

UNIVERZITET U BIHAĆU
TEHNIČKI FAKULTET
Odsjek: *Elektrotehnika*
Smjer: *Informatika*

ZADAĆA IZ PREDMETA
RAČUNARSKO VOĐENJE PROCESA
ZADAĆA br. 1

Uticaj zone neosjetljivosti senzora na tačnost mjerenja

Predmetni nastavnik: *Red. prof. dr. Petar Marić*
Predmetni asistent: *mr. Toroman Amel, dipl.ing.el*

Student: Hirkić Amir
Broj indeksa: 1079

Akadska godina: 2021/2022

1. SPECIFIKACIJA ZADATKA

Analitički dio zadatka

Mjerno područje senzora je bipolarno ± 50 jedinica, sa izlaznim područjem senzora ± 10 jedinica. Senzor je sa izraženom simetričnom zonom neosjetljivosti ± 2 . Sve ostale pokazatelje statičke tačnosti senzora smatrati idealnim.

- a) *Nacrtati statičku karakteristiku senzora*
- b) *Nacrtati idealizovanu statičku karakteristiku senzora kada se zanemari postojanje zone neosjetljivosti*
- c) *Odrediti razliku između vrijednosti (grešku) mjerene veličine ako se uzme u obzir zona neosjetljivosti 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*

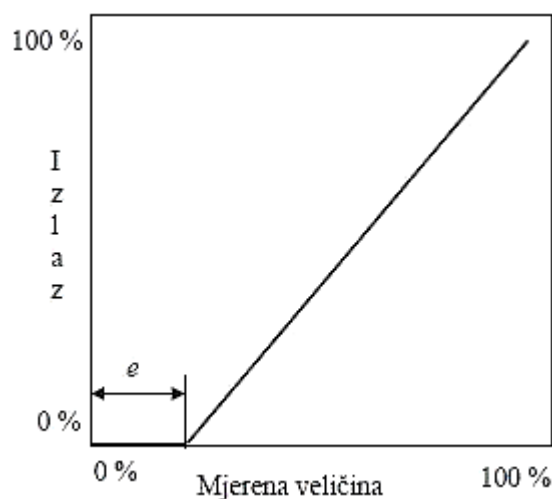
Rad u laboratoriji (Matlab Simulink)

ZADAĆA

1. *Rezultate u tačkama a) i b) provjeriti simulacijom crtanja statičkih karakteristika u Simulinku*
2. *Simulacijom u Simulinku nacrtati kako se mijenja greška u određivanju mjerene veličine ako se pretpostavi da je senzor sa zonom neosjetljivosti i bez zone neosjetljivosti kada se na izlazu senzora dobijaju vrijednosti u opsegu ± 10 sa inkrementom 0.5*
3. *Dati analizu i objašnjenje dobijenih rezultata*

