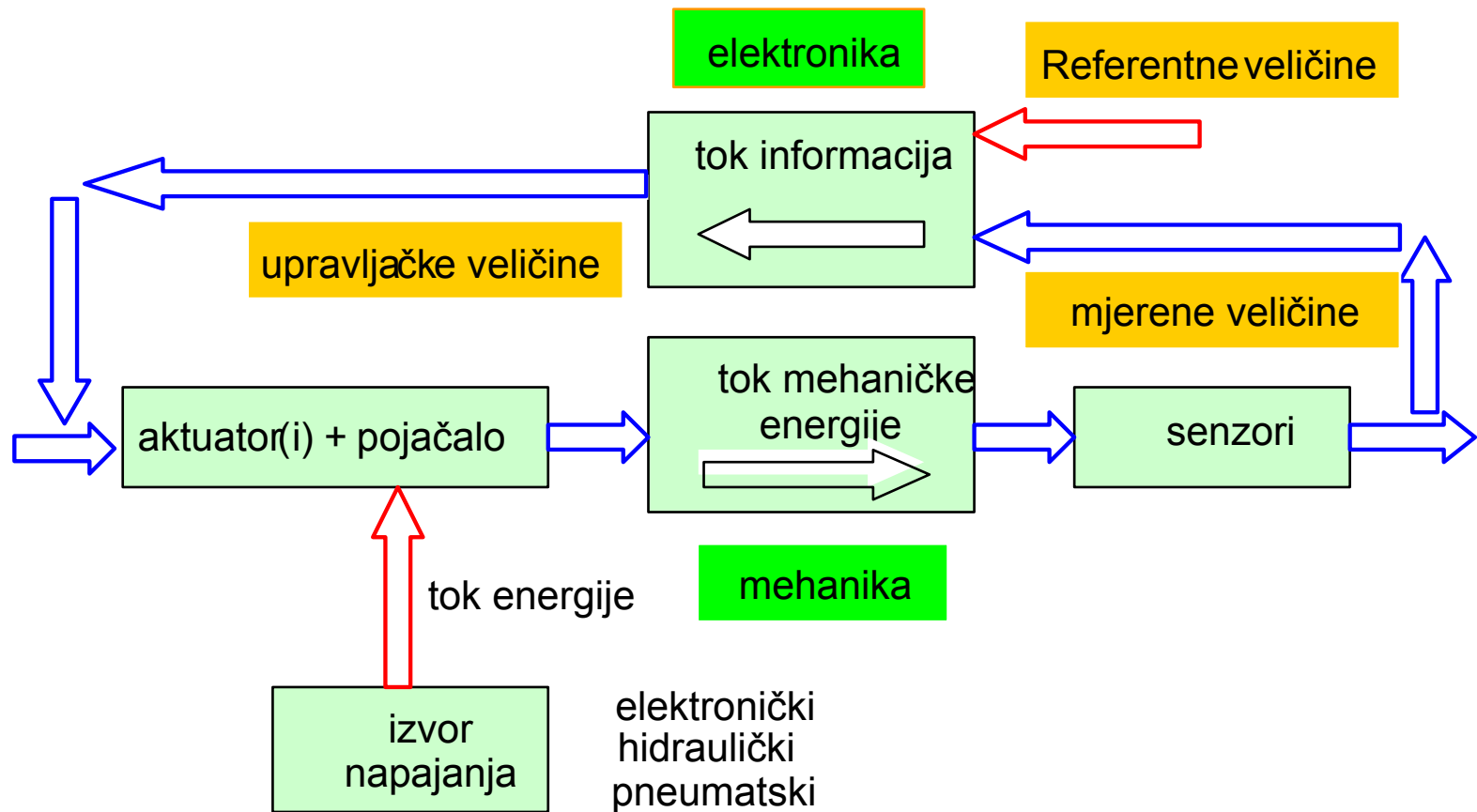
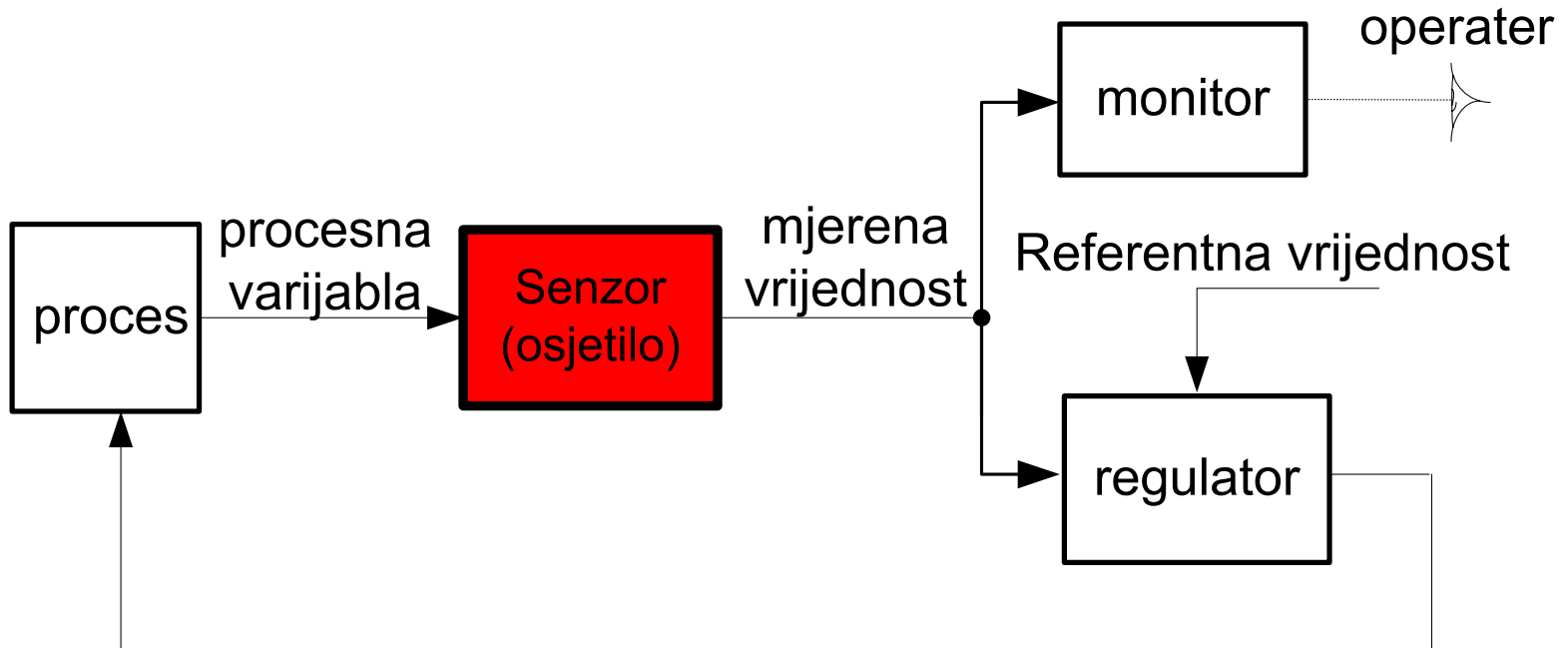


