

Ljiljana Savicevic
Miloš Dakovic

Elektrotehnički fakultet Podgorica

UTICAJ PULZIRAJUĆIH MOMENATA NA RAD TIRISTORSKOG EMP

ASCENDANCY OF PULSATING MOMENTS ON TEMD

Sadržaj: U ovom radu je obraden problem sinteze upravljanja tiristorskim elektromotornim pogonom jednosmjerne struje, uz verifikaciju rezultata pomoću računara. Razvijen je softver za simulaciju tiristorskog elektromotornog pogona jednosmjerne struje uz korišćenje programskog paketa PC MATLAB. Sinteza upravljanja vršena je standardnim metodama u frekventnom domenu, dok je simulacija vršena u vremenskom domenu. To nam omogućava da steknemo uvid u pulsacije posmatranih velicina, uzrokovane pulsacijama napona napajanja. Navedeni postupak izložen je kao primjer upravljanja jednim konkretnim elektromotornim pogonom. Metode tehničkog i simetričnog optimuma kombinovane sa simulacijom u vremenskom domenu daju realniju sliku elektromotornog pogona u odnosu na rezultate dobijene analizom i simulacijom u frekventnom domenu.

Abstract: In this work we deal with the problem of synthesis of controlling the DC TEMD and also the verification of results with the help of computer. Here it has been developed the software for the simulation of DC TEMD with the use of PC MATLAB package. The synthesis of controlling is done with the help of standard methods in frequent domain, and the simulation is done in time domain. This helps us to see the pulsation of the observed values, which are caused by pulsation of source voltage. This procedure is given as an example of controlling one concrete EMD. Methods of technical and symmetrical optimum with simulation in time domain give us more realistic image of EMD than frequent domain analysis.

1. UVOD

Savremeni proizvodni mehanizmi se karakterišu visokom tačnošću i kvalitetom proizvoda koji se ostvaruje realizacijom vrlo složenih promjena pojedinih koordinata elektromotornog pogona. Projektovanje elektromotornog pogona počinje proračunima energetskog dijela pogona, izborom elektromotora, pretvarača, transformatora, prigušnice i prenosnog mehanizma. Svi ovi elementi su unificirani kao i elementi sistema upravljanja. Projektovanje energetskog dijela elektromotornog pogona za regulisane

elektromotorne pogone slično je kao i za neregulisane. Jedina razlika je u tome što je za regulisane elektromotorne pogone potrebno znati i dinamičke karakteristike, odnosno modele, energetske elemenata pogona.

Pri projektovanju regulisanih elektromotornih pogona koriste se postupci optimizacije. Od tri principa optimizacije: parametarske, strukturalne i funkcionalne, zbog prirode elektromotornog pogona, često se koristi parametarska optimizacija.

Postoji više načina parametarske optimizacije, a u sistemima podredene regulacije, koji je osnovni princip regulacije u elektromotornim pogonima, široku primjenu su našli tehnički i simetrični optimum.

Određivanje donje granice regulisane koordinate nije moguće posmatrajuci ponašanje pogona u frekventnom domenu.

U ovom radu prišlo se sintezi automatizovanih elektromotornih pogona u frekventnom domenu a simulacijom u vremenskom domenu došlo se do podataka o narušavanju kvaliteta regulacije u određenim zonama. Izbor tipa i parametara regulatora obezbijedili su zadovoljavajuće ponašanje pogona, kako u statičkim tako i dinamičkim stanjima, ali pri nižim brzinama to nije slučaj. Na osnovu simulacijom dobijenih dijagrama može se doći i do zaključka da je potrebno preprojektovati i energetske dio pogona.

