

ENERGETSKA ELEKTRONIKA

$\bar{I}_S = 1.08 A$
 $\bar{I}_O = 0.8 A$ 06.02.2008.

1. Na slici 1 je prikazan buck-boost konvertor. Poznato je $L = 100 \mu H$, $f_s = 100 \text{ kHz}$, prekidač je uključen tokom D/f_s .

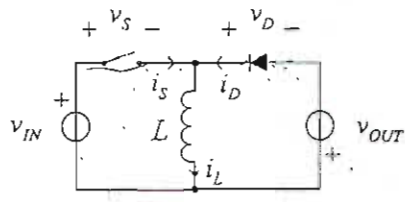
a) [3] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ pri $D = 0.4$ nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_s , i_D , i_L , v_S i v_D . Izračunati maksimalne napone i struje na prekidačkim elementima. Izračunati srednju vrednost za struje i_s i i_D .

b) [1] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti opseg za D u kome konvertor radi u diskontinualnom režimu (DCM).

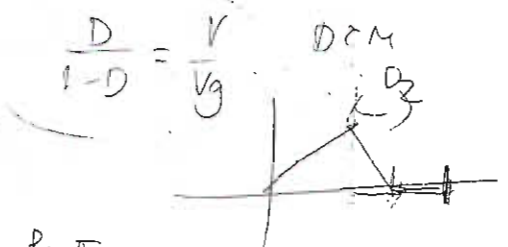
c) [2] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti zavisnost srednje vrednosti struje i_s od D u DCM.

d) [2] Za $D = 0.4$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti zavisnost srednje vrednosti struje i_s od v_{IN} u DCM.

e) [2] Ako je $D = 0.51$, $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 200 \text{ V}$, odrediti zavisnost $\bar{i}_L(t)$ ako je $\bar{i}_L(0) = 0$, gde je \bar{i}_L srednja vrednost struje kabela tokom periode prekidanja.



$\bar{I}_S = \frac{D I_O}{2}$
 $\bar{I}_S = \frac{0.4 \cdot 0.8}{2} = 0.16 A$



Slika 1.

2. Na slici 2 je prikazan ispravljač sa visokim faktorom snage kod koga je $L = 100 \mu H$, $f_s = 100 \text{ kHz}$, $v_{IN} = 230\sqrt{2} \text{ V} \sin(2\pi 50 \text{ Hz } t)$, $v_{OUT} = 400 \text{ V}$. Smatrati da je promena mrežnog napona tokom jedne periode prekidanja mala. Prekidač je uključen tokom D/f_s .

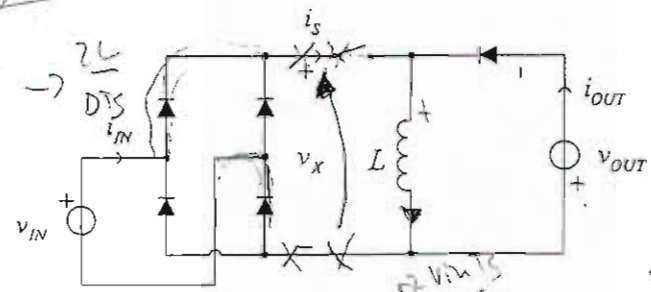
a) [2] Odrediti maksimalnu vrednost za D tako da tokom cele periode mrežnog napona konvertor radi u diskontinualnom režimu.

b) [3] Odrediti zavisnost $R_E = v_x / i_s$ od D , gde su v_x i i_s srednje vrednosti v_x i i_s tokom jedne periode prekidanja.

c) [2] Pri $D = 0.4$ odrediti vremenski dijagram \bar{i}_{IN} (srednja vrednost i_{IN} tokom periode prekidanja), jednosmernu komponentu izlazne struje i_{OUT} i snagu konvertora.

d) [2] Odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlazne struje konvertora od D .

e) [1] Odrediti maksimalnu snagu ispravljača pri kojoj konvertor radi u diskontinualnom režimu.



