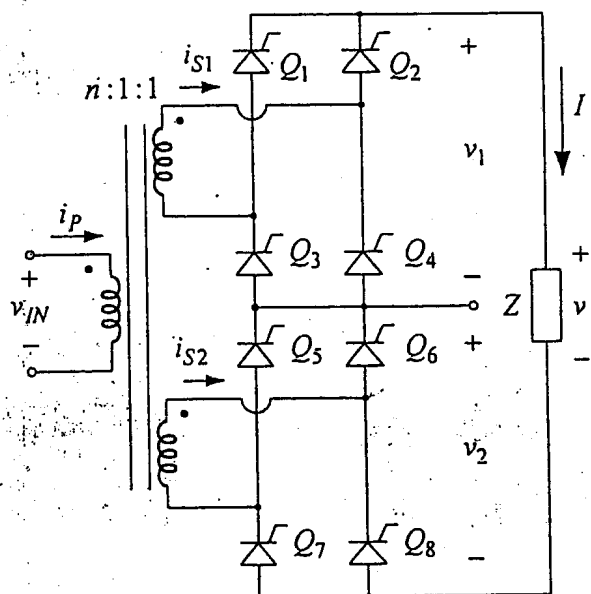
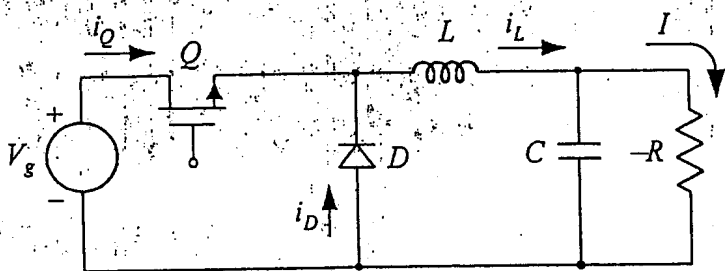


1. Na slici 1 je prikazan monofazni serijski tiristorski ispravljač. Tiristorima Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 nezavisno se upravlja od tiristora Q_5, Q_6, Q_7, Q_8 . Tiristori Q_1, Q_4 , odnosno Q_5, Q_8 i Q_2, Q_3 , odnosno Q_6, Q_7 , se uključuju sa međusobnim faznim pomerajem od 180° . Ugao uključanja α_1 , odnosno α_2 , meri se od uzlaznog prolaska faznog napona kroz nulu do uključanja tiristora Q_2, Q_3 , odnosno Q_6, Q_7 . Poznato je: $v_{IN} = 220\sqrt{2}V \cdot \sin(2\pi ft)$, $f = 50\text{Hz}$, $n = 2$, $I = 10\text{A}$, $\alpha_1 = \pi/2$ i $\alpha_2 = \pi$.

- [5] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih struja, struja svih tiristora i označenih napona.
- [2,5] Odrediti srednju i efektivnu vrednost izlaznog napona.
- [2,5] Odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1



Slika 2

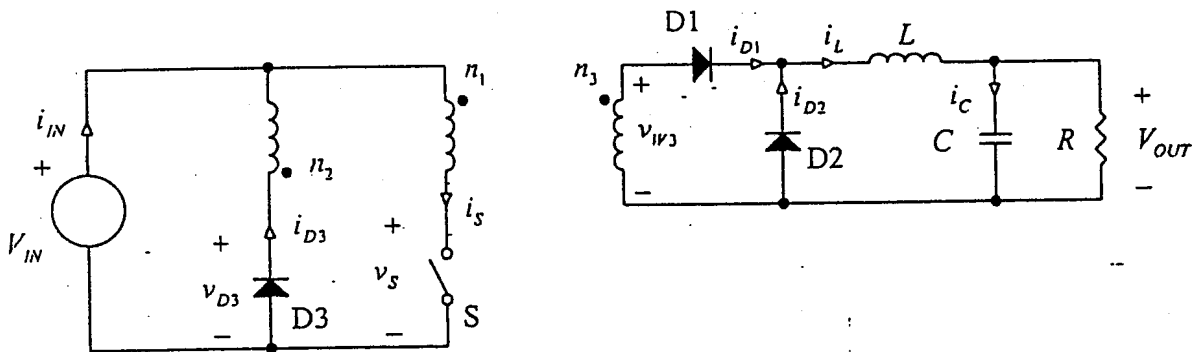
2. Buck konvertor sa slike 2 ima ulazni napon koji se menja u opsegu $35\text{V} \leq V_g \leq 70\text{V}$. Kada je snaga koja se predaje potrošaču u opsegu $10\text{W} \leq P \leq 1000\text{W}$, kolom povratne sprege, promenom odnosa impuls-perioda D , se obezbeđuje da je napon na potrošaču konstantan $V = 28\text{V}$. Upotrebljeni prekidač i dioda

mogu se smatrati idealnim, a poznato je $L = 22\mu\text{H}$, $C = 470\mu\text{F}$ i $f_s = 75\text{kHz}$.

