

UNIVERZITET U BIHAĆU
TEHNIČKI FAKULTET
BIHAĆ

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE II

Auditorne/Laboratorijske vježbe

**Uticaj ofseta senzora na tačnost mjerenja
(Vježba 9)**

mr. Amel Toroman, dipl. ing.el.
Viši asistent

SPECIFIKACIJA

Vježba br: 2. *Uticaj ofseta senzora na tačnost mjerenja*

Mjerno područje senzora je bipolarno ± 50 jedinica, sa izlaznim područjem senzora ± 10 . Senzor je sa izraženim ofsetom $+2$. Sve ostale pokazatelje statičke tačnosti senzora smatrati idealnim.

- a) *Nacrtati statičku karakteristiku senzora.*
- b) *Nacrtati idealizovanu statičku karakteristiku senzora kada se zanemari postojanje ofseta.*
- c) *Odrediti razliku između vrijednosti (grešku) mjerene veličine ako se uzme u obzir ofset senzora i kada se pretpostavi idealizovan senzor, za vrijednosti izlaza senzora ± 0.5 , ± 2 i ± 5 .*
- d) *Skicirati grešku linearizacije za promjenu mjerene veličine u čitavom mjernom području od -50 do $+50$.*

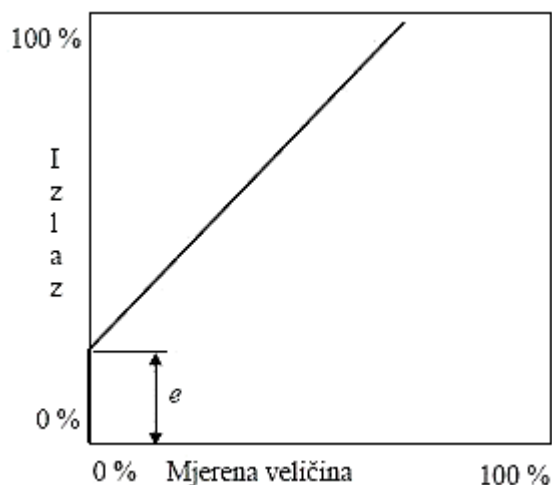
Rad u laboratoriji:

- e) *Rezultate u tačkama a) i b) provjeriti simulacijom crtanja statičkih karakteristika u Simulinku.*
- f) *Simulacijom u Simulinku nacrtati kako se mijenja greška izlaza senzora sa ofsetom u odnosu na idealan.*
- g) *Dati analizu i objašnjenje dobijenih rezultata.*

RJEŠENJE

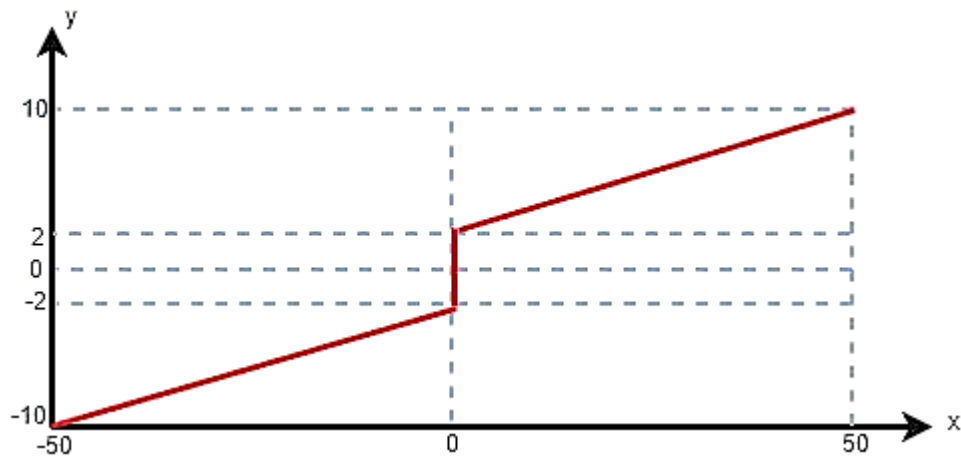
Statička karakteristika se po pravilu uvijek posmatra prva (od primarnog je značaja). Statička karakteristika opisuje maksimalnu grešku koja se može očekivati u stacionarnom stanju (kada se nakon promjene mjerene veličine sačeka da izlaz senzora postane konstantan). Greška se obično izražava u postotcima mjernog opsega njegovog izlaza. Određivanje i povećanje statičke tačnosti senzora se provodi u postupku kalibracije, u jednom ili više ciklusa, a sam ciklus kalibracije predstavlja sporu promjenu mjerene veličine od minimalne do maksimalne vrijednosti i nazad ponovo do minimalne vrijednosti.

