

ANALIZA RADA NEREGULIRANOG TRANZISTORSKOG ISTO-  
SMJERNOG PRETVARAČA U MOSNOM SPOJU SA STRUJNIM  
ULAZOM

Ž. Ivanović, B. Ferkula, S. Tasić  
"RADE KONČAR" - OOUR ELEKTROTEHNIČKI INSTITUT  
ZAGREB

SAŽETAK

U članku je data analiza rada nereguliranog tranzistorskog istosmjernog pretvarača u mosnom spoju sa strujnim ulazom. Dobiveni rezultati analize mogu se koristiti pri proračunu komponenti pretvarača.

ANALYSIS OF AN UNREGULATED CURRENT-FED TRANSISTOR  
DC BRIDGE CONVERTER

The paper deals with the analysis of an unregulated current-fed transistor d.c. bridge converter. The results of analysis can be used in the design of the converter components.

UVOD

Osnovne poteškoće u primjeni tranzistorskog istosmjernog pretvarača u mosnom spoju s naponskim ulazom (L1) nastaju zbog mogućnosti

- nesimetričnog magnetiziranja jezgre transformatora i
- istovremenog vodjenja parova tranzistora.

Nesimetrično magnetiziranje jezgre transformatora posljedica je različitih volt-sekundi na primarnom namotu transformatora u intervalima vodjenja parova tranzistora. Različite volt-sekunde nastaju ili zbog različitih padova napona na tranzistorima, otporu ožičenja i otporu namota transformatora, ili zbog različitih trajanja intervala vodjenja tranzistora ili zbog oba razloga istovremeno. Nesimetrično magnetiziranje jezgre transformatora nije konstantno i mijenja se s opterećenjem pretvarača, ulaznim naponom, temperaturom komponenti pretvarača itd.

Nesimetrično magnetiziranje manifestira se kao istosmjerno predmagnetiziranje jezgre transformatora. Ono može biti toliko da je jezgra transformatora u zasićenju pri kraju intervala vodjenja jednog para tranzistora. Struja ovog para tranzistora znatno raste što dovodi do dodatnog strujnog opterećenja i povećanja gubitaka na njima, a može doći i do njihova uništenja.

Nesimetrično magnetiziranje jezgre transformatora može se izbjeći

upravljačkim sklopovima koji bi vršili kontrolu volt-sekundi na primarnom namotu transformatora. Ovo rješenje zahtijeva složene upravljačke sklopove. Drugi način izbjegavanja nesimetričnog magnetiziranja jezgre transformatora je ugradnja kondenzatora u seriju s primarnim namotom transformatora. Ovo rješenje zahtijeva povećanje dimenzija pretvarača. Nesimetrično magnetiziranje može se ublažiti zračnim rasporom u transformatoru i smanjenjem promjene indukcije u jezgri transformatora što dovodi do povećanja dimenzija transformatora.

Druga pojava, istovremeno vodjenje parova tranzistora, javlja se kod trajanja intervala vodjenja parova tranzistora blizu ili jednakih poluperiodi radne frekvencije. Uzrok (istovremenom vodjenju parova tranzistora) je što tranzistori ne isklapaju trenutno kad dobiju pobudni impuls za isklapanje, već prolaze interval zadržavanja  $t_s$  i interval pada kolektorske struje  $t_f$ . Ova dva intervala ovise o pobudnim impulsima na bazama tranzistora, struji i naponu na tranzistoru neposredno pred isklapanje i u toku isklapanja te o radnoj temperaturi tranzistora. Posljedica konačnog intervala isklapanja tranzistora je istovremeno vodjenje sva četiri tranzistora, odnosno kratki spoj ulaza pretvarača. Struja tranzistora naglo raste, povećavaju se gubici na tranzistorima, a često dolazi do njihova uništenja.

Istovremeno vodjenje parova tranzistora može se spriječiti sigurnosnim intervalom između pobudnih impulsa za isklapanje jednog para i pobudnih impulsa za uklapanje drugog para tranzistora. Medjutim, tada je potrebno povećati prijenosni omjer transformatora, jer sigurnosni interval između pobudnih impulsa smanjuje iskoristivi interval vodjenja tranzistora što dovodi do smanjenja srednje vrijednosti izlaznog napona pretvarača. Povećanje prijenosnog omjera transformatora dovodi do većeg strujnog opterećenja tranzistora i većih gubitaka na njima. Istovremeno vodjenje parova tranzistora može se spriječiti i upravljačkim sklopovima koji stalno kontroliraju rad tranzistora i ne dopuštaju pobudni impuls za uklapanje jednom paru tranzistora, dok drugi par nije isklonio.

