

**ELEKTROTEHNI^KI FAKULTET
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

-magistarska teza-

**Sinteza digitalnog polinomnog regulatora
brzine brzinskog servo pogona**

Mentor:

Prof. Dr Slobodan Vukosavi}

Kandidat:

Milun Peri{i} dipl. in`.

Sadr`aj rada

Predmet istra`ivawa:

- ◆ **Upravqawe brzinom servo pogona visokih performansi**

Predla`e se:

- ◆ **Metod optimalnog pode{avawa parametara digitalnog regulatora brzine**
- ◆ **Modifikovana forma polinoma opservera**

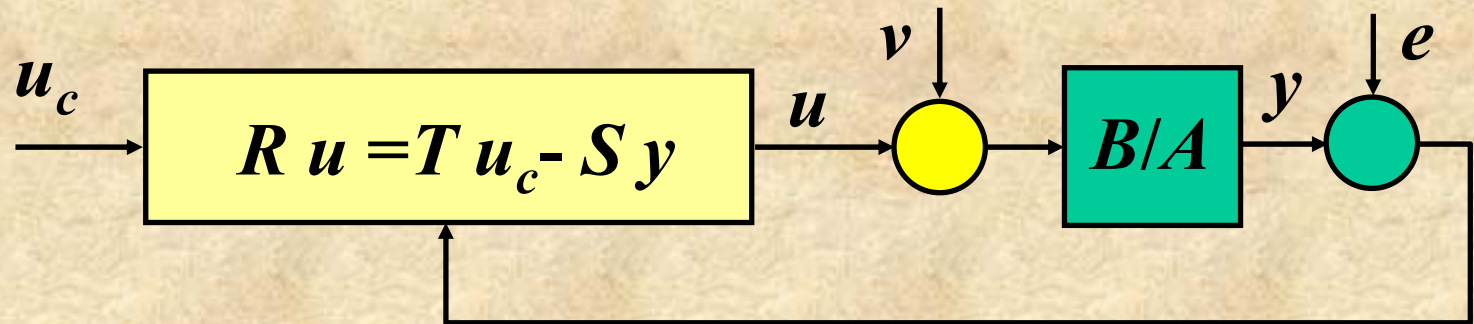
Sadr`aj rada

Prikazani su:

- ◆ **Algoritam za sintezu polinomnog regulatora**
- ◆ **Parametarska optimizacija polinomnog regulatora**
- ◆ **Efekti primene predlo`ene strukture regulatora u servo sistemu DBM01 zasnovani na ra~unarskim simulacijama**

Pole placement

- ◆ Skup metoda za kreiranje karakteristika sistema sa zatvorenim povratnim spregom



Sistem sa zatvorenim povratnim spregom

$$y = (B T u_c + B R v - B S e) / (A R + B S)$$

Pole placement

- ◆ Izjednačavanjem funkcije prenosa sistema sa zatvorenom povratnom spregom i `egene funkcije prenosa, dobijaju se sledeće jednakosti

$$A(z)R(z) + B(z)S(z) = A_m(z)B^+(z)A_o(z)$$

$$B(z)T(z) = B_m(z)B^+(z)A_o(z)$$

- ◆ Prva jednačina je Diofantova polinomna jednačina

Pole placement

- ◆ **Da bi sistem sa zatvorenom povratnom spregom bio kauzalan moraju se zadovoljiti nejednakosti**

$$\deg A_m(z) - \deg B_m(z) \geq \deg A(z) - \deg B(z)$$

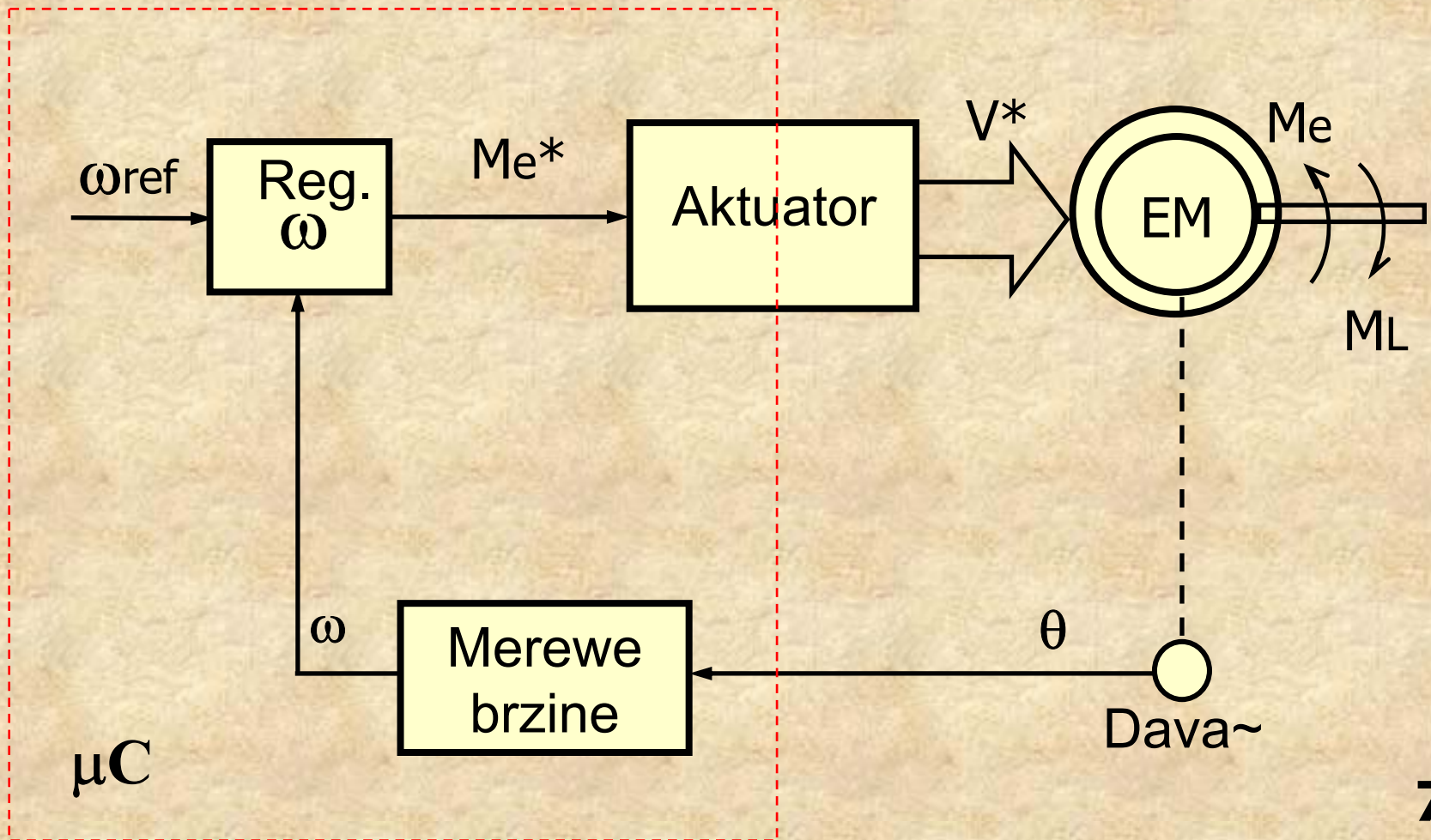
$$\deg A_o(z) \geq 2\deg A(z) - \deg A_m(z) - \deg B^+(z) - 1$$