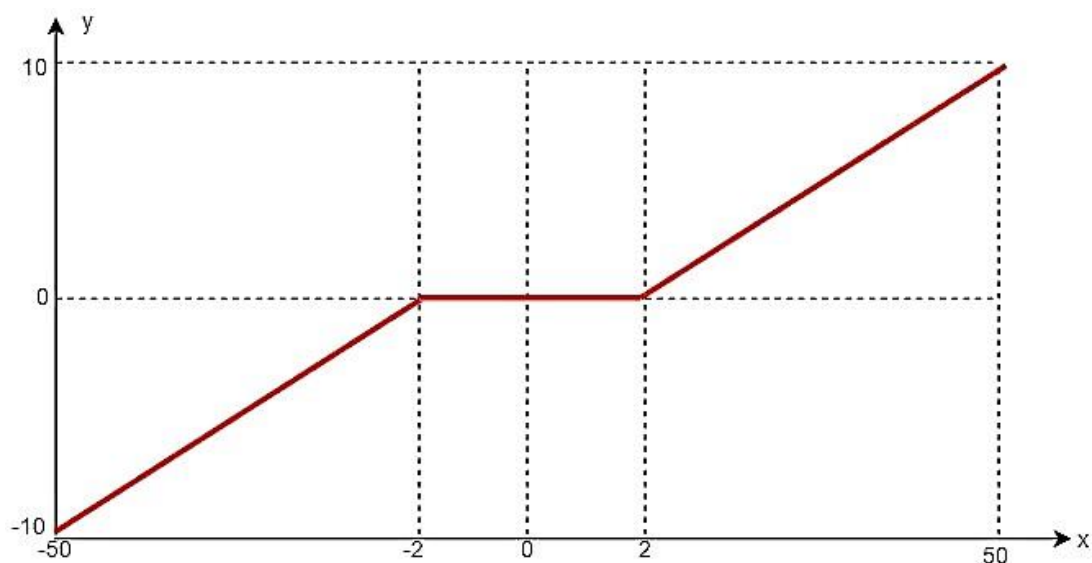
2. RJEŠENJE

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 zadaći je prikazana uticaj zone neosjetljivosti senzora na tačnost mjerenja. Zona neosjetljivosti je najmanja konačna vrijednost promjene mjerene veličine potrebna da se prouzrokuje mjerljiva promjena veličine.



Slika 1. Prikaz zone neosjetljivosti

a) *Statička karakteristika senzora*



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

- x – mjerena veličina senzora (± 50 jedinica)
- y – izlazno područje senzora (± 10 jedinica)
- zona neosjetljivosti: ± 2

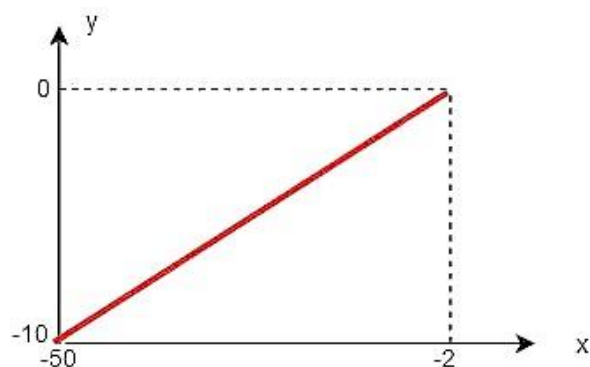
Ukoliko sa y_r bude označen izlaz iz realnog senzora u stacionarnom stanju, tada je izlaz senzora u funkciji mjerene veličine dat sa funkcijom koja se računa formulom za linearnu statičku karakteristiku:

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

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

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

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



Slika 3. Posmatranje statičke karakteristike u zadanom rasponu

$$K = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{0 - (-10)}{-2 - (-50)} = \frac{10}{-2 + 50} = \frac{10}{48} = \frac{5}{24}$$

$$a = y_{min} - K \cdot x_{min} = -10 - \frac{5}{24} \cdot (-50) = -10 + \frac{5}{24} \cdot 50 = \frac{-120 + 125}{12} = \frac{5}{12}$$

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{5}{24} \cdot x + \frac{5}{12}$$

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



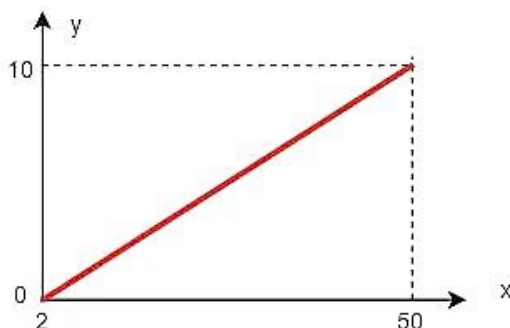
Slika 4. Posmatranje statičke karakteristike u zadanom rasponu

$$K = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{0 - 0}{2 - (-2)} = \frac{0}{4} = 0$$

$$a = y_{min} - K \cdot x_{min} = 0 - 0 \cdot (-2) = 0$$

$$y_r = K \cdot x + a = 0 \cdot x + 0 = 0$$

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



Slika 5. Posmatranje statičke karakteristike u zadanom rasponu

$$K = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{10 - 0}{50 - 2} = \frac{10}{48} = \frac{5}{24}$$

$$a = y_{min} - K \cdot x_{min} = 0 - \frac{5}{24} \cdot 2 = -\frac{10}{24} = -\frac{5}{12}$$

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{5}{24} \cdot x - \frac{5}{12}$$