Može se zaključiti da rješavanje poteškoća koje nastaju zbog nesimetričnog magnetiziranja transformatora i istovremenog vodjenja parova tranzistora vodi na povećanje dimenzija pretvarača ili na složene upravljačke sklopove.

Zamjena naponskog ulaza u pretvarač sa strujnim ulazom rješava uspješno obje spomenute poteškoće. Strujni ulaz u pretvarač ne dopušta povećanje struje tranzistora. Na taj način nesimetrično magnetiziranje jezgre transformatora i istovremeno vodjenje parova tranzistora nemaju štetnog efekta na rad tranzistora. Medjutim, istosmjerni pretvarač u mosnom spoju ne može biti reguliran. Parovi tranzistora su pobudjivani naizmjeničnim pobudnim impulsima trajanja jednakog poluperiodi radne frekvencije. Ovo omogućava korištenje jednostavnih upravljačkih sklopova.

Ako je potrebno stabilizirati izlazni napon ili izlaznu struju pretvarača, dodaje se ispred strujnog ulaza čoper (L1).

U članku je data analiza rada nereguliranog istosmjernog pretvarača u mosnom spoju sa strujnim ulazom.

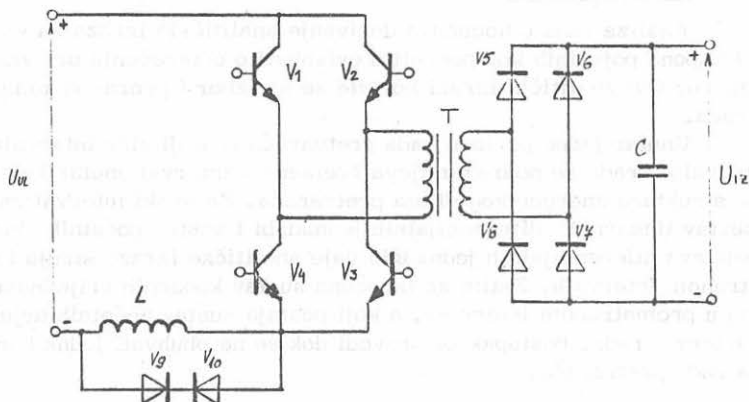
### ANALIZA RADA

Analiza rada omogućava dobivanje analitičkih izraza za valne oblike struje i napona pojedinih komponenti u ovisnosti o opterećenju pretvarača i ulaznom naponu. Ovi analitički izrazi koriste se za izbor i proračun komponenti pretvarača.

Unutar jedne periode rada pretvarača postoji više intervala rada. Pod intervalom rada se podrazumijeva vremenski interval unutar kojeg se ne mijenja struktura energetskog dijela pretvarača. Za svaki interval rada postavi se sustav linearnih diferencijalnih jednadžbi i sustav početnih uvjeta. Rješenje sustava diferencijalnih jednadžbi daje analitičke izraze struja i napona u promatranom intervalu. Zatim se izračuna sustav konačnih vrijednosti struja i napona u promatranom intervalu, a koji postaje sustav početnih uvjeta za slijedeći interval rada. Postupak se provodi dok se ne obuhvati jedna kompletna perioda rada pretvarača.

Analiza rada nereguliranog istosmjernog pretvarača u mosnom spoju sa strujnim ulazom, slika 1, provest će se uz slijedeće pretpostavke (L2):

