

Upravljanje brzinom motora jednosmerne struje primenom analogne negativne povratne sprege

Diplomski rad

Mentor: Prof. Dr Radivoje Đurić

Kandidat: David Milovanović

Univerzitet u Beogradu
Elektrotehnički fakultet

28. septembar 2022.

Pregled

1. Teorijski uvod

- 1.1 Sistemi automatskog upravljanja
- 1.2 Motor stalne struje
- 1.3 Rotacioni enkoder
- 1.4 Pretvarač učestanosti u napon
- 1.5 Negativna povratna sprega
- 1.6 Regulatori
- 1.7 Pojačavači snage

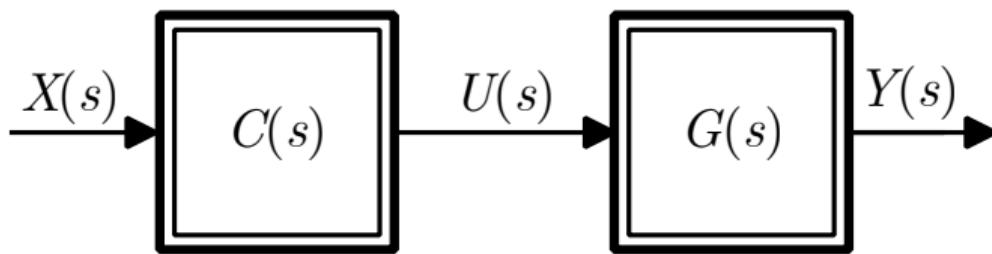
2. Karakteristike korišćenih komponenti

- 2.1 Merenje karakteristike motora
- 2.2 Pretvarač učestanosti u napon
- 2.3 Karakteristike pojačavača snage

3. Rezultati i diskusija

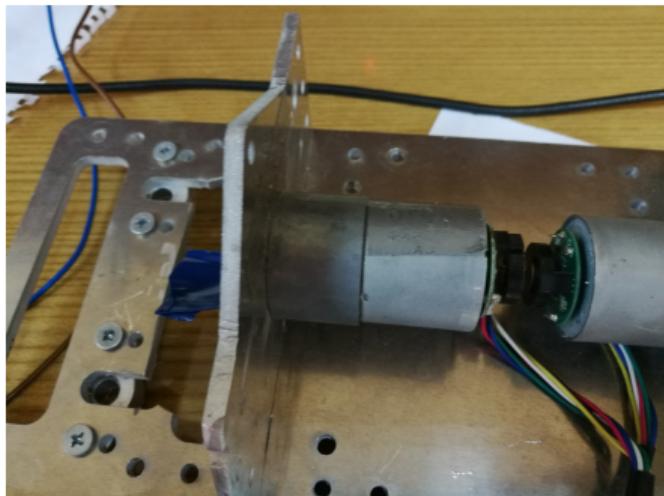
Teorijski uvod

Sistemi automatskog upravljanja

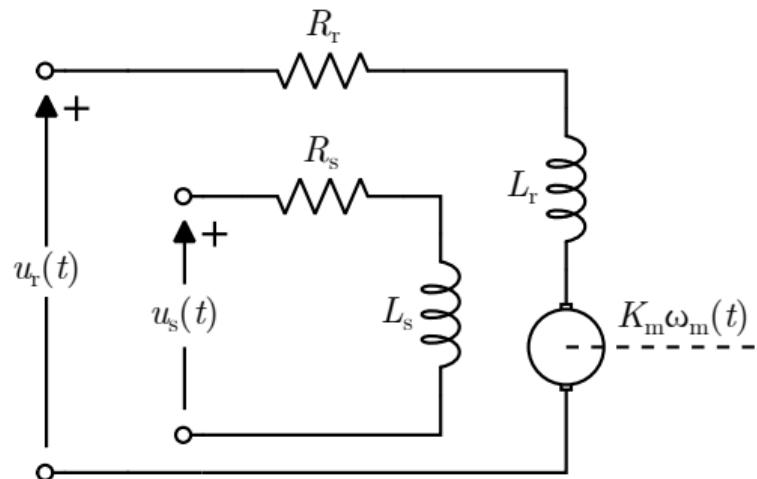


Slika: Opšta blok šema sistema automatskog upravljanja.

Motor stalne struje

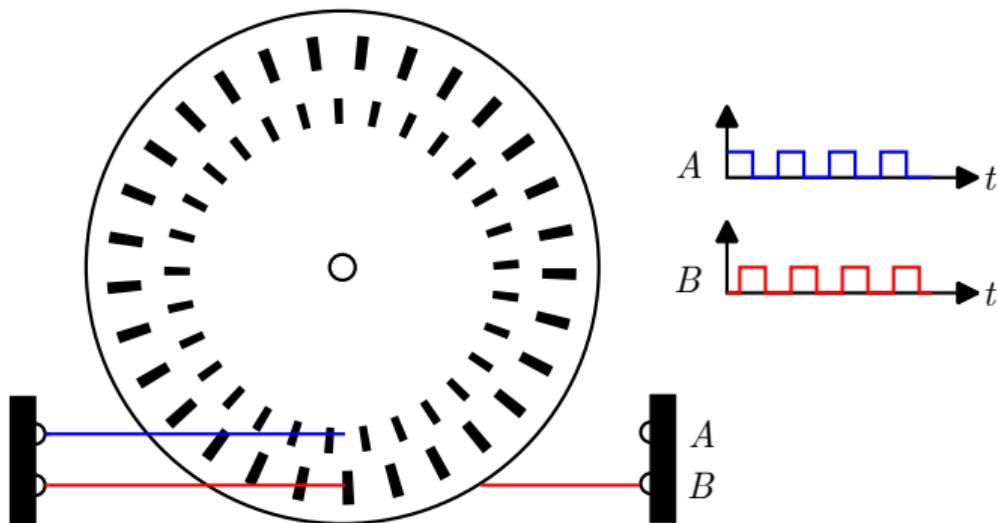


Slika: Motor stalne struje.



