (graničnih merila) se naziva – ***metod poređenja (komparativni metod), slika 3.2***
- ***Etalon (MPr) – merni pribori (MP1 ... MPn)***

## Slika 3.2. Jedan primer komparativnog merenja



Slika 3.2. Jedan primer metoda komparativnog merenja.

# Indirektni metod merenja

- Vrednost merne veličine se **ne meri direktno**, već se izračunava iz funkcionalne zavisnosti:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

Merne veličine  $x_1, \dots, x_k$  se mere *direktnim* metodom merenja

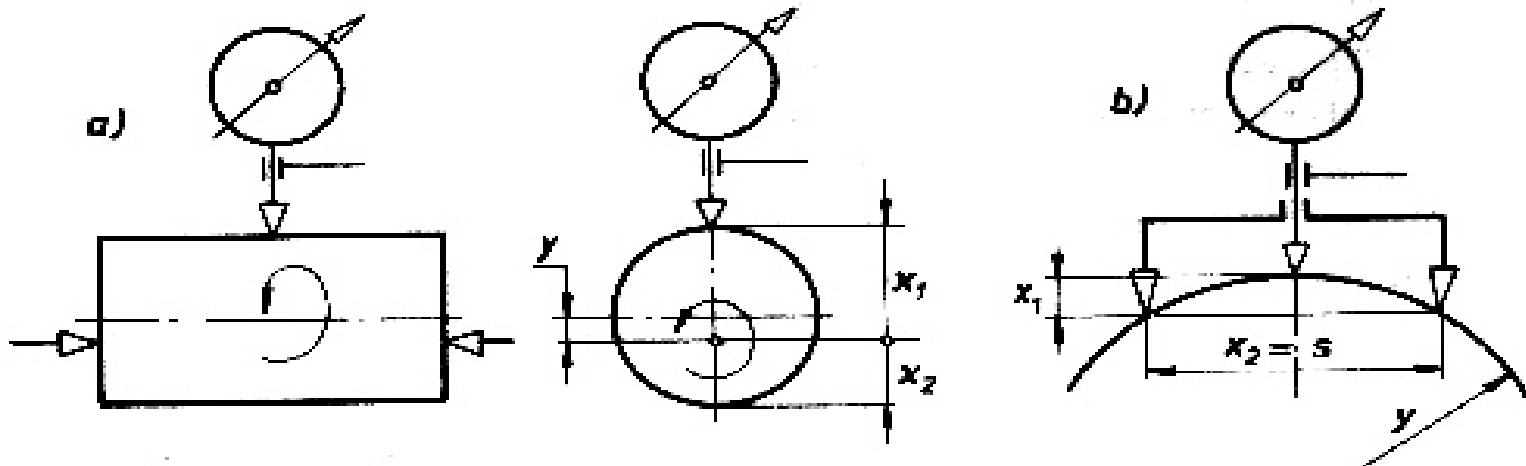
© **Metod (indirektni) se vrlo često koristi u metrologiji**

© **Primeri:**

© **Merenje veličine ekscentriteta (slika 3.3a)**

© **Merenje prečnika cilindričnog dela (slika 3.3b) pomoću tri žice**

## Slika 3.3 Primeri merenja ekscentriteta (a) i prečnika cilindričnog dela (b) po metodu indirektnog metoda



Sl. 3.3. Primeri merenja ekscentriciteta (a) i prečnika cilindričnog dela (b) po metodu indirektnog merenja

$$y = e = \frac{1}{2}(x_1 - x_2)$$

$$y = D = x_1 + \frac{x_2^2}{4x_1}$$

# Nulti metod merenja

## ■ Osnove:

- Razlika  $\Delta x$  vrednosti merne veličine  $x_M$  i poznate vrednosti  $x_R$  druge istorodne veličine, sa kojom se upoređuje merna veličina, se svodi na nulu ( $\Delta x = 0$ )
- Ovaj metod se naziva i *metod ravnoteže*.
- **Trenutak** ravnoteže se registruje na nultom pokazivaču sa skalom.

