

## 1. Laboratorijska vježba

## Mjerenje temperature u sustavima automatizacije

Prilikom izrade ovog izvještaja koristite upute za laboratorijsku vježbu te pripadne programe u Matlabu. Ovaj izvještaj je napravljen u obliku interaktivnog PDF dokumenta. Dokument sadrži polja unutar kojih je potrebno upisati odgovore te tablice s praznim mjestima gdje je potrebno priložiti slike. Slike se prilažu u obliku "attachmenta" na pdf. Opciji za dodavanje "attachmenta" se pristupa otvaranjem alata za komentiranje u Adobe Readeru te selektiranjem gumba u obliku spajalice u nastaloj traci. Izvještaj se ocjenjuje na skali od 20 bodova dok se konačni bodovi skaliraju na 10 bodova.

IME I PREZIME

JMBAG

DATASET

## 1 Otpornički termometar KTY81/210

## Zadatak 1

bod.: /1

Navedite korištenu relaciju pretvorbe temperature  $T [^{\circ}\text{C}] = f(R) [\Omega]$  s polinomom prvog reda i višeg reda (naznačiti iznos višeg reda u formular). Izraz zapisati u formatu  $f(R) = p_1 * R^n + p_2 * R^{n-1} + \dots + p_n * R + p_{n+1}$ . Za dobivene izraze potrebno je unesti i relativnu pogrešku interpolacije. Koristite relacije izvedene za potrebe pisanja pripreme.

Tablica 1: Relacije korištene za pretvorbu otpora u temperaturu.

Red korištenog polinoma	Relacija $f(R) [\Omega]$	Greška
prvi red		
viši red		

Na jednu sliku iscrtajte ovisnost mjerene temperature i otpora za podatke iz datasheeta, polinom prvog reda i za korišteni polinom višeg reda. Vodite računa da osi budu označene (naredbe `xlabel` i `ylabel`) te da bude prikazana legenda (naredba `legend`). Obratite pažnju da prilikom iscrtavanja polinoma višeg reda vrijednosti otpora za iscrtavanje uzimate s rezolucijom od 1  $\Omega$ .

Slika ovisnosti temperature o otporu







Komentirajte rezultate. Je li opravdano koristiti polinom višeg reda naspram prvog reda? Kako se izgled krivulje ponaša povećanjem reda polinoma? Što se događa s pogreškom interpolacije?

**Zadatak 2****bod.:** /2

U tablicu 2 unesite grafičke prikaze mjerenja fizikalne veličine otpora  $R$  s paralelnim prikazom izračunate temperature dobivene na vježbi.

Tablica 2: Grafički prikaz otpora i temperature.

	Dvožično mjerenje		Četverožično mjerenje	
	Prvog reda	Višeg reda	Prvog reda	Višeg reda
Slika odziva				

Komentirajte razlike u odzivima sonde. Je li linearizacija utjecala na mjerenje i ako je kako? Komentirajte opravdanost linearizacije KTY81/210 sonde.

Ukratko objasnite princip rada četverožičnog mjerenja otpora. Komentirajte razliku između dvožičnog i četverožičnog mjerenja sondom KTY81/210. Je li četverožično mjerenje napravilo znatnu razliku? Ako je objasnite zašto. Je li, i u kojim slučajima, opravdano koristiti četverožično mjerenje s KTY81/210 sondom? Kakvo bi mjerenje koristili s ovom sondom u slučaju da znate da je otpor prijenosnih žica  $4\ \Omega$ ? Obrazložite svoj odgovor.

**Zadatak 3****bod.:** /2

Ovaj zadatak provodite s podacima dobivenim četverožičnim i dvožičnim mjerenjem uz relaciju pretvorbe predstavljenu polinomom višeg reda. Potrebno je korištenjem postupka opisanoga u pripremi provesti identifikaciju prijenosne funkcije za ovaj senzor. U tablice upišite ulazne podatke u procesu identifikacije mjerenja (podaci u prozoru "Analysis") i koeficijente najbolje identificirane funkcije.

Tablica 3: Ulazni podatci u procesu identifikacije mjerenja.