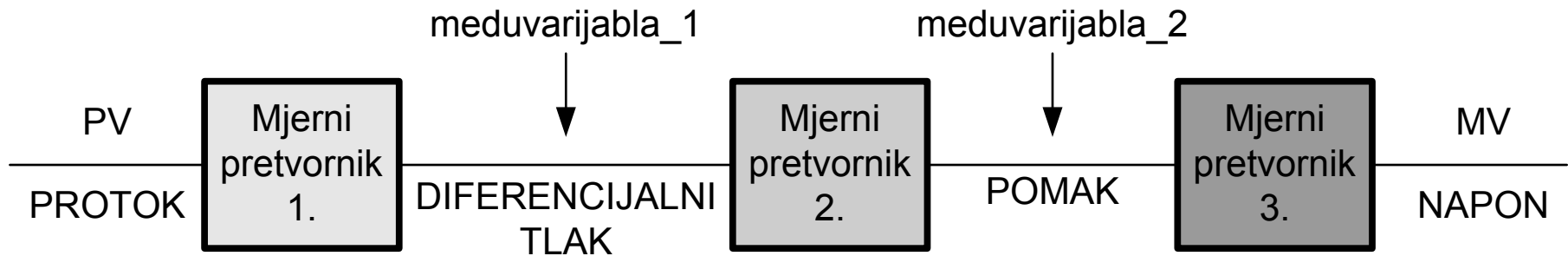
Blokovska struktura mehatroničkog sustava



Osjetila (senzori) i mjerni članovi



Osjetila (senzori) i mjerni članovi (pretvornici)



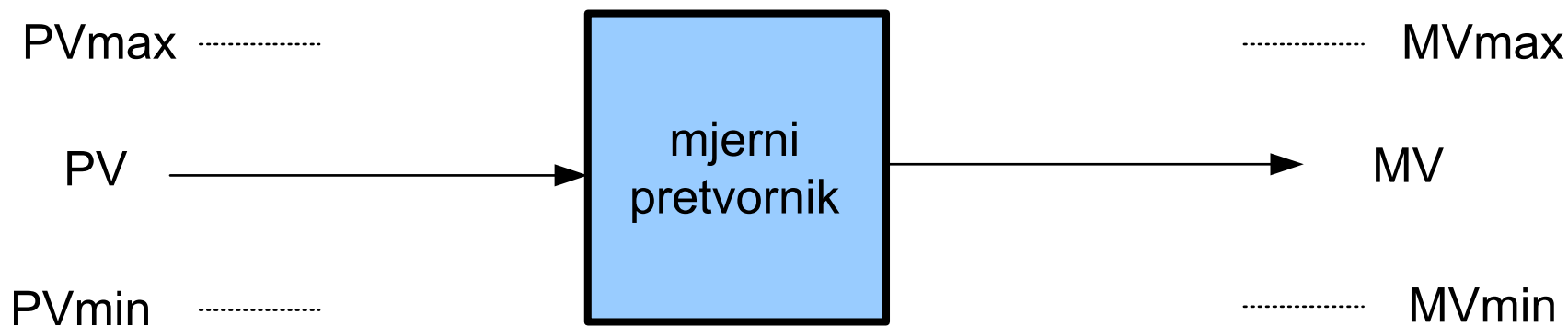
Definicija primarnog mjernog pretvornika u lancu pretvorbe procesne (PV) u mjerenu (MV) varijablu.