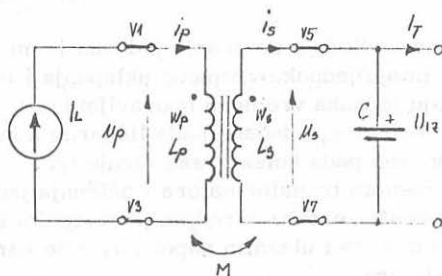
1. Na mosni spoj narinut je idealni strujni izvor iznosa struje  $I_L$ .
2. Na izlazu pretvarača vlada istosmjerni napon iznosa  $U_{IZ}$  zanemarlivo male valovitosti.
3. Na ulazu pretvarača je idealni naponski izvor vrijednosti napona  $U_{UL}$ .
4. Pad napona na tranzistorima i diodama u stanju vodjenja jednak je nuli.
5. Struja tranzistora i dioda u zapiranju jednaka je nuli.
6. Svi tranzistori imaju jednaka vremena uklapanja i isklapanja, kao i sve diode imaju jednaka vremena oporavljanja.
7. Struja tranzistora raste, odnosno pada linearno u intervalu uklapanja,  $t_{ON}$ , odnosno pada kolektorske struje  $t_f$ .
8. Djelatni otpori namota transformatora i ožičenja jednaki su nuli.
9. Porast struje transformatora određen je rasipnim induktivitetom namota transformatora i ulaznim naponom, a ne karakteristikom uklapanja tranzistora.
10. Parovi tranzistora ( $V_1, V_3$  i  $V_2, V_4$ ) pobudjuju se naizmjeničnim pobudnim impulsima trajanja jednakog poluperiodi radne frekvencije.



Sl. 1 Shema nereguliranog tranzistorskog istosmjernog pretvarača u mosnom spoju sa strujnim ulazom

### Interval I

U intervalu I vodi par tranzistora V1, V3. Nadomjesna shema pretvarača prikazana je slikom 2.



Sl. 2 Nadomjesna shema pretvarača u intervalu I

Sustav diferencijalnih jednačbi za interval I glasi:

$$\left. \begin{aligned} u_p &= L_p \frac{di_p}{dt} - M \frac{di_s}{dt} \\ -U_{12} &= L_s \frac{di_s}{dt} - M \frac{di_p}{dt} \\ w_p i_p &= w_p i_m + w_s i_s \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

gdje je:  $L_p$ , odnosno  $L_s$  induktivitet primarnog, odnosno sekundarnog namota transformatora.

M medjuinduktivitet transformatora, a iznosi :

$$M = \frac{N_2}{W_P} (L_P - L_{\sigma P}) = \frac{N_P}{W_S} (L_S - L_{\sigma S}). \quad (2)$$

$L_{\sigma P}$  primarni, odnosno  $L_{\sigma S}$  sekundarni rasipni induktivitet namota transformatora.

$i_m$ , struja magnetiziranja transformatora.

Prema nadomjesnoj shemi, slika 2, slijedi još da su:

$$\left. \begin{aligned} i_P &= I_L, \\ u_S &= U_{12}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Početni uvjet za interval I je:

$$i_m(t=0) = -I_{m0}. \quad (4)$$

Rješenje sustava (1) uz (2), (3) i (4) i uz zanemaren odnos:

$$\frac{L_{\sigma P}}{L_P} \ll 1, \quad (5)$$

glasi:

$$\left. \begin{aligned} u_P &= \frac{N_P}{W_S} U_{12} \\ i_S &= \frac{W_P}{W_S} (I_L + I_{m0}) - \frac{U_{12} \cdot t}{L_S} \\ i_m &= \frac{W_S}{W_P} \cdot \frac{U_{12} \cdot t}{L_S} - I_{m0}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Interval I traje do trenutka  $t = t_1$  kad počne uklapati par tranzistora V2, V4. Konačne vrijednosti struje sekundara  $i_S$  i struje magnetiziranja  $i_m$  u intervalu I iznose:

$$\left. \begin{aligned} i_S(t_1) &= I_{S1} = \frac{W_P}{W_S} (I_L + I_{m0}) - \frac{U_{12}}{2f_0 L_S} (1 - 2f_0 T_k) \\ i_m(t_1) &= I_{m1} = \frac{W_S}{W_P} \cdot \frac{U_{12}}{2f_0 L_S} (1 - 2f_0 T_k) - I_{m0}, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

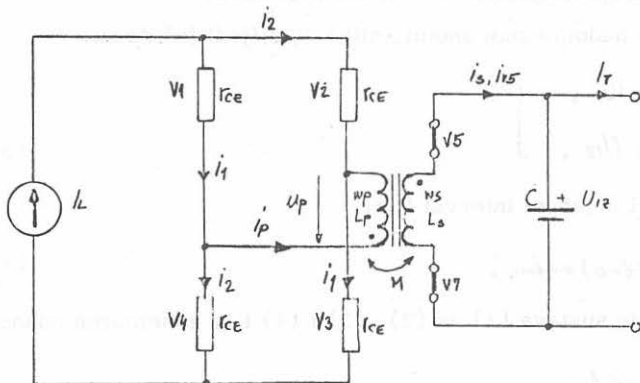
gdje je  $f_0$  radna frekvencija pretvarača, a

$$T_k = \frac{1}{2f_0} - t_1. \quad (8)$$

### Interval II

Tranzistori V1, V3 dobiju pobudni impuls za isklapanje, a tranzistori V2, V4 dobiju pobudni impuls za uklapanje. Kako tranzistori ne isklapaju trenutno, već prolaze interval isklapanja, to sva četiri tranzistora vode istovremeno.