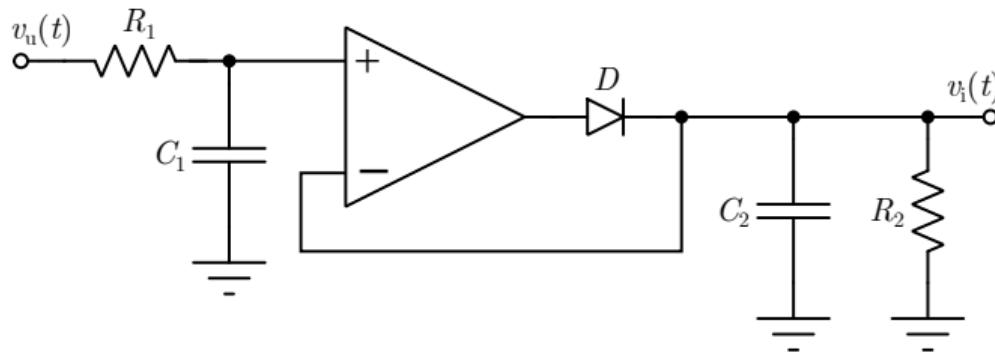
Slika: Model motora stalne struje.

Rotacioni enkoder



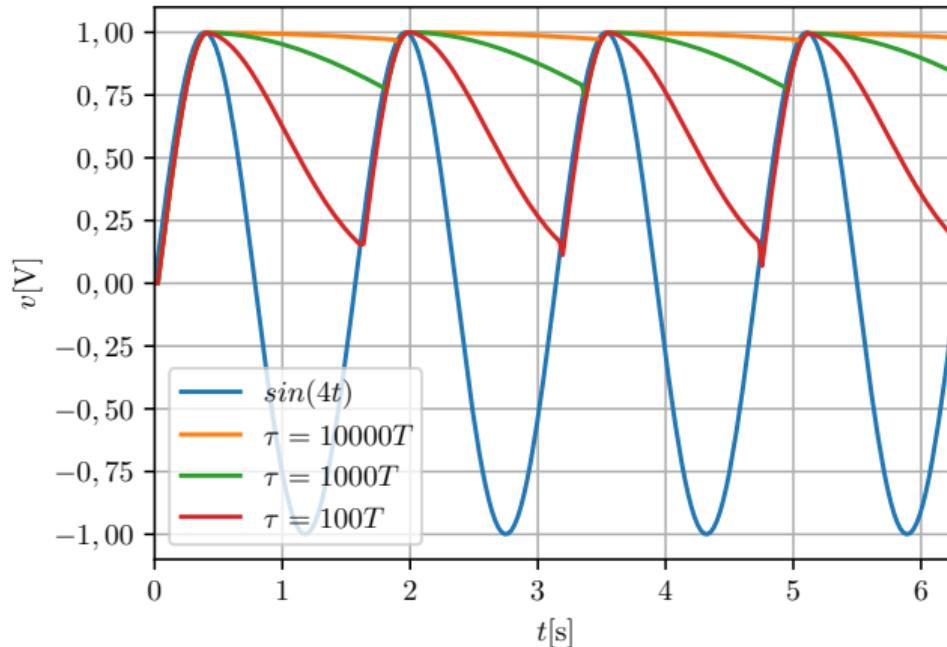
Slika: Rotacioni enkoder.

Pretvarač učestanosti u napon



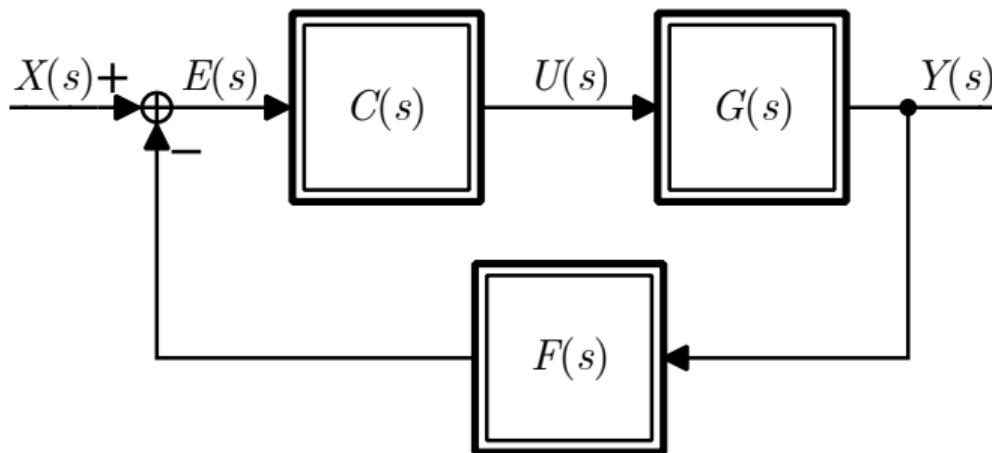
Slika: Električna šema pretvarača učestanosti u napon.

Pretvarač učestanosti u napon



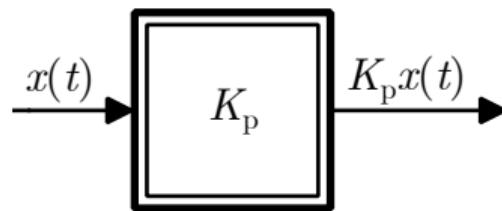
Slika: Primer ulaznog signala i nekoliko izlaznih signala pretvarača učestanosti u napon.