$$\deg R(z) \geq \deg T(z)$$

$$\deg R(z) \geq \deg S(z).$$

Brzinski servomehanizam

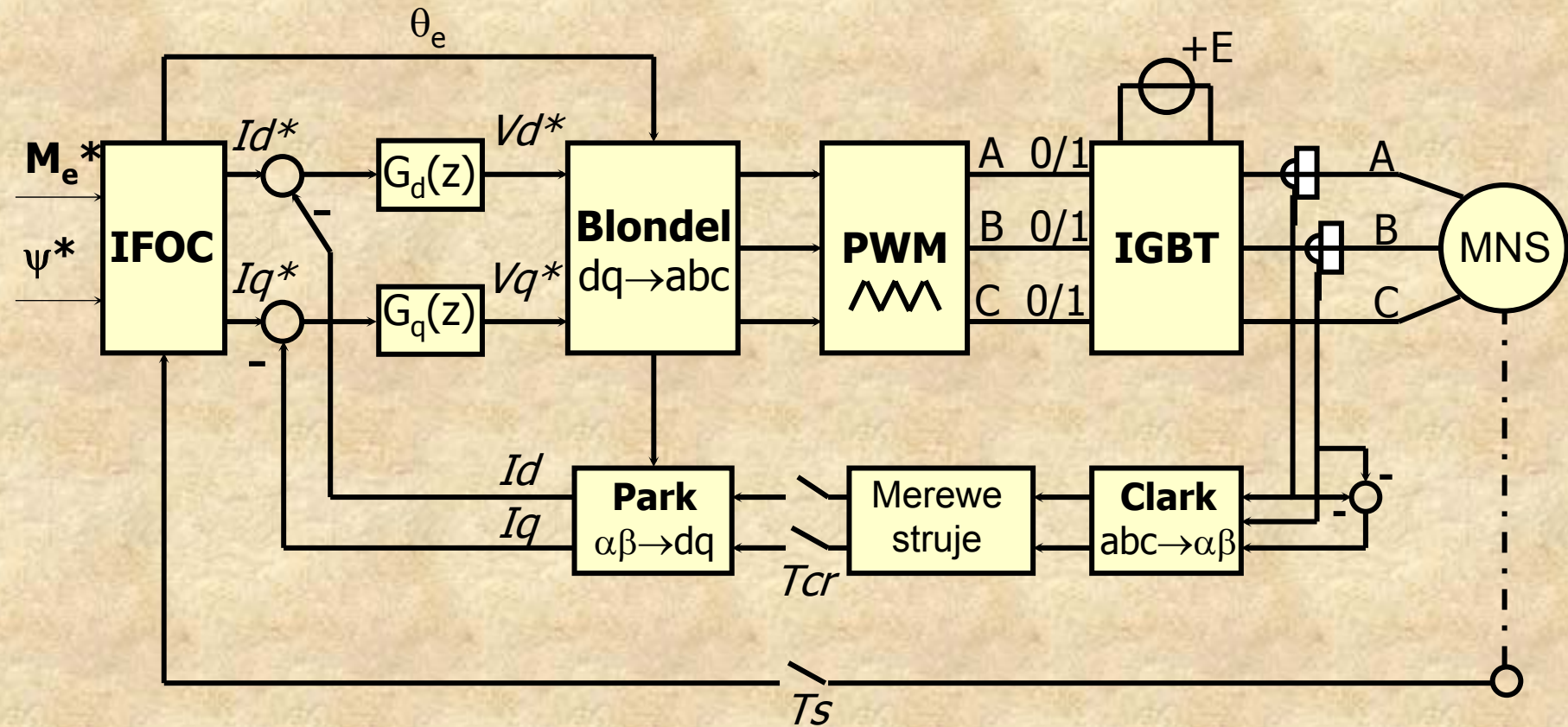
Slika 1. Opšta blok-šema.



