

## 1.4 Mittauslaitteiden rakenne ja suorituskyky

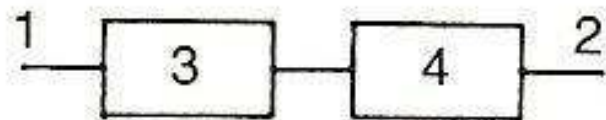
Tuomas Peltola & Juho Moilanen

# Mittausjärjestelmä

---

- ▶ **Tuntoelin/Anturi**
  - ▶ Mitattavan tiedon vastaanotto ja muunnos mittauskelpoiseksi suureeksi
- ▶ **Mittausmuunnin**
  - ▶ Mittaussuureen/jo muunnetun suureen muunnos toiseksi tai toiselle arvoalueelle
- ▶ **Lähetin**
  - ▶ Standardiviestin muodostus ja lähettäminen





a)

1 = Mitattava suure

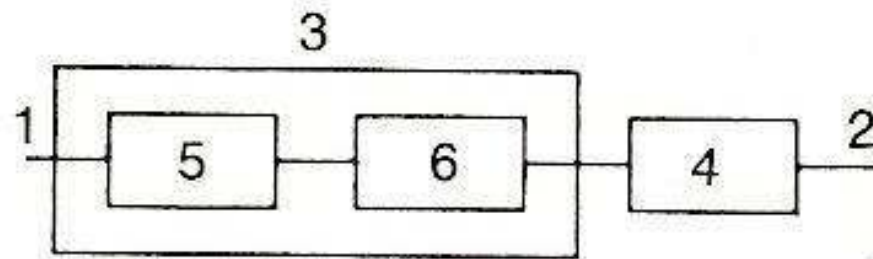
2 = Standardiviesti

3 = Anturi

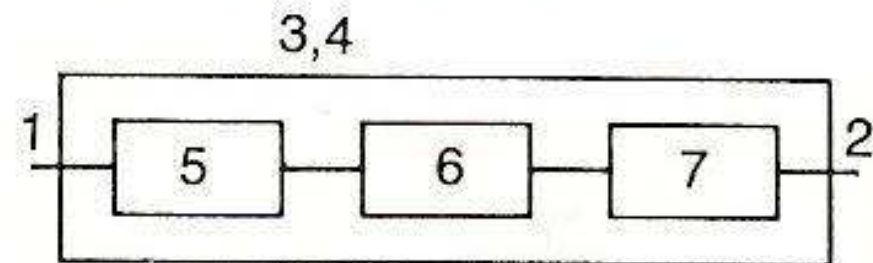
4 = Lähetin

5 = Tuntoelin

6, 7 = Mittausviestin muokkaus



b)



**Kuva 1.12** Teollisuuden mittausjärjestelmä. a) Perinteinen jako b) Nykyisiä rakenteita

# Esimerkki yksinkertaisesta anturista

---

- ▶ PT100 vastuslämpötila-anturi
- ▶ Tuntoelimenä vastus
- ▶ Liitetty lähettimeen 4-20mA standardiviesti



# Esimerkki monimutkaisesta anturista

---

- ▶ Paine-eroanturi QBM65
- ▶ Mittaa paine-eron silikonikumikalvon avulla.
- ▶ Kalvon taipuminen mitataan keraamisella vipumekanismilla ja muutetaan sähköiseksi signaaliksi.