- ☞ Osjetnik, osjetilo, senzor **vs** mjerni član, mjerni pretvornik, davač
- ☞ Mjerni član, mjerni pretvornik, davač (širi pojam od senzora, uključuje i moguću elektroničku obradu izmjerene veličine na senzoru (primjer: senzor termoelement Cu-konstantan daje 10-tak mV za 100 stupnjeva temperature, dodavanjem pojačala postaje mjerni član)
- ☞ Varijabli koja se mjeri, **procesnoj varijabli (PV)**, mjerni pretvornik pridružuje **mjerenu varijablu (MV)**

Senzori - osnovni pojmovi (1)

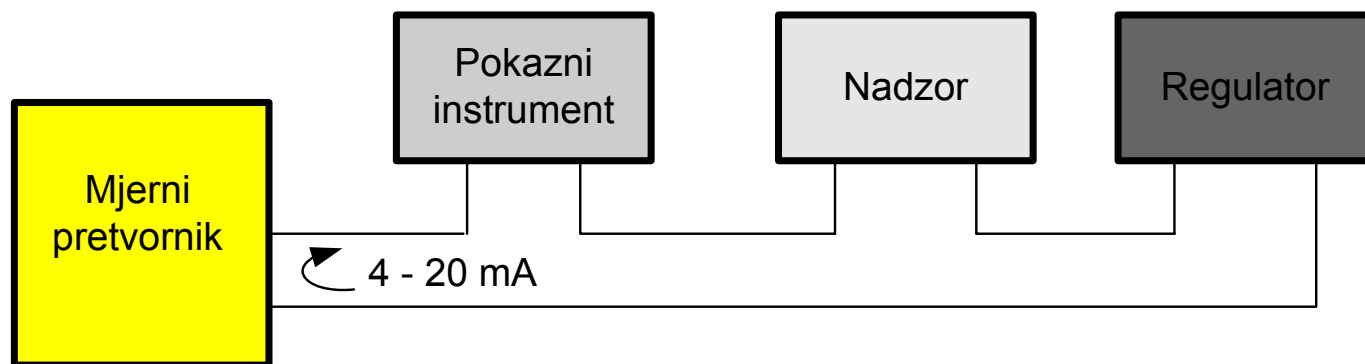
1. Mjerno područje (engl. *range*) i širina mjernog područja (engl. *span, swing*)

- **A) Mjerno područje** PV i MV je određeno odgovarajućim *maksimalnim i minimalnim* vrijednostima, PV_{min} do PV_{max} i MV_{min} do MV_{max} .
- Primjeri: **pretvornici tlaka**, mogu imati ulazno područje od 1-100 kPa, a izlazno 4-20 mA; **pretvornik temperature** može imati ulazno područje -20-500 °C, a izlazno 4-20 mV.
- **B) Širina mjernog područja** za PV i MV je određena *razlikom maksimalnih i minimalnih* vrijednosti, $(PV_{max} - PV_{min})$, $(MV_{max} - MV_{min})$.
- Primjeri: Pretvornik temperature ima ulazni raspon 520 °C, a izlazni 16mV.



Senzori - osnovni pojmovi (2)

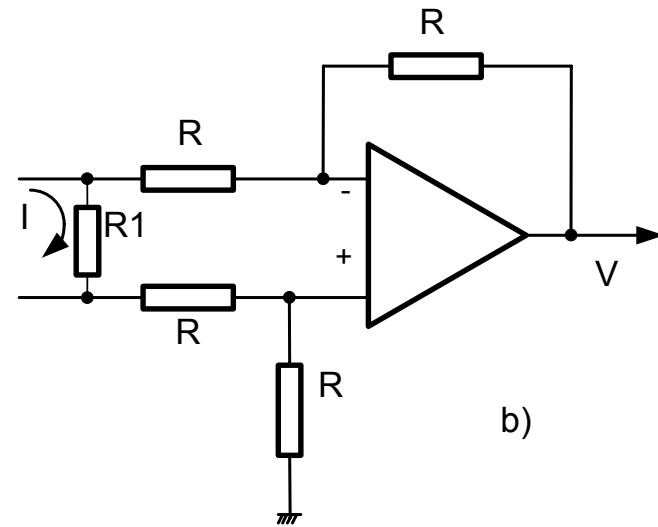
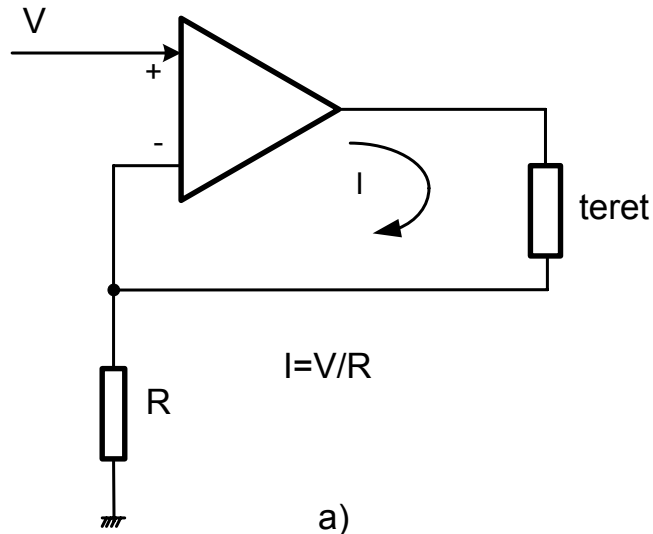
- **Raznolikost raspona** mjernih signala: termoelementi (termoparovi) daju napon od nekoliko mV za promjenu temperature od 100 stupnjeva, mjerni potencijometri nekoliko volta po radijanu.
- Komercijalni mjerni pretvornici su projektirani tako da uvijek osiguravaju standardna mjerna područja mjerene varijable (jedno područje ili više njih, podesivo preklopkama ili parametarski)
- Koristi se jedan od standardnih signala (najčešće **naponski i/ili strujni**, rjeđe **pneumatski**) za prijenos do **prikaznih i/ili i upravljačkih uređaja**.
- Neka standardna naponska područja (0-100mV, 0-10V, -10 do +10V, **1-5V** itd. Neka standardna strujna područja (0-10mA, 0-20mA, **4-20mA**)