Negativna povratna sprega



Slika: Opšta blok šema sistema sa negativnom povratnom spregom.

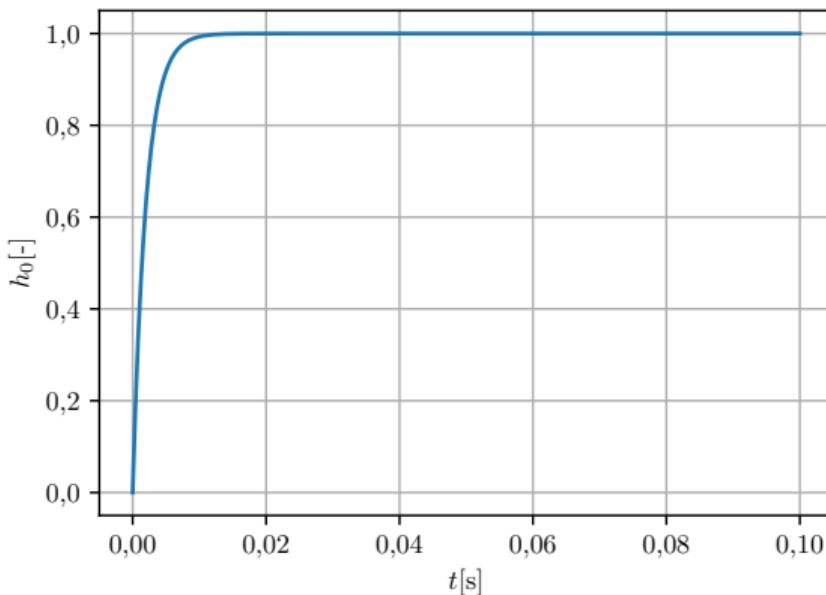
P regulator



Slika: Opšta blok šema P regulatora.

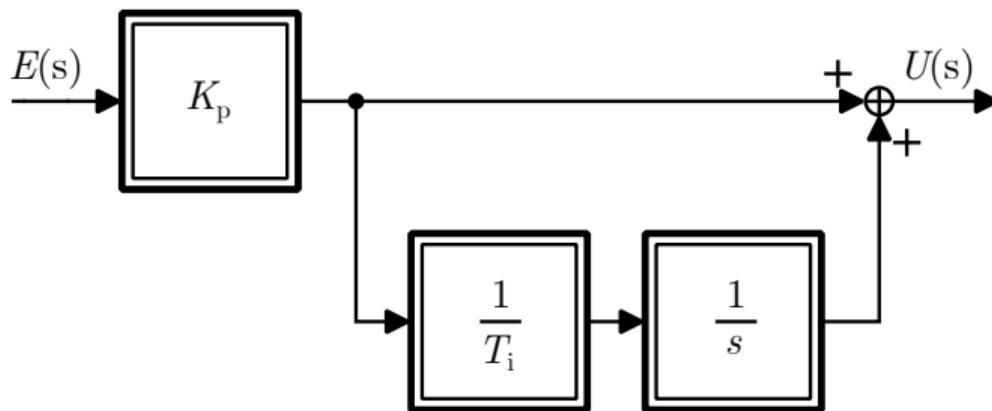
Bang-bang regulator

$$K_p \rightarrow \infty$$



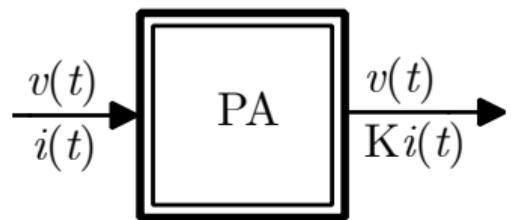
Slika: Očekivani napon na izlazu bang-bang regulatora.

PI regulator



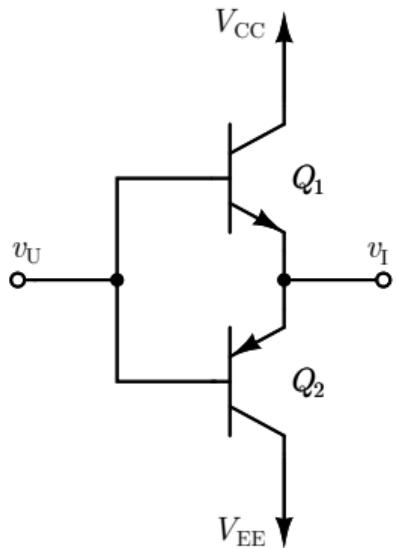
Slika: Opšta blok šema sistema sa PI regulatorom.

Pojačavač snage

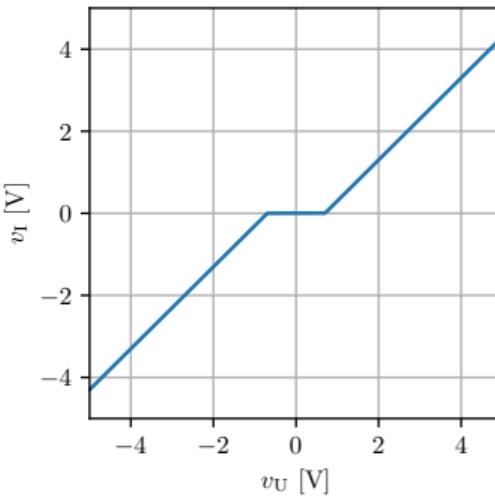


Slika: Opšta blok šema sistema sa negativnom povratnom spregom.