Savremeni brzinski servomehanizmi koriste:

- ◆ **Aktuator** - PWM inverter sa digitalnom regulacijom statorske struje
- ◆ **Dava~** - elektromagnetni rizolver sa sinhrokonvertorom
- ◆ **Elektri~nu ma{inu** - asinhroni motor ili sinhroni motor sa permanentnim magnetima

Aktuator



Slika 2. Aktuator sa digitalnom regulacijom statorske struje.

Aktuator

U digitalnom upravljanju statorkom strujom,

- ◆ **javqa se problem merewa struje**
- ◆ **prora~un upravqa~kog signala uti~e na dinamiku digitalne strujne petqe**
- ◆ **ograni~ena je mogu}nost smawewa periode odabirawa T_s**

Aktuator

◆ U vektorskom upravljanju, konačna brzina odziva statorske struje za posledicu ima kašnjenje izlaznog momenta $M_N S$

◆ U prvoj aproksimaciji, kašnjenje aktuatora možemo modelovati dominantno vremenskom konstantom

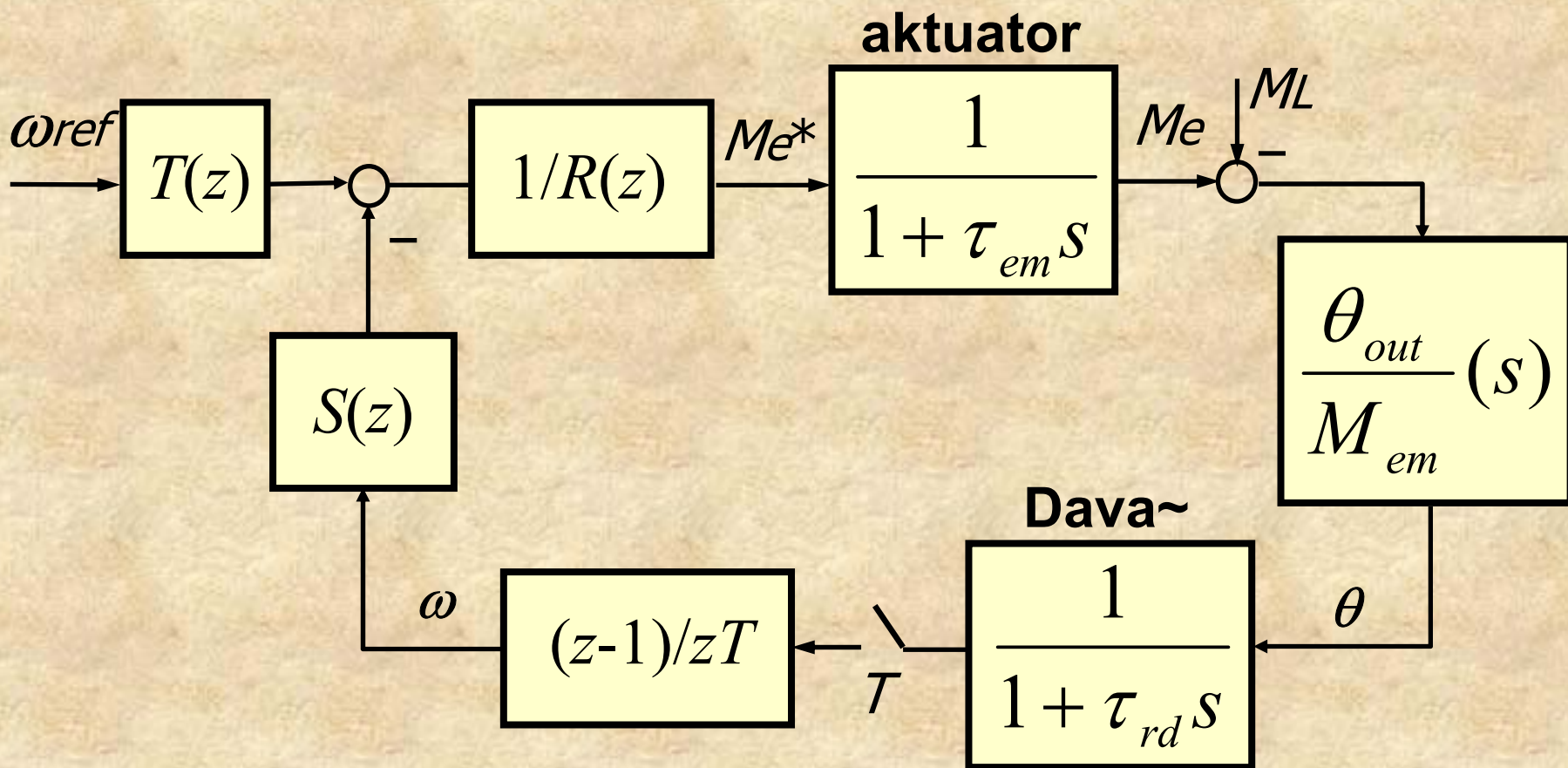
$$\frac{M_e(s)}{M_e^*(s)} \approx \frac{1}{1 + \tau_{em} s}$$

Dava~

- ◆ Digitalni ekvivalent pozicije u sinhrokonvertoru kasni za kontinualnom pozicijom
- ◆ U prvoj aproksimaciji, ka{wewe sinhrokonvertora mo`emo modelovati dominantnom vremenskom konstantom

$$\frac{\theta_{out}}{\theta_{in}}(s) \cong \frac{K_n}{1 + \tau_{rd} s},$$

Struktura brzinskog servomehanizma



Slika 3. Struktura brzinskog servomehanizma sa ura~unatim ka~wewima.