U ovoj laboratorijskoj vježbi je potrebno prikazati uticaj ofseta senzora na tačnost mjerenja. Kada je mjerena veličina jednaka nuli tada je izlaz pasivnog senzora također jednak nuli. Ovo ne mora da vrijedi u slučaju aktivnog senzora. Vrijednost signala na izlazu senzora/transdjusera, kada je mjerena veličina jednak nuli naziva se ofsetom.



Slika 1. Prikaz ofseta senzora

a) *Statička karakteristika senzora*



Slika 2. Realna statička karakteristika senzora sa uticajem ofseta senzora na tačnost mjerenja

- x – mjerena veličina senzora (± 50 jedinica)
- y – izlazno područje senzora (± 10 jedinica)
- ofset $+2$

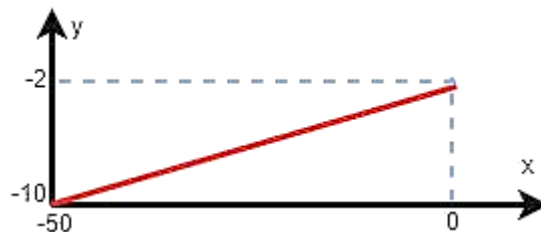
Ukoliko sa y_r bude označen izlaz iz realnog senzora u stacionarnom stanju, tada je izlaz senzora u funkciji mjerene veličine dat sa funkcijom koja se računa formulom za linearnu statičku karakteristiku:

$$y_r = K \cdot x + a$$

$$K = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

$$a = y_{\min} - K \cdot x_{\min}$$

1. Posmatranje statičke karakteristike u rasponu $-50 \leq x \leq -2$:



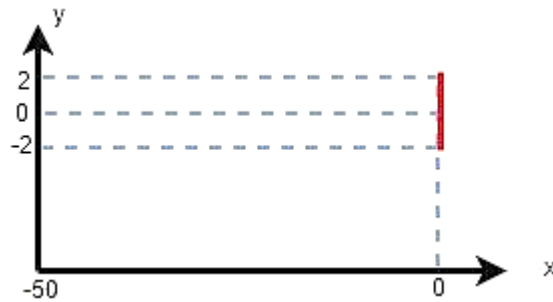
Slika 3. Posmatranje statičke karakteristike u zadanom rasponu

$$K = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} = \frac{-2 - (-10)}{0 - (-50)} = \frac{-2 + 10}{0 + 50} = \frac{8}{50}$$

$$a = y_{min} - K \cdot x_{min} = -10 - \frac{5}{50} \cdot (-50) = -10 + \frac{5}{50} \cdot 50 = -10 + 8 = -2$$

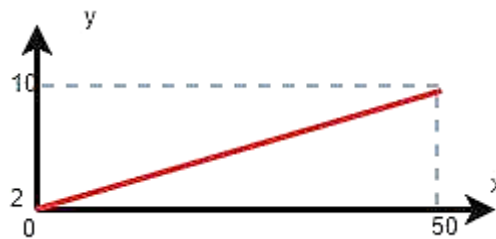
$$y_r = K \cdot x + a = \frac{8}{50} \cdot x - 2$$