Podatak	Dvožično mjerenje	Četverožično mjerenje
Input value start		
Input value end		
Input time		

Tablica 4: Parametri identificiranog sustava.

Parametar	Dvožično mjerenje	Četverožično mjerenje
K		
D		
Z		
T1		
T2		
T3		

U pripadnu tablicu priložite sliku koja prikazuje paralelni prikaz odziva stvarnog sustava i identificiranog modela s najboljim slaganjem (najmanjom pogreškom koju ste uspjeli dobiti).

Tablica 5: Odzivi stvarnog i identificiranog sustava.

	Dvožično mjerenje	Četverožično mjerenje
Slika odziva		
Greška		

Komentirajte proces identifikacije i odziv sustava. Objasnite strukturu sustava i identificirane parametre prijenosne funkcije s obzirom na konstrukcijske karakteristike senzora (pojasnite zašto jeste odnosno niste koristili pojedine komponente pri modeliranju sustava). Ima li razlike u parametrima četverožičnog i dvožičnog sustava.

## Zaključak

Napišite kratak osvrt na KTY81/210 sondu. Koje su njene prednosti i mane? Navedite primjer u kojem biste za mjerenje temperature iskoristili KTY81/210 sondu.

## 2 Naponski termometar LM35

### Zadatak 1

**bod.:** /1

Navedite korištenu relaciju pretvorbe temperature  $T [^{\circ}\text{C}] = K \cdot (U) [\text{V}]$ . S obzirom da je senzor linearan potrebno je upisati samo jedan koeficijent pretvorbe.

Tablica 6: Koeficijent korišten za pretvorbu napona u temperaturu.

Koeficijent pretvorbe napona (K)	
----------------------------------	--


Zašto je ovaj senzor linearan? Zašto se za mjerenje koristi napon umjesto otpora? Možemo li ovaj senzor smatrati aktivnim ili pasivnim?

### Zadatak 2

**bod.:** /2

U tablicu 7 unesite grafičke prikaze mjerenja fizikalne veličine napona  $U$  s paralelnim prikazom izračunate temperature dobivene na vježbi.

Tablica 7: Grafički prikaz mjerenja napona i temperature.

Slika odziva	
--------------	---

Komentirajte odziv sonde. Usporedite odziv ove sonde s drugim odzivima dobivenim na laboratoriju.

### Zadatak 3

**bod.:** /2

Potrebno je korištenjem postupka opisanoga u pripremi provesti identifikaciju prijenosne funkcije za ovaj senzor. U tablice upišite ulazne podatke u procesu identifikacije mjerenja (podaci u prozoru "Analysis") i koeficijente najbolje identificirane funkcije.

Tablica 8: Ulazni podatci u procesu identifikacije mjerenja.

Podatak	Vrijednost
Input value start	
Input value end	
Input time	

Tablica 9: Parametri identificiranog sustava.

Parametar	Vrijednost
K	
D	
Z	
T1	
T2	
T3	

U pripadnu tablicu priložite sliku koja prikazuje paralelni prikaz odziva stvarnog sustava i identificiranog modela s najboljim slaganjem (najmanjom pogreškom koju ste uspjeli dobiti).

Tablica 10: Odzivi stvarnog i identificiranog sustava.

Slika odziva	
Greška	

Komentirajte proces identifikacije i odziv sustava. Objasnite strukturu sustava i identificirane parametre prijenosne funkcije s obzirom na konstrukcijske karakteristike senzora (pojasnite zašto jeste odnosno niste koristili pojedine komponente pri modeliranju sustava).

## Zaključak

Napišite kratak osvrt na LM35 sondu. Koje su njene prednosti i mane? Po čemu se ona razlikuje od ostalih sondi korištenih u vježbi. Navedite primjer u kojem biste za mjerenje temperature iskoristili LM35 sondu.

### 3 Otpornički termometar NTCLE100E3102GB0

#### Zadatak 1

bod.: /1

Navedite korištenu relaciju pretvorbe temperature  $T [^{\circ}C] = f(R) [\Omega]$  s polinomom prvog reda i višeg reda (naznačiti iznos višeg reda u formular). Izraz zapisati u formatu  $f(R) = p_1 * R^n + p_2 * R^{n-1} + \dots + p_n * R + p_{n+1}$ . Koristite relacije izvedene za potrebe pisanja pripreme.

