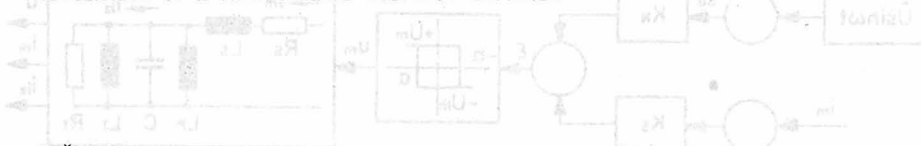


SIMULACIJA RADA IZMJENJIVAČA S DVOPOLAŽAJNOM SLIJDNOM REGULACIJOM

Milenko Horvat*

SIMULATION OF A TIME-OPTIMAL RESPONSE INVERTER



Sažetak

U članku su prikazani rezultati i algoritam simulacije asinhronog rada izmjenjivača s dvopolažajnom slijednom regulacijom na digitalnom računalu. Program kojim se izvodi simulacija ne spada u skupinu univerzalnih, nego je pisan prema funkcionalnoj blok shemi izmjenjivača. Simulirani su karakteristični režimi rada, npr. prazni hod, promjena tereta od 0 do 100 %, preopterećenje, itd. Napravljena je harmonijska analiza izlaznog napona u stacionarnim stanjima.

Synopsis

The article deals with the algorithm and the results of simulation of a time-optimal response inverter. Computer program does not belong to the class of universal simulation programs, but is written according block-diagram of inverter. Characteristic operating conditions are simulated: no load, change of load from 0 to 100 %, overload, etc. Harmonic analysis of the inverter output voltage in the steady-state conditions is carried out.

UVOD

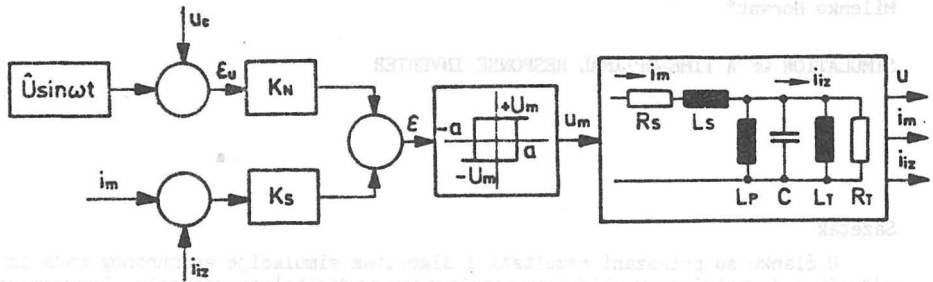
Za simulaciju sklopova energetske elektronike koriste se u osnovi dvije skupine programa:

- univerzalni programi za simulaciju sklopova energetske elektronike,
- programi koji su pisani prema zadanoj blok shemi ili shemi sklopa.

Univerzalni programi mogu simulirati bilo koji sklop, a sama definicija strukture sklopa (elementi i njihove veze) mora se unijeti kao ulazni podatak. Takvi programi traže puno memorije i imaju dugo vrijeme izvršavanja. Njihova upotreba je neizbježna ako se ne zna kako se mijenja konfiguracija sklopa izazvana promjenama stanja sklopki. Programi druge skupine postavljaju manje zahtjeve na računalo, ali je zato potrebno dobro poznavati način rada i imati jasnu fizikalnu sliku o pojavama u zadanom sklopu ili uređaju, jer se struktura i energetskog i upravljačkog dijela mora ugraditi izravno u algoritam.

*Student Elektrotehničkog fakulteta
u Zagrebu

SIMULACIJA RADA IZMJENJIVAČA



Sl. 1 Funkcionalna blok shema izmjenjivača

Program kojim se izvodi simulacija napravljen je prema funkcionalnoj blok shemi izmjenjivača, sl. 1. Ta shema pojednostavljen je model izmjenjivača, jer:

- tranzistorski izmjenjivač i transformator su objedinjeni u idealni dvopolozajni regulator,
- izlazni energetski dio izmjenjivača je modeliran linearnim i vremenski nepromjenljivim induktivitetima, kapacitetima i otporima.

Program simulira rad izmjenjivača unutar devet perioda izlaznog napona prema planu terećenja:

- | | |
|-----------------|--|
| 0 - 1.75 T | - start u praznom hodu |
| 1.75 T - 3.75 T | - opterećenje nazivnim teretom |
| 3.75 T - 5.75 T | - preopterećenje dvostrukim nazivnim teretom |
| 5.75 T - 6.75 T | - opterećenje nazivnim teretom |
| 6.75 T - 9 T | - rad u praznom hodu |

Simulacija je izvedena terećenjem s omskim i omsko-induktivnim teretom pri tri vrijednosti ulaznog istosmjernog napona E ; nazivnoj vrijednosti E_N , $0.8 E_N$ i $1.15 E_N$.