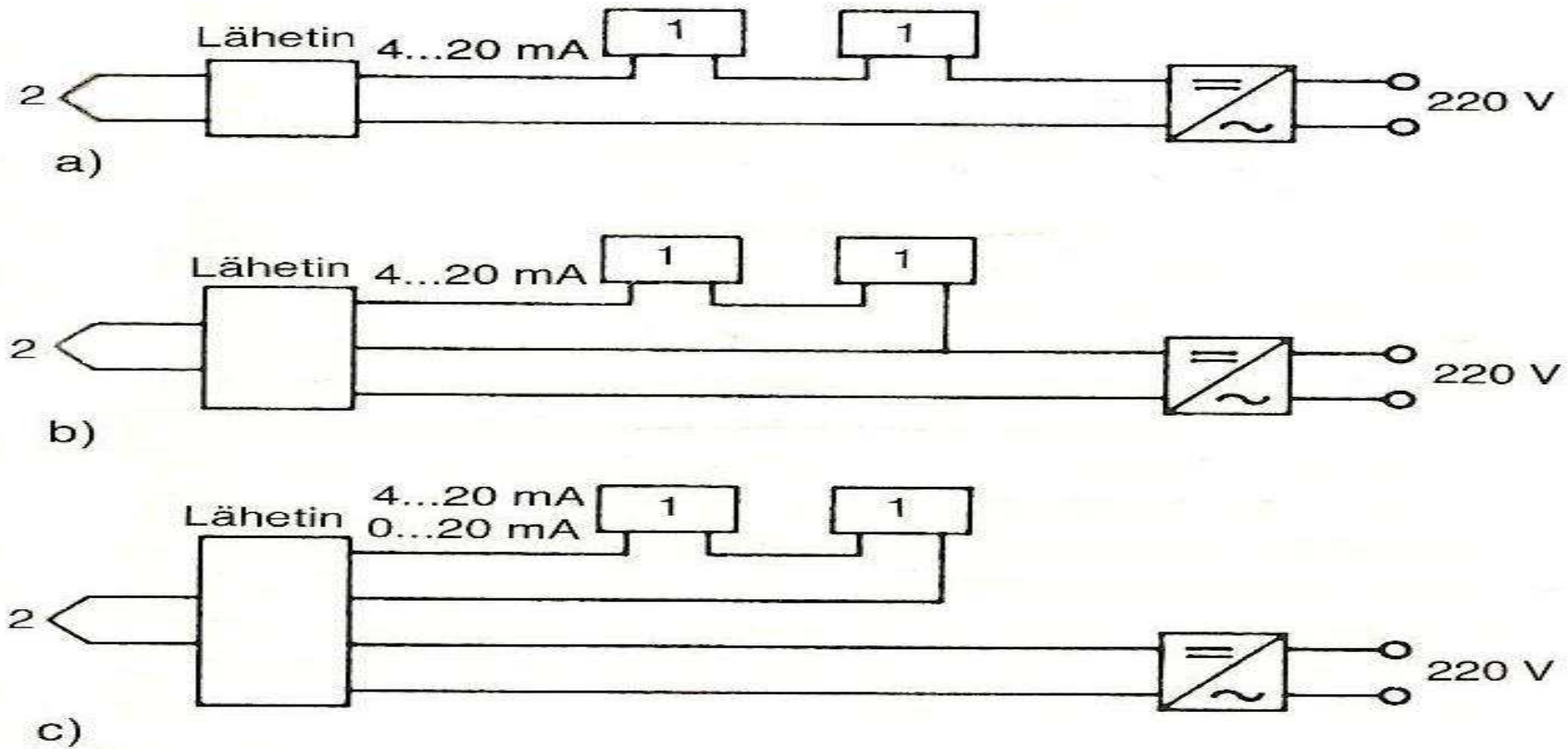
# Standardiviesti

---

- ▶ Mitattavan suureen pienin ja suurin arvo 0...100%
  - ▶ Käytetään siirtoon sähköistä tai pneumaattista signaalia
- ▶ SFS-IEC-381-1 ja -2
- ▶ Tavallisin (suositeltava) 4-20 mA virtaviesti
  - ▶ (0-20 mA)
- ▶ Tasajänniteviestit +1...+5 V, 0...5 V, 0...10 V, -10...10 V
- ▶ Paineilma 20...100 kPa (0,2...1,0 bar)



