

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

ZADAĆA IZ PREDMETA
RAČUNARSKO VOĐENJE PROCESA
ZADAĆA br. 4
Linearizacija statičkih karakteristika senzora

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 unipolarano od 0 do 800. Stvarna statička karakteristika senzora sa izraženom nelinearnošću, zadata je funkcijom $y = 50(1 - e^{-0.005x})$, gdje je sa x označena mjerna veličina, a sa y izlaz senzora.

- a) *Odrediti inverznu statičku karakteristiku senzora.*
- b) *Skicirati statičku karakteristiku dobijenu pod a)*
- c) *Skicirati statičku karakteristiku senzora sa kompenzacijom pomoću inverzne funkcije*
- d) *Definisati vrijednosti parova u nepotpunoj tabeli za linearizaciju statičke karakteristike senzora. Elemente nepotpune tabele formirati tako da se za karakteristične tačke uzmu parovi koji odgovaraju promjeni mjerene veličine od 0 do 800 sa korakom 100, **te vrijednosti parova koje odgovaraju promjeni mjerene veličine od 0 do 800 sa korakom 200.***

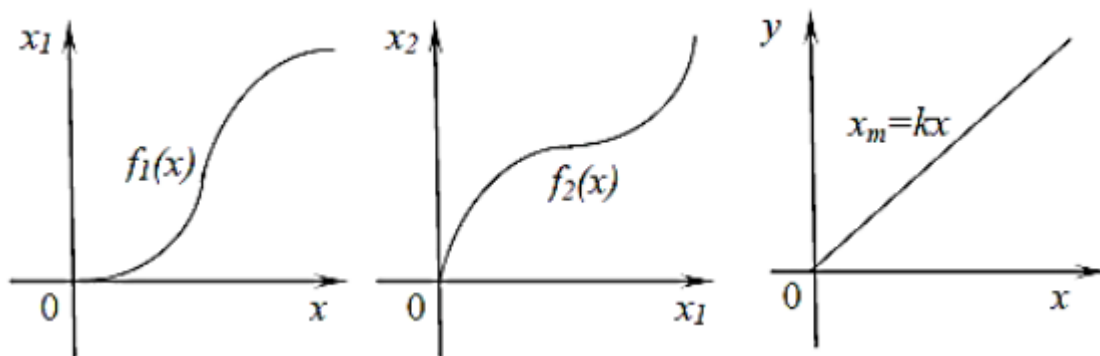
Rad u laboratoriji (Matlab Simulink)

ZADAĆA

1. *Rezultate u tačkama b), c), d) provjeriti crtanjem statičkih karakteristika u Matlab Simulinku.*
2. *Simulacijom u Matlab Simulinku nacrtati kako se mijenja izlaz senzora kompenzovanog pomoću inverzne nelinearnosti određene pod c), za promjenu mjerene veličine od 0 do 800.*
3. *Simulacijom u Matlab Simulinku nacrtati kako se mijenja izlaz senzora kompenzovanog pomoću nepotpune tabele određene pod d), za promjenu mjerene veličine od 0 do 800.*
4. *Simulacijom u Matlab Simulinku nacrtati kako se mijenja greška linearizovanog senzora u slučajevima pod 2) i 3)*
5. *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 linearizaciju statičkih karakteristika senzora. Jedan od načina jeste korištenje inverzne statičke karakteristike senzora. Za realizaciju inverzije kola u inženjerskoj praksi se obično koristi postupak gdje se snimi statička karakteristika senzora, te se na osnovu odstupanja stvarne statičke karakteristike od pravca usvajaju karakteristične tačke za koje treba da veza bude linearna. Pritom se usvajaju funkcije oblika $1/x$, x^m , $\log x$, polinomi, itd. Ukoliko je statička karakteristika izrazito nelinearna, onda se za linearizaciju koriste složena elektronska kola.



Slika 1. Linearizacija jedne statičke karakteristike senzora pomoću inverzne funkcije

a) Inverzna statička karakteristika senzora

Na temelju zadane funkcije traži se inverzna funkcija kroz nekoliko koraka matematičkog računa.

Zadana funkcija:

$$y = 50 \cdot (1 - e^{-0.005x})$$

Postupak: zamijene se varijable x i y , te se izrazi $y(x)$:

$$x = 50 \cdot (1 - e^{-0.005y})$$

$$x = 50 - 50 \cdot e^{-0.005y}$$

$$x - 50 = -50 \cdot e^{-0.005y}$$

$$-50 \cdot e^{-0.005y} = x - 50 \quad /*(-1)$$

$$50 \cdot e^{-0.005y} = 50 - x$$

$$e^{-0.005y} = \frac{50-x}{50} \quad /\ln$$

$$\ln(e^{-0.005y}) = \ln\left(\frac{50-x}{50}\right)$$

$$-0.005 \cdot y = \ln\left(\frac{50-x}{50}\right)$$

$$y = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005}$$

$$y = f(x)^{-1} = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005}$$

b) Skicirana inverzna statička karakteristika uz pomoć funkcije dobivene pod a)

Pomoću dobivene funkcije nacrtat će se karakteristika računanjem vrijednosti izlaza za određenu vrijednost ulaza koje se uvrštavaju u dobivenu inverznu funkciju.

$$y = f(x)^{-1} = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005}$$

$$y(x=0) = -\frac{\ln\left(\frac{50-0}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-0}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(1)}{0.005} = \frac{0}{0.005} = 0$$

$$y(x=5) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-5}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{45}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.9)}{0.005} = \frac{0.1053}{0.005} = 21.1$$

$$y(x=10) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-10}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{40}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.8)}{0.005} = \frac{0.223}{0.005} = 44.6$$

$$y(x=15) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-15}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{35}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.7)}{0.005} = \frac{0.356}{0.005} = 71.3$$

$$y(x=20) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-20}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{30}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.6)}{0.005} = \frac{0.51}{0.005} = 102.2$$

$$y(x=25) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-25}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{25}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.625)}{0.005} = \frac{0.47}{0.005} = 138.6$$

$$y(x=30) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-30}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{20}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.4)}{0.005} = \frac{0.916}{0.005} = 183.3$$

$$y(x=35) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-35}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{15}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.3)}{0.005} = \frac{1.2}{0.005} = 240.8$$