Korištenje strujne petlje za povezivanje tri različita "korisnika"

Senzori - osnovni pojmovi (3)

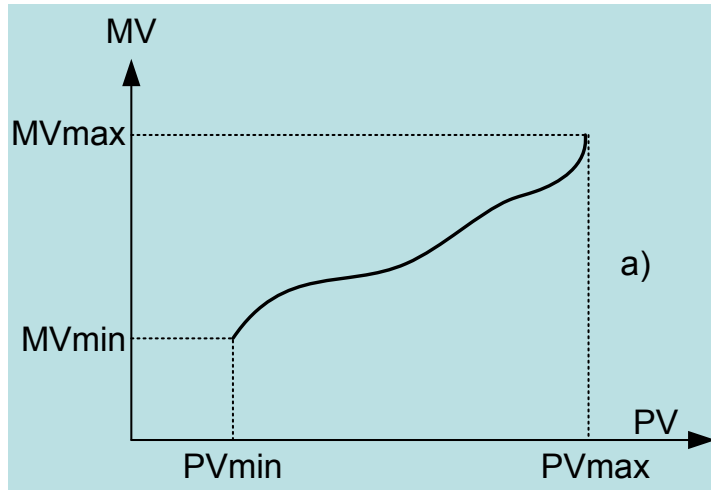
- Zbog korištenja strujnog signala kao izlaznog signala pretvornika, *linijski otpor vodova nema utjecaja na pogrešku mjerenja*.
- Otpor petlje ne smije prelaziti vrijednost specificiranu za pretvornik (obično je oko 500 Ω do 1 k Ω za najčešće korištena standardna strujna mjerna područja).
- Pretvorba naponskog signala u strujni i obratno prikazana je na slici a) i b).



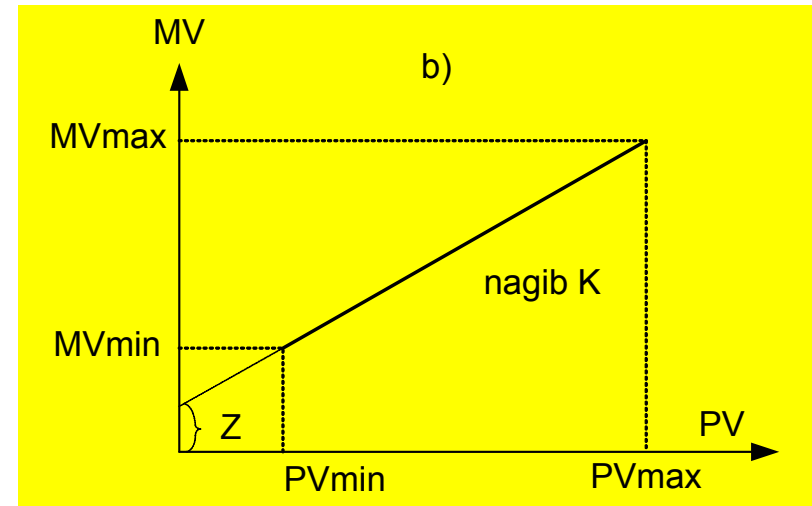
- Često se 4-20 mA signali pretvaraju u signale 1-5 V pomoću serijskog otpornika od 250 Ω , slika b).

Senzori - osnovni pojmovi - **linearnost** (4)