2. Posmatranje statičke karakteristike u rasponu $-2 < y < 2$, $x = 0$:



Slika 4. Posmatranje statičke karakteristike u zadanom rasponu

3. Posmatranje statičke karakteristike u rasponu $0 \leq x \leq 50$:



Slika 5. Posmatranje statičke karakteristike u zadanom rasponu

$$K = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{10 - 2}{50 - 0} = \frac{8}{50}$$

$$a = y_{min} - K \cdot x_{min} = 2 - \frac{8}{50} \cdot 0 = 2 - 0 = 2$$

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{8}{50} \cdot x + 2$$

Sumirano, izlaz iz realnog senzora y_r možemo zapisati u obliku:

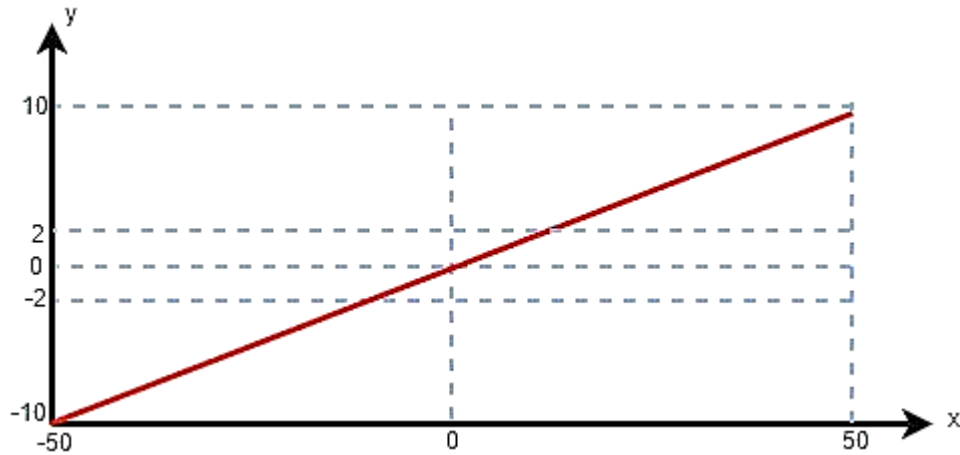
$$y_r = \begin{cases} \frac{8}{50}x - 2, & -50 \leq x \leq 0 \\ \frac{8}{50}x + 2, & 0 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

Pri granici $-2 < y < 2$, $x = 0$.

b) *Idealna statička karakteristika senzora kada se zanemari uticaj ofseta na tačnost mjerenja*

Idealna statička karakteristika prikazuje linearni rast izlazne veličine iz mjernog pretvarača pri linearnom rastu ulazne veličine u mjerni pretvarač.

- $-50 \leq x \leq 50$:



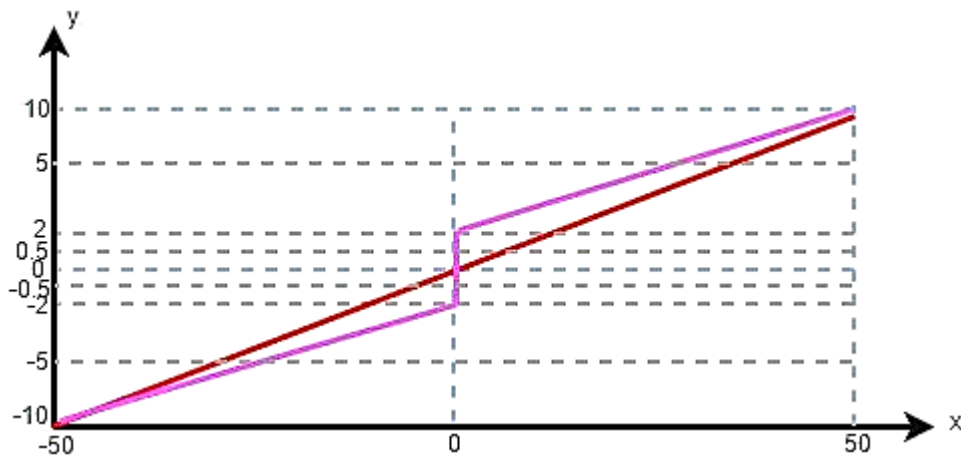
Slika 6. Linearna statička karakteristika u zadanom rasponu