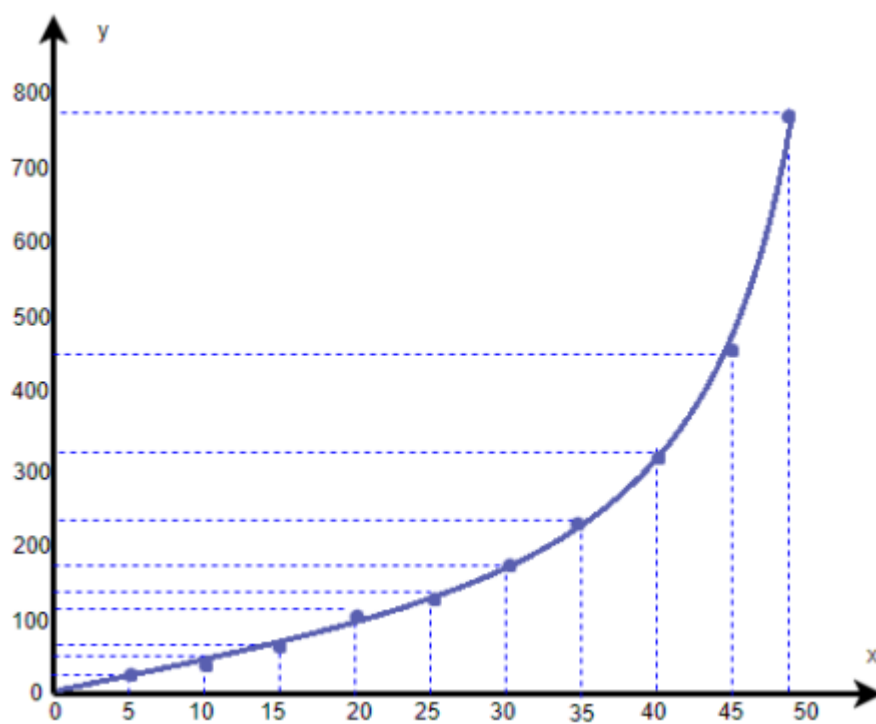
$$y(x=40) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-40}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{10}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.2)}{0.005} = \frac{1.609}{0.005} = 321.9$$

$$y(x=45) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-45}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{5}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.1)}{0.005} = \frac{2.302}{0.005} = 460.5$$

$$y(x=49) = -\frac{\ln\left(\frac{50-x}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{50-49}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln\left(\frac{1}{50}\right)}{0.005} = -\frac{\ln(0.02)}{0.005} = \frac{3.912}{0.005} = 782.4$$

Tabela 1. Računanje izlaznih vrijednosti na temelju ulaznih

| | | | | | | | | | | | |
|----------|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 49 |
| y | 0 | 21.1 | 44.6 | 71.3 | 102.2 | 138.3 | 183.3 | 240.8 | 321.9 | 460.5 | 782.4 |



Slika 2. Skicirana inverzna statička karakteristika senzora

Na Slici 2 data je inverzna statička karakteristika senzora.

c) Statička karakteristika senzora sa kompenzacijom inverzne funkcije u opsegu 0-50

Na osnovu dobivene vrijednosti x (od 0 do 50), i vrijednosti y (800), dobivena je sljedeća funkcija:

$$y = \frac{800}{50} \cdot x = 16 \cdot x$$

$$y(x = 0) = 16 \cdot x = 16 \cdot 0 = 0$$

$$y(x = 5) = 16 \cdot x = 16 \cdot 5 = 80$$

$$y(x = 10) = 16 \cdot x = 16 \cdot 10 = 160$$

$$y(x = 15) = 16 \cdot x = 16 \cdot 15 = 240$$

$$y(x = 20) = 16 \cdot x = 16 \cdot 20 = 320$$

$$y(x = 25) = 16 \cdot x = 16 \cdot 25 = 400$$

$$y(x = 30) = 16 \cdot x = 16 \cdot 30 = 480$$

$$y(x = 35) = 16 \cdot x = 16 \cdot 35 = 560$$

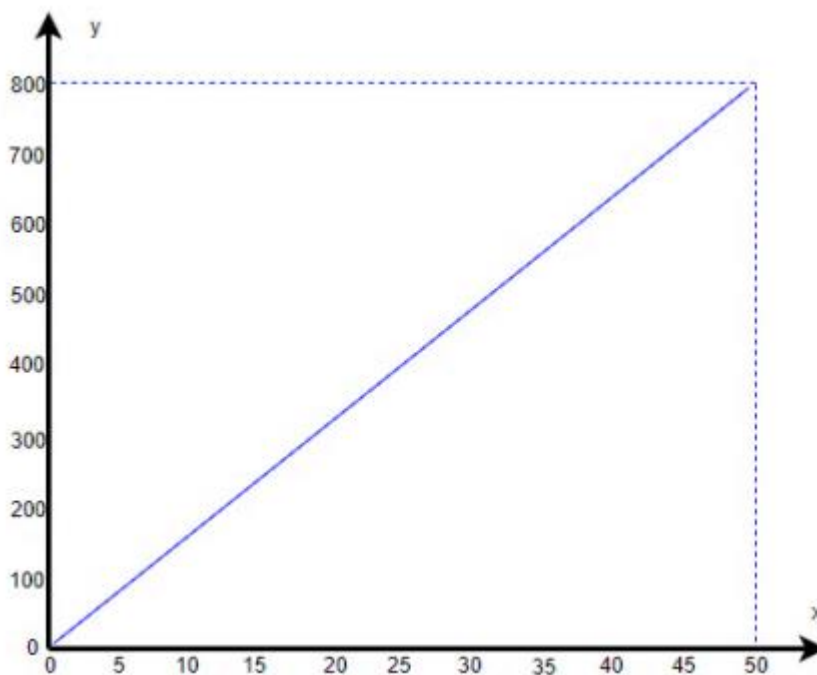
$$y(x = 40) = 16 \cdot x = 16 \cdot 40 = 640$$

$$y(x = 45) = 16 \cdot x = 16 \cdot 45 = 720$$

$$y(x = 50) = 16 \cdot x = 16 \cdot 50 = 800$$

Tabela 2. Računanje izlaznih vrijednosti na temelju ulaznih

| | | | | | | | | | | | |
|----------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| y | 0 | 80 | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 |



Slika 3. Statička karakteristika sa kompenzacijom inverzne funkcije u opsegu 0-50

d) Definisanje vrijednosti nepotpune tabele sa korakom 100 i sa korakom 200

Koristi se nepotpuna tabela. Potrebno je elemente nepotpune tabele formirati tako da se za karakteristične tačke uzmu parovi koji dogovaraju promjeni mjerene veličine od 0 do 800 sa korakom 100. Tabela se formira od manjeg broja mjernih podataka, za razliku od potpune tabele gdje se za svaku izlaznu vrijednost senzora iz tabele pročitava njoj pridružena ulazna vrijednost, a to zahtjeva velik kapacitet memorije.