Pojačavač snage u klasi B

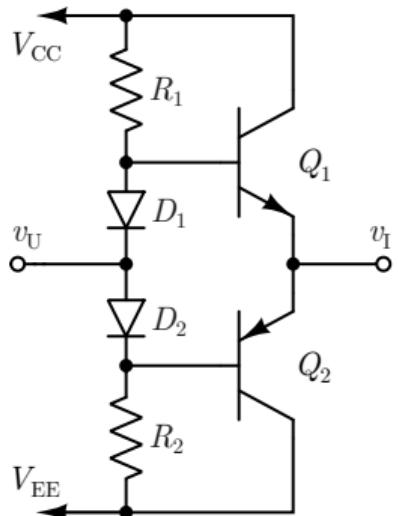


Slika: Pojačavač snage u klasi B.

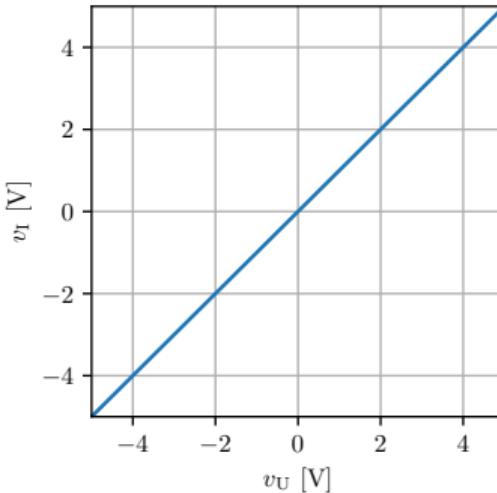


Slika: Jednosmerna prenosna karakteristika.

Pojačavač snage u klasi AB



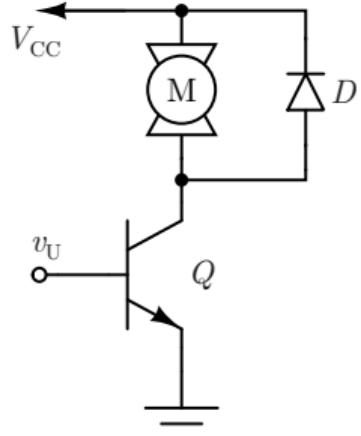
Slika: Pojačavač snage u klasi B.



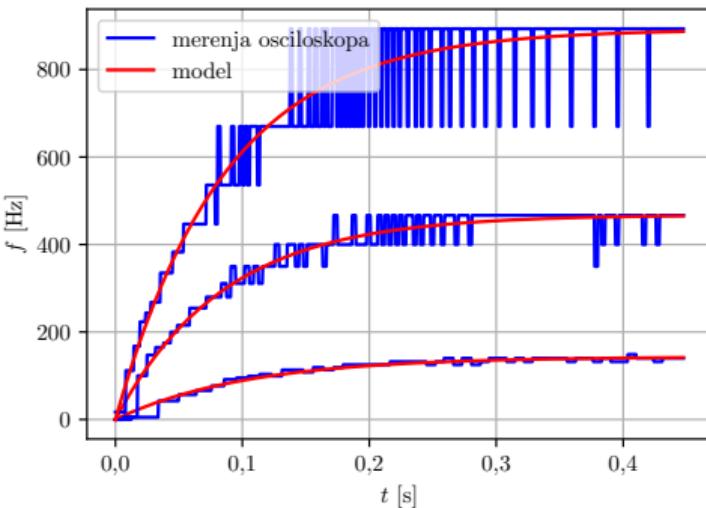
Slika: Jednosmerna prenosna karakteristika.

Karakteristike korišćenih komponenti

Merenje karakteristike motora



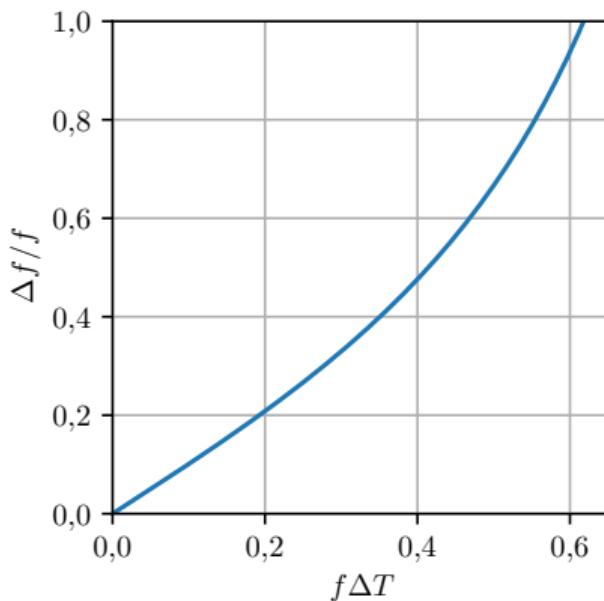
Slika: Električna šema za testiranje motora.



Slika: Grafik preklopljenih izmerenih i modela karakteristike motora.

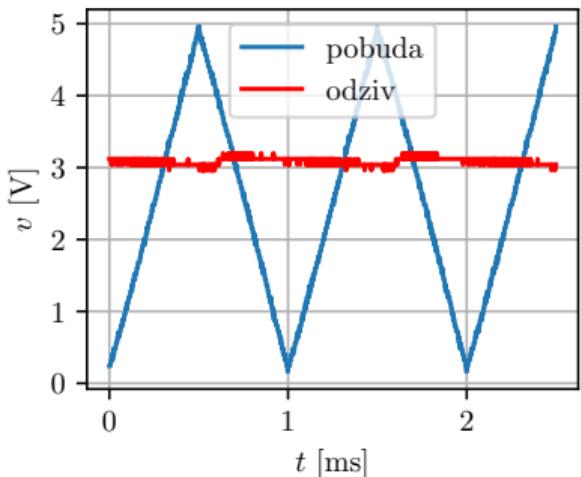
Greška merenja

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f \Delta t}{1 - (f \Delta t)^2}$$