2. MODEL MOTORA I PRETVARAČA U VREMENSKOM I FREKVENTNOM DOMENU

Jednačinama (1) do (4) dat je matematički model motora i tiristorskog pretvarača prilagođen simulaciji na računaru.

$$J \frac{d\omega}{dt} = C_e \Phi i_d - M_r \quad (1)$$

$$L_a e \frac{di_d}{dt} = U_d - L_a f i_f \omega \quad (2)$$

$$U_d = U_{is} - (R_a + K R_{tr}) i_d - \Delta U_t \quad (3)$$

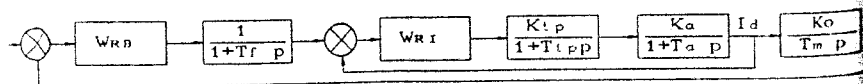
$$U_{is} = \frac{\sqrt{3}}{2} E_m \cos \theta \quad , K = 3/2 \quad \alpha \leq \theta < \alpha + \gamma \quad (4)$$

$$U_{is} = E_m \sin \left(\theta + \frac{\pi}{3} \right) \quad , K = 2 \quad \alpha + \gamma \leq \theta < \alpha + \frac{\pi}{3}$$

$$\cos \alpha + \cos (\alpha + \gamma) = \frac{2 X_f i_d}{E_m} \quad (5)$$

gdje je: U_{is} napon na krajevima pretvarača a K koeficijent koji karakteriše proces komutacije. Ugao komutacije γ izračunava se pomoću jednačine (5).

Na slici je data strukturalna blok šema modela u frekventnom domenu.



gdje su :

- W_{RB} - prenosna funkcija brzinskog regulatora
- W_{RI} - prenosna funkcija strujnog regulatora
- T_f - vremenska konstanta filtra u konturi regulacije struje
- T_{Tp} - vremenska konstanta tiristorskog pretvarača
- K_{Tp} - koeficijent pojačanja tiristorskog pretvarača
- T_a - vremenska konstanta armature
- K_a - koeficijent pojačanja armature
- T_m - elektromehanička vremenska konstanta
- K_o - koeficijent pojačanja elektromehaničkog bloka

3. RAČUNARSKA SIMULACIJA

Na osnovu modela opisanih u prethodnom dijelu izrađen je softver za simulaciju elektromotornog pogona koji čine: transformator posebne izrade namijenjen napajanju tiristorskog pretvarača, trofazni tiristorski pretvarač u mosnoj sprezi, prigušnica za "peglanje" struje dimenzionisana po standardnim tehničkim normativima i elektromotor snage 32 kW.

U ovom slučaju za izbor tipa i parametara regulatora izvršena je parametarska optimizacija i pokazano je da je preporučljivo, na osnovu odnosa vremenskih konstanti, koristiti simetrični, optimum odnosno regulatore proporcionalno - integralnog djelovanja (PI) slijedećih parametara:

$$\tau_{RB} = 4 T_m$$

$$\tau_{RS} = 4 T_m$$

$$K_{RB} = \frac{T_m}{K_o 2 T_m}$$

$$K_{RS} = \frac{T_a}{K_a 2 T_m}$$

$$W_{RB}(p) = \frac{K_{RB} (\tau_{RB} p + 1)}{\tau_{RB} p}$$

$$W_{RS}(p) = \frac{K_{RS} (\tau_{RS} p + 1)}{\tau_{RS} p}$$

Sam program je pisan u MATLAB-u prvenstveno zbog jednostavnosti obrade dobijenih rezultata.