U ovom intervalu odstupit će se od pretpostavke 4. u odnosu na tranzistore da bi se moglo izračunati raspodjelu struja među njima. Uvest će se dodatna pretpostavka kojom se tranzistor nadomješta u stanju vodjenja s otporom  $r_{CE}$  na kojemu je zanemariv pad napona. Slika 3 prikazuje nadomjesnu shemu pretvarača u intervalu II.



Sl. 3 Nadomjesna shema pretvarača u intervalu II

Sustav diferencijalnih jednadžbi glasi:

$$M_p = L_p \frac{di_p}{dt} - M \frac{di_s}{dt} = 0$$

$$-U_{12} = L_s \frac{di_s}{dt} - M \frac{di_p}{dt}$$

$$M_p i_p = M_p i_m + M_s i_s$$

$$I_L = i_1 + i_2$$

$$i_p = i_1 - i_2$$

(9)

Početne vrijednosti struje magnetiziranja  $i_m$  i struje sekundara  $i_s$  date su izrazom (7).

Rješenje (9) uz (7) glasi:

$$i_p = I_L - \frac{M_s}{M_p} \frac{U_{12} t}{2L_{gs}}$$

$$i_s = I_{s1} - \frac{U_{12} t}{2L_{gs}}$$

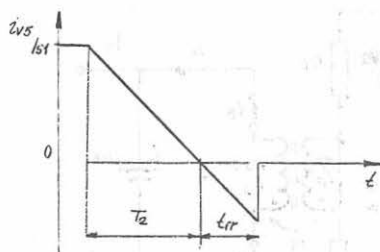
$$i_m = I_{m1}$$

$$i_1 = I_L - \frac{M_s}{M_p} \frac{U_{12} t}{4L_{gs}} + \frac{I_{m1}}{2}$$

$$i_2 = \frac{M_s}{M_p} \frac{U_{12} t}{4L_{gs}} - \frac{I_{m1}}{2}$$

(10)

Interval II traje dok diode V5 i V7 ne oporave. Pretpostaviti će se da diode oporave trenutno nakon vremena oporavljanja  $t_{rr}$ , slika 4.



Sl. 4 Struja dioda V5 i V7 u intervalu II

Interval II može se podijeliti na dva dijela. Prvi dio traje dok struja sekundara transformatora ne padne na nulu, slika 4, a drugi dio je interval oporavljanja dioda. Prvi dio intervala II traje:

$$T_2 = \frac{2L_{05} i_{s1}}{U_{i2}} \quad (11)$$

Uvrštenjem (11) u (10) dobiju se vrijednosti struja pretvarača na kraju prvog dijela intervala II.

$$\left. \begin{aligned} i_p(t_1 + T_2) &= i_{p21} = I_{m1} \\ i_1(t_1 + T_2) &= i_{121} = \frac{1}{2}(I_L + I_{m1}) \\ i_2(t_1 + T_2) &= i_{221} = \frac{1}{2}(I_L - I_{m1}) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

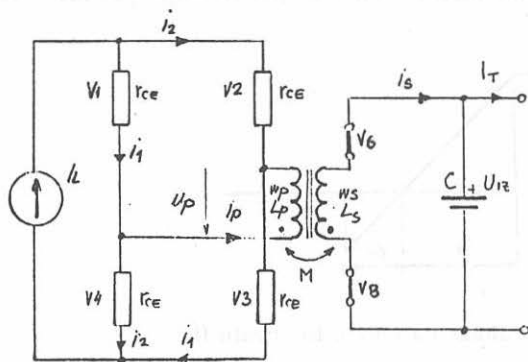
Na kraju intervala II struje pretvarača imaju vrijednosti:

$$\left. \begin{aligned} i_s(t_1 + T_2 + t_{rr}) &= i_{s22} = -\frac{U_{i2} t_{rr}}{2L_{05}} \\ i_p(t_1 + T_2 + t_{rr}) &= i_{p22} = I_{m1} - \frac{m_s}{m_p} \frac{U_{i2} t_{rr}}{2L_{05}} \\ i_1(t_1 + T_2 + t_{rr}) &= i_{122} = \frac{1}{2}(I_L + I_{m1} - \frac{m_s}{m_p} \frac{U_{i2} t_{rr}}{2L_{05}}) \\ i_2(t_1 + T_2 + t_{rr}) &= i_{222} = \frac{1}{2}(I_L - I_{m1} + \frac{m_s}{m_p} \frac{U_{i2} t_{rr}}{2L_{05}}) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

### Interval III

Diode V5 i V7 trenutno oporave. Međutim, zbog rasipnog induktiviteta namota transformatora struja sekundara ne može trenutno pasti na nulu. Provedu diode V6 i V8 i preko njih se energija uskladištena u rasipnom induktivitetu preda trošilu i kondenzatoru C. Tranzistori V1 i V3 još su u intervalu isklapanja.

Slika 5 prikazuje nadomjesnu shemu pretvarača u intervalu III.



Sl. 5 Nadomjesna shema pretvarača u intervalu III

Sustav diferencijalnih jednadžbi glasi:

$$\left. \begin{aligned} U_p &= L_p \frac{di_p}{dt} - M \frac{di_s}{dt} = 0 \\ -U_{RZ} &= L_s \frac{di_s}{dt} - M \frac{di_p}{dt} \\ w_p i_p &= w_p i_m + w_s i_s \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Početni uvjeti dati su s izrazom (13). Rješenje (14) uz (13) glasi:

$$\left. \begin{aligned} i_p &= I_{p22} + \frac{w_s}{w_p} \frac{U_{RZ} t}{2L_s} \\ i_s &= I_{s22} - \frac{U_{RZ} t}{2L_s} \\ i_m &= I_{m1} \\ i_1 &= \frac{1}{2} \left( I_L + I_{p22} + \frac{w_s}{w_p} \frac{U_{RZ} t}{2L_s} \right) \\ i_2 &= \frac{1}{2} \left( I_L - I_{p22} - \frac{w_s}{w_p} \frac{U_{RZ} t}{2L_s} \right) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Interval III traje dok struja sekundara transformatora ne padne na nulu. Vrijeme potrebno da se to dogodi je:

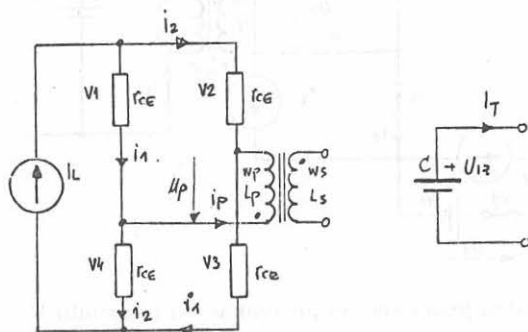
$$T_3 = 2L_s \frac{I_{s22}}{U_{RZ}} \quad (16)$$

Konačne vrijednosti struja pretvarača u intervalu III jednake su vrijednostima struja pretvarača na kraju prvog dijela intervala II (12).

### Interval IV

Diode V6, V8 su isklobile. Struju trošilima daje kondenzator C. Tranzistori V1 i V3 su još uvijek u intervalu isklapanja, odnosno u intervalu zadržavanja  $t_s$ .

Slika 6 prikazuje nadomjesnu shemu pretvarača u intervalu IV.



Sl. 6 Nadomjesna shema pretvarača u intervalu IV

Struje pretvarača se ne mijenjaju u odnosu na konačne vrijednosti struja iz intervala III, pa je rješenje jednadžbi struja za interval IV dato izrazom (15). Istim izrazom date su konačne vrijednosti struja u intervalu IV.

Interval IV traje dok par tranzistora V1, V3 ne započne s intervalom pada kolektorske struje  $t_f$ .