Kod nepotpune tabele vrijednosti mjerene veličine se dobivaju kombinacijom tabele i interpolacije. Za dobivenu vrijednost informacionog signala pronalaze se u tabeli prva veća i prva manja vrijednost $y_i < y < y_{i+1}$ i njima pripadajuće vrijednosti mjerene veličine x_i , x_{i+1} . Vrijednost mjerene veličine se sada određuje linearnom interpolacijom prema izrazu:

$$x = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i}(y - y_i)$$

$$x_1(x, y = 0) = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i}(y - y_i) = -1 + \frac{1 - (-1)}{1 - (-1)}(0 - (-1)) = -1 + 1 * 1 = 0$$

$$x_1(x = 19.67, y = 100) = 18.67 + \frac{20.67 - 18.67}{101 - 99}(100 - 99) = 18.67 + \frac{2}{2}(1) = 19.67$$

$$x_2(x = 31.61, y = 200) = 30.61 + \frac{32.61 - 30.61}{201 - 199}(200 - 199) = 30.61 + \frac{2}{2}(1) = 31.61$$

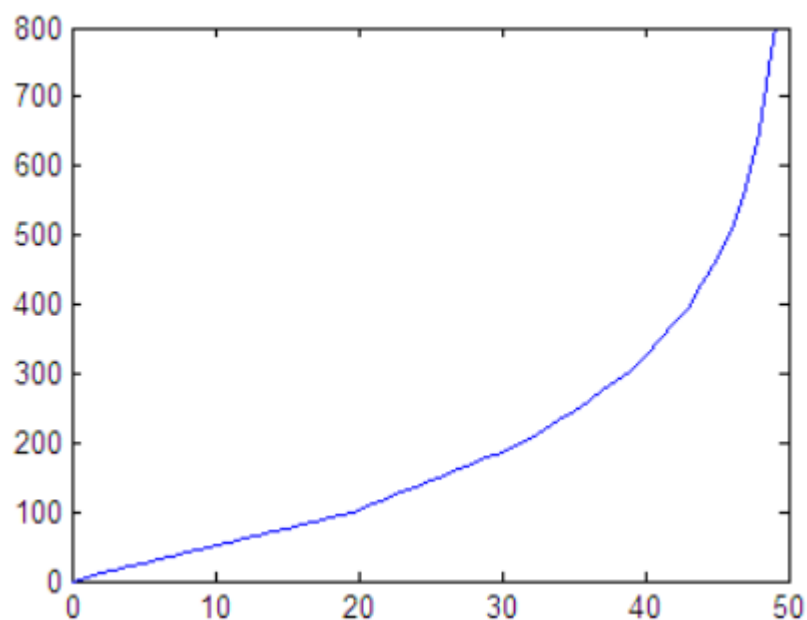
$$x_3(x = 38.84, y = 300) = 37.84 + \frac{39.84 - 37.84}{301 - 299}(300 - 299) = 37.84 + \frac{2}{2}(1) = 38.84$$

.
.
.

$$x_9(x = 49.08, y = 800) = 48.08 + \frac{50.08 - 48.08}{801 - 799}(800 - 799) = 48.08 + \frac{2}{2}(1) = 49.08$$

Tabela 3. Vrijednosti nepotpune tabele sa korakom 100

| | | | | | | | | | |
|----------|---|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| x | 0 | 19.67 | 31.61 | 38.84 | 43.23 | 45.9 | 47.51 | 48.49 | 49.08 |
| y | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |



Slika 4. Statička karakteristika nepotpune tabele sa korakom 100

- **Definisanje vrijednosti nepotpune tabele sa korakom 200**

Odgovarajuće vrijednosti x -ova za svaki korak y -a se mogu dobiti ako se u početnom izrazu

$$y = 50(1 - e^{-0.005x}),$$

zamijene mjesta varijabla, pa se dobije izraz

$$x = 50(1 - e^{-0.005y})$$

Uz pomoć Matlaba se izračunaju x -ovi za svaki korak y -a koji ima korak +200.

```
>> y=0:200:800;
>> x=50*(1-exp(-0.005.*y))

x =

    0    31.6060    43.2332    47.5106    49.0842
```

Slika 5. Izračunavanje vrijednosti x i y koje se uvrštavaju u izrazi ispod

Sada se te vrijednosti x -ova i y -a uvrštavaju u izrazi ispod.

$$x = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i} (y - y_i)$$

$$x_1(x = 0, y = 0) = -1 + \frac{1 - (-1)}{1 - (-1)} (0 - (-1)) = -1 + 1 * 1 = 0$$

$$x_2(x = 31.61, y = 200) = 30.61 + \frac{32.61 - 30.61}{201 - 199} (200 - 199) = 30.61 + 1 * 1 = 31.61$$

$$x_3(x = 43.23, y = 400) = 42.23 + \frac{44.23 - 42.23}{401 - 399} (400 - 399) = 42.23 + 1 * 1 = 43.23$$