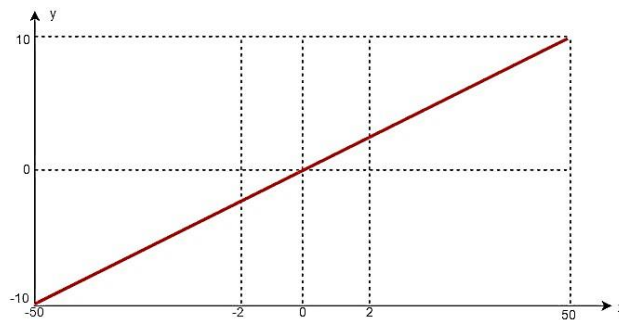
Sumirano, izlaz iz realnog senzora y_r možemo zapisati u obliku:

$$y_r = \begin{cases} \frac{5}{24}x + \frac{5}{12}, & -50 \leq x \leq -2 \\ 0, & -2 \leq x \leq 2 \\ \frac{5}{24}x - \frac{5}{12}, & 2 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

b) Idealna statička karakteristika senzora kada se zanemari uticaj zone neosjetljivosti na tačnost mjerenja.

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

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



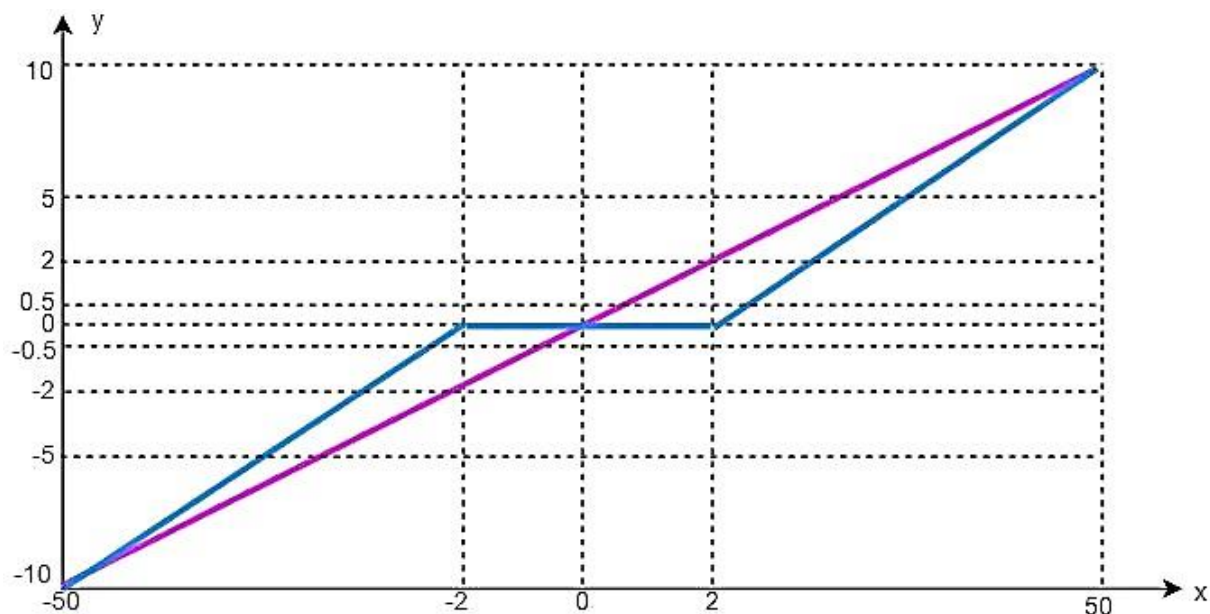
Slika 6. Linearna statička karakteristika u zadanom rasponu