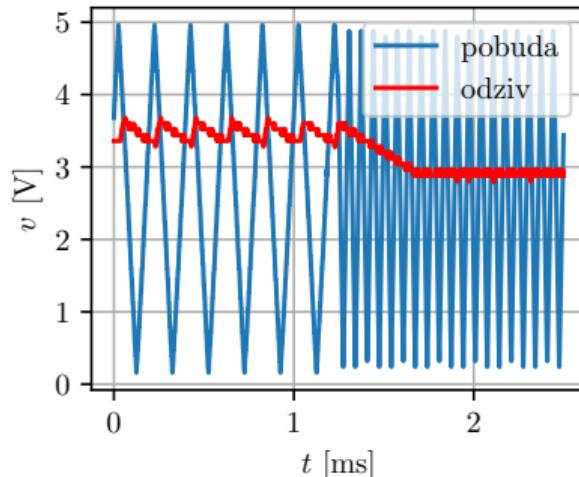


Slika: Odnos normalizovane relativne greške u odnosu na normalizovanu frekvenciju.

Pretvarač učestanosti u napon

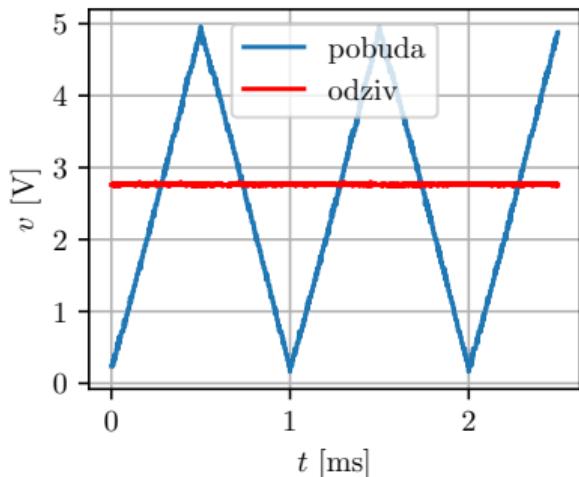


Slika: Odziv pretvarača na pobudu konstantne frekvencije.

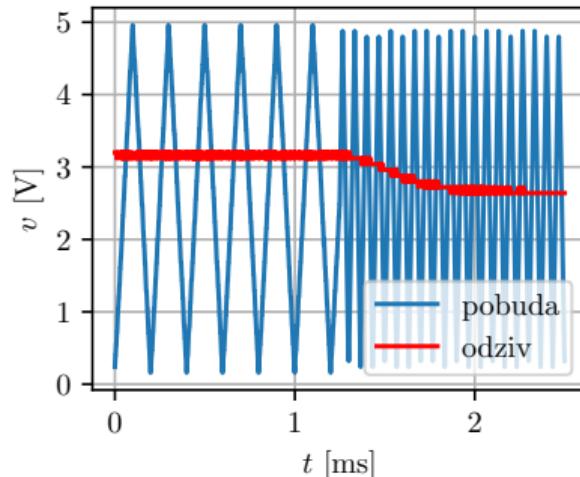


Slika: Odziv pretvarača na skokovitu promenu frekvencije pobudnog napona.

Pretvarač učestanosti u napon sa filtrom

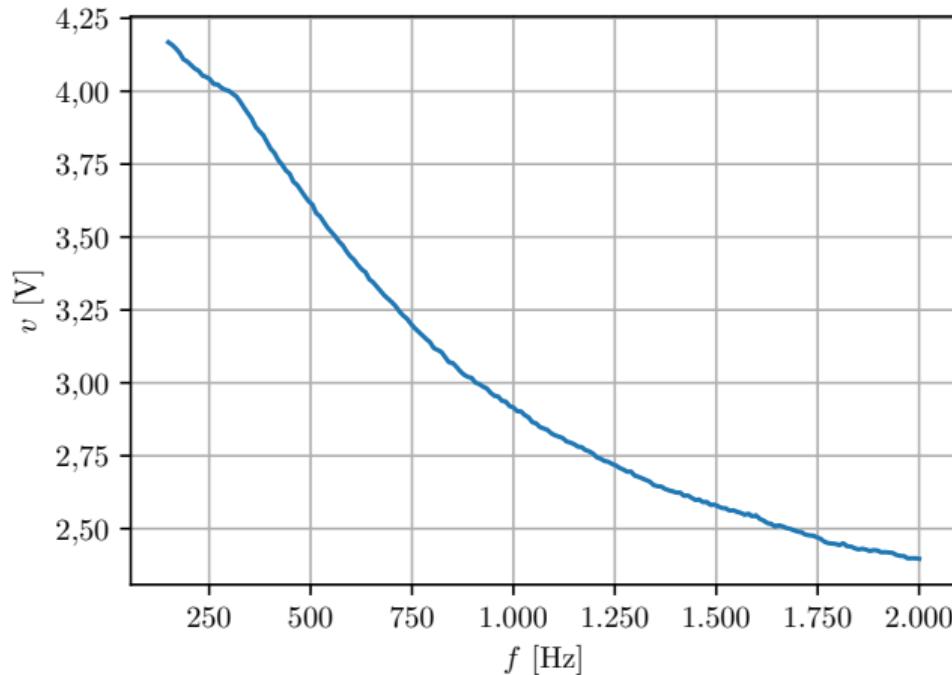


Slika: Odziv pretvarača na pobudu konstantne frekvencije.