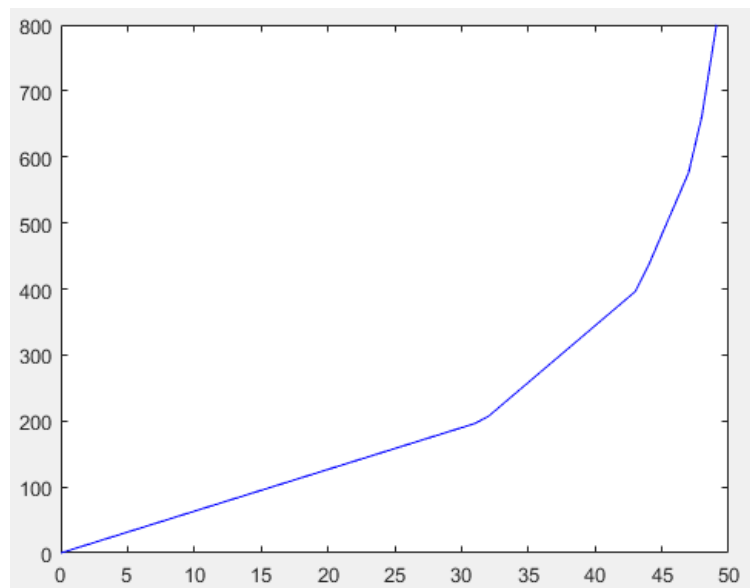
$$x_4(x = 47.51, y = 600) = 46.51 + \frac{48.51 - 46.51}{601 - 599} (600 - 599) = 46.51 + 1 * 1 = 47.51$$

$$x_5(x = 49.08, y = 800) = 48.08 + \frac{50.08 - 48.08}{801 - 799} (800 - 799) = 48.08 + 1 * 1 = 49.08$$

Tabela 3. Vrijednosti nepotpune tabele sa korakom 200

| | | | | | |
|----------|---|-------|-------|-------|-------|
| x | 0 | 31.61 | 43.23 | 47.51 | 49.08 |
| y | 0 | 200 | 400 | 600 | 800 |

Na *Slici 6* je prikazana statička karakteristika nepotpune tabele kada je korak 200.

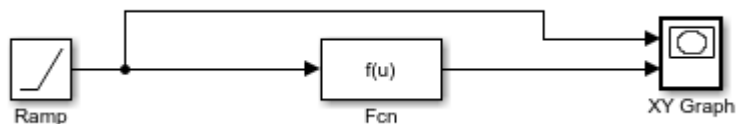


Slika 6. *Statička karakteristika nepotpune tabele sa korakom 200*

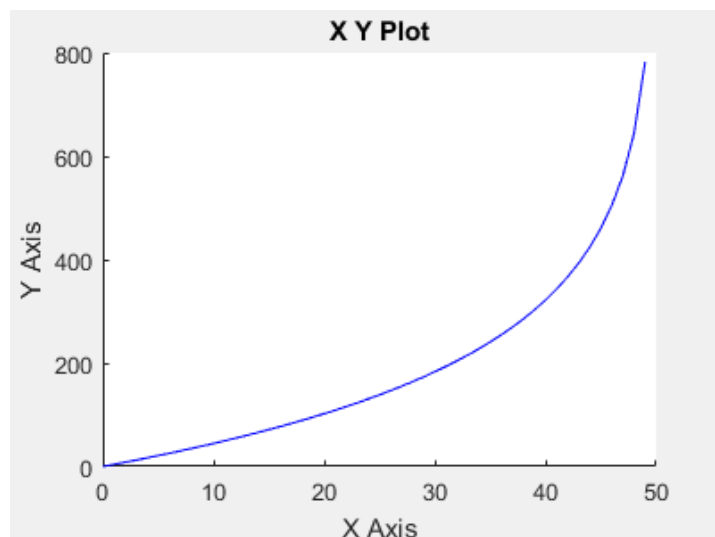
Rad u laboratoriji (MATLAB Simulink) - ZADAĆA

1. Rezultate u tačkama b), c), d) provjeriti crtanjem statičkih karakteristika u Matlab Simulinku.

a) Inverzna statička karakteristika



Slika 6. Simulink model za iscrtavanje inverzne statičke karakteristike senzora



Slika 7. Izgled inverzne statičke karakteristike senzora

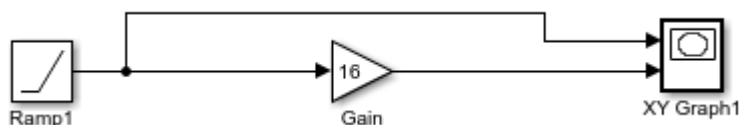
Tabela 4. Podešavanje parametara

| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|-------------|-----------------|------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | $-(\ln((50-u(1))/50)/0.005)$ |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 50 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |

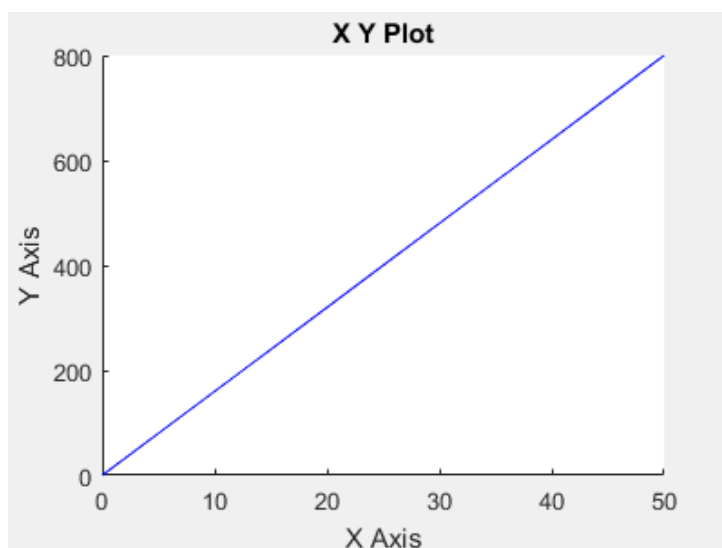
| | | |
|--|-------------|---|
| | Sample time | 1 |
|--|-------------|---|

Vrijeme simulacije se postavlja na 50.

b) Statička karakteristika senzora sa kompenzacijom inverzne funkcije u opsegu 0-50



Slika 8. Simulink model za iscrtavanje statičke karakteristike senzora sa kompenzacijom inverzne funkcije



Slika 9. Izgled statičke karakteristike senzora sa kompenzacijom inverzne funkcije