Diskretizacija kontinualnog sistema

Na osnovu modela kontinualnog sistema potrebno je izvršiti diskretizaciju sistema sa periodom odabirawa T

Ka{wewe aktuatora i sinhrokonvertora mo`emo modelovati vremenskim ka{wewem prvog reda

$$W_e(s) = \frac{1}{1 + ds} \quad d = \sqrt{\tau_{em}^2 + \tau_{rd}^2}.$$

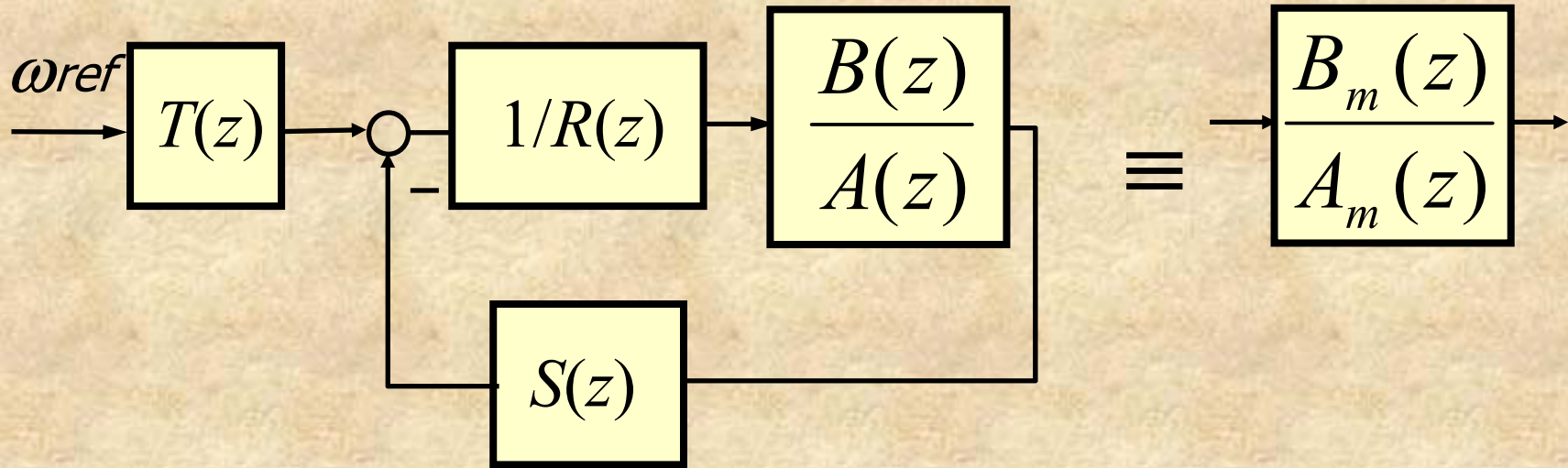
Diskretizacija kontinualnog sistema

◆ Rezultat diskretizacije kontinualnog dela sistema je diskretna funkcija prenosa $B(z)/A(z)$

◆ @eqena funkcija prenosa sistema sa zatvorenim povratnom spregom je:

$$H_m(z) = \frac{(1-\sigma)^n}{(z-\sigma)^n}.$$

Sinteza regulatora



$$\frac{B_m(z)}{A_m(z)} = \frac{B(z)T(z)}{A(z)R(z) + B(z)S(z)}$$

Slika 4. Struktura brzinskog servomehanizma.