 Pripada grupi **najtačnijih** metoda merenja

 Merni pribori se odlikuju visokom /  
**najvišom** tačnošću

 Proces merenja je **relativno dug**

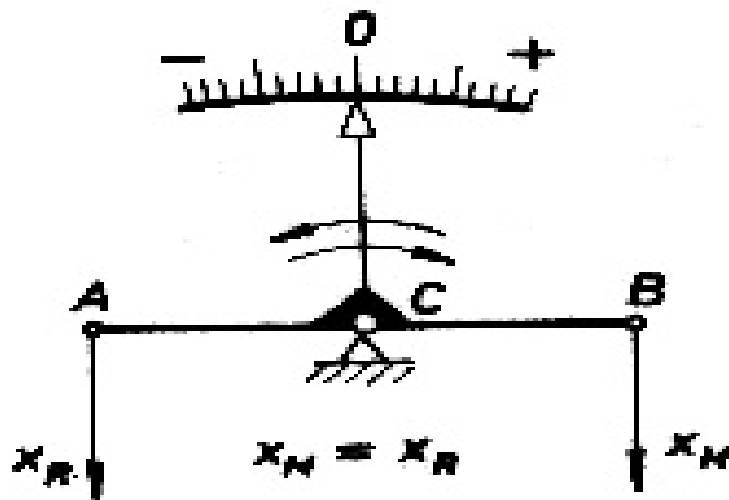
 **U ovaj metod (nulti) spadaju merenja:**

- veličina pomoću *terazija* (vage), slika 3.4

- *električnih i neelektričnih* veličina električnim metodama razvijenim na principima kompenzacije (potencijometar – slika 3.5) i *principu električnih mostova* ( *Winstonov*, slika 3.6 )



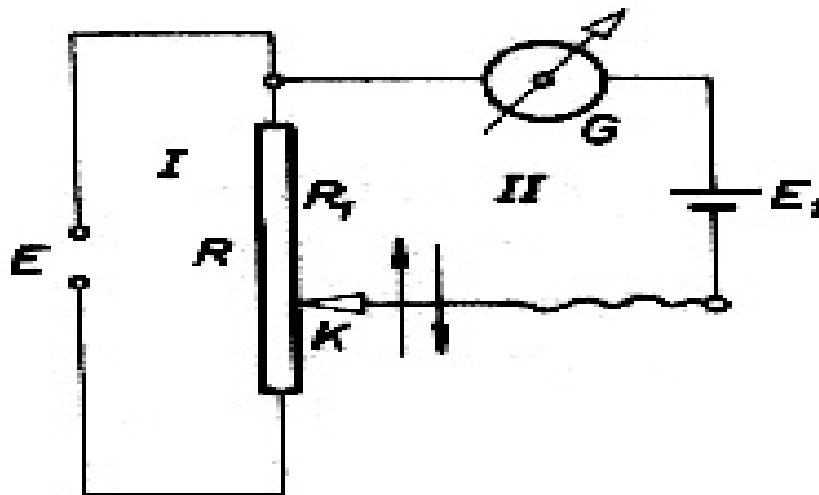
## Slika 3.4 Merni pribor sa nulnim metodom merenja



**Sl. 3.4.** Primer mernog pribora sa nulnim metodom merenja

Merenje  
veličina  
pomoću  
vage /  
terazija na  
principu  
poluge sa  
tegovima