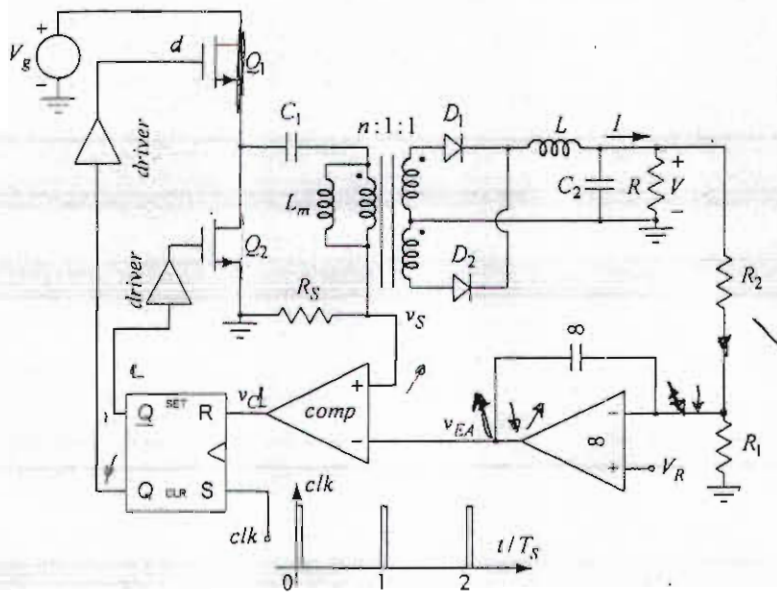
$\bar{v}_x = D V_{in}$
 $\bar{I}_S = \frac{D I_O}{2}$

Slika 2.

Handwritten notes on the left side of the page, including $\frac{D V_{in} \cdot 2L}{D^2 V_{in}^2 T_s}$ and other mathematical expressions.

$P = \frac{2L}{D T_s} \cdot \frac{1}{T_s} \int_0^{\pi} V_{in}^2 \sin^2 \theta$
 $P = 423.2$
 $P_{max} = 800 W$

3. Asymmetrical Half-Bridge konvertor sa slike 3 radi u kontinualnom režimu sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_S = 1/T_S = 100 \text{ kHz}$ i strujnim programiranjem. Poznato je: $V_g = 380 \text{ V}$, $V_R = 2,5 \text{ V}$, $V_D = 1 \text{ V}$, $R_S = 1 \Omega$, $R_2 = 6,6R_1$, $R_1 + R_2 \gg R$, $C_1 \rightarrow \infty$ i $L_m \rightarrow \infty$. Trajanje taktnih impulsa (clk) je $\Delta \ll T_S$, a pad napona na otporniku R_S za merenje primarne struje je $v_S \ll V_g$. Logički nivoi komparatora i flip-flopa su usklađeni, a kontrolnom logikom je obezbeđeno da tranzistori Q_1 i Q_2 nikad istovremeno ne provode i da je $D_{\max} = 0,45$.



Slika 3

tranzistori Q_1 i Q_2 nikad istovremeno ne provode i da je $D_{\max} = 0,45$.

a) [5] Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L i kapacitivnosti C_2 i prenosni odnos transformatora n tako da

- potrošnja bude u opsegu $0,3 \text{ A} \leq I \leq 3 \text{ A}$
- talasnost izlaznog napona bude $\Delta v_{p-p} \leq 300 \text{ mV}$

b) [5] Nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode prekidanja, obeleženih napona i struja prekidača, dioda i induktivnosti kada je $I = 3 \text{ A}$.

4. Na slici 4 prikazan je monofazni tiristorski rezonantni inverter koji radi na učestanosti $f_0 = 3,5 \text{ kHz}$. Tiristori se uključuju signalima sa gejtova, alternativno u parovima Q_1, Q_2 i Q_3, Q_4 ,

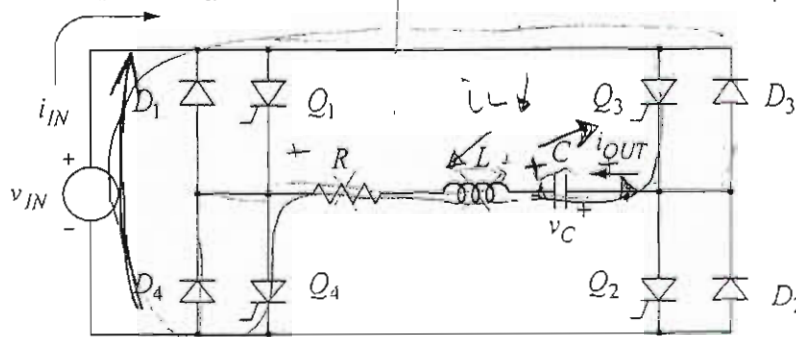
sa vremenskim razmakom od $T = \frac{1}{2f_0}$. Sve upotrebljene komponente su idealne, a poznato je:

$$v_{IN} = 220 \text{ V}, C = 6 \mu\text{F}, L = 50 \mu\text{H} \text{ i } R = 2 \Omega.$$

a) [5] Izračunati i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i struja svih prekidača u toku jedne periode u ustaljenom stanju. Smatrati da je u početnom trenutku pri uključivanju tiristora Q_3, Q_4 , $i_{OUT}(0) = 0$ i $v_C(0) = -V_{C1}$, $V_{C1} > 0$.