$$K = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} = \frac{10 - (-10)}{50 - (-50)} = \frac{20}{100} = \frac{10}{50}$$

$$a = y_{\min} - K \cdot x_{\min} = -10 - \frac{10}{50} \cdot (-50) = -10 + \frac{10}{50} = -10 + 10 = 0$$

$$y_i = K \cdot x + a = \frac{10}{50} \cdot x + 0 = \frac{10}{50} x$$

c) *Greška mjerene veličine za idealni i realni senzor, za vrijednosti izlaza senzora $\pm 5, \pm 2, \pm 0.5$.*



Slika 7. Realna i idealna statička karakteristika sa naznačenim vrijednostima izlaza senzora za računanje greške

- **Za realni senzor sa izlazom y_r :**

Prvo se izrazi mjerena veličina x iz jednačina za izlaz realnog senzora u odgovarajućim rasponima, te se uvrštavaju vrijednosti izlaza senzora.

- Za $-50 \leq x \leq 0$:

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{8}{50} \cdot x - 2$$

$$\frac{8}{50}x - 2 = y_r \quad / \cdot 50$$

$$8x - 100 = 50y_r$$

$$8x = 50y_r + 100$$

$$x = \frac{50}{8}y_r + \frac{100}{8}$$

$$x = 6.25y_r + 12.5$$

- Za $0 \leq x \leq 50$:

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{8}{50} \cdot x + 2$$

$$\frac{8}{50}x + 2 = y_r \quad / \cdot 50$$

$$8x + 100 = 50y_r$$

$$8x = 50y_r - 100$$

$$x = \frac{50}{8}y_r - \frac{100}{8}$$

$$x = 6.25y_r - 12.5$$

- Za $2 \leq x \leq 50$:

$$x = 0$$

Sa *Slike 7* uzimamo vrijednosti y_r :

$$y_r = -5 \rightarrow x = 6.25 \cdot (-5) + 12.5 = -18.75$$

$$y_r = -2 \rightarrow x = 6.25 \cdot (-2) + 12.5 = 0$$

$$y_r = -0.5 \rightarrow x = 0$$

$$y_r = 0.5 \rightarrow x = 0$$

$$y_r = 2 \rightarrow x = 6.25 \cdot (2) - 12.5 = 0$$

$$y_r = 5 \rightarrow x = 6.25 \cdot (5) - 12.5 = 18.75$$

- **Za idealni senzor sa izlazom y_i :**

Prvo se izrazi mjerena veličina x iz jednačina za izlaz idealnog senzora u odgovarajućim rasponima, te se uvrštavaju vrijednosti izlaza senzora.

- Za $-50 \leq x \leq 50$:

$$y_i = K \cdot x + a = \frac{10}{50} \cdot x + 0 = \frac{10}{50} x$$

$$y_i = \frac{10}{50} x$$

$$10x = 50y_i$$

$$x = \frac{50}{10} y_i$$

$$x = 5y_i$$

Sa *Slike 7* uzimamo vrijednosti y_i :

$$y_i = -5 \rightarrow x = 5 \cdot (-5) = -25$$

$$y_i = -2 \rightarrow x = 5 \cdot (-2) = -10$$

$$y_i = -0.5 \rightarrow x = 5 \cdot (-0.5) = -2.5$$

$$y_i = 0.5 \rightarrow x = 5 \cdot (0.5) = 2.5$$

$$y_i = 2 \rightarrow x = 5 \cdot (2) = 10$$

$$y_i = 5 \rightarrow x = 5 \cdot (5) = 25$$

Sada se traži greška (razlika između vrijednosti mjerene veličine) koja se označi sa $e(y)$:

$$e(y) = |y_r - y_i|$$

$$e(-5) = |-18.75 - (-25)| = 6.25$$

$$e(-2) = |0 - (-10)| = 10$$

$$e(-0.5) = |0 - (-2.5)| = 2.5$$

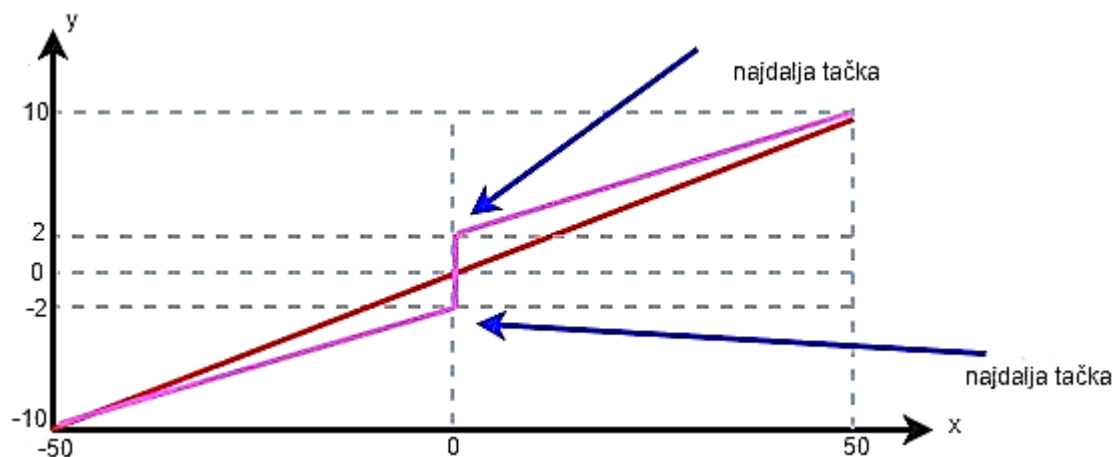
$$e(0.5) = |0 - (2.5)| = 2.5$$

$$e(2) = |0 - (10)| = 10$$

$$e(5) = |18.75 - (25)| = 6.25$$

d) *Skicirana greška linearizacije za promjenu mjerne veličine u čitavom mjernom području*

Najveća greška mjerenja je ona vrijednost na x – osi na realnoj funkciji koja je najdalja od idealne funkcije.



Slika 8. Najdalje vrijednosti na x - osi realne funkcije od idealne funkcije

Dakle, posmatramo tačke ± 2 na x – osi, te računamo vrijednosti uvrštavanjem ovih vrijednosti u izraze za idealnu i realnu funkciju:

$$y_r(\pm 2) = ?$$

$$y_i(\pm 2) = ?$$

Realna funkcija je prikazana formulom:

$$y_r(+2) = \frac{8}{50} \cdot (2) + 2 = \mathbf{2.32}$$

$$y_r(-2) = \frac{8}{50} \cdot (-2) - 2 = \mathbf{-2.32}$$

Idealna funkcija je prikazana formulom:

$$y_i = \frac{10}{50}x$$

$$y_i(+2) = \frac{10}{50} \cdot (2) = \frac{20}{50} = \frac{2}{5} = \mathbf{0.4}$$

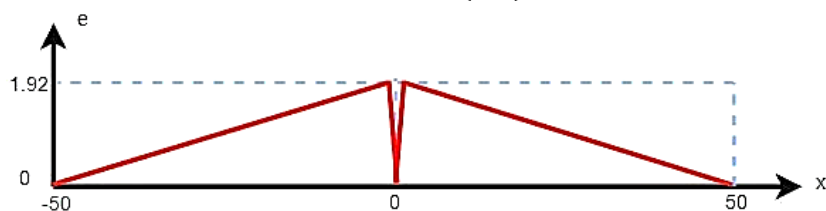
$$y_i(-2) = \frac{10}{50} \cdot (-2) = \frac{-20}{50} = \frac{-2}{5} = \mathbf{-0.4}$$