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

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

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

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

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{5}{24} \cdot x + \frac{5}{12}$$

$$\frac{5}{24}x + \frac{5}{12} = y_r \quad / \cdot 24$$

$$5x + 10 = 24y_r$$

$$5x = 24y_r - 10$$

$$x = \frac{24}{5}y_r - \frac{10}{5}$$

$$x = 4.8y_r - 2$$

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

$$y_r = K \cdot x + a = \frac{5}{24} \cdot x - \frac{5}{12}$$

$$\frac{5}{24}x - \frac{5}{12} = y_r \quad / \cdot 24$$

$$5x - 10 = 24y_r$$

$$5x = 24y_r + 10$$

$$x = 4.8y_r + 2$$

Sa *Slike 7* uzimamo vrijednosti y_r :

$$y_r = -5 \rightarrow x = 4.8 \cdot (-5) - 2 = -26$$

$$y_r = -2 \rightarrow x = 4.8 \cdot (-2) - 2 = -11.6$$

$$y_r = -0.5 \rightarrow x = 4.8 \cdot (-0.5) - 2 = -4.5$$

$$y_r = 0.5 \rightarrow x = 4.8 \cdot (0.5) + 2 = 4.4$$

$$y_r = 2 \rightarrow x = 4.8 \cdot (2) + 2 = 11.6$$

$$y_r = 5 \rightarrow x = 4.8 \cdot (5) + 2 = 26$$

- **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 $e(y)$:

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

$$e(-5) = |-26 - (-25)| = 1$$

$$e(-2) = |-11.6 - (-10)| = 1.6$$

$$e(-0.5) = |-4.4 - (-2.5)| = 1.9$$

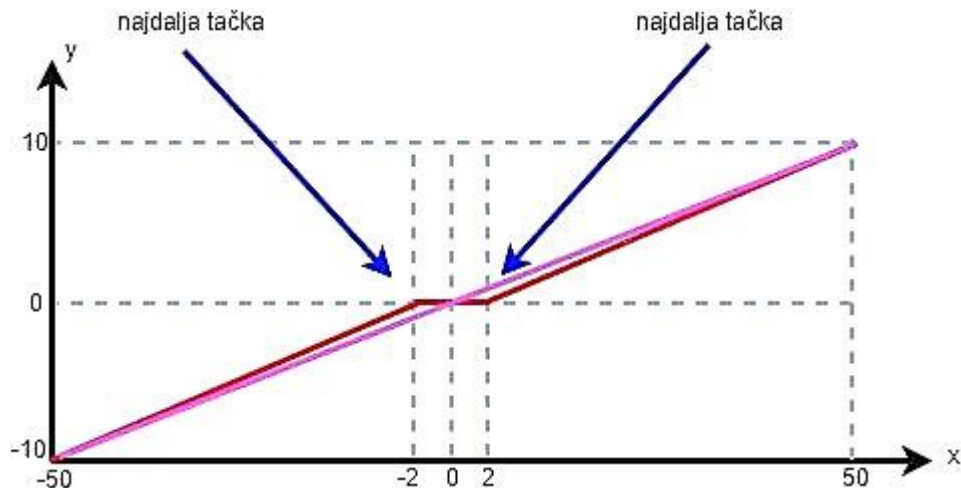
$$e(0.5) = |4.4 - (2.5)| = 1.9$$

$$e(2) = |11.6 - (10)| = 1.6$$

$$e(5) = |26 - (25)| = 1$$

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:

$$y_r = \begin{cases} \frac{5}{24}x + \frac{5}{12}, & -50 \leq x \leq -2 \\ 0, & -2 \leq x \leq 2 \\ \frac{5}{24}x - \frac{5}{12}, & 2 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

$$y_r(+2) = \frac{5}{24} \cdot 2 - \frac{5}{12} = \frac{10}{24} - \frac{5}{12} = \frac{10 - 10}{24} = \frac{0}{24} = 0$$

$$y_r(-2) = \frac{5}{24} \cdot (-2) + \frac{5}{12} = \frac{-10}{24} + \frac{5}{12} = \frac{-10 + 10}{24} = \frac{0}{24} = 0$$

Idealna funkcija je prikazana formulom:

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

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

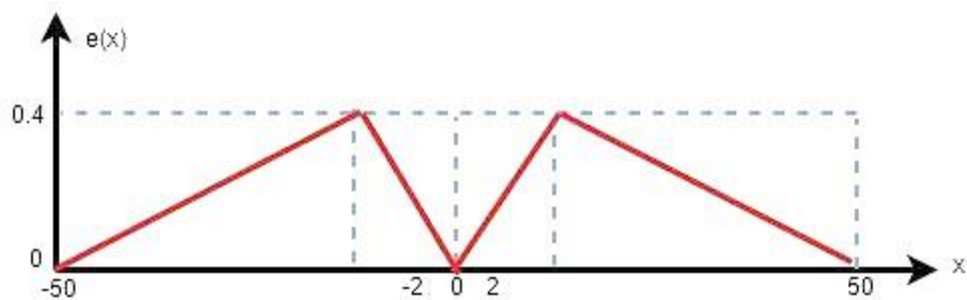
$$y_l(-2) = \frac{10}{50} \cdot (-2) = \frac{-20}{50} = \frac{-2}{5} = -0.4$$