Sinteza regulatora

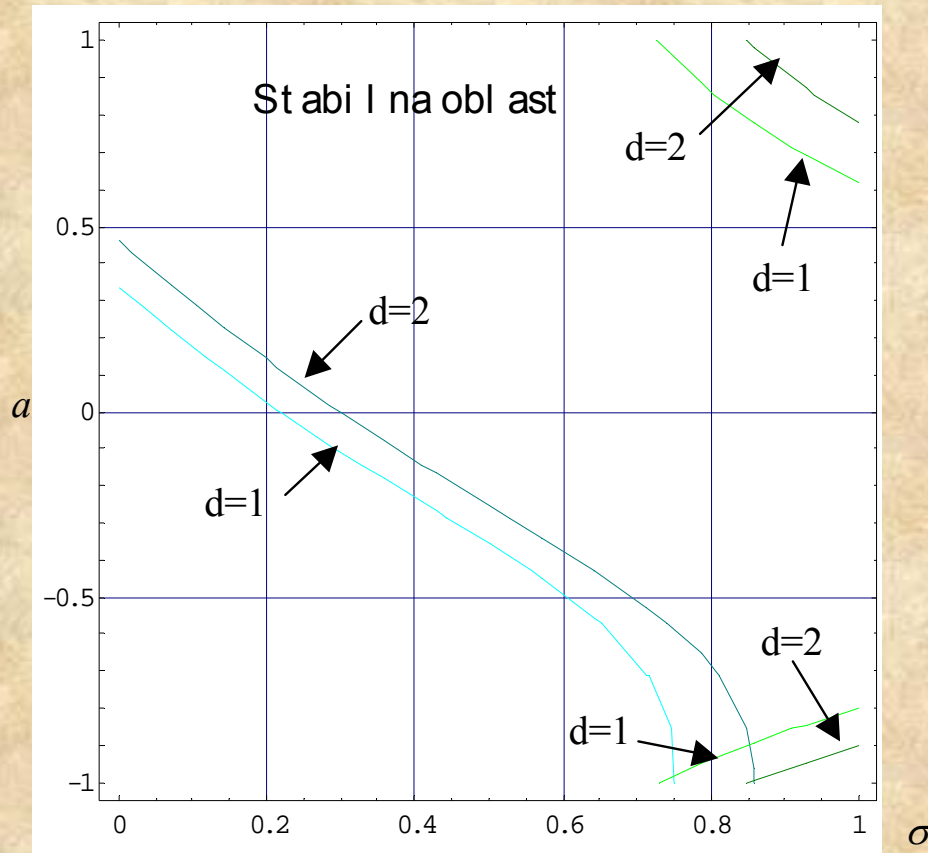
Polinom opservera

$$A_o^{3rd}(z) = (z - a)^2$$

$$A_o^{5rd}(z) = (z - a)^2 (z^2 + c_1 z + c_2)$$

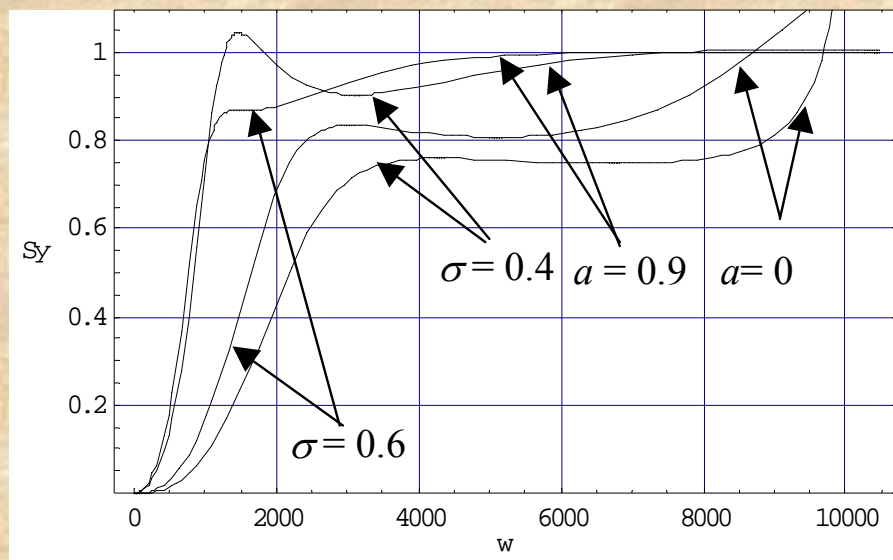
Optimalne vrednosti parametara σ i a nalaze se parametarskom optimizacijom koja se sprovodi *Jury*-jevim kriterijumom stabilnosti polinoma $R(z)$ i minimizacijom funkcije osetljivosti na promene parametara procesa.

Parametarska optimizacija



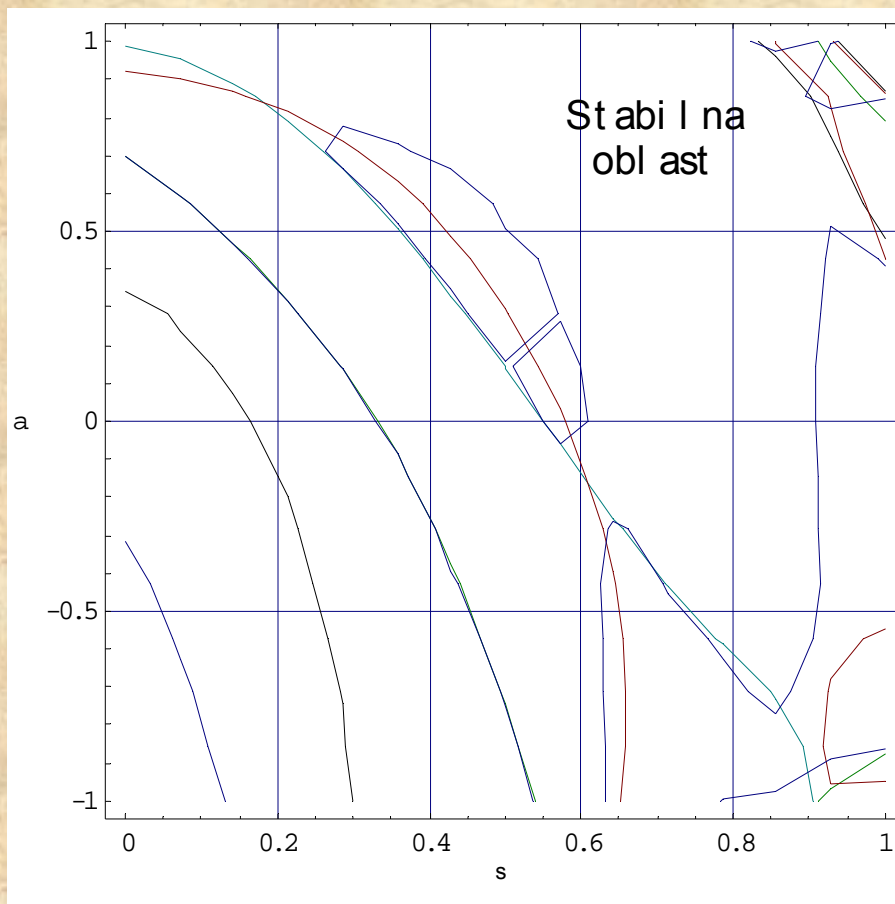
Slika 5. Stabilna oblast polova σ i a za sistem trećeg reda.