2. Linearnost mjernog pretvornika



Nelinearna karakteristika



Linearna karakteistika

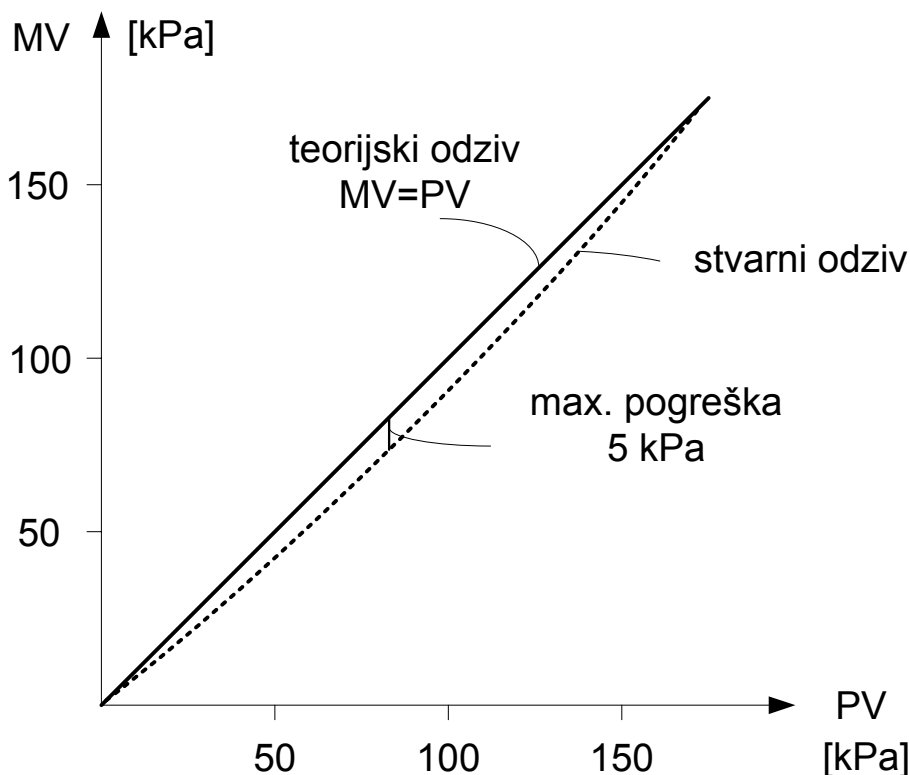
- ➡ Zapis snimljene nelinearne karakteristike $MV=f(PV)$ u memorijski prostor računala, pri čemu se primjenjuje postupak linearne interpolacije
- ➡ Pretvornici s poznatom nelinearnom karakteristikom mogu se linearizirati

$$MV = K \cdot PV + Z \quad K = \frac{MV_{\max} - MV_{\min}}{PV_{\max} - PV_{\min}}$$

$K \Rightarrow$ osjetljivost (koef. linearnosti)

Senzori - osnovni pojmovi- pogreška mjerenja (5)

3. Pogreška mjernog pretvornika (točnost)



Definicija: Razlika između izmjerene vrijednosti (MV) i stvarne vrijednosti (PV) izmjerene mjernim etalom

- **Apsolutna pogreška:** razlika između stvarne PV (mjerene etalom) i izmjerene vrijednosti MV
- **Relativna postotna pogreška (I):** *apsolutna pogreška u odnosu na izmjerenu vrijednost*, izraženu u postocima.
- **Relativna postotna pogreška (II):** *apsolutna pogreška u odnosu na mjerni opseg*, izraženu u postocima, (engl. **Full Scale Deflection, FSD**)

Slučaj (I).

$$\varepsilon = \frac{5}{80} \cdot 100\% = 6,25\%$$

Slučaj (II).

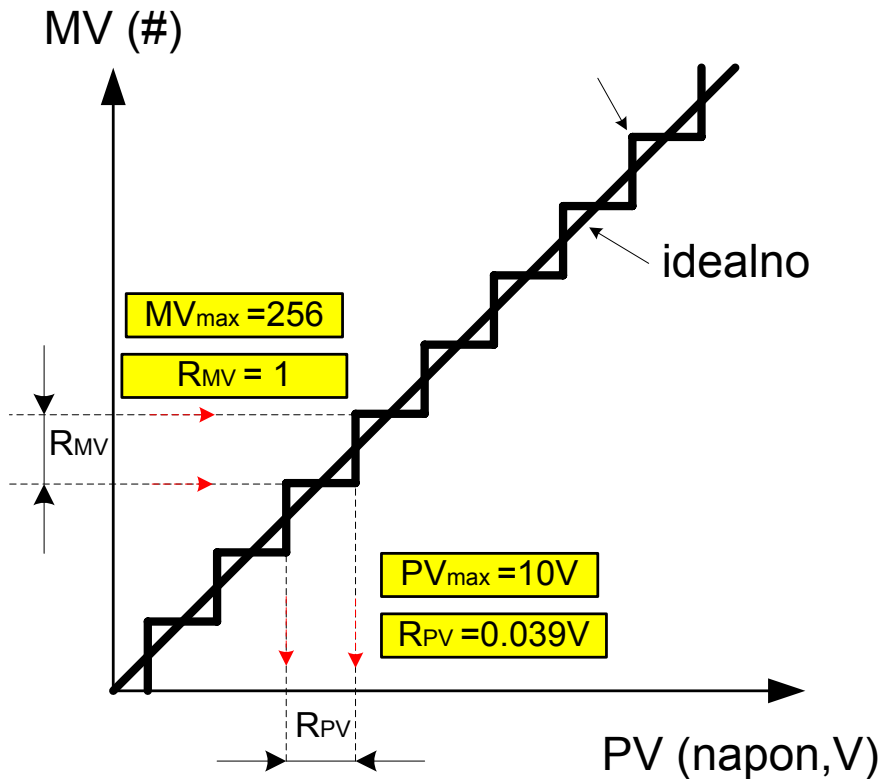
$$\varepsilon = \frac{5}{150} \cdot 100\% = 3,33\%$$

(FSD)