Greška:

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

$$e(2) = |0 - (0.4)| = 0.4$$

$$e(-2) = |0 + (0.4)| = 0.4$$

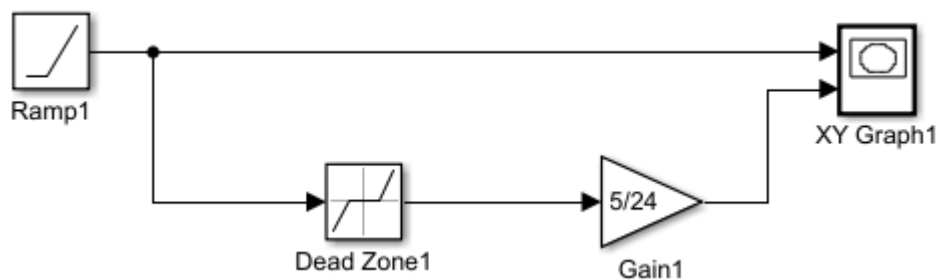


Slika 9. Skicirana greška linearizacije

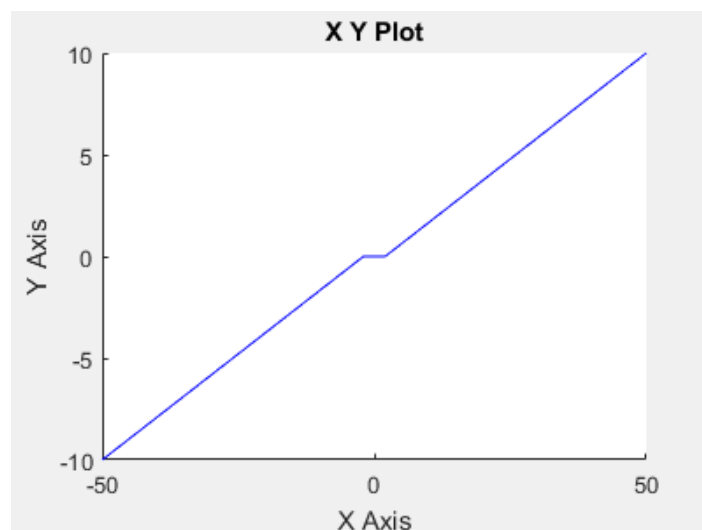
Rad u laboratoriji (MATLAB Simulink) - ZADAĆA

1. Rezultate u tačkama a) i b) provjeriti simulacijom crtanja statičkih karakteristika u Simulinku

a) Realna statička karakteristika



Slika 10. Simulink model za iscrtavanje realne statičke karakteristike



Slika 11. Izgled realne statičke karakteristike senzora

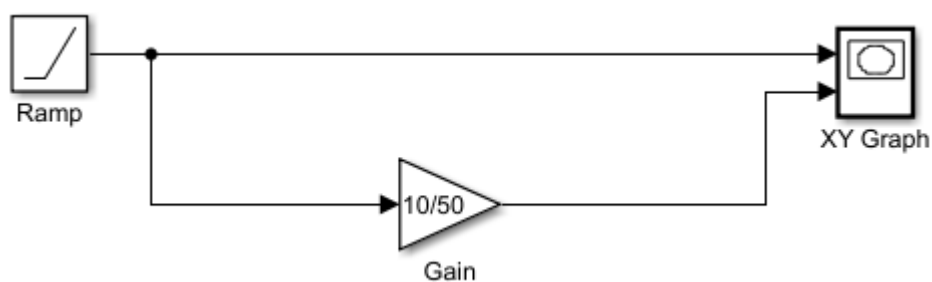
Tabela 1. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	-50
Dead Zone	Start of dead zone	-2
	End of dead zone	2
Gain	Gain	5/24