Ulazni podaci

- | | |
|------------|---|
| \hat{U} | - tjemena vrijednost referentne sinusoide |
| ω | - kružna frekvencija izlaznog napona izmjenjivača |
| K_N | - faktor pojačanja naponske pogreške |
| K_S | - faktor pojačanja strujne pogreške |
| a | - poluširina petlje histereze |
| U_m | - retransformirani napon izvora napajanja $U_m = kE$, gdje je k prijenosni omjer izmjenjivačkog transformatora |
| L_S | - induktivitet serijske prigušnice filtera |
| R_S | - retransformirani otpor sklopki u stanju vodenja |
| L_P | - induktivitet paralelne prigušnice filtera |
| C | - kapacitet filterskog kondenzatora |
| L_T, R_T | - induktivitet i otpor tereta |

OPIS KORAKA ALGORITMA SIMULACIJE

Simulacija se temelji na numeričkoj integraciji ovog skupa diferencijalnih jednadžbi:

$$\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{1}{C} (i_m(t) - i_{Lp}(t) - i_{iZ}(t)) , \quad u_C(0) = 0$$

$$\frac{di_m(t)}{dt} = \frac{1}{L_S} (u_m(t) - R_S i_m(t) - u_C(t)) , \quad i_m(0) = 0$$

$$\frac{di_{Lp}(t)}{dt} = \frac{1}{L_p} u_C(t) , \quad i_{Lp}(0) = \frac{\hat{u}_C}{\omega L_p}$$

$$\frac{di_{LT}(t)}{dt} = \frac{1}{L_T} u_C(t) , \quad i_{LT}(0) = \frac{\hat{u}_C}{\omega L_T}$$

Numerička integracija izvodi se standardnim potprogramom metodom Runge-Kutta, kod kojeg se automatski mijenja korak integracije i time drži pogreška unutar zadane.

Da bi se mogli nacrtati valni oblici od interesa, fiksni korak vremena algoritma simulacije Δt mora biti za red veličine manji od periode maksimalne frekvencije promjene stanja na izlazu dvopoložajnog regulatora. Pozivom potprograma za integraciju izračuna se novo stanje (u_C, i_m, i_{Lp}, i_{LT}), koje odgovara vremenu $t_i + \Delta t$, gdje je t_i vrijeme početka koraka simulacije. Tada se računaju vrijednosti signala (ϵ_v, ϵ). Usporedbom veličina ϵ i "a" ustanovljava se da li je dvopoložajni regulator trebao promijeniti stanje. Ako jest, onda algoritam traži putem uzastopnog raspolavljanja koraka simulacije Δt trenutak t^* kada $|\epsilon|$ postane "jednak" a do točnosti 0.5 % a.

Izlazni podaci i rezultati

Simulacijski program kreira datoteku sa slijedećom strukturom zapisa:

(vrijeme) (u_{ref}) (u_m) (u_C) (i_m) (ϵ_v) (ϵ)

a onda te podatke prihvaćaju standardni programi za Fourierovu analizu i za crtanje.

	prazni hod	S_n $\cos \varphi = 1$	$2 S_n$ $\cos \varphi = 1$	S_n $\cos \varphi = 0.85$	$2 S_n$ $\cos \varphi = 0.85$	ulazni napon
ΔU_1 (%)	5.12	4.26	3.71	5.25	2.60	E - 20 %
δ_1 (%)	5.06	4.62	4.59	5.20	5.27	
ΔU_1 (%)	3.34	2.85	2.66	3.40	3.71	E
δ_1 (%)	3.97	3.87	3.76	4.05	4.32	
ΔU_1 (%)	2.05	1.80	1.74	2.05	2.29	E + 15 %
δ_1 (%)	3.55	3.49	3.37	3.42	3.46	