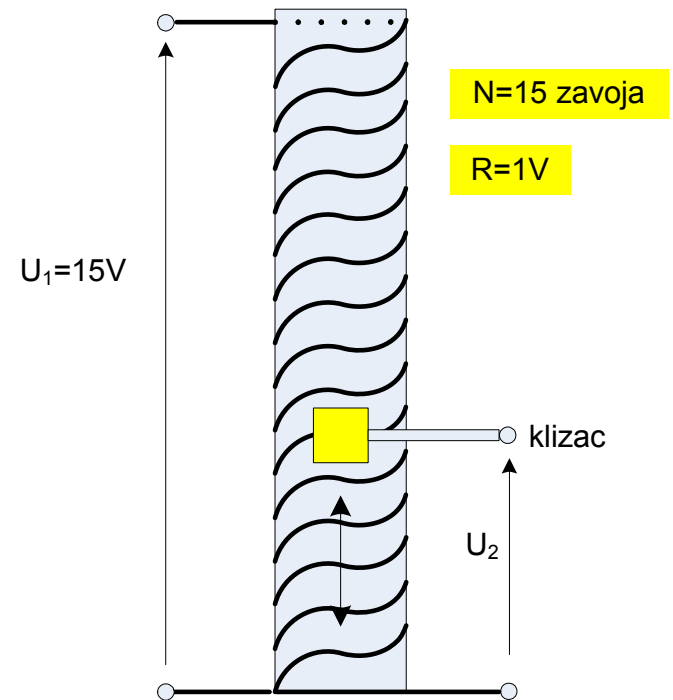
Senzori - osnovni pojmovi – **razlučivost** (6)

4. Razlučivost (rezolucija, engl. *resolution*)

Definicija: *Najmanji iznos procesne varijable koji je moguće mjeriti (razlučiti).*



Statička karakteristika 8 bitovnog A/D pretvornika



Žičani potencijometar. Rezolucija izlaznog napona je 1V!

Senzori – osnovni pojmovi- **ponovljivost** (7)

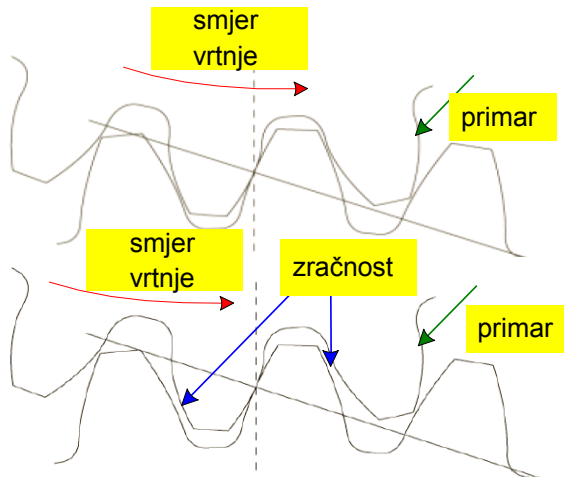
- **Pogreška** vs **razlučivost** . Dobro konstruirano čelično ravnalo na temperaturi okoline može imati apsolutnu pogrešku manju od ± 0.1 mm, a jeftino plastično oko ± 2 mm. Međutim, razlučivost (očitanje okom) je za oba ravnala pola podioka, dakle 0.5mm.
- **Ukupna pogreška sustava** (engl. system error) je **zbroj apsolutne pogreške i razlučivosti**. Za plastično ravnalo iznosi 2.5mm.

5. Ponorljivost i histereza

- Definicija: **Ponorljivost** (konzistentnost mjerenja) je određena **brojem uzastopnih jednakih mjerenja PV-a**, pri čemu se mjerenje odvija **samo u smjeru povećanja** ILI **samo u smjeru smanjenja** PV-a.
- Primjer: Pomoću mjernog pretvornika tlaka, 10 puta se mjeri izlazni napon (MV) za ulazni tlak između 0-10kPa (PV). Mjerenje se mora obaviti tako da se u svih 10 mjerenja tlak podiže od 0-10kPa, nikad smanjujući tlak.
- Zašto je ponorljivost važna? Npr, rezanje šine dužine 100m na **jednake** komade je puno važnije u nekim primjenama nego **apsolutna točnost rezanja pojedinačnog odreska**

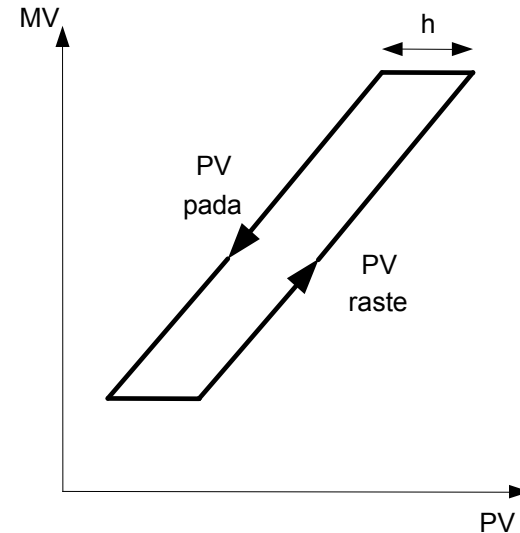
Senzori - osnovni pojmovi – histereza (8)