Parametarska optimizacija



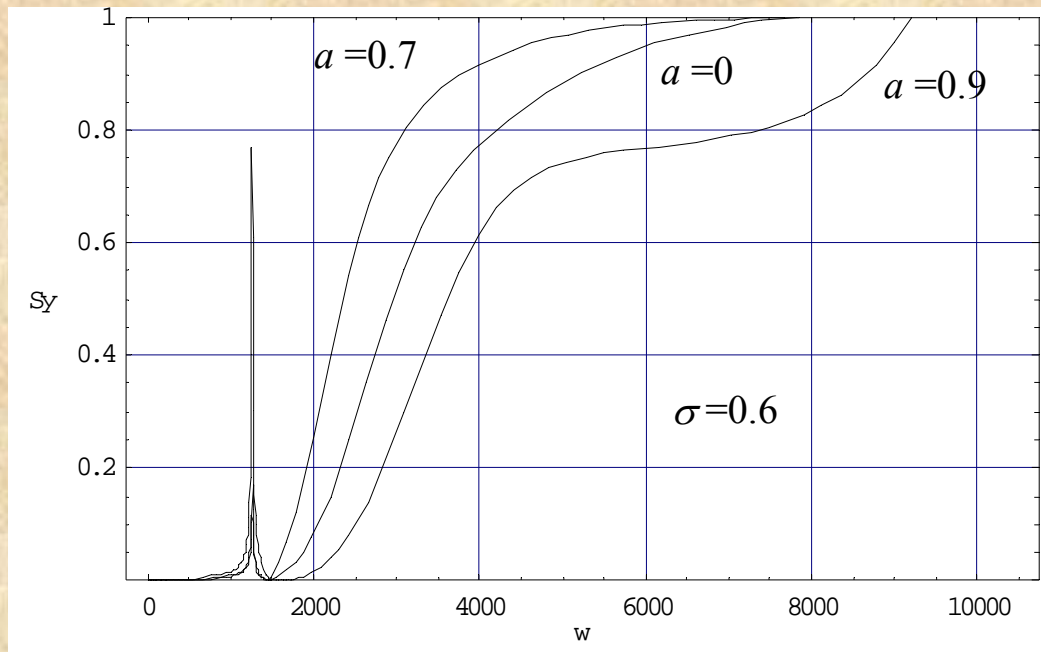
Slika 6. Zavisnost funkcije osetljivosti od polova σ i a za sistem trećeg reda.

Parametarska optimizacija



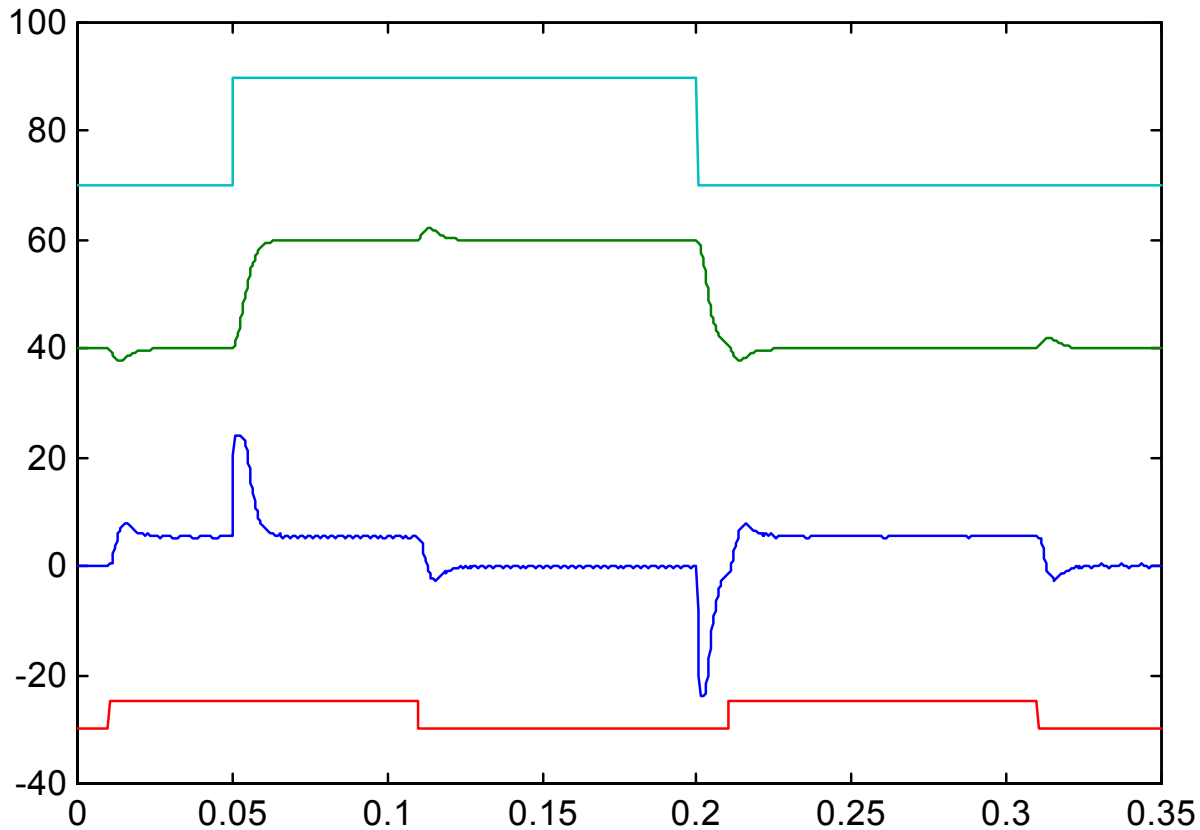
Slika 7. Stabilna oblast polova σ i a za sistem petog reda i $d=2$.