- [3] U $V_g - I$ ravni ucrtati krivu koja razdvaja oblast kontinualnog i diskontinualnog režima rada konvertora.
- [4] Odrediti opseg vrednosti odnosa impuls-perioda $D_{\min} \leq D \leq D_{\max}$.
- [3] Ako je $V_g = 48\text{V}$ i $P = 100\text{W}$, odrediti i nacrtati, u toku jedne prekidačke periode, vremenske dijagrame obeleženih struja.

3. Na slici 3 je prikazan forward konvertor kod koga je $n_1 = n_2 = 46$, $L = 18 \mu\text{H}$, $C = 220 \mu\text{F}$, $f_s = 100 \text{ kHz}$. Nominalni ulazni napon je $V_{IN} = 24 \text{ V}$, a izlazni napon je $V_{OUT} = 5 \text{ V}$. Napon na diodama dok su direktno polarisane je $V_D = 1 \text{ V}$, kao i napon na prekidaču dok je provodan, $V_S = 1 \text{ V}$. Uticaj magnetizacione induktivnosti transformatora se može zanemariti.

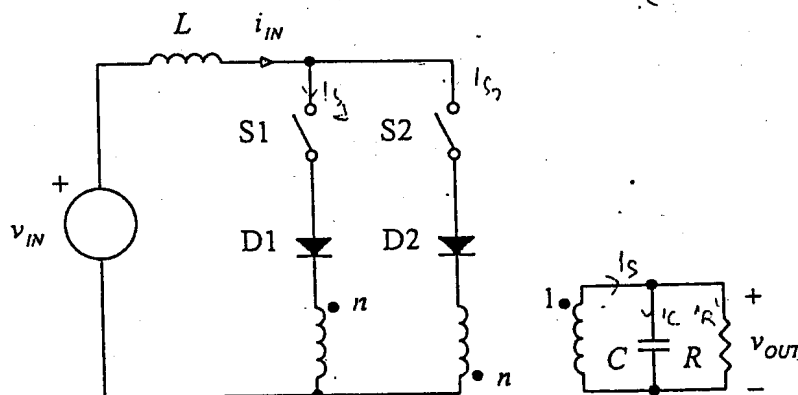
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati konvertor sa n_3 izračunato pod a) može da obezbedi $V_{OUT} = 5 \text{ V}$.
- Pri izlaznoj struji $I_{OUT} = 5 \text{ A}$ odrediti koeficijent korisnog dejstva.



Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan strujni inverter. Prekidač S1 je uključen tokom dT_s , a prekidač S2 je uključen tokom $d'T_s$. Poznato je: $v_{IN} = 300 \text{ V}$, $n = 2$, $d = \frac{1}{2}(1 + m \sin(\omega t))$, $-1 < m < 1$, $\omega = 100\pi \text{ rad/s}$, $R = 35.35 \Omega$, $C = 90.03 \mu\text{F}$, L je dovoljno veliko da se talasnost i_{IN} može zanemariti.

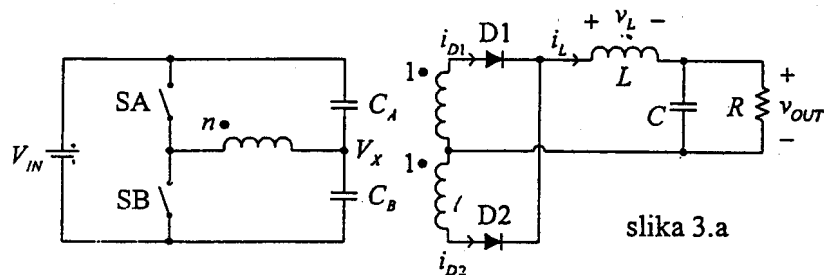
- Za $m = 0.75$ odrediti srednju vrednost v_{OUT} na nivou periode prekidanja T_s . Nacrtati i označiti vremenski dijagram.
- Odrediti zavisnost i_{IN} od m .