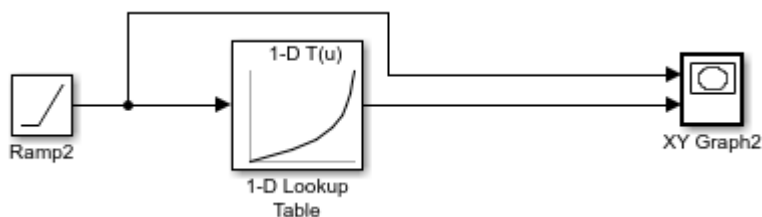
Tabela 5. Podešavanje parametara

| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|-------------|-----------------|------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Gain | Gain | 16 |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 50 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |
| | Sample time | 1 |

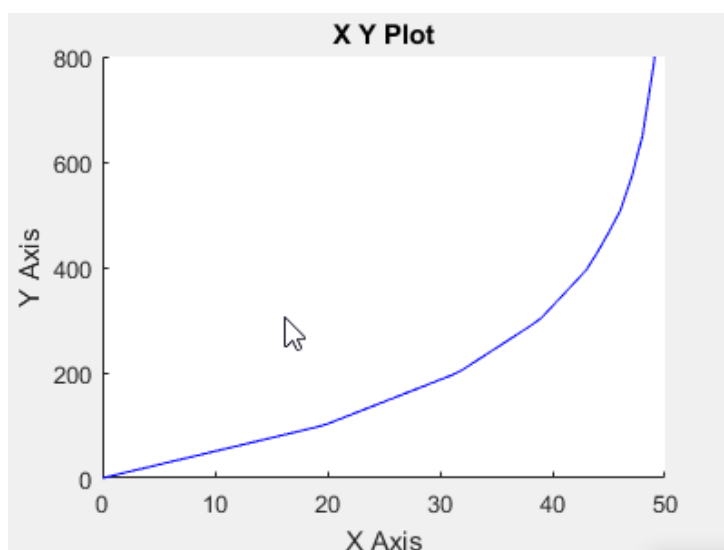
Vrijeme simulacije se postavlja na 50.

c) Iscrtavanje statičke karakteristike uz pomoću vrijednosti nepotpune tabele za opseg od 0 do 800 sa korakom 100 i korakom 200

- Za korak 100



Slika 10. Simulink model statičke karakteristike iscrtane uz pomoć nepotpune tabele – korak 100



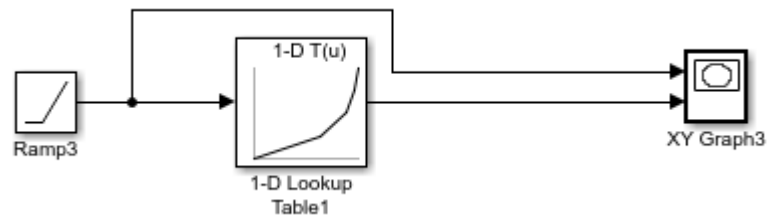
Slika 11. Izgled statičke karakteristike iscrtane uz pomoć nepotpune tabele – korak 100

Tabela 6. Podešavanje parametara

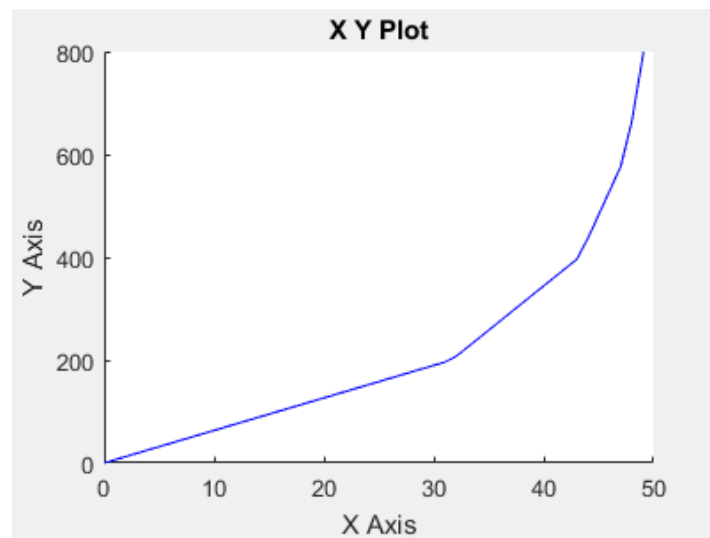
| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|------------------|-----------------|---------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| 1-D Lookup Table | Table data: | [0:100:800] |
| | Breakpoints 1: | [50-50*exp(-0.005*[0:100:800])] |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 50 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |
| | Sample time | 1 |

Vrijeme simulacije se postavlja na 50.

- Za korak 200



Slika 12. Simulink model statičke karakteristike iscrtane uz pomoć nepotpune tabele – korak 200



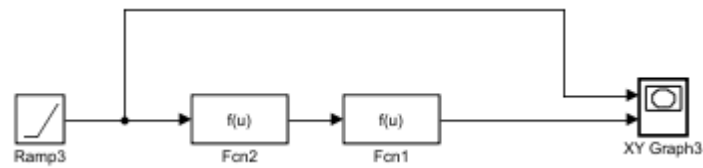
Slika 13. Izgled statičke karakteristike iscrtane uz pomoć nepotpune tabele – korak 200

Tabela 7. Podešavanje parametara

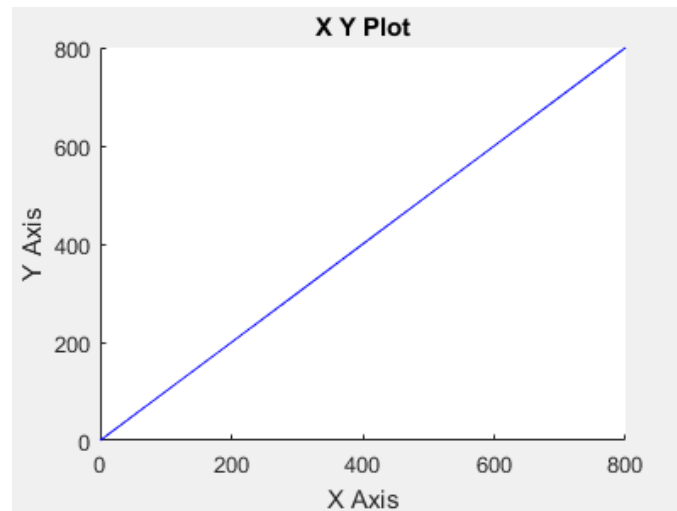
| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| 1-D Lookup Table | Table data: Breakpoints 1: | [0:200:800] [50-50*exp(-0.005*[0:200:800])] |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 50 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |
| | Sample time | 1 |

Vrijeme simulacije se postavlja na 50.