## Slika 3.5. Potenciometarski merni прибор sa nultim metodom merenja

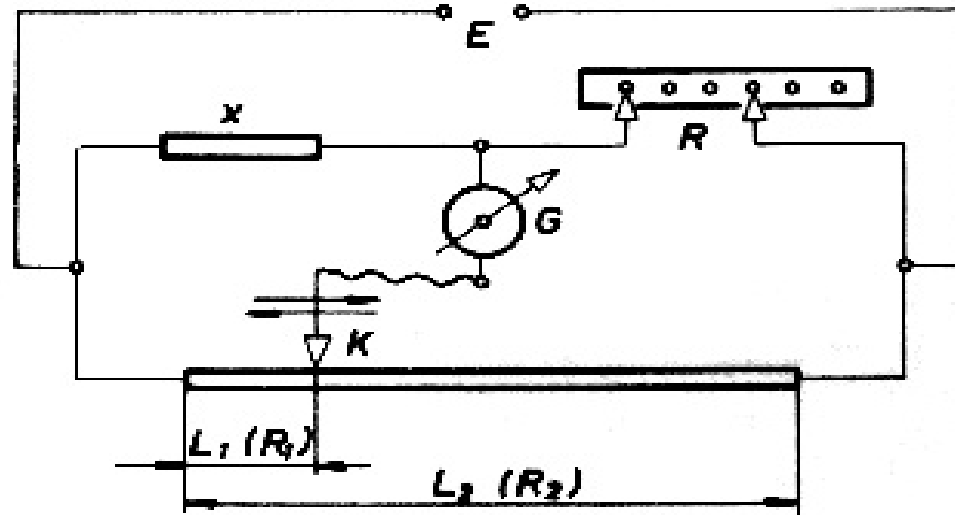


**Sl. 3.5.** Potenciometarski merni прибор sa nultim metodom merenja

Merenje električnih i neelektričnih veličina, električnim metodama pomoću mernih uređaja razvijenih na principu **kompensacije - potenciometra**

# Slika 3.6. Merni прибор sa električnim mostom i nultim metodom merenja

Merenje električnih i neelektričnih veličina, električnim metodama pomoću mernih uređaja razvijenih na principu kompenzacije – električnih mostova (Vitstonov)



Sl. 3.6. Merni прибор sa električnim mostom i nultim metodom merenja

$$X = R \frac{R_1}{R_2 - R_1} = R \frac{L_1}{L_2 - L_1}$$

# Primer automatskog nultog metoda u mernim sistemima sa senzorima povratne sprege

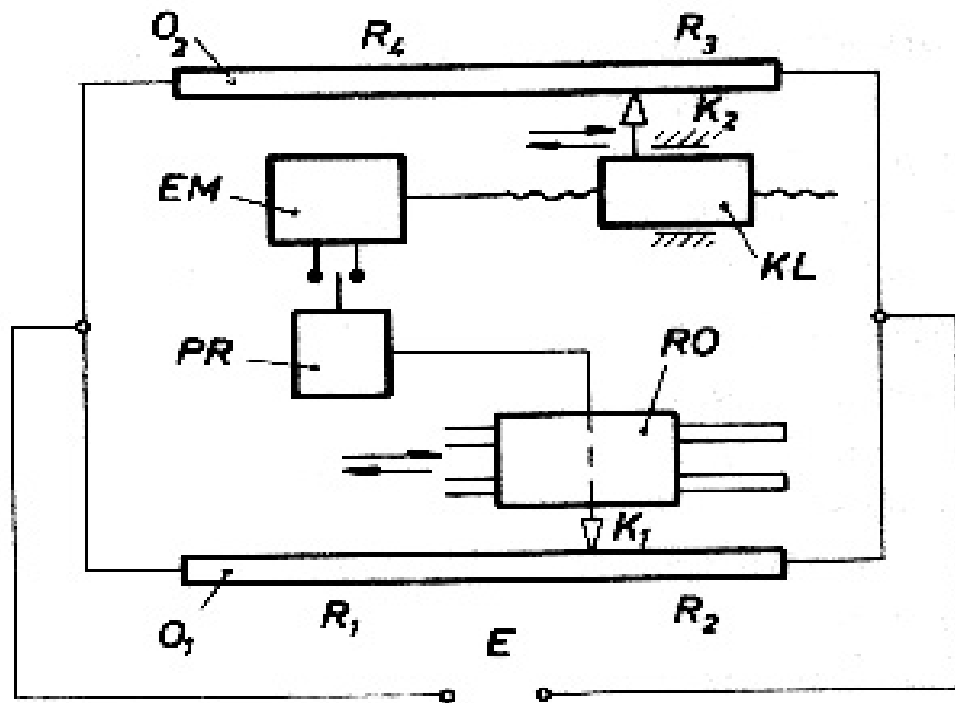
- Automatizacija merenja se postiže uspostavljanjem ravnoteže u dijagonali mosta:

$$R_1 R_3 \text{ ---- } R_2 R_4$$

koja se narušava kretanjem RO levo ili desno.

kada je  $R_1 R_3 = R_2 R_4$  ( $I = 0$ ).