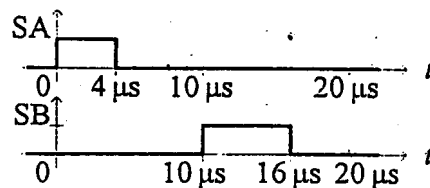
Slika 4.

3. Na slici 3.a je prikazan half-bridge konvertor kod koga je $V_{IN} = 120 \text{ V}$, $C_A \rightarrow \infty$, $C_B \rightarrow \infty$, $C \rightarrow \infty$, $L = 24 \mu\text{H}$, $R = 6 \Omega$, pobudni signali za prekidače SA i SB su prikazani na slici 3.b, prekidači i diode se mogu smatrati idealnim. Struja magnetizacione induktivnosti transformatora je dovoljno mala da se u analizi može zanemariti.

- [2] Odrediti jednosmernu komponentu napona V_X u kontinualnom režimu rada konvertora.
- [2] Odrediti prenosni odnos n transformatora tako da izlazni napon konvertora u kontinualnom režimu bude $V_{OUT} = 12 \text{ V}$.
- [2] Odrediti vremenski dijagram napona v_L na kalem.
- [2] Odrediti vremenski dijagram struje kalema i_L .
- [2] Odrediti opseg otpornosti potrošača R u kome konvertor radi u kontinualnom režimu.



slika 3.a



slika 3.b

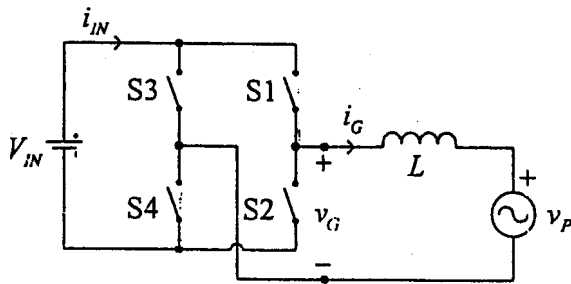
4. Na slici 4 je prikazan inverter koji služi za spregu jednosmernog vetrogeneratora sa javnom distributivnom mrežom efektivne vrednosti napona $V_{RMS} = 230 \text{ V}$ i frekvencije $f_0 = 50 \text{ Hz}$. Reaktansa spreznog kalema L na mrežnoj učestanosti je $X_L = 10 \Omega$. Vetrogenerator održava konstantan napon $V_{IN} = 600 \text{ V}$. Invertorom se upravlja tako što je prekidačka učestanost $f_s = 1/T_s = 20 \text{ kHz}$ konstantna, tokom dT_s su uključeni prekidači S1 i S4, dok su tokom $d'T_s$ uključeni S2 i S3. Prekidači se mogu smatrati idealnim. U analizi smatrati da je $v_p = V_{RMS} \sqrt{2} \sin(\omega_0 t)$, $\omega_0 = 2\pi f_0$.

Koristeći usrednjavanje tokom periode prekidanja, odrediti:

- [2] zavisnost $\overline{v_G}$ od V_{IN} i d ;
- [2] zavisnost $\overline{i_{IN}}$ od $\overline{v_G}$ i d .

Koristeći rezultate dobijene pod a) i b), odrediti:

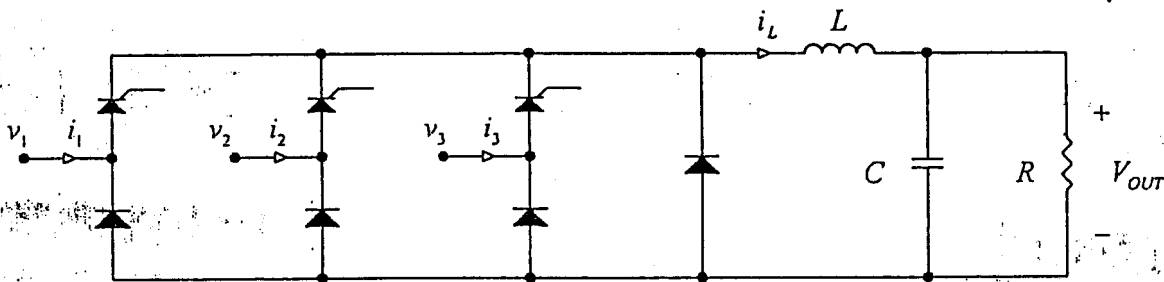
- [2] napon $\overline{v_G}(\omega_0 t)$ pri kome inverter u mrežu predaje aktivnu snagu od $P = 2.4 \text{ kW}$, pri čemu je reaktivna snaga jednaka nuli;
- [2] zavisnost $d(\omega_0 t)$ kojom se ostvaruje $\overline{v_G}(\omega_0 t)$ određeno pod c), odgovarajuću zavisnost $\overline{i_{IN}}(\omega_0 t)$, kao i njenu jednosmernu komponentu I_{IN} ;
- [2] maksimalnu snagu koju sa datom reaktansom X_L i ulaznim naponom V_{IN} inverter može da predaje mreži pod uslovom da ne dolazi do zasićenja impulsnog širinskog modulatora (inverter ne radi u "overmodulation" režimu).