2. Simulacijom u Matlab Simulinku nacrtati kako se mijenja izlaz senzora kompenzovanog pomoću inverzne nelinearnosti određene pod c), za promjenu mjerene veličine od 0 do 800



Slika 14. Simulink model promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću inverzne nelinearnosti određene pod c)



Slika 15. Izgled promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću inverzne nelinearnosti

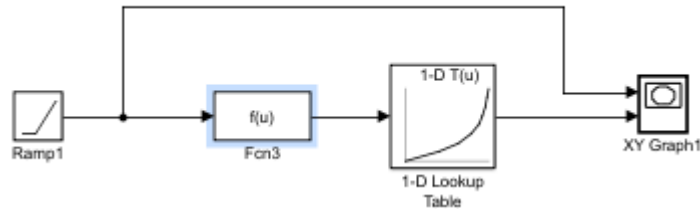
Tabela 8. Podešavanje parametara

| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|-------------|-----------------|------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | $50(1-\exp(-0.005*u(1)))$ |
| Fcn | Expression | $-(\ln((50-u(1))/50)/0.005)$ |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 800 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |
| | Sample time | 1 |

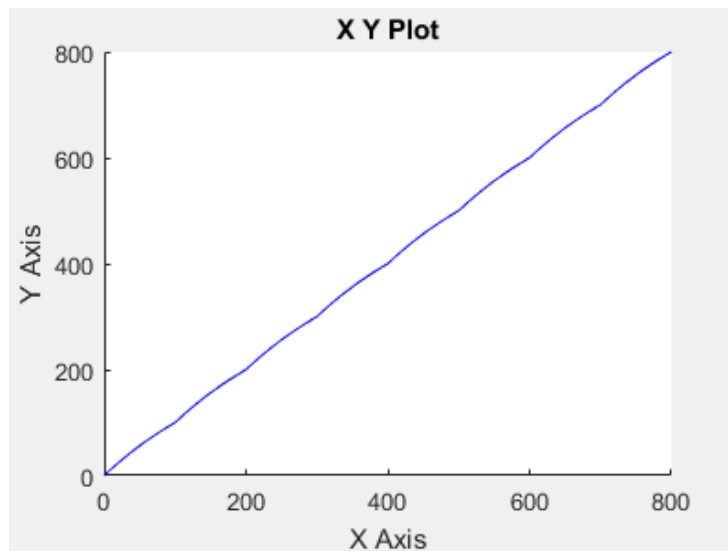
Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

3. Simulacijom u Matlab Simulinku nacrtati kako se mijenja izlaz senzora kompenzovanog pomoću nepotpune tabele određene pod d), za promjenu mjerene veličine od 0 do 800.

- Za korak 100



Slika 16. Simulink model promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću nepotpune tabele određene pod d) – korak 100



Slika 17. Izgled promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću nepotpune tabele određene pod d) – korak 100

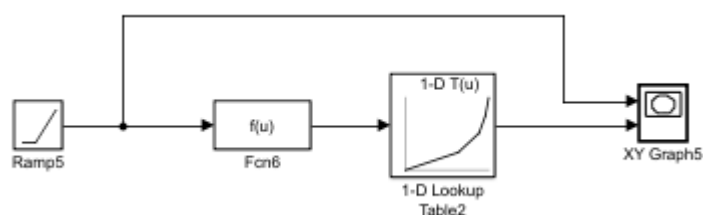
Tabela 9. Podešavanje parametara

| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | $50(1 - \exp(-0.005 \cdot u(1)))$ |
| 1-D Lookup Table | Table data: | [0:100:800] |
| | Breakpoints 1: | [50-50*exp(-0.005*[0:100:800])] |

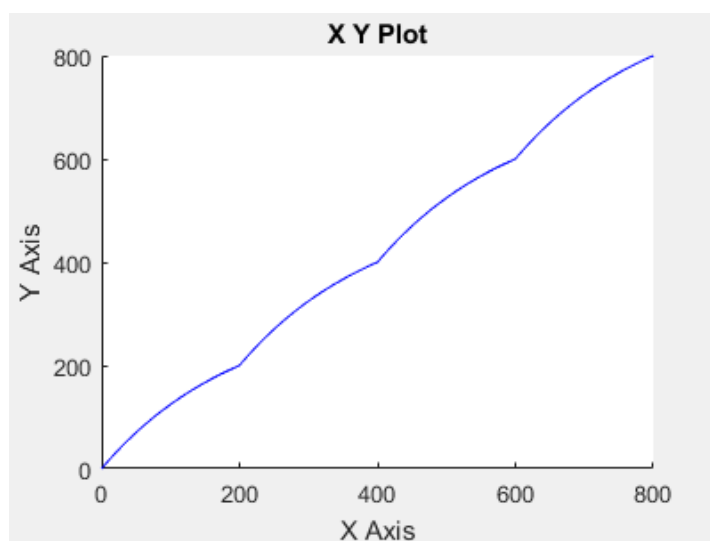
| | | |
|----------|-------------|-----|
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 800 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |
| | Sample time | 1 |

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

- Za korak 200



Slika 18. Simulink model promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću nepotpune tabele određene pod d) – korak 200



Slika 19. Izgled promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću nepotpune tabele određene pod d) – korak 200