# Slika 3.7 Merni sistem sa primenjenim automatskim nultim metodom



## Primer - NUMA

PR – polarizovani relej

O1 i O2 – otpornici

KL-klizač

EM- elektromotor

RO-radni organ

K1 i K2-kontaktni elementi

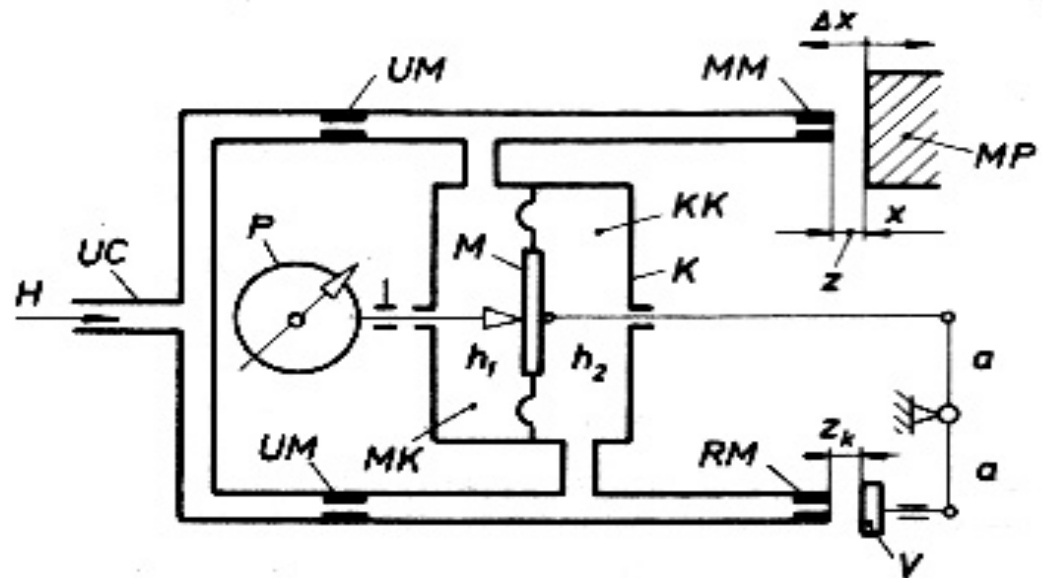
Slika 3.7. Merni sistem sa primenjenim automatskim nultim metodom

# Kompenzacioni metod merenja

- Poseban vid nultog metoda merenja
- Pri merenju se kazaljka ne dovodi u nulti položaj u odnosu na nultu poziciju, već ima relativno bliži položaj u odnosu na nultu poziciju (*veličina  $\Delta x$* )
- Kombinacija dva metoda: nulti i metod skretanja – slika 3.8

# Slika 3.8 Pneumatski merni pribor sa kompenzacijskim metodom merenja

- X<sub>r</sub>** – izmerena vrednost
- x<sub>R</sub>** – referentna vrednost
- UM** – ulazni mlaznik
- MM** – merni mlaznik
- RM** – referentni mlaznik
- MK**-merna komora
- KK**-kompenzaciona komora
- M**-membrana
- V**-ventil
- P**-pokazivač
- MP**- merni predmet