Greška:

$$e(y) = |y_r - y_i|$$

$$e(2) = |2.32 - (0.4)| = 1.92$$

$$e(-2) = |-2.32 + (0.4)| = 1.92$$

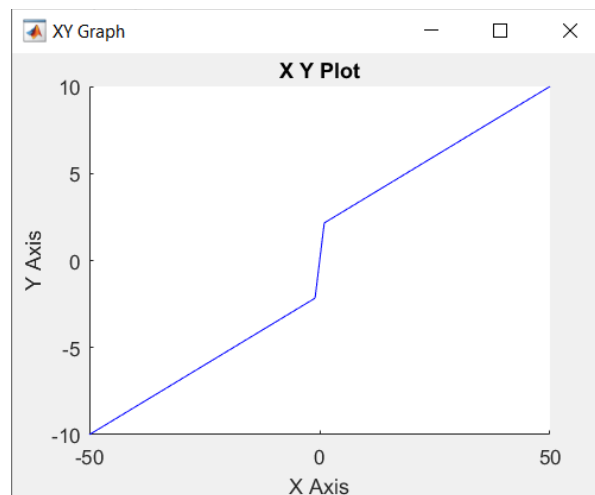


Slika 9. Skicirana greška linearizacije

Rad u laboratoriji (simulink):

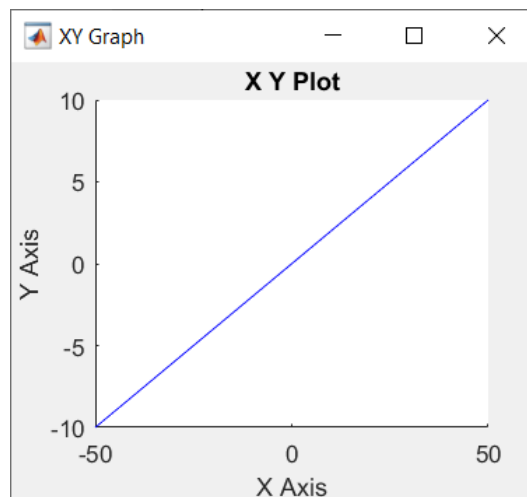
e) *Provjera rezultata u tačkama a) i b) simulacijom crtanja statičkih karakteristika u Simulinku*