slika 4

1. Trofazni polukontrolisani most sa slike 1 je povezan na trofazni sistem napona $v_k = V_m \cos(\omega t - (k-1)120^\circ)$, gde je $k \in \{1, 2, 3\}$ i $V_m = 220\sqrt{2}$ V. Fazni ugao uključenja tiristora α se meri u odnosu na uzlazni prolazak kroz nulu odgovarajućeg faznog napona. Smatrati $30^\circ < \alpha < 150^\circ$. Potrošač ima otpornost $R = 100 \Omega$, a LC filter se može smatrati idealnim, tako da se može smatrati da ulazna struja filtra i_L i izlazni napon imaju samo jednosmernu komponentu.

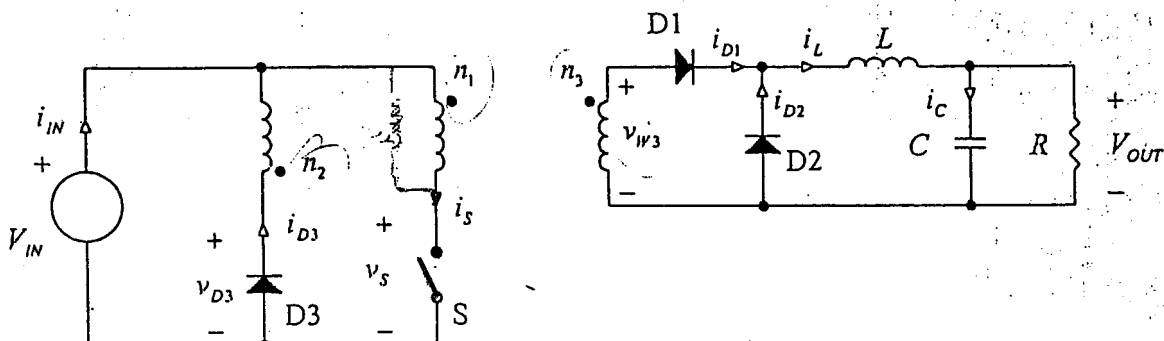
- Odrediti zavisnost V_{OUT} od α .
- Odrediti zavisnost faktora snage od α .
- Odrediti zavisnost jednosmerne komponente ulazne struje od α .
- Nacrtati vremenski dijagram ulazne struje i_1 za $\alpha = 30^\circ$ i označiti karakteristične tačke.



slika 1

2. Na slici 2 je prikazan forward konvertor kod koga je $n_1 = n_2 = 46$, $L = 18 \mu\text{H}$, $C = 220 \mu\text{F}$, $f_s = 100 \text{ kHz}$. Nominalni ulazni napon je $V_{IN} = 24 \text{ V}$, a izlazni napon je $V_{OUT} = 5 \text{ V}$. Napon na diodama dok su direktno polarisane je $V_D = 1 \text{ V}$, kao i napon na prekidaču dok je provodan, $V_S = 1 \text{ V}$. Uticaj magnetizacione induktivnosti transformatora se može zanemariti.