Tablica 11: Relacije korištene za pretvorbu otpora u temperaturu.

Red korištenog polinoma	Relacija $f(R) [\Omega]$	Greška
prvi red		
viši red		

Na jednu sliku iscrtajte ovisnost mjerene temperature i otpora za podatke iz datasheeta, polinom prvog reda i za korišteni polinom višeg reda. Vodite računa da osi budu označene (naredbe `xlabel` i `ylabel`) te da bude prikazana legenda (naredba `legend`). Obratite pažnju da prilikom iscrtavanja polinoma višeg reda vrijednosti otpora za iscrtavanje uzimate s rezolucijom od  $1 \Omega$ .

Slika ovisnosti temperature o otporu



Komentirajte rezultate. Je li opravdano koristiti polinom višeg reda naspram linearne interpolacije? Kako se izgled krivulje ponaša s povećanjem reda polinoma? Što se događa s pogreškom interpolacije? Kako bi vi predstavili karakteristiku ovog senzora kada bi mogli slobodno birati način parametriranja krivulje senzora?

#### Zadatak 2

bod.: /2

U tablicu 12 unesite grafičke prikaze mjerenja fizikalne veličine otpora  $R$  s paralelnim prikazom izračunate temperature dobivene na vježbi.

Tablica 12: Grafički prikaz otpora i temperature.

	Dvožično mjerenje		Četverožično mjerenje	
	Prvog reda	Višeg reda	Prvog reda	Višeg reda
Slika odziva				

Komentirajte razlike u odzivima sonde. Je li linearizacija utjecala na mjerenje i ako je kako? Komentirajte opravdanost linearizacije NTCLE sonde. Vidi li se u odzivu utjecaj pogreške interpolacije?

Komentirajte razliku između dvožičnog i četverožičnog mjerenja sondom NTCLE. Je li četverožično mjerenje napravilo znatnu razliku? Ako je objasnite zašto. Je li, i u kojim slučajima, opravdano koristiti četverožično mjerenje s NTCLE sondom? Kakvo bi mjerenje koristili s ovom sondom u slučaju da znate da je otpor prijenosnih žica  $4\ \Omega$ . Obrazložite svoj odgovor.

### Zadatak 3

**bod.:** /2

Ovaj zadatak provodite sa podacima dobivenim četverožičnim i dvožičnim mjerenjem uz relaciju pretvorbe predstavljenu linearnim polinomom. Potrebno je korištenjem postupka opisanoga u pripremi provesti identifikaciju prijenosne funkcije za ovaj senzor. U tablice upišite ulazne podatke u procesu identifikacije mjerenja (podaci u prozoru "Analysis") i koeficijente najbolje identificirane funkcije.

Tablica 13: Ulazni podatci u procesu identifikacije mjerenja.



Podatak	Dvožično mjerenje	Četverožično mjerenje
Input value start		
Input value end		
Input time		

Tablica 14: Parametri identificiranog sustava.

Parametar	Dvožično mjerenje	Četverožično mjerenje
K		
D		
Z		
T1		
T2		
T3		

U pripadnu tablicu priložite sliku koja prikazuje paralelni prikaz odziva stvarnog sustava i identificiranog modela s najboljim slaganjem (najmanjom pogreškom koju ste uspjeli dobiti).

Tablica 15: Odzivi stvarnog i identificiranog sustava.

	Dvožično mjerenje	Četverožično mjerenje
Slika odziva		
Greška	1.3804	1.5965

Komentirajte proces identifikacije i odziv sustava. Objasnite strukturu sustava i identificirane parametre prijenosne funkcije s obzirom na konstrukcijske karakteristike senzora (Pojasnite zašto jeste odnosno niste koristili pojedine komponente pri modeliranju sustava).

## Zaključak

Napišite kratak osvrt na NTCLE sondu. Koje su njene prednosti i mane? Navedite primjer u kojem biste za mjerenje temperature iskoristili NTCLE sondu. Postoji li neka primjena za koju nelinearnost NTC sonde ne predstavlja veliku manu?