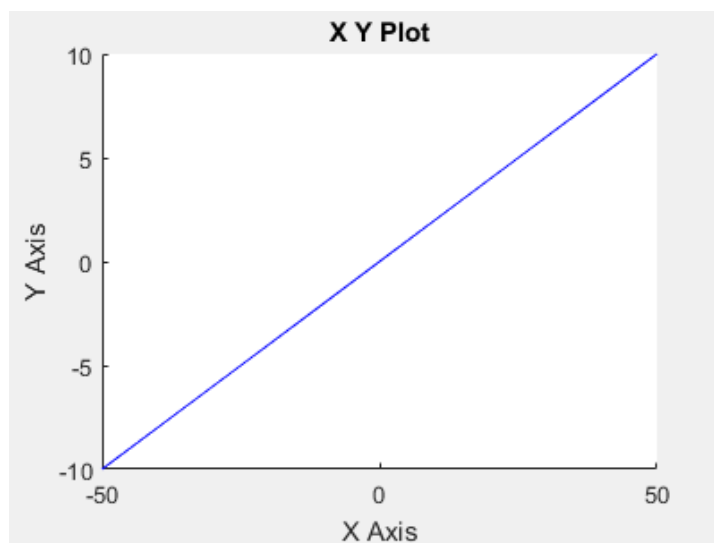
XY Graph	x-min	-50
	x-max	50
	y-min	-10
	y-max	10
	Sample time	1

Vrijeme simulacije se postavlja na 100.

b) Idealna statička karakteristika



Slika 12. Simulink model za iscrtavanje idealne statičke karakteristike



Slika 13. Izgled idealne statičke karakteristike senzora

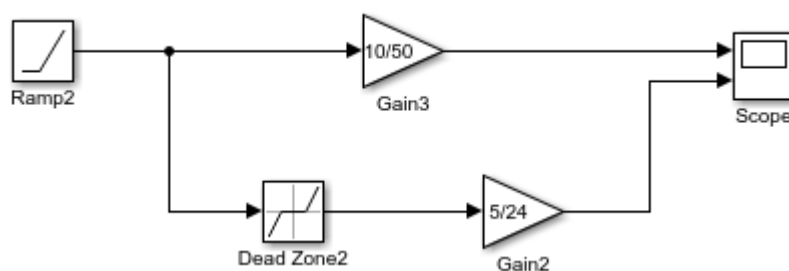
Tabela 2. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	-50
Gain	Gain	10/50

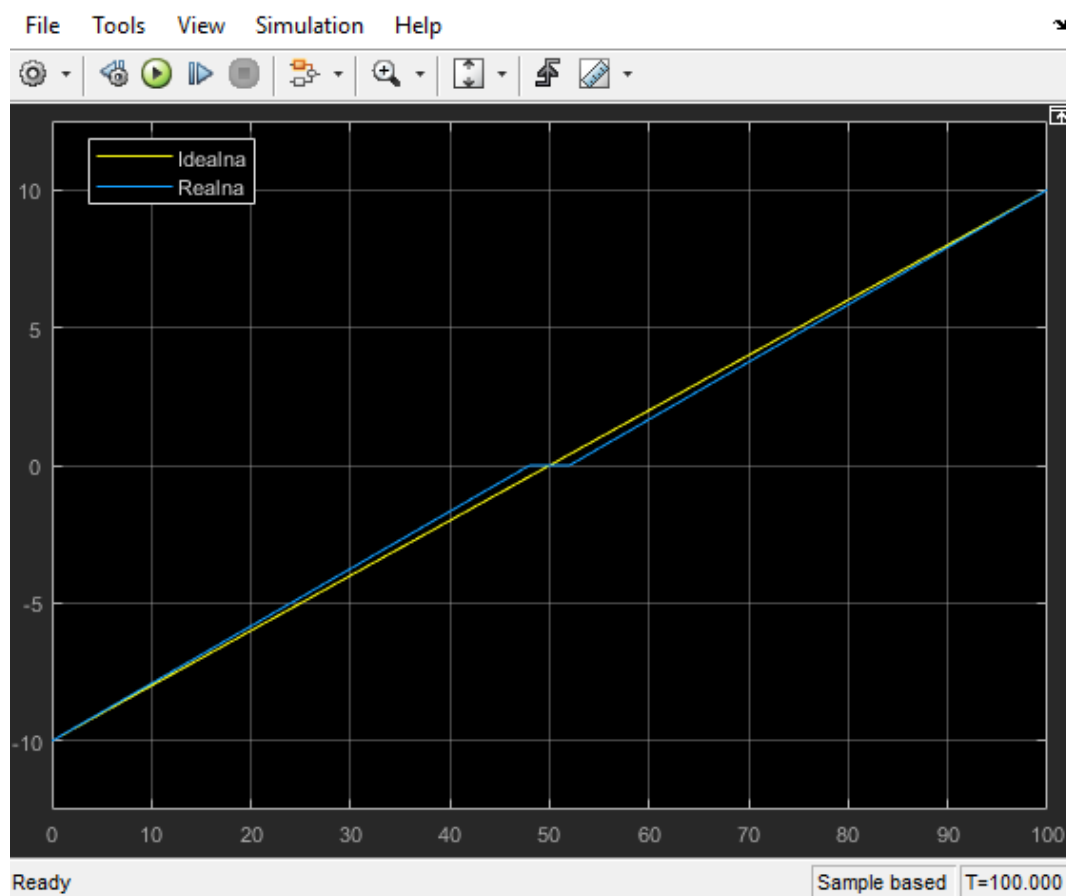
XY Graph	x-min	-50
	x-max	50
	y-min	-10
	y-max	10
	Sample time	1