# Johdinjärjestelmiä

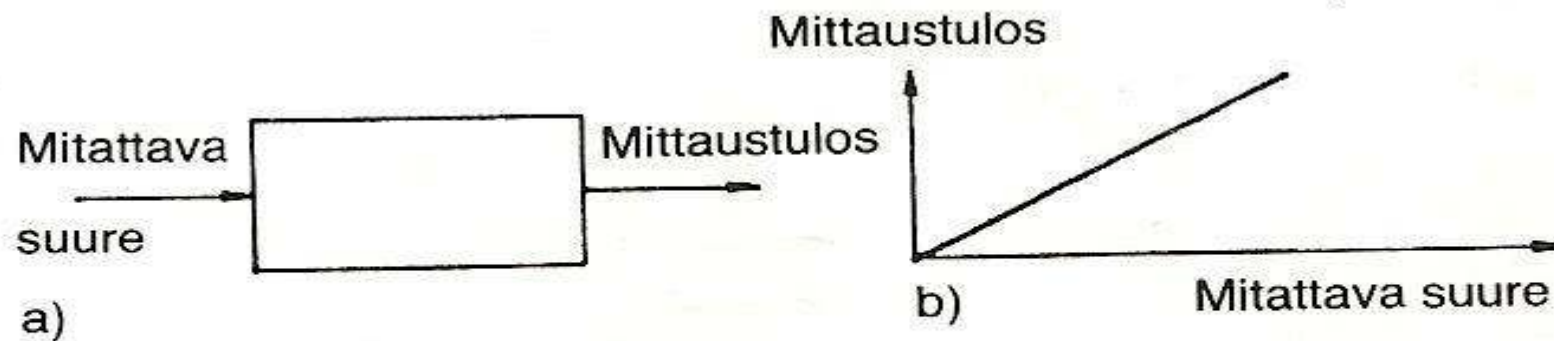


**Kuva 1.13** Mittausjärjestelmä. a) Kaksijohdinjärjestelmä b) Kolmijohdinjärjestelmä c) Nelijohdinjärjestelmä

# Mittauslaite

---

- ▶ Järjestelmä
  - ▶ Tulosuurena mitattava suure
  - ▶ Lähtösuurena
    - ▶ Mittarin lukema
    - ▶ Sähköinen tai pneumaattinen suure



**Kuva 1.14** a) Mittauslaite tai anturi kaaviona. b) Ominaiskäyrä

---





# Staattiset ominaisuudet

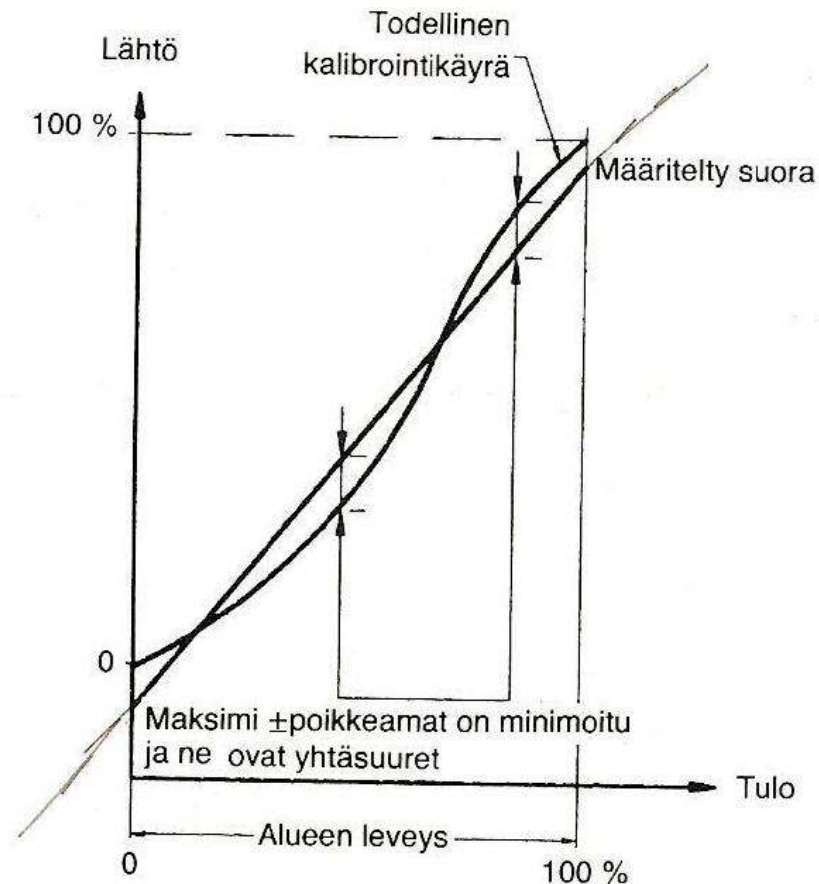
---

- ▶ Kuvataan ominaiskäyrällä
- ▶ Herkkyys
  - ▶ Lähtösuureen muutoksen ja sen aiheuttaneen tulosuureen muutoksen suhde
- ▶ Tavoitteena suora ominaiskäyrä
  - ▶ Herkkyys = kulmakerroin
- ▶ Epälineaarisuus
  - ▶ Epälineaarisuusvirhe