### Interval V

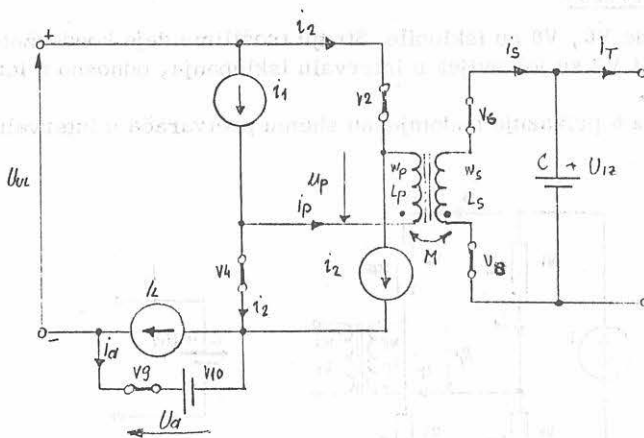
Po isteku intervala zadržavanja, struja para tranzistora V1, V3 počinje linearno padati:

$$i_i = I_{i2} \left(1 - \frac{t}{t_f}\right). \quad (17)$$

gdje je  $t_f$  vrijeme pada kolektorske struje. Tranzistori V1, V3 nadomjestiti će se u ovom intervalu strujnim izvorom kojem se vrijednost struje mijenja po (17). Tranzistori V2 i V4 nadomjestit će se prema pretpostavci 4.

Kako struja tranzistora V1, V3 brže pada nego što struja u primaru transformatora raste, to bi zbroj struja tranzistora bio manji od  $I_L$ . Prigušnica L (strujni izvor) zbog toga podiže napon na mosnom spoju dok diode za pritezanje V9 i V10 ne provedu ograničavajući napon na mosnom spoju na vrijednost  $U_{UL} + U_a$ .

Slika 7 prikazuje nadomjesnu shemu pretvarača u intervalu V.



Sl. 7 Nadomjesna shema pretvarača u intervalu V

Sustav diferencijalnih jednačbi prema slici 7 glasi:

$$\left. \begin{aligned}
 -(U_{u1} + U_a) &= -L_p \frac{di_p}{dt} + M \frac{di_s}{dt} \\
 -U_{12} &= L_s \frac{di_s}{dt} - M \frac{di_p}{dt} \\
 w_p i_p &= w_p i_m + w_s i_s \\
 i_L &= i_1 + i_2 - i_a \\
 i_p &= i_1 - i_2
 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Početne vrijednosti date su izrazom (15). Rješenje (18) uz (15) je:

$$\left. \begin{aligned}
 i_p &= -\frac{w_s}{w_p} \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{u1} + U_a) - U_{12} \right] \frac{t}{2L_s} + i_m \\
 i_s &= - \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{u1} + U_a) - U_{12} \right] \frac{t}{2L_s} \\
 i_2 &= \frac{w_s}{w_p} \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{u1} + U_a) - U_{12} \right] \frac{t}{2L_s} + \frac{1}{2} (L - i_m) \left( 1 - \frac{t}{t_f} \right) \\
 i_a &= L - \frac{w_s}{w_p} \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{u1} + U_a) - U_{12} \right] \frac{t}{2L_s} \\
 i_m &= i_m
 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Interval V traje dok struja para tranzistora V1, V3 ne padne na nulu. Konačne vrijednosti struja pretvarača u intervalu V dobiju se iz (19) uvrštenjem za  $t = t_f$  kao:

$$\begin{aligned}
 i_p(t_5) &= i_{p5} = - \frac{w_s}{w_p} \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{UL} + U_a) - U_{I2} \right] \frac{t_f}{2Lg_s} + I_{m1} \\
 i_s(t_5) &= i_{s5} = - \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{UL} + U_a) - U_{I2} \right] \frac{t_f}{2Lg_s} \\
 i_2(t_5) &= i_{25} = - \frac{w_s}{w_p} \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{UL} + U_a) - U_{I2} \right] \frac{t_f}{2Lg_s} \\
 i_a(t_5) &= i_{a5} = I_L - \frac{w_s}{w_p} \left[ \frac{w_s}{w_p} (U_{UL} + U_a) - U_{I2} \right] \frac{t_f}{2Lg_s} \\
 i_m(t_5) &= I_{m1}.
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