a) **Provjera realne statičke karakteristike**



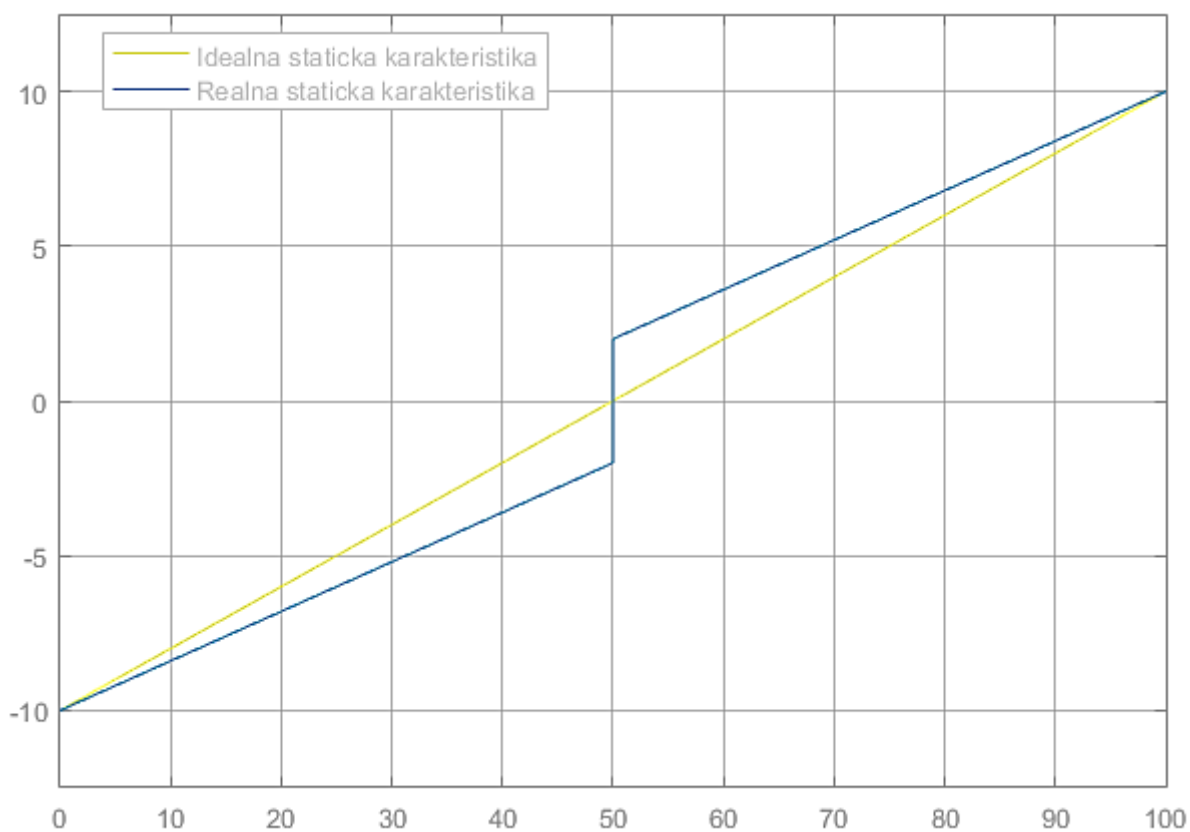
Slika 10. Iscrtana realna statička karakteristika senzora

b) **Provjera idealne statičke karakteristike**



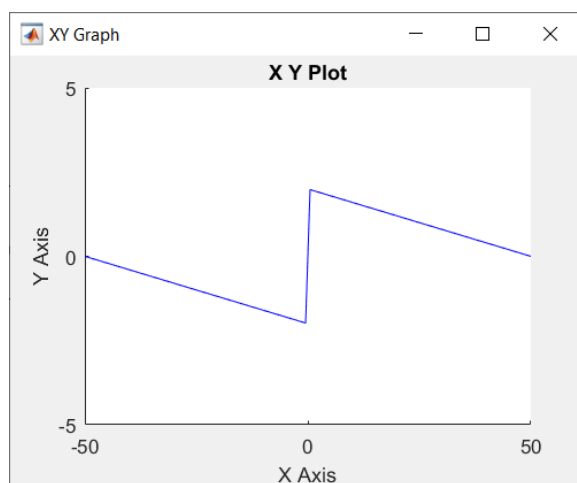
Slika 11. Iscrtana idealna statička karakteristika senzora

a) , b) Iscrtavanje idealne i realne statičke karakteristike na jednom dijagramu



Slika 12. Prikaz idealne i realne statičke karakteristike na jednom dijagramu

f) Simulacija promjene greške u određivanju mjerene veličine sa i bez zonom neosjetljivosti



Slika 13. Iscrtavanje greške linearizacije

g) Analiza i objašnjenje dobijenih rezultata

Sve što je u prethodnoj laboratorijskoj vježbi navedeno, vrijedi i za ovu laboratorijsku vježbu, s razlikom da je za svaku vrijednost izlaza ofset ulaz, odnosno mjerena veličina $x=0$. Dakle, također je prvo skicirana realna statička karakteristika, zatim idealna statička karakteristika, te su se računale vrijednosti greške. Nakon upotpunjenog matematičkog modela, prešlo se na rad u laboratoriji (korišten Matlab/Simulink), gdje je svaka opcija iz matematičkog modela potvrđena u ovom programskom paketu.