# Sitomaton lineaarisuus

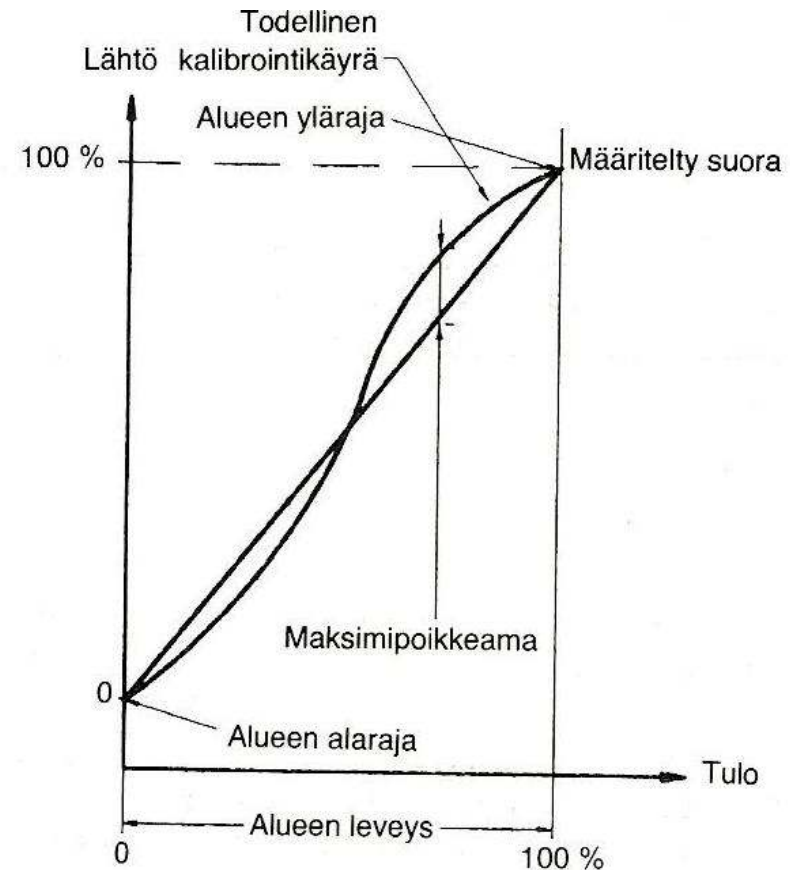
- ▶ Ominaiskäyrän oheen piirretty suora, jonka suurin poikkeama mahd. pieni



Kuva 1.15 Sitomaton lineaarisuus.