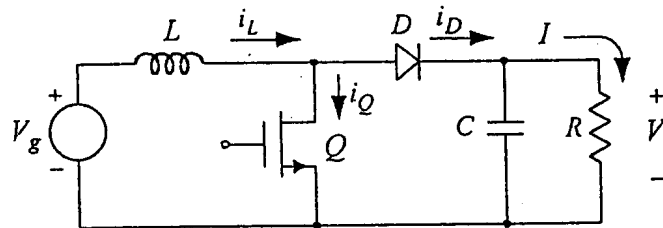
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 2 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati konvertor sa n_3 sračunato pod a) može da obezbedi $i_{IT} = 5 \text{ A}$.
- Ako je maksimalna predviđena izlazna struja $I_{OUTmax} = 5 \text{ A}$, odrediti zavisnost koeficijenta korisnog dejstva od I_{OUT} i maksimalnu vrednost koeficijenta korisnog dejstva. Razmatrati samo kontinualni režim rada.
- Odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{d}(s)$.



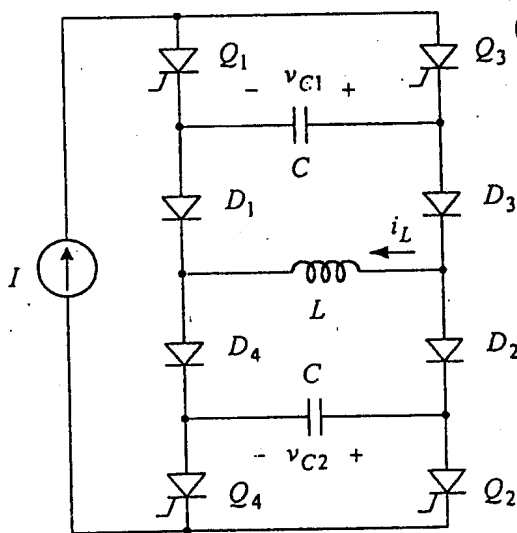
slika 2

3. Boost konvertor sa slike 3 napaja se iz baterije $V_g = 1,2\text{V} \pm 0,2\text{V}$, radi sa konstantnim vremenom uključenosti prekidača Q , $t_{on} = 10\mu\text{s}$, dok se promenom vremena isključenosti t_{off} , odnosno prekidačke učestanosti f_S , pri promeni potrošnje u granicama $100\mu\text{A} \leq I \leq 0,2\text{A}$ izlazni napon reguliše na vrednost $V = 3\text{V}$.

- [2] Odrediti $M(D) = V/V_g$, kao i uslov koji definiše rad u diskontinualnom režimu.
- [3] Odrediti vrednost induktivnosti L i kapacitivnosti C tako da:
 - talasnost izlaznog napona ne bude veća od $\Delta V_{p-p} = 50\text{mV}$
 - konvertor radi u diskontinualnom režimu
 - vršna vrednost struje induktivnosti bude što manja.
- [3] Pod uslovima iz tačke b) odrediti minimalnu i maksimalnu vrednost prekidačke učestanosti f_{Smin} i f_{Smax} .
- [2] Za $f_S = f_{Smin}$ odrediti i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja.



Slika 3



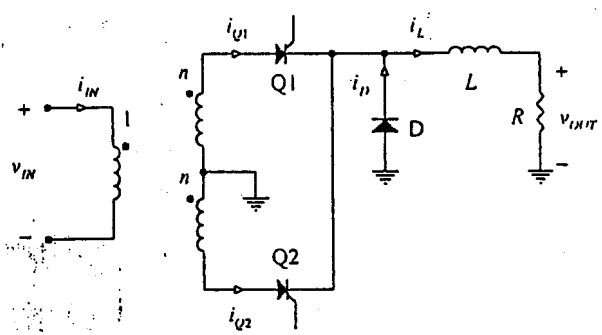
(x) 4.5

4. Na slici 4 prikazan je monofazni tiristorski inverter za napajanje induktivnog potrošača. Tiristori se uključuju signalima sa gejtova, provode alternativno u parovima Q_1, Q_2 i Q_3, Q_4 , a sve upotrebljene komponente su idealne.

- [6] Izračunati i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih napona i struja u toku prelaznog režima promene polariteta struje kroz potrošač. Smatrati da je u početnom trenutku posmatranja napon na kondenzatorima $v_{C1}(0) = v_{C2}(0) = V_0 > 0$.
- [2] Odrediti raspoloživo vreme t_q za komutaciju tiristora i početni napon na kondenzatorima V_0 .
- [2] Odrediti maksimalnu prekidačku učestanost f_{Smax} za koju kolo ispravno radi.