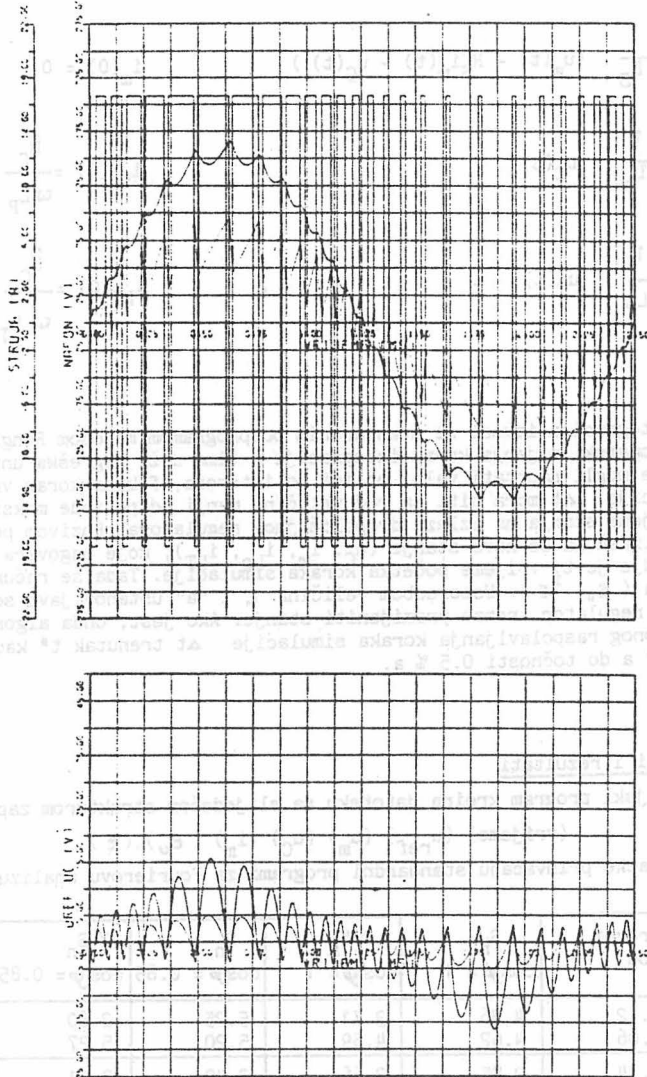
Tablica 1

Tablica 1 prikazuje rezultate harmonijske analize u stacionarnim stanjima rada gdje je:

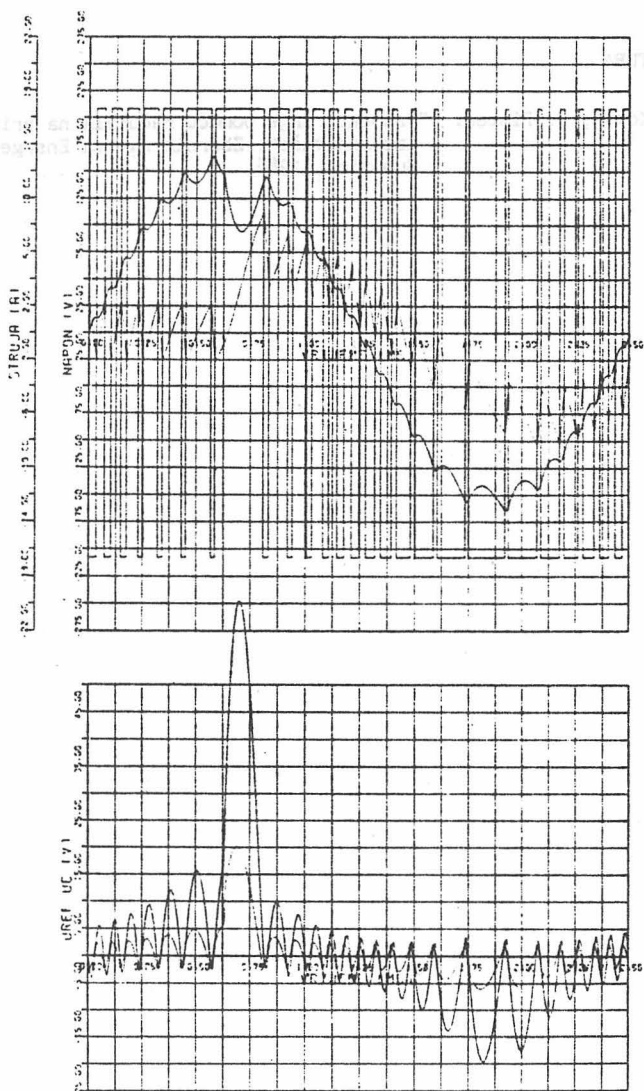
ΔU_1 - postotni pad amplitude osnovnih harmonika izlaznog napona izmjenjivača

δ - distorzija izlaznog napona izmjenjivača

S_n - nazivna snaga izmjenjivača.



Sl. 2 Stacionarno stanje nazivno opterećenog izmjenjivača



Sl. 3 100 % promjene tereta u trenutku maksimalne vrijednosti napona na izlazu izmjenjivača