b) [2] Odrediti vrednost napona na kondenzatoru V_{C1} .

c) [3] Odrediti srednju snagu koja se predaje potrošaču R , srednju struju tiristora Q_1 , \bar{i}_1 i srednju struju iz izvora za napajanje \bar{i}_{IN} .



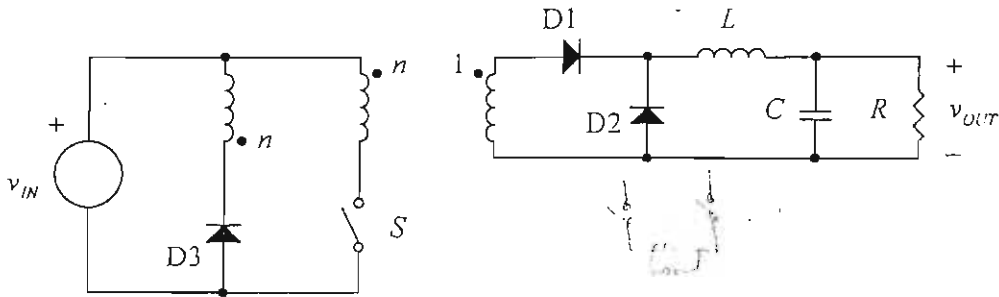
Slika 4

$$i_{IN} = v_{C1} - v_{IN} \rightarrow$$

$$v_{C1} = v_{IN} - v_{C1}$$

3. Na slici 3 je prikazan forward konvertor kod koga je izlazni napon regulisan na 5V. Poznato je: $f_S = 100\text{kHz}$, $L = 18\mu\text{H}$, $n = 20$, C je dovoljno veliko da se talasnost izlaznog napona može zanemariti, pad napona na diodama D1 i D2 kada provode je $V_D = 1\text{V}$, pad napona na D3 i na S se može zanemariti.

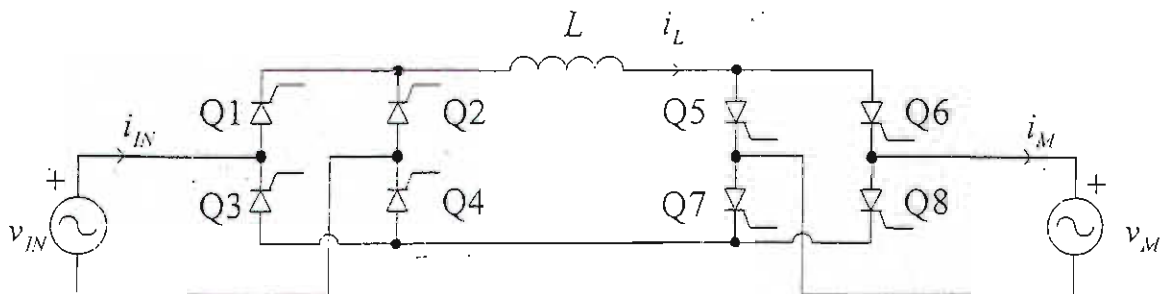
- [4] Za $v_{IN} = 300\text{V}$ i $R = 2.5\Omega$ nacrtati vremenske dijagrame struja i napona na D1, D2, D3 i S.
- [3] Odrediti najniži napon v_{IN} pri kome može da se na izlazu obezbedi nominalni napon.
- [3] Ako je probojni napon za D3 i S 800V, odrediti maksimalni v_{IN} pri kome ovi elementi ne probijaju. Koliki je u tom slučaju maksimalni inverzni napon na D1 i D2?



Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan sistem za upravljanje sinhronim motorom koji se sastoji od ispravljača koga čine tiristori Q1 do Q4 i strujnog invertora koji čine tiristori Q5 do Q8. Induktivnost kalema L je dovoljno velika da se talasnost njegove struje može zanemariti. Invertorskim tiristorskim mostom se upravlja tako da je $i_M = i_L \text{sgn}(\sin(\omega_M t))$. Kontraelektromotorna sila koju stvara motor data je sa $v_M = V_M \sin(\omega_M t + \varphi_M)$. Ulazni napon je $v_{IN} = V_{IN} \sin(\omega_0 t)$.

- [2] Odrediti opseg ugla φ_M na intervalu $(0, 2\pi)$ za koji je moguće izvršiti komutaciju tiristora.
- [2] Ako se tiristori Q1 i Q4 u ispravljačkom mostu uključuju fazni ugao α nakon uzlaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona, a tiristori Q2 i Q3 fazni ugao π nakon uključjenja Q1 i Q4, odrediti zavisnost α od V_{IN} , V_M i φ_M u ustaljenom stanju.
- [2] Za $V_M = \sqrt{2} V_{IN}$ odrediti opseg ugla φ_M za koji je u kolu moguće uspostaviti ustaljeno stanje sa strujom kalema različitom od nule.
- [2] Za $V_M = \sqrt{2} V_{IN}$, $\alpha = 0$, $\omega_M = 2\omega_0$ i $i_L = 50\text{A}$ nacrtati vremenske dijagrame struja i_M i i_{IN} i napona v_M i v_{IN} tokom jedne periode ulaznog napona.
- [2] Za slučaj d) odrediti faktor snage na ulazu i ukupno harmonijsko izobličenje ulazne struje.



Slika 4.

13

$$\int U_{OUT} i_{OUT} = U_{OUT} \int i_{OUT}$$

28.09.2007.

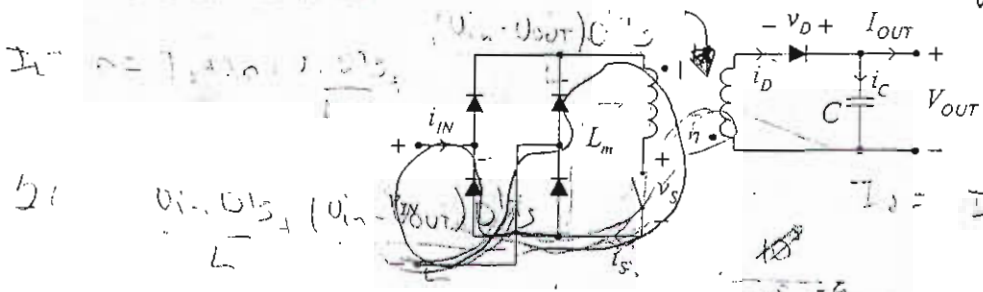
Na slici 1 je prikazan ispravljač sa visokim faktorom snage i galvanskom izolacijom koji koristi flyback konvertor. Poznato je $v_{IN} = 300 V \sin(\omega_s t)$, $\omega_s = 2\pi f_s$, $f_s = 50 Hz$, $f_s = 100 kHz$, $n = 1$, magnetizaciona induktivnost transformatora iznosi $L_m = 150 \mu H$, $C \rightarrow \infty$, izlazni napon se regulacijom održava na $V_{OUT} = 450 V$, prekidač je uključen tokom DT_s , prekidač i dioda su idealni.

- a) [3] Nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona tokom jedne periode prekidanja pri trenutnoj vrednosti ulaznog napona od $v_{IN} = -150 V$ i $D = 0.6$.
- b) [2] Kolika je maksimalna vrednost D pri kojoj konvertor tokom cele periode ulaznog napona radi u diskontinualnom režimu?
- c) [3] Odrediti zavisnost izlazne snage konvertora od D i maksimalnu izlaznu snagu za rad konvertora u diskontinualnom režimu tokom cele periode ulaznog napona.
- d) [2] Odrediti zavisnost izlazne struje od D i maksimalnu izlaznu struju za rad konvertora u diskontinualnom režimu tokom cele periode ulaznog napona.