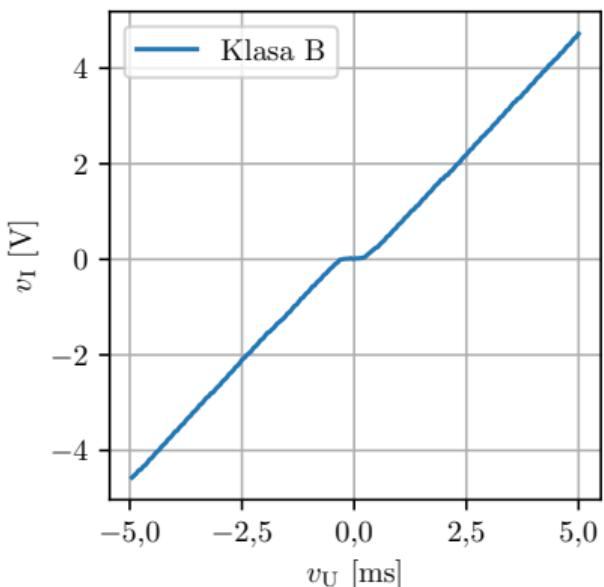
Slika: Odziv pretvarača na skokovitu promenu frekvencije pobudnog napona.

Karakteristika pretvarača frekvencije u napon

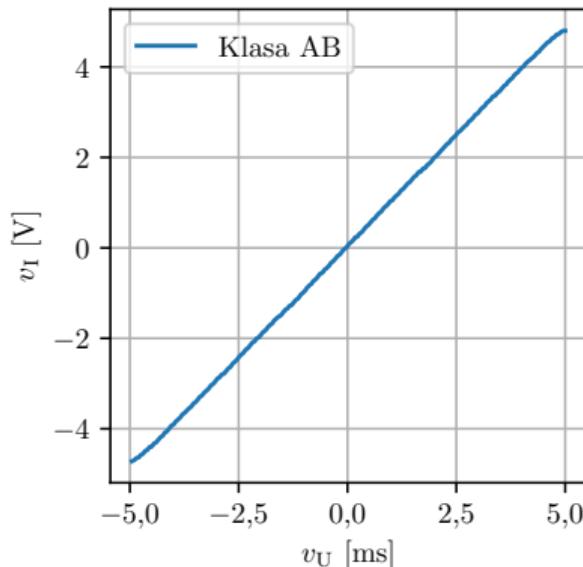


Slika: Prenosna karakteristika pretvarača učestanosti.

Karakteristike pojačavača snage

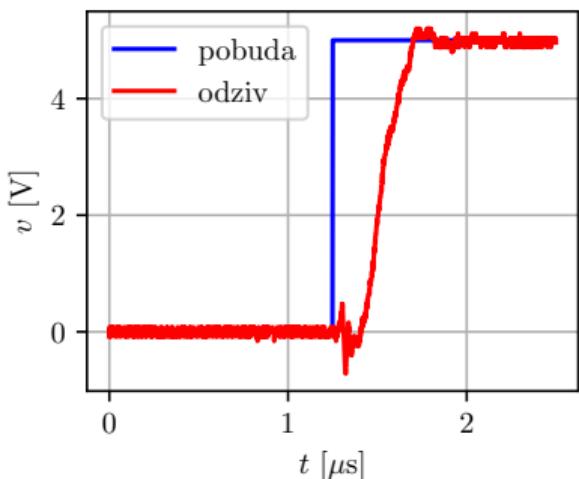


Slika: Izmerena statička karakteristika pojačavača snage u klasi B.

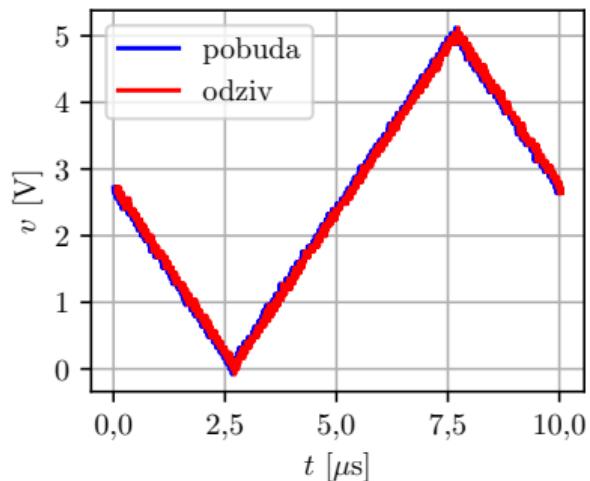


Slika: Izmerena statička karakteristika pojačavača snage u klasi AB.