Vrijeme simulacije se postavlja na 100.

c) Prikaz obje karakteristike na istom grafu



Slika 14. Simulink model za iscrtavanje obje statičke karakteristike na istom grafu



Slika 15. Prikaz obje statičke karakteristike

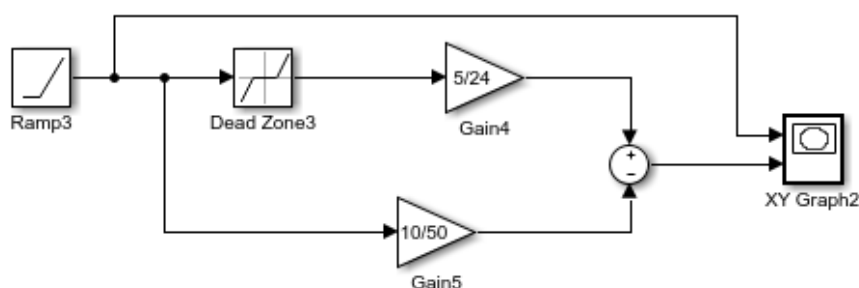
Tabela 3. Podešavanje parametara

Naziv bloka	Naziv parametra	Vrijednost
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	-50
Dead Zone	Start of dead zone	-2
	End of dead zone	2
Gain	Gain	5/24
Gain	Gain	10/50
Scope	Number of input ports	2

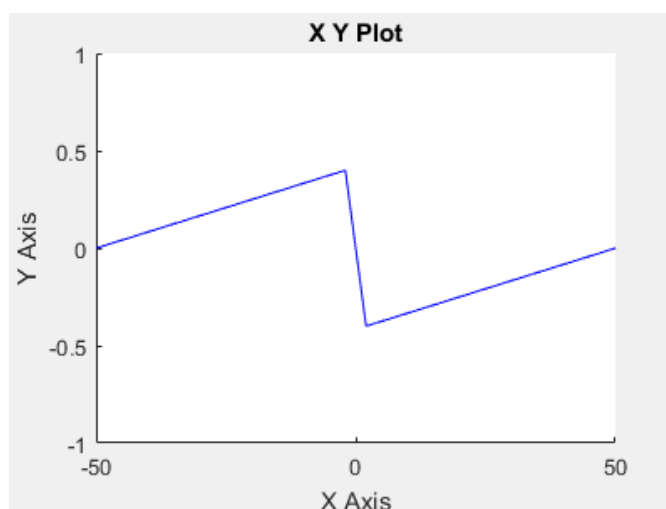
Vrijeme simulacije se postavlja na 100.