## 4 Otpornički termometar PT100

### Zadatak 1

bod.: /1

Navedite korištenu relaciju pretvorbe temperature  $T [^{\circ}C] = f(R) [\Omega]$  s polinomom prvog reda i višeg reda (naznačiti iznos višeg reda u formular). Izraz zapisati u formatu  $f(R) = p_1 * R^n + p_2 * R^{n-1} + \dots + p_n * R + p_{n+1}$ . Koristite relacije izvedene za potrebe pisanja pripreme.

Tablica 16: Relacije korištene za pretvorbu otpora u temperaturu.

Red korištenog polinoma	Relacija $f(R) [\Omega]$	Greška
prvi red		
viši red		

Na jednu sliku iscrtajte ovisnost mjerene temperature i otpora za podatke iz datasheeta, polinom prvog reda i za korišteni polinom višeg reda. Vodite računa da osi budu označene (naredbe `xlabel` i `ylabel`) te da bude prikazana legenda (naredba `legend`). Obratite pažnju da prilikom iscrtavanja polinoma višeg reda vrijednosti otpora za iscrtavanje uzimate s rezolucijom od  $1 \Omega$ .

Slika ovisnosti temperature o otporu



Komentirajte rezultate. Je li opravdano koristiti polinom višeg reda naspram linearne interpolacije? Kako se izgled krivulje ponaša povećanjem reda polinoma? Što se događa s pogreškom interpolacije?

### Zadatak 2

bod.: /2

U tablicu 17 unesite grafičke prikaze mjerenja fizikalne veličine otpora  $R$  s paralelnim prikazom izračunate temperature dobivene na vježbi.

Tablica 17: Grafički prikaz otpora i temperature.

	Dvožično mjerenje		Četverožično mjerenje	
	Grijanje	Hlađenje	Grijanje	Hlađenje
Slika odziva				

Komentirajte razlike u odzivima sonde. Zašto je odziv sonde u pećnici tako spor a u vodi brz? Koji zaključak iz toga izvodite o stvarnoj upotrebi sonde?

Komentirajte razliku između dvožičnog i četverožičnog mjerenja sondom PT100. Je li četverožično mjerenje napravilo znatnu razliku? Ako je objasnite zašto. Je li, i u kojim slučajima, opravdano koristiti četverožično mjerenje s PT100 sondom? Kakvo bi mjerenje koristili s ovom sondom u slučaju da znate da je otpor prijenosnih žica  $4\ \Omega$ . Obrazložite svoj odgovor.

### Zadatak 3

**bod.:** /2

Ovaj zadatak provodite sa podacima dobivenim četverožičnim uz relaciju pretvorbe predstavljenu linearnim polinomom. Potrebno je korištenjem postupka opisanoga u pripremi provesti identifikaciju prijenosne funkcije za ovaj senzor. U tablice upišite ulazne podatke u procesu identifikacije mjerenja (podaci u prozoru "Analysis") i koeficijente najbolje identificirane funkcije.

Tablica 18: Ulazni podaci u procesu identifikacije mjerenja.



Podatak	Grijanje	Hlađenje
Input value start		
Input value end		
Input time		

Tablica 19: Parametri identificiranog sustava.

Parametar	Grijanje	Hlađenje
K		
D		
Z		
T1		
T2		
T3		

U pripadnu tablicu priložite sliku koja prikazuje paralelni prikaz odziva stvarnog sustava i identificiranog modela s najboljim slaganjem (najmanjom pogreškom koju ste uspjeli dobiti).

Tablica 20: Odzivi stvarnog i identificiranog sustava.

	Grijanje	Hlađenje
Prikaz odziva		
Greška		

Komentirajte proces identifikacije i odziv sustava. Objasnite strukturu sustava i identificirane parametre prijenosne funkcije s obzirom na konstrukcijske karakteristike senzora (Pojasnite zašto jeste odnosno niste koristili pojedine komponente pri modeliranju sustava).

## Zaključak

Napišite kratak osvrt na PT100 sondu. Koje su njene prednosti i mane? Navedite primjer u kojem bi za mjerenje temperature iskoristili PT100 sondu.