Sl. 3.8. Pneumatski merni pribor sa kompenzacijskim metodom merenja

$$x_r = \Delta x + x_R$$

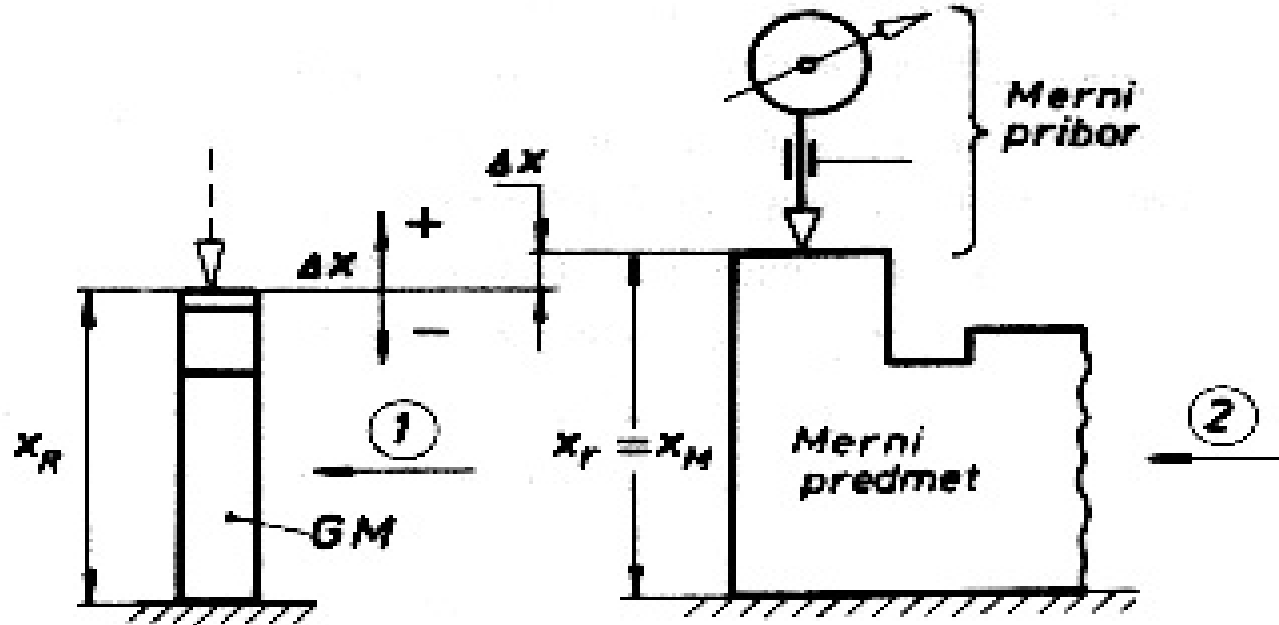
# Diferencijalni metod merenja

## ■ Osnovni koraci metoda:

- ✓ **utvrđivanje** vrednosti merne veličine  $x_r = x_m$  i poznate (referentne) vrednosti neke druge istorodne veličine  $x_R$ , čije se vrednosti malo razlikuju od merne veličine
- ✓ **merenju razlika**  $\Delta x$  vrednosti  $x_m$  i poznate veličine  $x_R$
- ✓ **referentna vrednost**  $x_R$  ne sme da se menja
- ✓ **Primer** – Merenje pomoću komparatora



# Slika 3.9 Merenje veličina pomoću komparatora na osnovu diferencijalnog metoda merenja



Sl.3.9. Merenje veličina pomoću komparatora na osnovu diferencijalnog metoda merenja

**➤ Pneumatski merni pribor (slika 3.10) sa diferencijalnim metodom merenja**

**➤ Narušava se pneumatska ravnoteža mosta**

**➤ Razlika pritiska  $\Delta h = h_1 - h_2$  u komori K**

**➤ Razlika pritiska direktno je srazmerna promeni  $\Delta x$ , a numeričke vrednosti se očitavaju na analognom pokazivaču Primer – Slika 3.10**



**Hvala Vam na pažnji !**

**V a š**

**Prof. Dr Vidosav D.  
MAJSTORVIĆ,  
dipl.maš.inž.**

**P I T A N J A !**