# Päätepisteisiin sidottu lineaarisuus

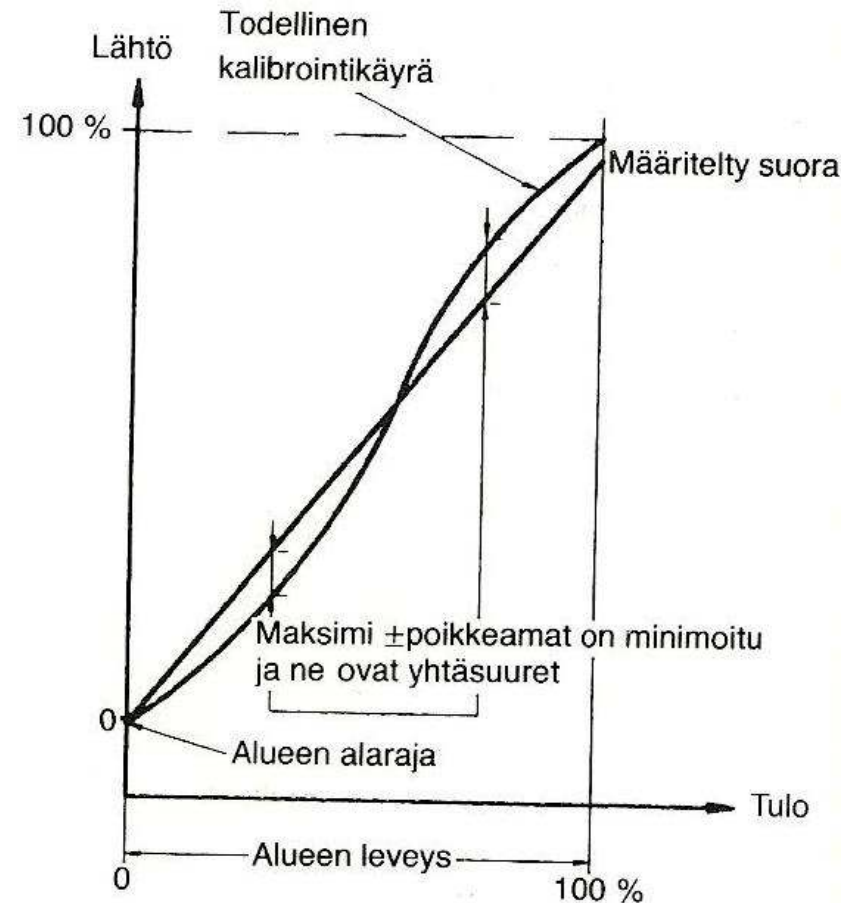
- ▶ Ominaiskäyrän päätepisteiden kautta piirretty suora
- ▶ Mitataan suoran ja käyrän välinen suurin ero



Kuva 1.16 Päätepisteisiin sidottu lineaarisuus.

# Nollapisteisiin sidottu lineaarisuus

- ▶ Piirretään ominaiskäyrän alkupisteen kautta suora, jonka suurin poikkeama on mahd. pieni



Kuva 1.17 Nollapisteeseen sidottu lineaarisuus.