Karakteristike pojačavača snage

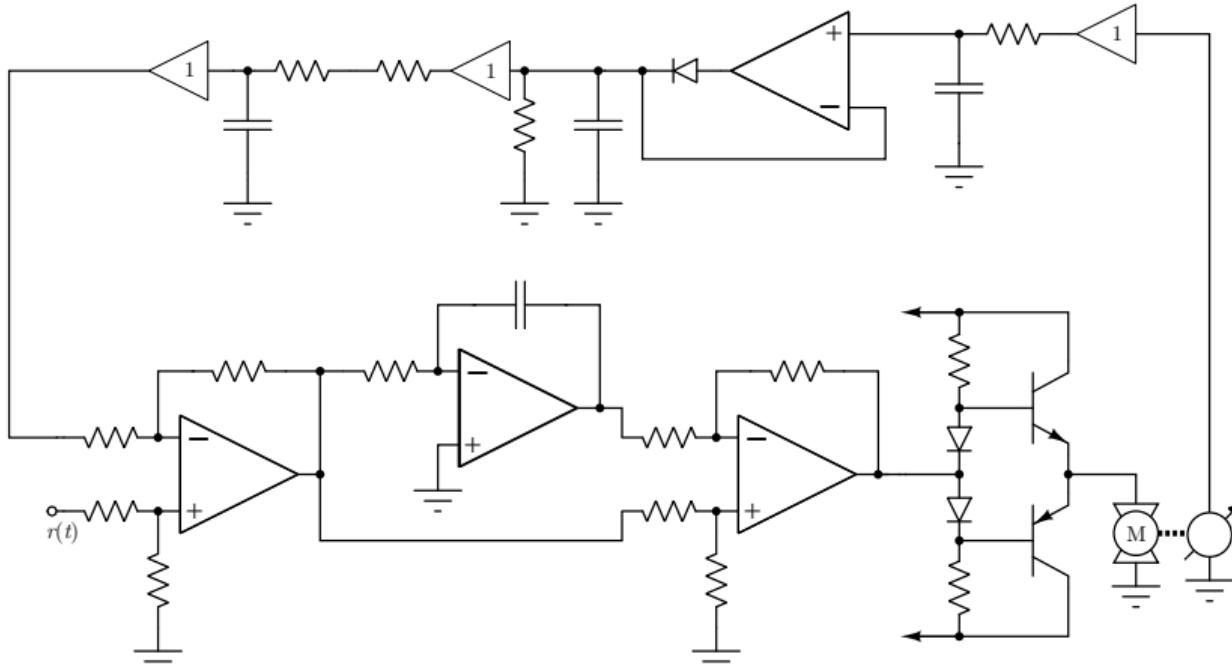


Slika: Izmeren odziv pojačavača u klasi AB na odskočnu pobudu.



Slika: Izmeren odziv pojačavača u klasi AB na rampu.

Kompletan sistem



Slika: Blok šema celog sistema.

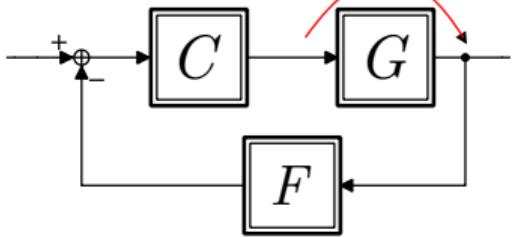
Radno merno okruženje



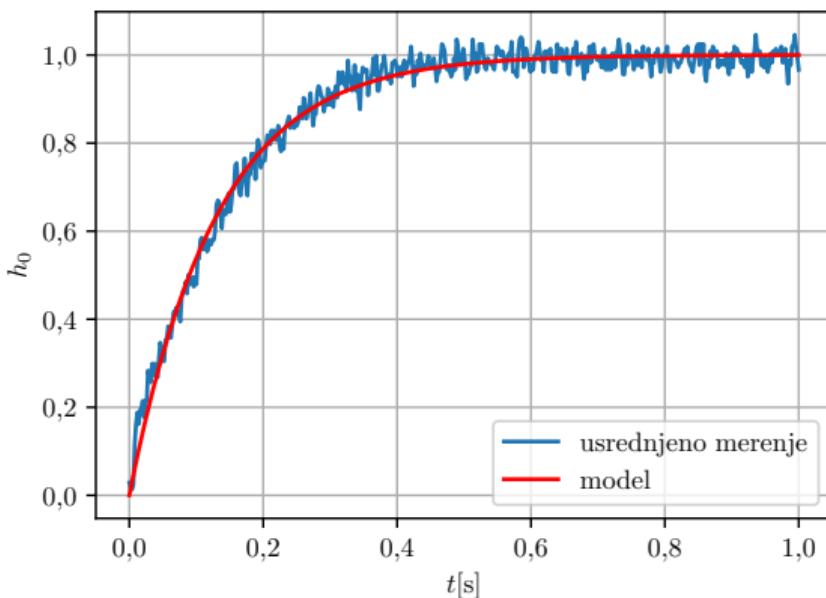
Slika: Radno okruženje sa projektovanim sistemom i aparaturom za merenje.

Rezultati i diskusija

Rezultati merenja karakteristike motora

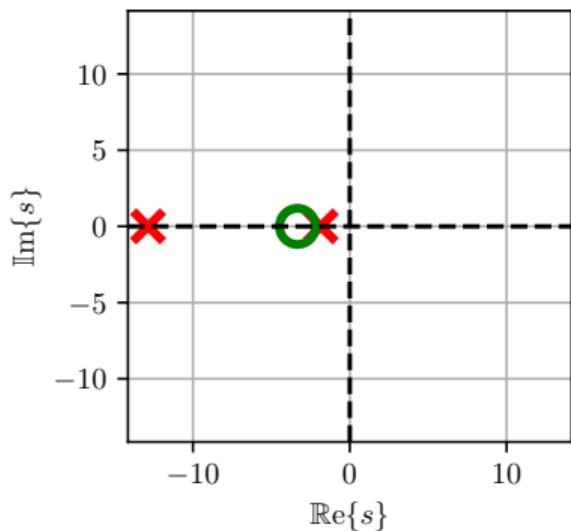


Slika: Blok šema.

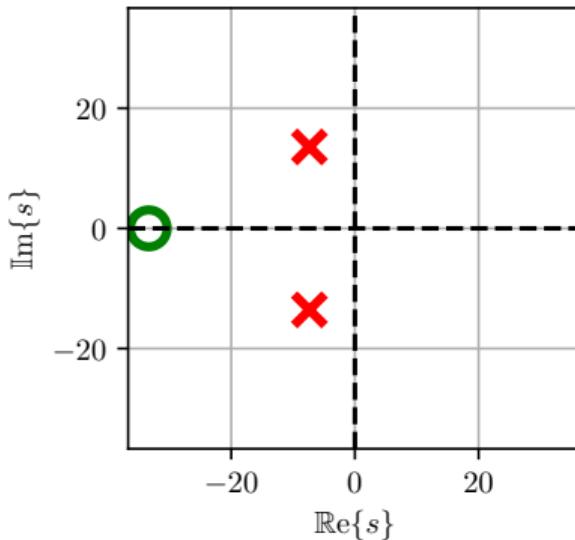


Slika: Usrednjeni relativni odziv sistema i njegov model sa parametrima $K_m = 0.314$ i $T_m = 132$ ms.