1. U ispravljaču sa slike 1 poznato je $v_{IN} = 220\sqrt{2} \text{ V} \sin(2\pi 50 \text{ Hz } t)$, $n = 1/2$, $L = 10 \text{ H}$, $R = 5 \Omega$, tiristor Q1 se uključuje fazni ugao $\alpha = 2\pi 50 \text{ Hz } t_a$ nakon uzlaznog prolaska ulaznog napona kroz nulu, tiristor Q2 se uključuje za isti fazni ugao nakon silaznog prolaska ulaznog napona kroz nulu, dioda i tiristori se mogu smatrati idealnim.

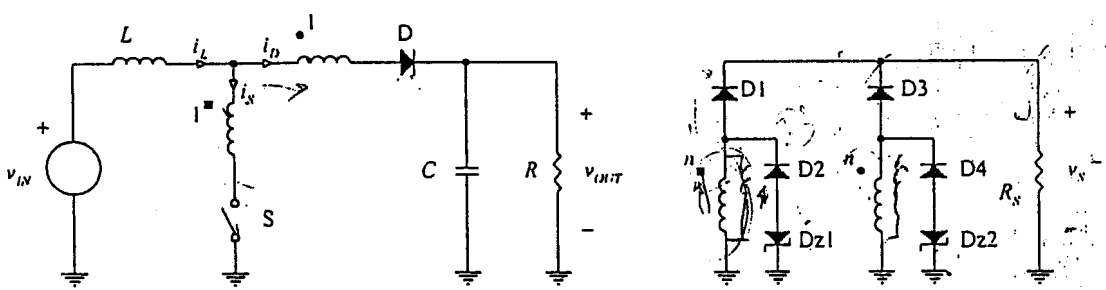
- a) Za $\alpha = 90^\circ$ odrediti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{Q1} , i_{Q2} , i_D i i_L , izračunati i označiti karakteristične tačke.
- b) Odrediti zavisnost izlaznog napona od ugla uključenja tiristora.
- c) Odrediti zavisnost faktora snage od ugla uključenja tiristora.
- d) Pri uglu uključenja tiristora od $\alpha = 0$ proceniti amplitudu naizmjenične komponente izlaznog napona.
- e) Odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{a}(s)$ u okolini $\alpha = 45^\circ$.



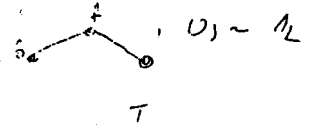
Slika 1.

2. Na slici 2 je prikazan boost konvertor kod koga je primenjena tehnika strujnog programiranja ograničavanjem maksimalne i minimalne vrednosti struje kalema. Ako se drugačije ne naglasi smatrati da je $v_{IN} = 100 \text{ V}$, $i_{Lmax} = 2.2 \text{ A}$, $i_{Lmin} = 1.8 \text{ A}$, $R = 200 \Omega$, dioda i prekidač u energetskom delu kola se mogu smatrati idealnim. Poznato je $C = 10000 \mu\text{F}$, $L = 2.5 \text{ mH}$. Pad-napona na direktno polarisanim diodama u kolu za merenje struje je $V_D = 0.7 \text{ V}$, probojni napon zener dioda je $V_Z = 10 \text{ V}$, prenosni odnos transformatora je $n = 1000$, magnetizacionu induktivnost transformatora smatrati za jako veliku, $R_S = 1 \text{ k}\Omega$.

- a) Odrediti vremenske dijagrame i_L , i_S i i_D u ustaljenom stanju.
- b) Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača.
- c) Odrediti vremenske dijagrame struja dioda D1, D2, D3 i D4.
- d) Ako se ulazni napon promeni sa 100 V na 105 V, a i_{Lmin} i i_{Lmax} održavaju konstantnim, odrediti vremenski dijagram izlaznog napona tokom prelaznog procesa.