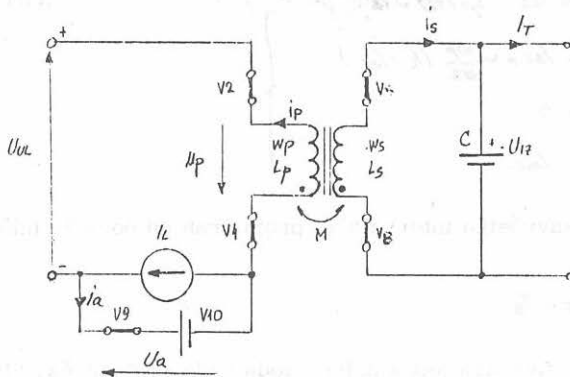
gdje je:

$$t_5 = t_1 + t_2 + t_f. \tag{21}$$

#### Interval VI

Interval VI započinje u trenutku kad struja para tranzistora V1, V3 padne na nulu. Struja primara transformatora raste prema vrijednosti  $I_L$ . Napon na mosnom spoju ograničava pritezni spoj dioda V9 i V10 na vrijednost  $U_{UL} + U_a$ .

Slika 8 prikazuje nadomjesnu shemu pretvarača u intervalu VI.



Sl. 8 Nadomjesna shema pretvarača u intervalu VI

Sustav diferencijalnih jednadžbi glasi:

$$\begin{aligned}
 -(U_{UL} + U_a) &= -L_p \frac{di_p}{dt} + M \frac{di_s}{dt} \\
 -U_{I2} &= L_s \frac{di_s}{dt} - M \frac{di_p}{dt} \\
 w_p i_p &= w_p i_m + w_s i_s \\
 i_p + i_2 &= I_L.
 \end{aligned}
 \tag{22}$$

Početni uvjeti dati su izrazom (20). Rješenje (22) uz (20) je:

$$\left. \begin{aligned}
 i_p &= -\frac{N_S}{N_P} \left[ \frac{N_S}{N_P} (U_{U1} + U_{U2}) - U_{U2} \right] \frac{t}{2L_S} + I_{m1} + I_{p5} \\
 i_s &= - \left[ \frac{N_S}{N_P} (U_{U1} + U_{U2}) - U_{U2} \right] \frac{t}{2L_S} + I_{s5} \\
 i_2 &= \frac{N_S}{N_P} \left[ \frac{N_S}{N_P} (U_{U1} + U_{U2}) - U_{U2} \right] \frac{t}{2L_S} + I_{25} \\
 i_a &= I_L - \frac{N_S}{N_P} \left[ \frac{N_S}{N_P} (U_{U1} + U_{U2}) - U_{U2} \right] \frac{t}{2L_S} + I_{a5} \\
 i_m &= I_{m1} .
 \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Interval VI završava kad struja primara transformatora dosegne vrijednost  $I_L$ . Ako se uzme da je vrijeme potrebno da struja primara dosegne vrijednost  $I_L$  znatno dulje od vremena pada kolektorske struje  $t_f$  tada je trajanje intervala VI jednako:

$$T_6 = \frac{N_P}{N_S} \frac{2L_S (I_L + I_{m1})}{\frac{N_S}{N_P} (U_{U1} + U_{U2}) - U_{U2}} \quad (24)$$

Vrijednosti struja pretvarača na kraju intervala VI dobiju se uvrštenjem (24) u (23) kao:

$$\left. \begin{aligned}
 i_p(t_6) &= I_{26} = i_p(t_5) = I_L \\
 i_s(t_6) &= I_{s6} = -\frac{N_P}{N_S} (I_L + I_{m1}) \\
 i_a(t_6) &= 0 \\
 i_m(t_6) &= I_{m1} .
 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