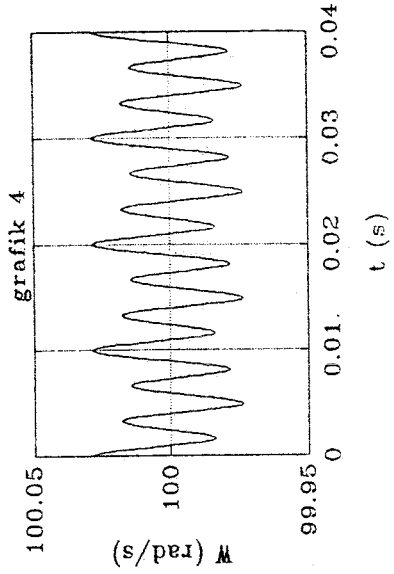
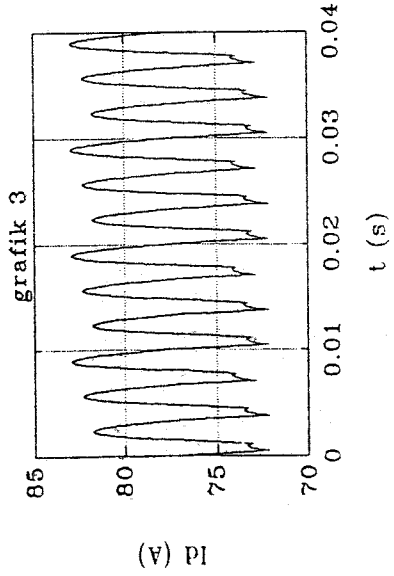
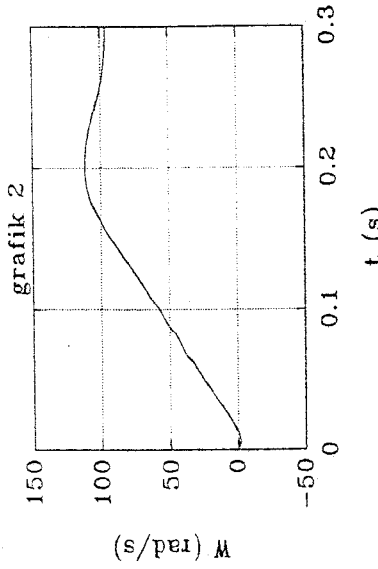
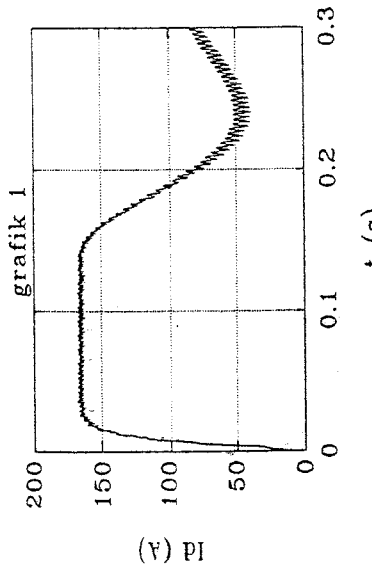
U nastavku rada grafički su prikazani rezultati simulacije. Grafici 1 i 2 prikazuju struju armature i brzinu obrtanja motora pri puštanju u rad sa zadanom vrijednošću brzine $W_z = 100$ rad/s. Vidimo da je preskok struje manji od $2 I_n$ dok preskok brzine iznosi 29%. Grafici 3 i 4 prikazuju ponašanje struje i brzine u stacionarnom stanju. Jasno se vide efekti procesa komutacije kao i oscilacije brzine oko srednje vrijednosti. Greške uzrokovane ovim oscilacijama iznose:

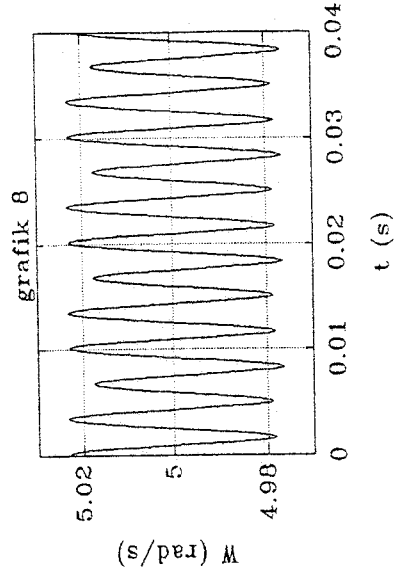
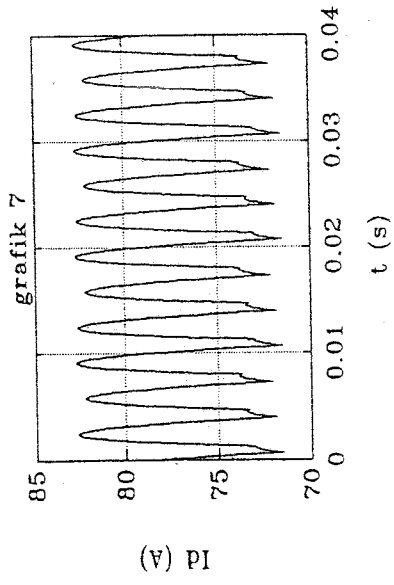
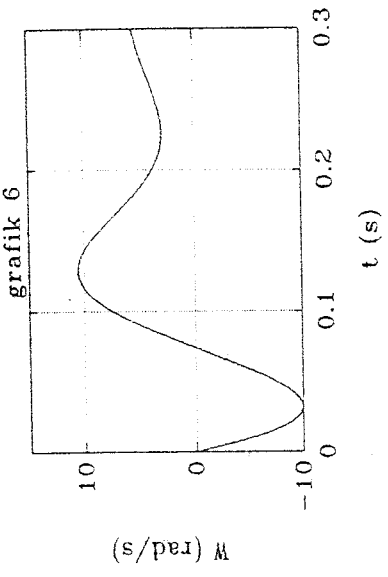
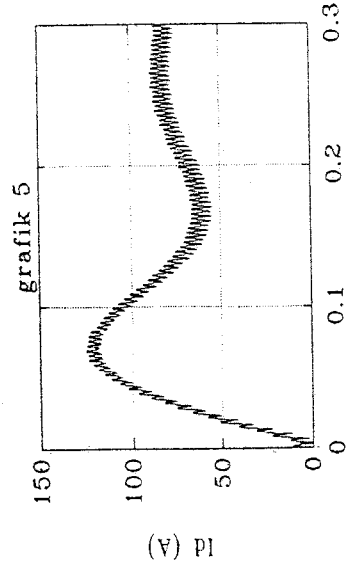
$$X_{i\%} = 13.84\% \quad , \quad X_{\omega\%} = 0.057\% \quad (6)$$

Na graficima od 5 do 8 date su iste veličine kao u prethodnom slučaju s tim što je zadana vrijednost ugaone brzine $W_z = 5$ rad/s.

$$\text{Odstupanja od stacionarnih vrijednosti u ovom slučaju su:} \\ X_{i\%} = 14.41\% \quad , \quad X_{\omega\%} = 0.943\% \quad (7)$$

Elektromagnetni moment proporcionalan je struji armature pa se dobijene pulsacije struje mogu tumačiti i kao pulsacije momenta.





Vidimo da se sa smanjivanjem zadate vrijednosti brzine povećavaju relativne greške i pri mnogo malim brzinama obrtanja one mogu dostići visoke vrijednosti koje nepovoljno utiču na rad sistema kao cjeline. Sada smo u stanju da procijenimo koliki je iznos greške i da li ovaj sistem odgovara nekim konkretnim zahtjevima u pogledu maksimalne greške u zadatom dijapazonu promjene brzine.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu željeli smo izložiti postupak kojim se mogu predvidjeti problemi u radu elektromotornog pogona jednosmjerne struje koji nastaju zbog neodgovarajućeg energetskog dijela tiristorskog elektromotornog pogona. Najčešće se ti problemi ogledaju u većem odstupanju struje armature (momenta) i brzine obrtanja od dozvoljenih vrijednosti. U konkretnom primjeru ovaj pogon bi bio neupotrebljiv za brzine manje od 5 rad/s ako je zahtijevana relativna greška brzine u ustaljenom stanju manja od 1%. Da bi se ovo otklonilo moralo bi se prici preprojektovanju energetskog dijela elektromotornog pogona.

Ovaj rad ukazuje na nepohodnost da se pri projektovanju tiristorskih elektromotornih pogona većih dijapazona regulacije brzine vrši simuliranje u vremenskom domenu radi provjere rada pri minimalnoj brzini.

Vrlo praktične, sa tehničke tačke gledišta, metode tehničkog i simetričnog optimuma kombinovane sa simulacijom u vremenskom domenu daju kompletnu sliku o ponašanju tiristorskih automatizovanih elektromotornih pogona.

5. LITERATURA

- [1] J. JANKOVIĆ "SKRIPTA PREDAVANJA IZ UPRAVLJANJA ELEKTROMOTORNIM POGONIMA" ETF PODGORICA
- [2] Lj. STANKOVIĆ, Z. USKOKOVIĆ "PC MATLAB" PODGORICA 1991.