$$44 \cdot 10^{-5} - 48 \cdot 10^{-6} = 10^{-6} (12 - V_{OUT})$$

$$96 = 12 - V_{OUT}$$

$$V_{OUT} = -$$



$$I_1 = I_0 + \frac{v_{IN} DT_s}{L}$$

$$I_2 = I_0 + \frac{v_{IN} DT_s}{L}$$

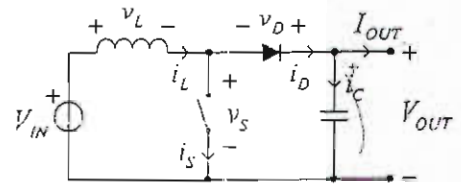
Slika 1

$$0.0025 = \frac{120.4}{100000} + \frac{(12 - 450) \cdot 10^{-6}}{100000}$$

Na slici 2 je prikazan boost konvertor kod koga je $V_{IN} = 12 V$, $L = 6 \mu H$, $C \rightarrow \infty$, $D = 0.4$ i $f_s = 100 kHz$, prekidač i dioda su idealni.

- a) [3] Nacrtati i označiti vremenske dijagrame označenih struja i napona za $V_{OUT} = 24 V$.
- b) [3] Nacrtati i označiti vremenske dijagrame označenih struja i napona za $I_{OUT} = 3.6 A$.
- c) [4] Odrediti zavisnost $I_{OUT}(V_{OUT})$ i nacrtati odgovarajući dijagram.

$$I_1 = I_0 + \frac{v_{IN} DT_s}{L}$$



Slika 2

$$I_{OUT} = -I_{OUT} \cdot 0.4 T_s +$$

$$\frac{I_1 + I_0 (1 - D)}{2} = 3.6$$

$$\frac{I_1 + I_0}{2} = \frac{3.6}{0.6} = 6 A$$

$$15 = 12 + (1 - 0.4) \cdot I_0$$

$$I_0 = 0.8$$

$$\frac{12 + 0.8}{2} = 6.4$$

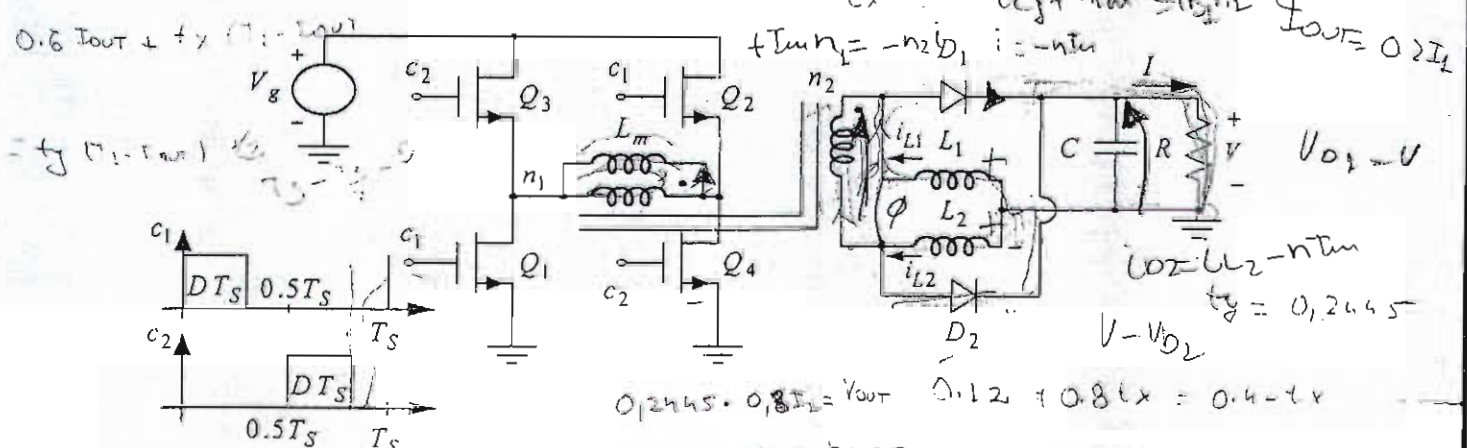
$$0.0024 = \dots$$

$$-I_{out} \cdot 0.1 + (I_1 - I_{out}) \cdot t_x = I_{out}$$

$$-I_{out} \cdot 0.1 T_s - 0.2 I_{out} T_s + t_x (I_1 - I_{out}) = t_y (I_1 - I_{out})$$