Tabela 10. Podešavanje parametara

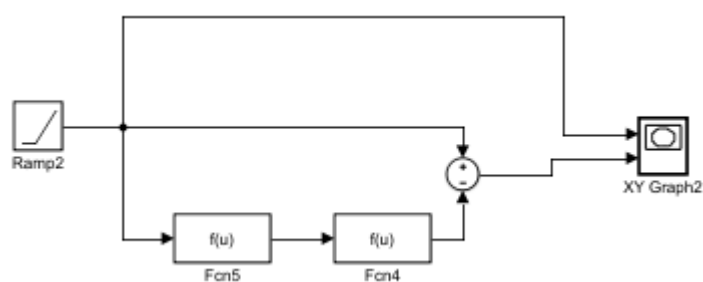
| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|-------------|-----------------|------------|
|-------------|-----------------|------------|

| | | |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | $50(1-\exp(-0.005*u(1)))$ |
| 1-D Lookup Table | Table data: Breakpoints 1: | [0:200:800] [50-50*exp(-0.005*[0:200:800])] |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 800 |
| | y-min | 0 |
| | y-max | 800 |
| | Sample time | 1 |

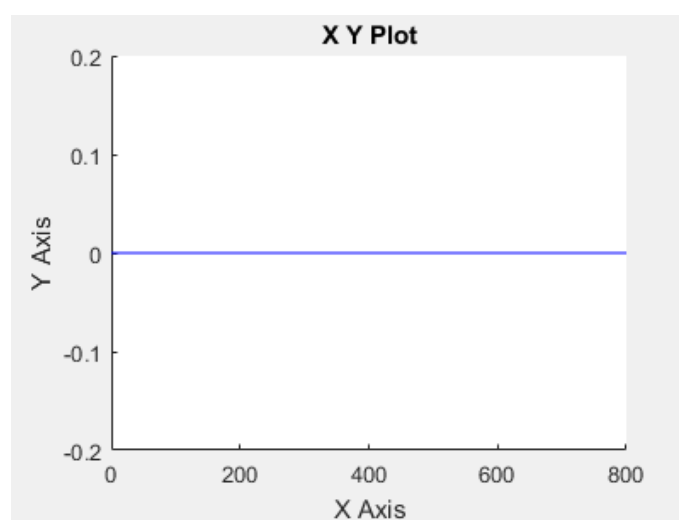
Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

4. Simulacijom u Matlab Simulinku nacrtati kako se mijenja greška linearizovanog senzora u slučajevima pod 2) i 3)

a) Promjena greške linearizovanog senzora u slučaju pod 2)



Slika 20. Simulink model za promjenu greške linearizovanog senzora u slučaju pod 2)



Slika 21. Izgled za promjenu greške linearizovanog senzora u slučaju pod 2)

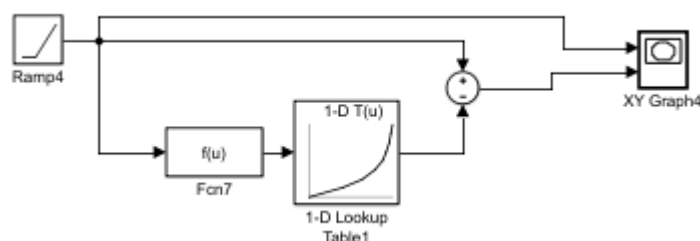
Tabela 11. Podešavanje parametara

| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|-------------|-----------------|------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | $50(1-\exp(-0.005*u(1)))$ |
| Fcn | Expression | $-(\ln((50-u(1))/50)/0.005)$ |
| Sum | List of signs | + - |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 800 |
| | y-min | -0.5 |
| | y-max | 0.5 |
| | Sample time | 800 |

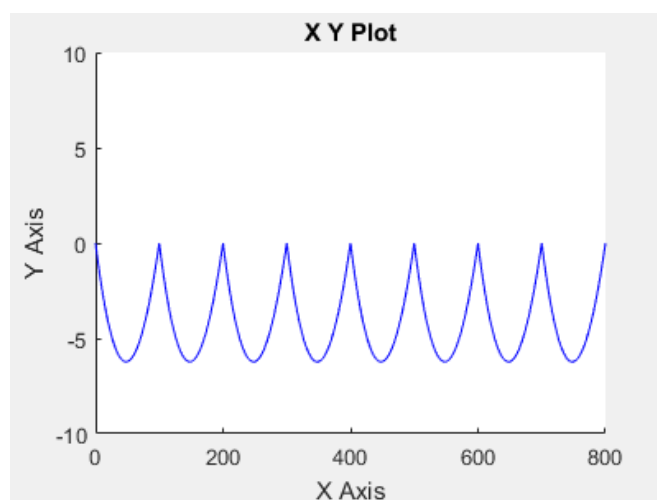
Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

b) Promjena greške linearizovanog senzora u slučaju pod 2)

- Za korak 100



Slika 22. Simulink model za promjenu greške linearizovanog senzora u slučaju pod 3) – korak 100



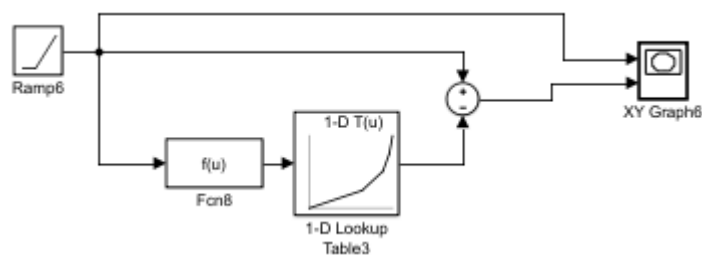
Slika 23. Izgled za promjenu greške linearizovanog senzora u slučaju pod 3) – korak 100

Tabela 12. Podešavanje parametara

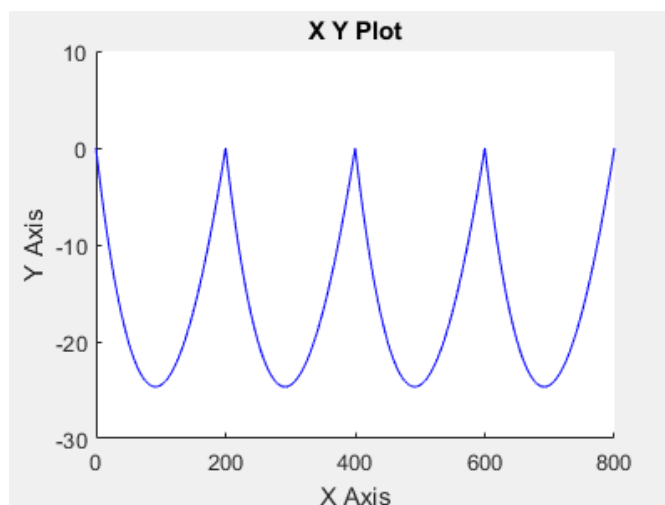
| Naziv bloka | Naziv parametra | Vrijednost |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | $50(1-\exp(-0.005*u(1)))$ |
| 1-D Lookup Table | Table data: Breakpoints 1: | [0:100:800] [50-50*exp(-0.005*[0:100:800])] |
| Sum | List of signs | + - |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 800 |
| | y-min | -10 |
| | y-max | 10 |
| | Sample time | 1 |