6. Histereza



a)

a) **zračnost** između dvaju zupčanika,



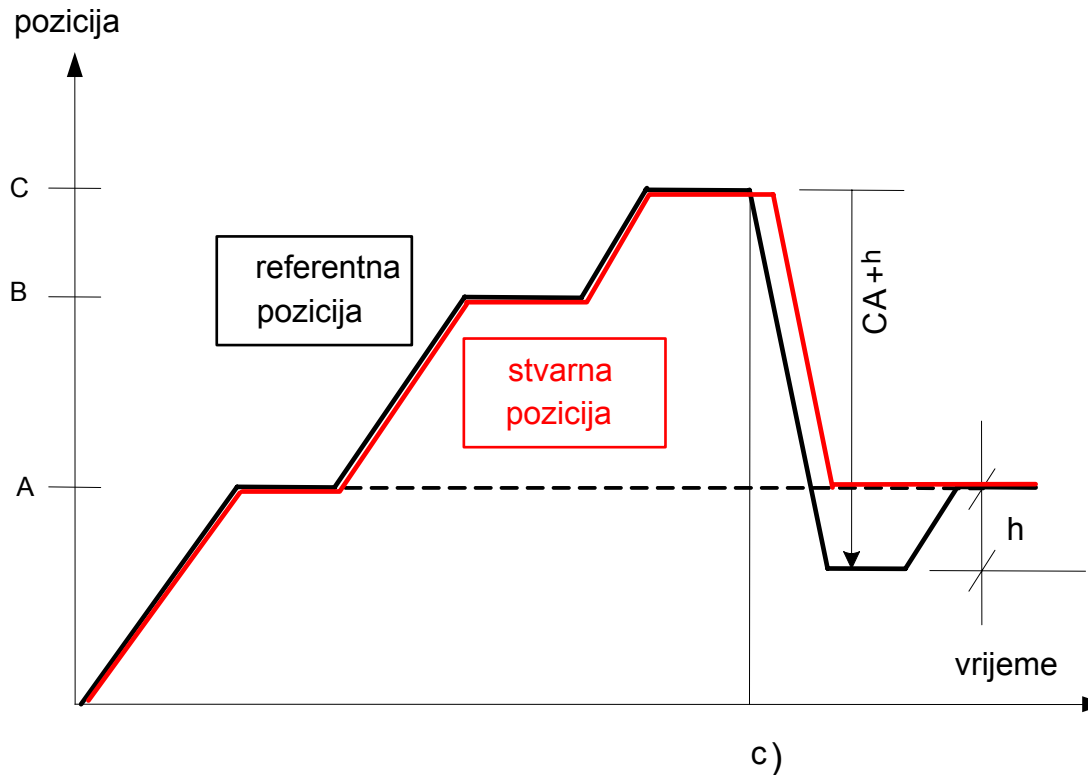
b)

b) karakteristika

- Prenapeti sustavi - dva se zupčanika međusobno povežu oprugom (lab. vježbe!!)
- U sustavima regulacije brzine problem je mehanički udarac koji nastupa u prvoj fazi reverziranja, a koji je rezultat promjene smjera momenta aktuatora. Uvodi se tzv. upravljivi limiter struje (momenta).

Senzori - osnovni pojmovi – histereza (8)

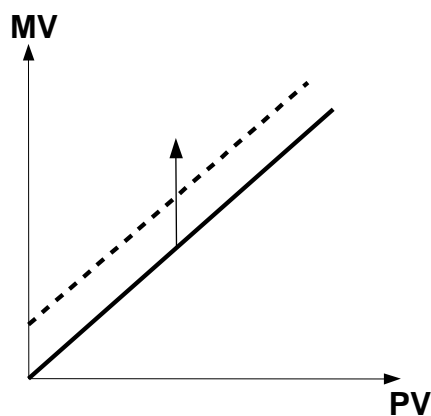
6. Histereza (nastavak)



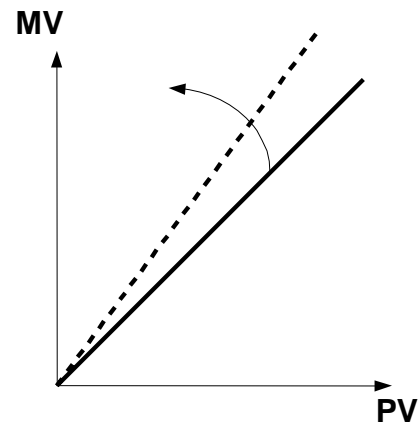
- Slika c), sustav za pozicioniranje, uz pretpostavku poznate širine histereze, kod reverziranja se zadaje *referentna vrijednost pozicije* uvećane za iznos širine histereze (za sliku je pretpostavljena *ref.pozicija za primarni zupčanik*)

Senzori - utjecaj okoline i starenja na karakteristike (9)

- Za mjerne pretvornike *točnost se deklarira za točno definirane uvjete okoline* (npr. konstantna vanjska temperatura, konstantan napon napajanje, tlak zraka ili ulja itd.)
- Točnost pretvornika bit će *narušena promjenama u okolini i progresivno će padati s vremenom* korištenja (starost)
- Posljedica starenja je *pomak vanjske karakteristike oko nule* (ili pogreška nule), prikazano na *a)* ili kao *promjena osjetljivosti* (nagib karakteristike, prikazano na sl.b), pojam *drift* (od engl. *drift*, biti tjeran, nošen).
- Utjecaj okoline se obično definira kao *postotna pogreška za neku promjenu okoline*. Npr. Karakteristika mjernog člana diferencijalnog tlaka je osjetljiva na promjene statičkog tlaka. Poznati utjecaji okoline se mogu eliminirati kompenziranjem.