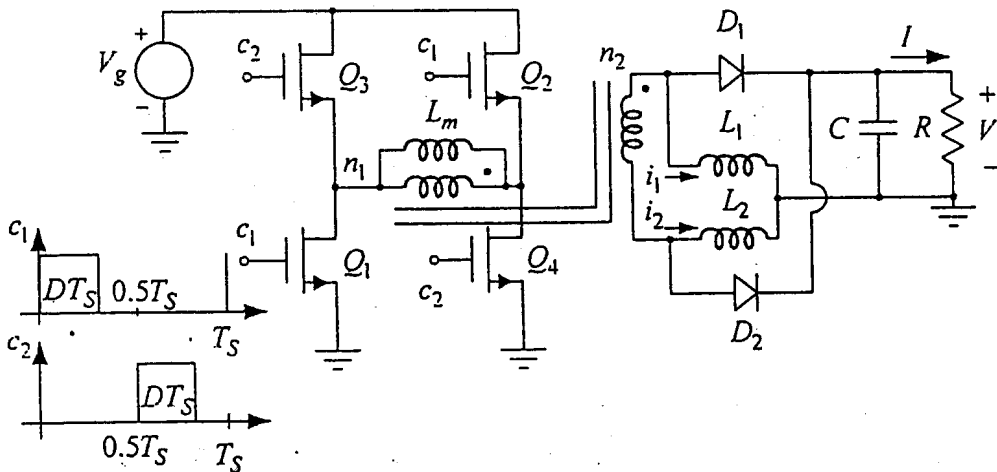


Slika 2.



3. FULL-BRIDGE konvertor sa slike 3 radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 100 \text{ kHz}$, ima ulazni napon koji se menja u granicama $40 \text{ V} \leq V_g \leq 60 \text{ V}$, dok je $V = 5 \text{ V}$, $5 \text{ A} \leq I \leq 50 \text{ A}$. $L_m \rightarrow \infty$, $V_D = 0.5 \text{ V}$ i $L_1 = L_2 = L$.

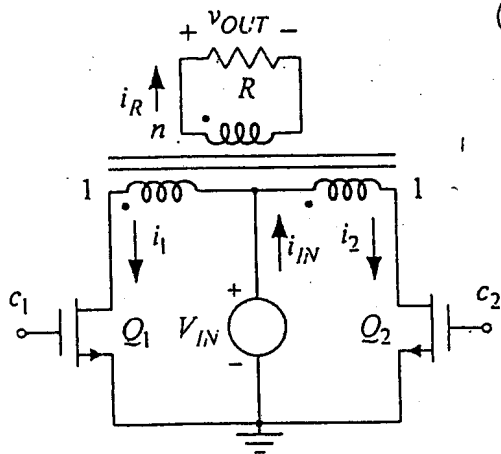
- [1] Odrediti maksimalnu vrednost odnosa impuls-perioda D_{max} za koju konvertor ispravno radi.
- [5] Odrediti prenosni odnos transformatora $n = n_1/n_2$, minimalnu vrednost induktivnosti L i kapacitivnosti C , tako da konvertor uvek radi sa kontinualnom strujom induktivnosti i da je talasnost napona na potrošaču $\Delta v_{p-p} \leq 1\% V$.
- [2] Za $V_g = 60 \text{ V}$ i $I = 50 \text{ A}$ nacrtati vremenske oblike struja prekidača i dioda, struja i napona na kalemovima i napona na prekidačima i diodama.
- [2] Odrediti maksimalne inverzne napone na diodama i prekidačkim tranzistorima, maksimalnu srednju struju dioda i efektivnu vrednost struje prekidačkih tranzistora.



Slika 3

USE

4. PUSH-PULL invertor sa slike 4 se napaja iz baterije $10 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 16 \text{ V}$ i obezbeđuje napajanje potrošaču $R = 100 \Omega$ u odsustvu mrežnog napona. Smatrati da je magnetizaciona induktivnost transformatora $L_m \rightarrow \infty$.



Slika 4

a) [3] Ako su pobudni impulsi sa faktorom ispunе $D \approx 0.5$, odrediti minimalnu vrednost prenosnog odnosa transformatora n i vremenske dijagrame stanja prekidača tako da se potrošaču ne predaje manja korisna snaga nego u slučaju mrežnog napona $v = 220\sqrt{2} \text{ V} \cdot \sin(2\pi ft)$, $f = 50 \text{ Hz}$.

b) [2] Ako je $V_{IN} = 16 \text{ V}$, nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 4, kao i napona na prekidačima.

c) [1] Odrediti maksimalni stres na prekidačima

$$S = V_{Qpk} I_{Qrms}$$

d) [3] Kako treba upravljati prekidačima Q_1 i Q_2 tako da u izlaznom naponu ne postoji treći harmonik? Nacrtati vremenske dijagrame pobudnih impulsa c_1 i c_2 za ovaj slučaj.

e) [1] Za slučaj iz tačke d) odrediti maksimalnu korisnu snagu koja se predaje potrošaču.