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

- Za korak 200



Slika 24. Simulink model za promjenu greške linearizovanog senzora u slučaju pod 3) – korak 200



Slika 25. Izgled za promjenu greške linearizovanog senzora u slučaju pod 3) – korak 200

Tabela 13. Podešavanje parametara

| <i>Naziv bloka</i> | <i>Naziv parametra</i> | <i>Vrijednost</i> |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|
| Ramp | Slope | 1 |
| | Start time | 0 |
| | Initial output | 0 |
| Fcn | Expression | 50(1-*exp(-0.005*u(1))) |
| 1-D Lookup Table | Table data: | [0:200:800] |
| | Breakpoints 1: | [50-50*exp(-0.005*[0:200:800])] |
| Sum | List of signs | + - |
| XY Graph | x-min | 0 |
| | x-max | 800 |
| | y-min | -30 |
| | y-max | 10 |
| | Sample time | 1 |

Vrijeme simulacije se postavlja na 800.

5. Dati analizu i objašnjenje dobijenih rezultata

U analitičkom dijelu zadaće je bilo potrebno definisati vrijednosti parova u nepotpunoj tabeli statičke karakteristike senzor za promjenu mjerene veličine od 0 do 800 sa korakom 200. Ovaj dio je urađen po uzoru na isti postupak ali sa korakom 100. Izlazna veličina – y ima vrijednosti koje se inkrementiraju za korak 200, za svaku tu vrijednost je potrebno pronaći odgovarajuću vrijednost x- ova, to je urađeno tako što se iz izraza za inverznu realnu karakteristiku izrazi x: $x = 50(1 - e^{-0.005y})$. Taj izraz se unese u Matlab, te se y postavi na raspon od 0 do 800 sa korakom 200, Matlab potom za rezultati vrati niz odgovarajućih vrijednosti x-ova. Kada su pronađeni parovi x i y, oni se uvrste u formulu $x = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{y_{i+1} - y_i}(y - y_i)$, dobiveni rezultati se iskoriste za crtanje grafa. Kada se poredi graf sa korakom 200 i graf sa korakom 100 vidi se da je graf sa korakom 200 neprecizniji upravo zbog manjeg broja tačaka koje su korištene za crtanje. Drugi dio zadaće sačinjavaju Simulink modeli. U prvom segmentu se kreiraju Simulink modeli za iscrtavanje grafova koji su analitički nacrtani pod b), c) i d). Ovdje se za iscrtavanje grafa uz pomoću nepotpune tabele uvodi novi blok pod nazivom 1-D Lookup Table blok. Svi grafovi odgovaraju grafovima u analitičkom djelu. U sljedećem segmentu su u Simulinku iscrtane promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću inverzne nelinearnosti te nepotpune tabele. Kako bi se te promjene dobile na ulaze blokova inverzne karakteristike odnosno karakteristike dobivene pomoću nepotpune tabele se dovodi blok koji predstavlja originalnu statičku karakteristiku. U zadnjem segmentu su prikazane promjene greški za slučajeve pod 2) i 3).

3. ZAKLJUČAK

U zadaći je prikazana linearizaciju statičkih karakteristika senzora. Jedan od načina jeste korištenje inverzne statičke karakteristike senzora. Za realizaciju inverzije kola u inženjerskoj praksi se obično koristi postupak gdje se snimi statička karakteristika senzora, te se na osnovu odstupanja stvarne statičke karakteristike od pravca usvajaju karakteristične tačke za koje treba da veza bude linearna. Prvo je pronađen izraz za inverznu statičku karakteristiku, tako što su zamjenjena mjesta (i opsezi) ulazne i izlazne veličine te je matematičkim operacijama izražena izlazna varijabla – y. U sljedećem dijelu je ta ista statička karakteristika skicirana. U trećem dijelu izvršena je linearizacije te inverzne statičke karakteristike i prikazan je izgled takve linearizovane karakteristike. U zadnjem analitičkom dijelu definisane su vrijednosti parova u nepotpunoj tabeli statičke karakteristike senzor za promjenu mjerene veličine od 0 do 800 sa korakom 100 u 200. Kada su pronađeni parovi x i y, oni se uvrste u formulu $x = x_i + \frac{x_{i+1}-x_i}{y_{i+1}-y_i}(y - y_i)$, dobiveni rezultati se iskoriste za crtanje grafa. Sa grafova je uočljivo da su oni dosta neprecizniji od standardnog načina iscrtavanje inverzne karakteristike zbog umanjenog broja točaka na rapolaganju pri crtanju. Sljedeći dio zadaće je Simulink dio. U prvom segmentu se kreiraju Simulink modeli za iscrtavanje grafova koji su analitički nacrtani pod b), c) i d). Ovdje se za iscrtavanje grafa uz pomoću nepotpune tabele uvodi novi blok pod nazivom 1-D Lookup Table blok. Svi grafovi odgovaraju grafovima u analitičkom djelu. U sljedećem segmentu su u Simulinku iscrtane promjene izlaza senzora kompenzovanog pomoću inverzne nelinearnosti te nepotpune tabele. Kako bi se te promjene dobile na ulaze blokova inverzne karakteristike odnosno karakteristike dobivene pomoću nepotpune tabele se dovodi blok koji predstavlja originalnu statičku karakteristiku. Na kraju su prikazane promjene greški za slučajeve promjene izlaza senzora kompenzovanog inverznom nelinearnošću i nepotpunom tabelom.