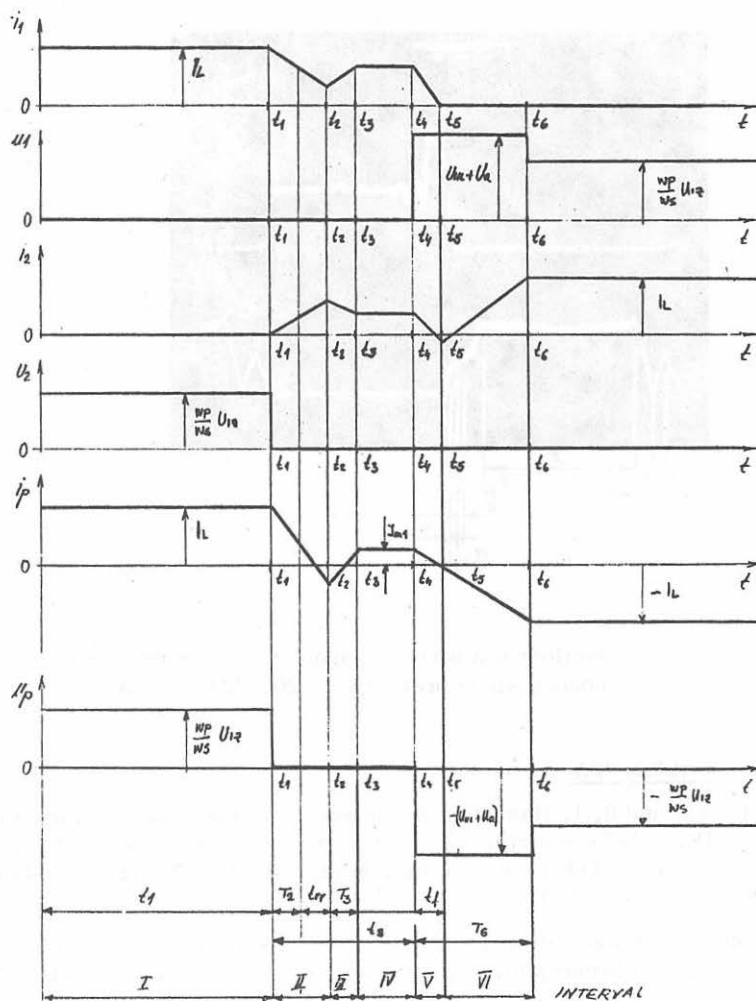
gdje je  $t_6$  trenutak završetka intervala VI promatran od početka intervala I:

$$t_6 = t_5 + T_6 \quad (26)$$

Ovim se završava jedna poluperioda rada pretvarača. Slijedećih šest intervala su analogni prethodnim šest intervala rada s tim da vode tranzistori  $V_2$ ,  $V_4$  i da su struja i napon transformatora suprotnog predznaka.

### Karakteristični valni oblici struja i napona

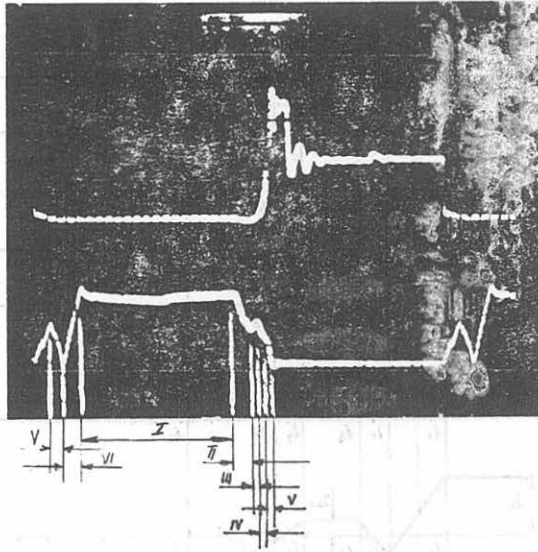
Koristeći rezultate analize dobiveni su kvalitativni karakteristični valni oblici struja i napona na tranzistorima i primara transformatora, slika 9. Intervali od  $t_1$  do  $t_6$  su produljeni radi bolje preglednosti dijagrama.



Sl. 9 Kvalitativni valni oblici struja i napona tranzistora i primara transformatora

PROVJERA REZULTATA ANALIZE

Slika 10 prikazuje oscilogramе struje i napona jednog tranzistora iz mosnog spoja snimljene na modelu pretvarača 220 V/24 V-15 A. Istitravanja u naponu se javljaju zbog postojanja parazitskih kapaciteta i induktiviteta ožičenja i komponenti pretvarača.



Sl. 10 Oscilogrami struje i napona jednog tranzistora mosnog spoja pretvarača 220 V/24 V-15 A

LITERATURA

1. E.T. Calkin and B.H. Hamilton A conceptually new approach for regulated DC to DC converters employing transistor switches and pulse width control, IEEE Trans. on Ind. Appl. Vol. IA-12, No. 4, July/August 1976, pp 369-377
2. Ž. Ivanović Tranzistorski regulirani istosmjerni pretvarač s visokom radnom frekvencijom, Magistarski rad Sveučilišta u Zagrebu, 1979.