2. Simulacijom u Simulinku nacrtati kako se mijenja greška u određivanju mjerene veličine ako se pretpostavi da je senzor sa zonom neosjetljivosti i bez zone neosjetljivosti kada se na izlazu senzora dobijaju vrijednosti u opsegu ± 10 sa inkrementom 0.5

Greška predstavlja razliku između očitavanja realnog senzora i idealnog senzora.



Slika 16. Simulink model za iscrtavanje promjene greške pri određivanju mjerene veličine



Slika 17. Prikaz promjene greške

Tabela 4. Podešavanje parametara

<i>Naziv bloka</i>	<i>Naziv parametra</i>	<i>Vrijednost</i>
Ramp	Slope	1
	Start time	0
	Initial output	-50
Dead Zone	Start of dead zone	-2
	End of dead zone	2
Gain	Gain	5/24
Gain	Gain	10/50
Sum	List of signs	+ -
XY Graph	x-min	-50
	x-max	50
	y-min	-1
	y-max	1
	Sample time	0.5

Vrijeme simulacije se postavlja na 100.

3. Dati analizu i objašnjenje dobijenih rezultata

Kroz zadatak je bilo potrebno ispitati i predstaviti uticaj zone neosjetljivosti na tačnost mjerenja senzora. Prvo je predstavljena statička karakteristike senzora. Mjerno područje senzora je bipolarno sa 50 jedinica, što znači da sadrži 50 uzoraka u minusu i 50 u plusu, dok se izlazno područje senzora prostire na ± 10 jedinica. To znači da je statička karakteristika na x-osi prikazana u intervalu od -50 do +50 a na y-osi od -10 do +10. U slučaju realne statičke karakteristike postoji područje ili zona neosjetljivosti koja predstavlja područje čije vrijednosti, kada budu očitane na ulazu senzora, neće izazvati nikakvu promjenu na izlazu, tj senzor je neosjetljiv u tom intervalu, u zadatku je to područje definisano kao interval ± 2 . Prvo je kreiran graf realne statičke karakteristike koji se može analizirati kroz 3 segmenta, prvi segment je pravac na intervalu od -50 do -2 kada je promjena po x-osi (ulaz) praćena promjenom po y-osi (izlaz), nakon toga slijedi zona neosjetljivosti na intervalu od -2 do 2 kad ne dolazi do promjene na izlazu, tj $y=0$, i na kraju je treći segment od 2 do 50 koji također predstavlja pravac. Ta 3 segmenta su predstavljena jednačinama pravca te se od ta tri pravca formirala realna statička karakteristika.

Sljedeće se crta idealna statička karakteristika koje po definiciji nema zone neosjetljivosti već predstavlja savršena pravac.

Nakon statičkih karakteristika bilo je potrebno odrediti grešku mjerene veličine, tj razlike mjerene veličine između dvije karakteristike za date vrijednosti izlaza senzora ± 0.5 , ± 2 i ± 5 . Prvo se izračunaju vrijednosti od x odnosno ulaza realne statičke karakteristike za svaku vrijednosti izlaza (ovdje se treba obratiti pažnja na intervale u koje pojedine vrijednosti izlaza pripadaju). Nakon toga se isto izračuna za idealnu statičku karakteristiku. Greška se računa za svaku vrijednost izlaza senzora kao apsolutna vrijednost razlike između x-ova realne i idealne statičke karakteristike.

Nakon toga je skicirana greška procesa linearizacije koja predstavlja razliku između realne i idealne statičke karakteristike. Za potrebe skiciranja prvo je pronađena maksimalna greška – predstavlja razliku u vrijednostima karakteristika na početku i na kraju zone neosjetljivosti realne statičke karakteristike senzora.

Nakon toga su grafovi obje statičke karakteristike provjerni iscrtavanjem istih kroz MATLAB Simulink model. Za generisanje ulaza je korišten blok Ramp, za generisanje zone neosjetljivosti kod realne karakteristike je korišten blok Dead Zone dok je za prikaz grafova korišten blok XY Graph. Grafovi su takođe prikazani skupa preko Scope bloka u zasebnoj Simulink shemi. Na kraju je kreiran Simulink model za prikaz greške gdje se na XY Graph blok, pored ulaznog signala, dovidi razlika realne i idealne statičke karakteristike senzora.