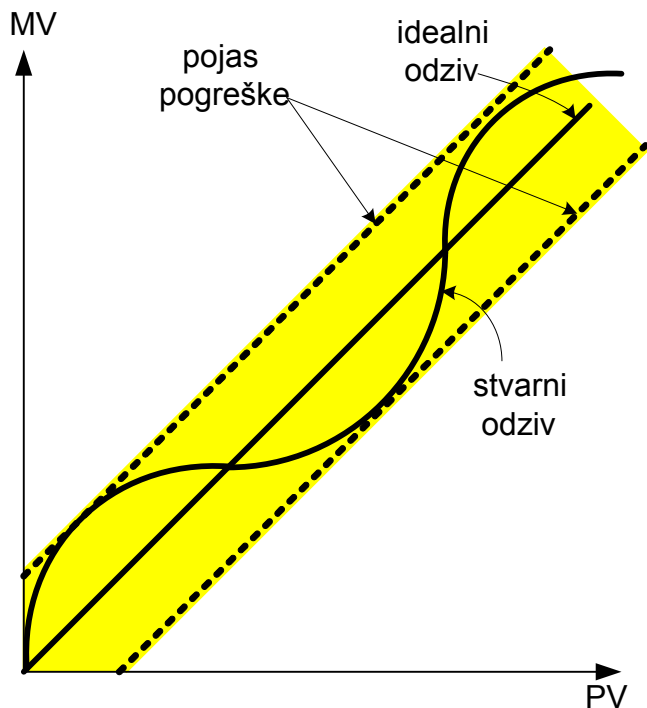
a)



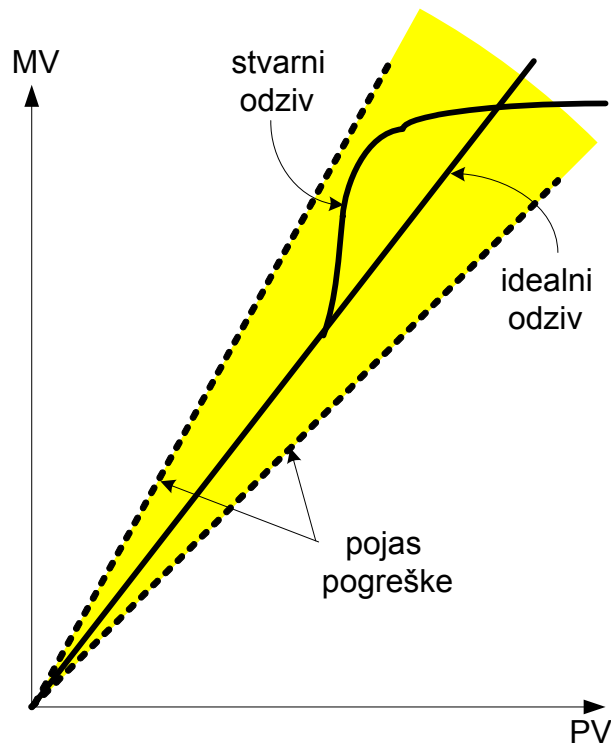
b)

Senzori - **dozvoljeni pojas pogreške** (10)

- Nekad je teško odrediti pojedinačne efekte na senzore, opisane u ovom poglavlju, pa se definira **ukupna pogreška** ili **pojas pogreške** koji u sebe uključuje sve prethodno navedene efekte (relativnu točnost mjerenja, rezoluciju, drift, histerezu,..)
- Za sve područje u kojem je PV definirana, **ukupna apsolutna** ili **relativna pogreška** mora biti u **specificiranom području**, ili prema a) ili prema b)



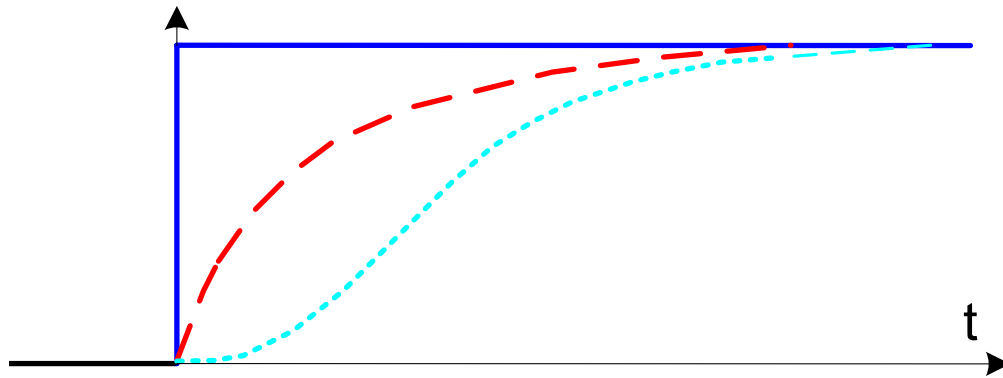
a)



b)

Senzori - **dinamički pokazatelji** (11)

- Sve karakteristike mjernih pretvornika opisane u prethodnim poglavljima odnose se na **statičke karakteristike pretvornika** (ne uzima se obzir *vremenska promjena PV*)
- Dinamičke karakteristike određuju **stabilnost regulacijskog kruga** i utječu direktno na **pokazatelje kvalitete** cjelokupnog mehatroničkog sustava
- Jedan od pokazatelja dinamičkih svojstava je **vremenski odziv MV** za skokovitu promjenu PV i naziva se **prijelazna funkcija mjernog pretvornika**.



- Na slici su prikazane dvije karakteristične prijelazne funkcije mjernih pretvornika.
- Karakteristika **MV1** približno odgovara dinamici sustava prvog reda, dok karakteristika **MV2** može odgovarati dinamici složenijeg sustava, npr. drugog ili višeg reda.