Parametarska optimizacija



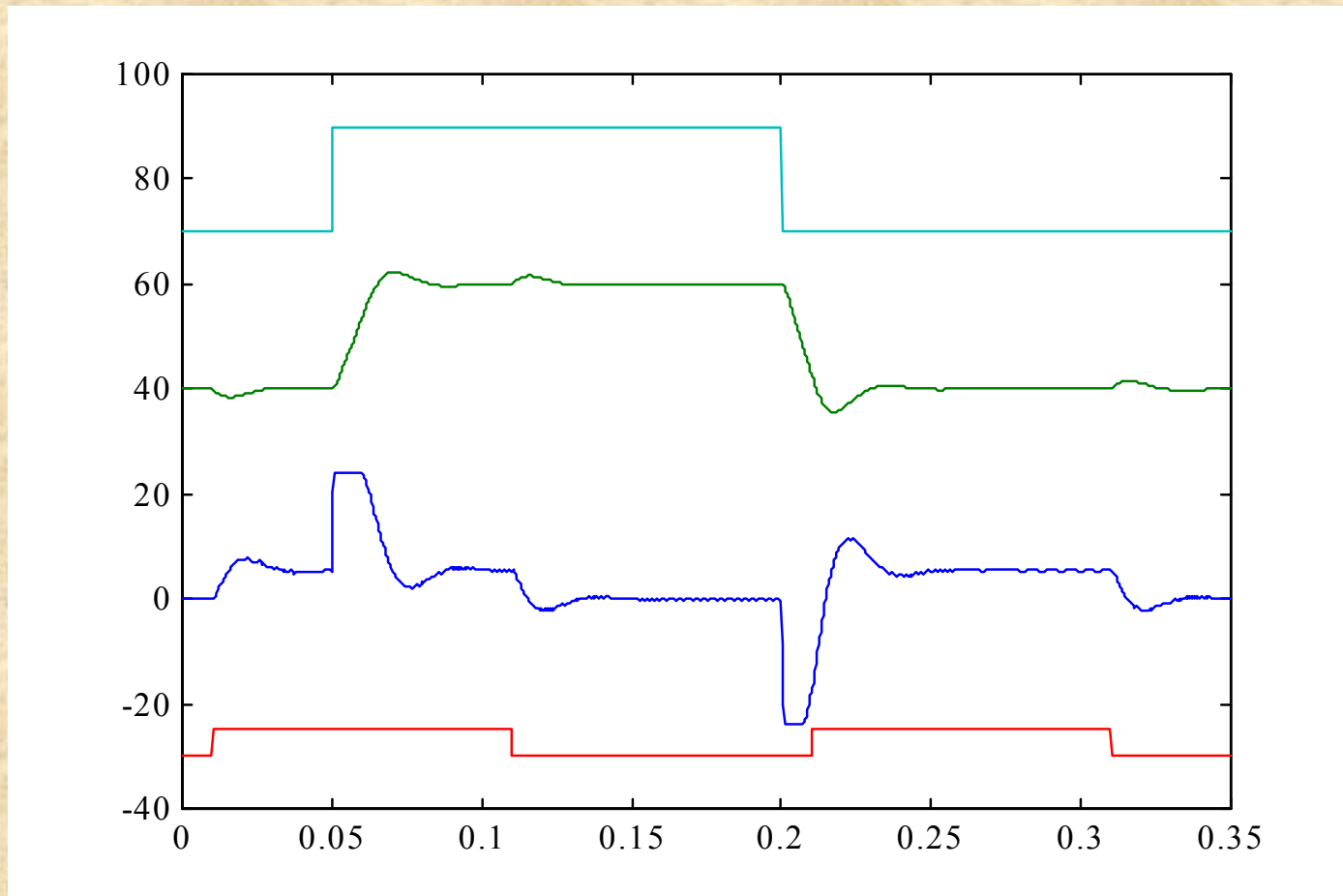
Slika 8. Zavisnost funkcije osetljivosti od polova σ i a za sistem petog reda.

Ra~unarske simulacije



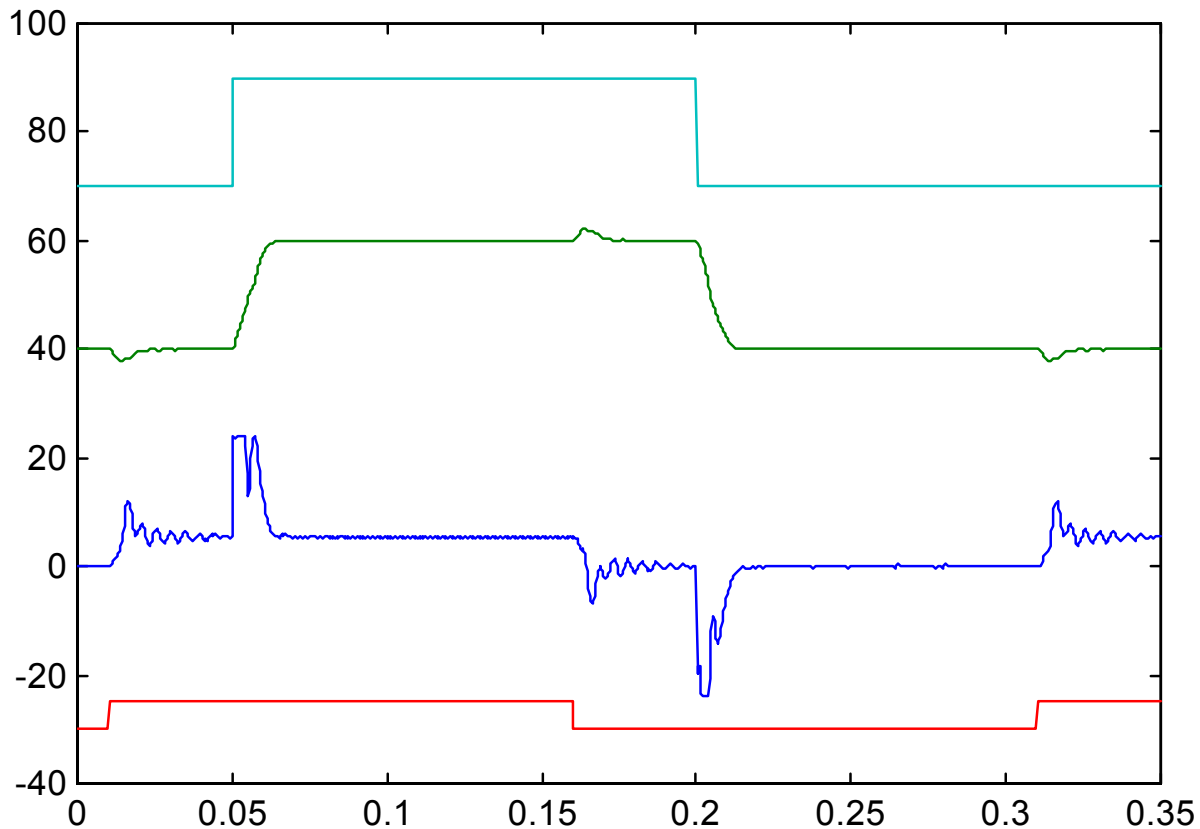
Slika 9. Zavisnost brzine i M_{em}^* za sistem tre}eg reda i za polove $\sigma = 0,8$ i $a = 0,8$.