---

▶ **Hystereesi**

- ▶ Lähtösuure saa erilaisia arvoja tulosuureen muuttuessa

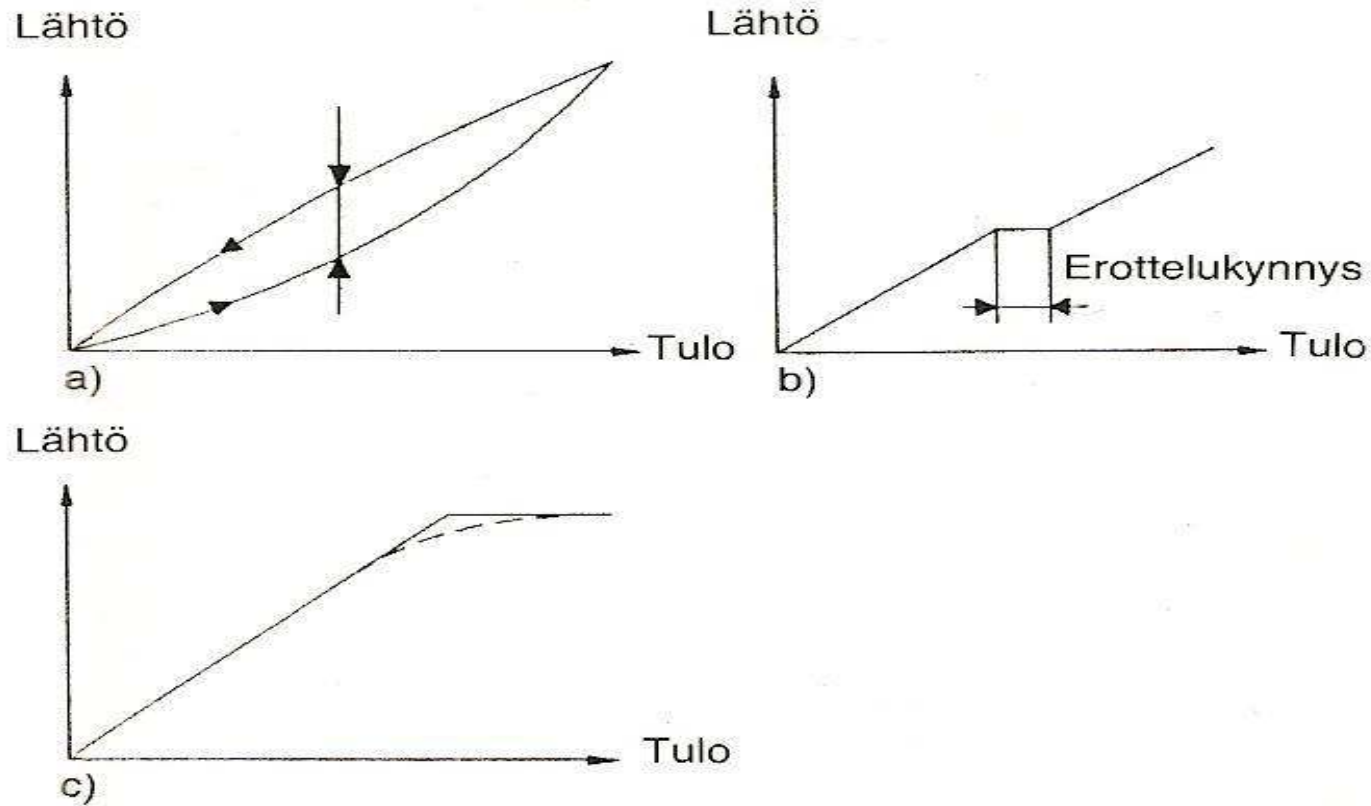
▶ **Erottelukynnys**

- ▶ Tulosuureen pienin muutos, joka saa aikaan havaittavan lähtösuureen muutoksen

▶ **Kyllästyminen**

- ▶ Lähtösuureen kasvu lakkaa, vaikka tulosuure kasvaa





**Kuva 1.18** Lineaarisuusvirheitä. a) Hystereesi b) Erottelukynnys c) Kyllästyminen

---

▶ **Nollakohdan virhe**

- ▶ Näyttämä, kun mitattavan suureen arvo 0

▶ **Ryömintä, ajautuma**

- ▶ Mittauslaitteen ominaisuuden hidas muuttuminen, joka ei aiheudu ulkoisesta vaikutuksesta
- ▶ Tietyt ulkoiset vaikutukset mm. lämpötilaryömintä



# Tarkkuus

---

- ▶ Mitatun arvon yhtäpitävyys oikean arvon kanssa
- ▶ Absoluuttinen virhe

$$F = x_i - x_0$$

$x_i =$  mittaustulos

$x_0 =$  oikea arvo tai muu vertailuarvo

- ▶ Tulos ilmoitetaan  $x \pm \Delta x$
- 





- 
- ▶ Suhteellinen virhe
  - ▶ Ilmoitetaan prosentteina

$$F_s = 100 * \frac{F}{x_0} = 100 * \frac{x_i - x_0}{x_0}$$

- ▶ Oikea arvo korvattuna mittaustuloksella

$$F_s = 100 * \frac{F}{x_i} = 100 * \frac{x_i - x_0}{x_i}$$



# Tarkkuuden ilmoittaminen

---

- ▶ Valmistaja ilmoittaa yleensä suurimman mahdollisen virheen
  - ▶ Usein kokonaisvirheen lisäksi eri tekijöiden aiheuttamat virheet
    - ▶ Epälineaarisuusvirhe  $F_1$  %
    - ▶ Hystereesivirhe  $F_2$  %
    - ▶ Nollapistevirhe  $F_3$  %
    - ▶ Toistuvuusvirhe  $F_4$  %
    - ▶ Erotteluvirhe  $F_5$  %



# Kokonaisvirheen laskeminen

---

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_5^2}$$

- ▶ Menetelmä antaa n. 70% todennäköisyydellä odotettavissa olevan kokonaisvirheen ylärajan



---

Kiitos ajastanne!

---