Pozicije nula i polova sistema

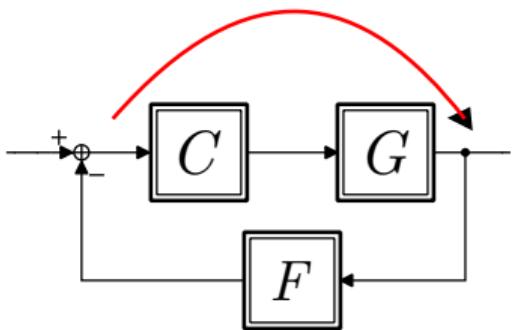


Slika: Pozicija nula i polova prenosne funkcije za sistem bez preskoka.

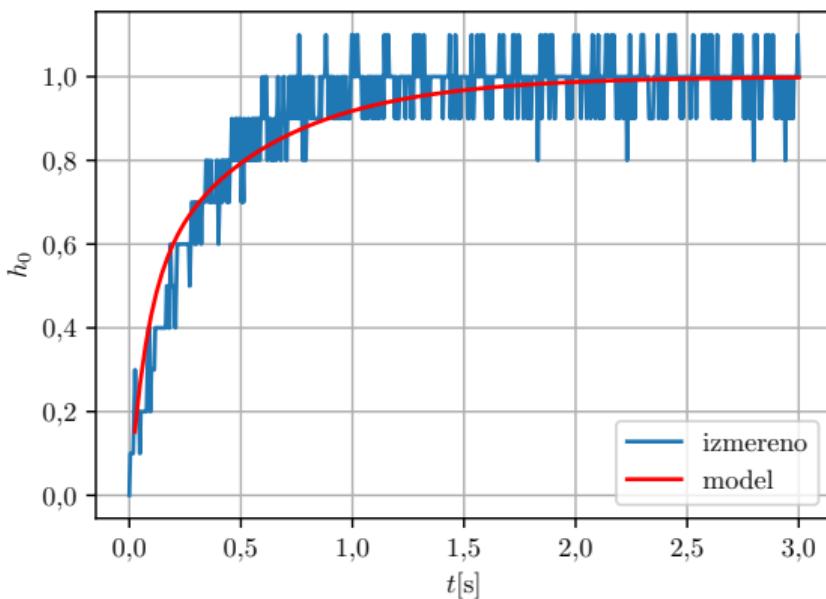


Slika: Pozicija nula i polova prenosne funkcije za sistem sa preskokom.

Rezultati merenja sistema

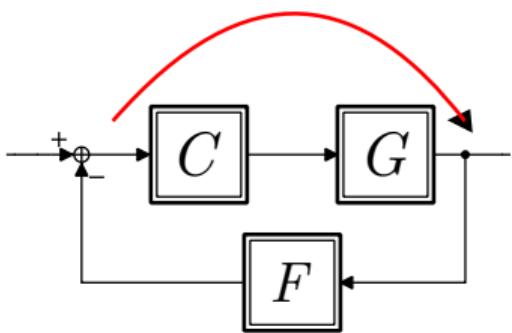


Slika: Blok šema.

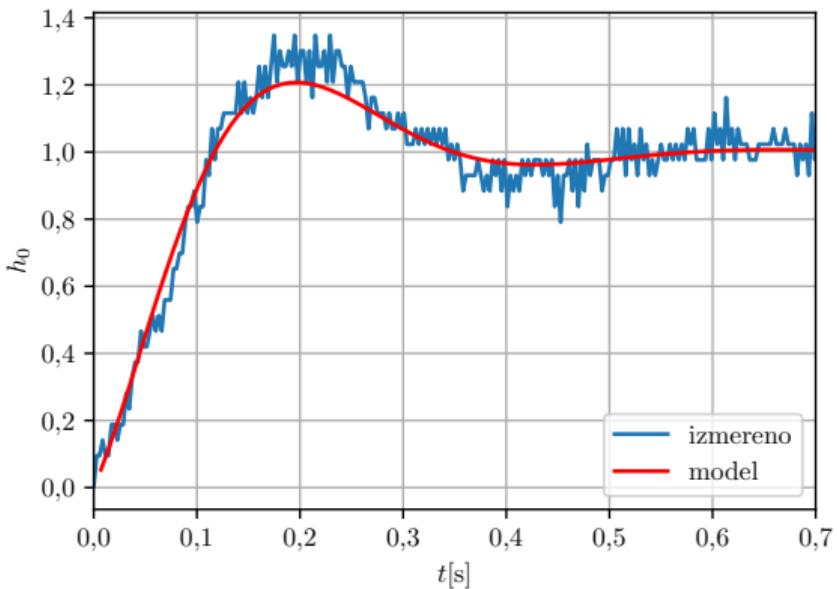


Slika: Odskočni odziv sistema sa parametrima PI regulatora $K_p = 3$ i $T_i = 100$ ms.

Rezultati merenja sistema



Slika: Blok šema.



Slika: Odskočni odziv sistema sa parametrima PI regulatora $K_p = 3$ i $T_i = 10 \text{ ms}$.

Zaključak

- Teorija - modeli - merenja
- Preporuke za dalje modifikacije
 - Model motora
 - Smer okretanja
 - FV pretvarač
 - Hlađenje

Zahvalnost

Hvala na pažnji!