Ra~unarske simulacije



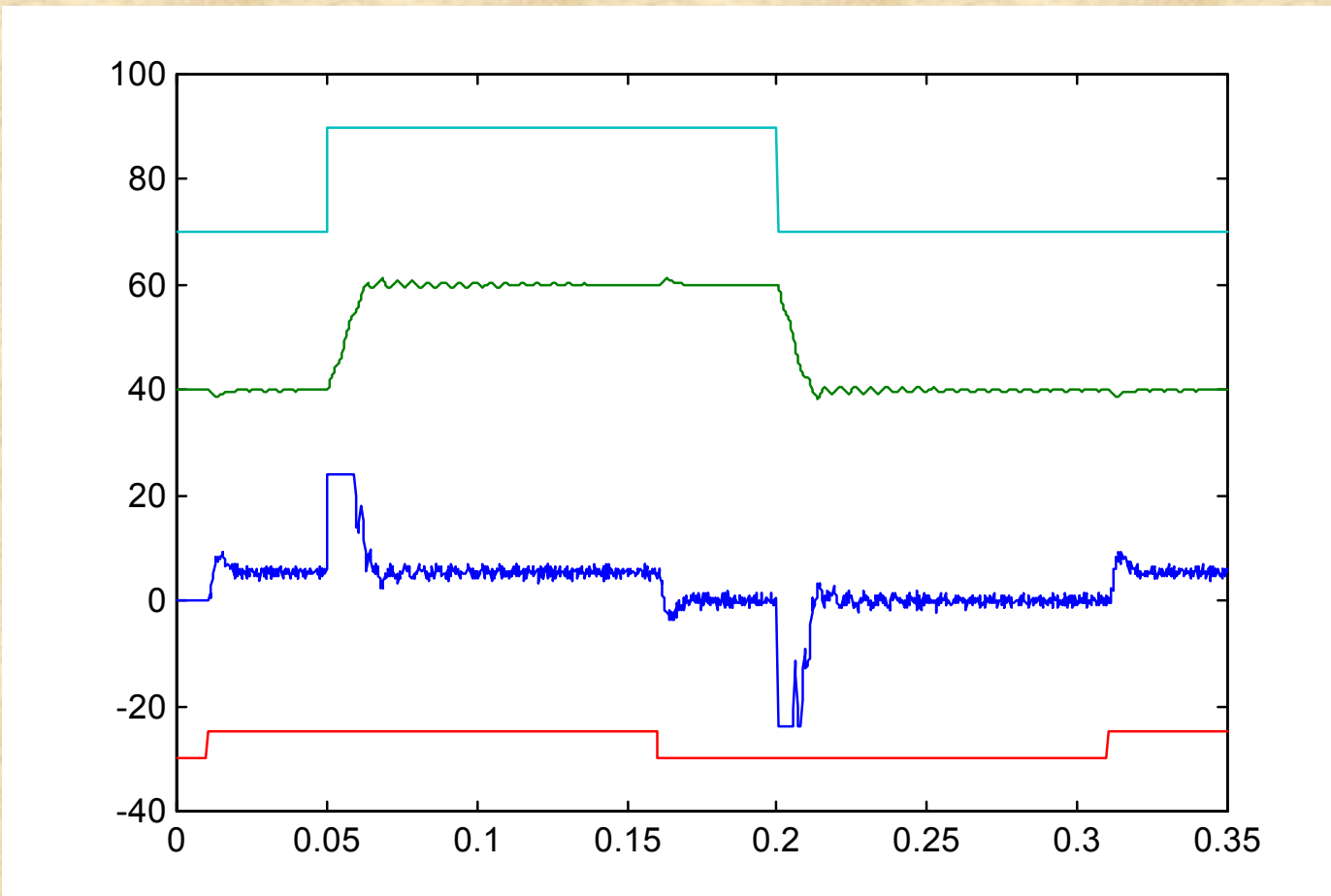
Slika 10. Zavisnost brzine i M_{em}^* za sistem tre}eg reda i za polove $\sigma = 0,8$ i $a = 0,8$ za $2 \cdot J$.

Ra~unarske simulacije



Slika 11. Zavisnost brzine i M_{em}^* za sistem petog reda i za polove $\sigma = 0,7$ i $a = 0,8$.

Ra~unarske simulacije



Slika 12. Zavisnost brzine i M_{em}^* za sistem petog reda i za polove $\sigma = 0,6$ i $a = 0,8$ i $2 \cdot J$.