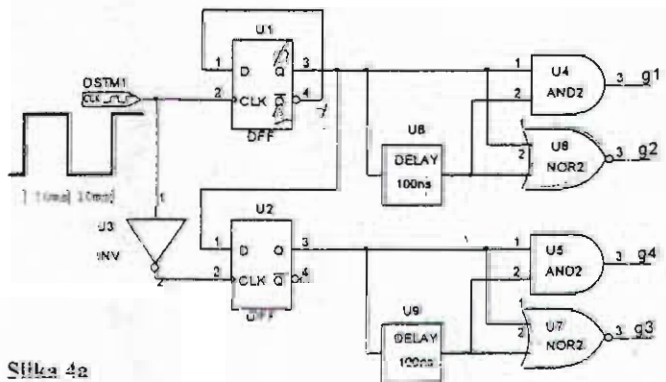
3. FULL-BRIDGE konvertor sa slike 3 radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 100 \text{ kHz}$, ima ulazni napon koji se menja u granicama $250 \text{ V} \leq V_g \leq 350 \text{ V}$, dok je $V = 48 \text{ V}$, $2 \text{ A} \leq I \leq 25 \text{ A}$, $L_m \rightarrow \infty$, $V_D = 1 \text{ V}$ i $L_1 = L_2 = L$.

- a) [4] 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 $\Delta v_{p-p} \leq 1\% V$.
- b) [3] Za $V_g = 250 \text{ V}$ i $I = 25 \text{ A}$ nacrtati vremenske oblike struja prekidača i dioda, struja i napona na kalemovima i napona na prekidačima i diodama.
- c) [1] Pod uslovom iz prethodne tačke, odrediti efikasnost konvertora.
- d) [2] Odrediti maksimalne inverzne napone na diodama i prekidačkim tranzistorima, maksimalnu srednju struju dioda i efektivnu vrednost struje prekidačkih tranzistora.



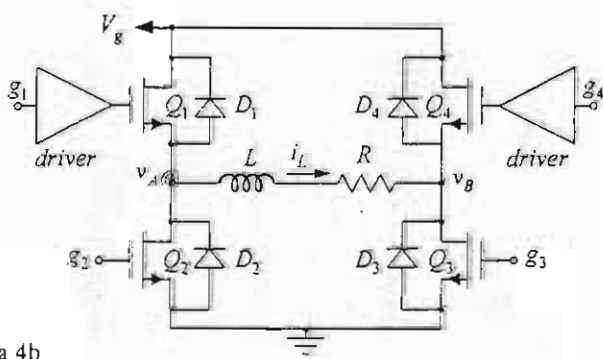
Slika 3

$$0.6 \cdot 0.2 I_1 + t_x \cdot 0.8 I_1 = t_y \cdot 0.8 I_1$$



Slika 4a

4. Invertor sa slike 4b pobuđuje se signalima koji se generišu u kolu sa slike 4a i napaja potrošač, redno vezanu induktivnost $L = 20 \text{ mH}$ i otpornost $R = 8 \Omega$. Učestanost takta (CLK) je $f_s = 50 \text{ Hz}$, dok je $V_g = 200 \text{ V}$. Smatrati da su prekidači i diode idealnih karakteristika.



Slika 4b

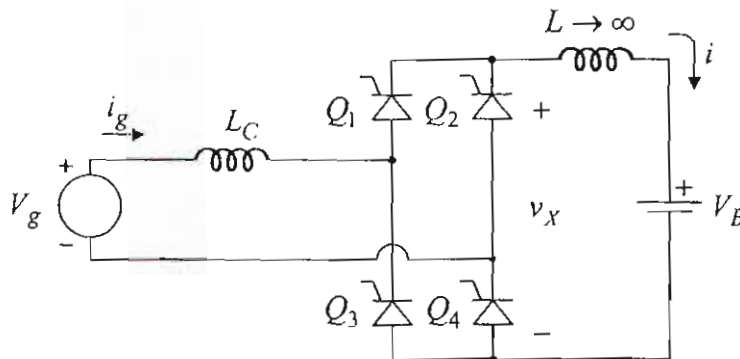
- a) [2] Nacrtati vremenske dijagrame pobuđnih napona v_{g1-4} na izlazu kola sa slike 4a.
- b) [5] U toku prve tri periode signala takta nacrtati vremenske dijagrame napona v_A , v_B i v_{AB} , struja svih prekidača i dioda i struje i_L . Pri proračunu ovih dijagrama zanemariti uticaj kašnjenja (DELAY).
- c) [3] Odrediti aktivnu snagu P koja se predaje potrošaču u ustaljenom stanju.

$$v_2 k_g = n_2 V_{senc}$$

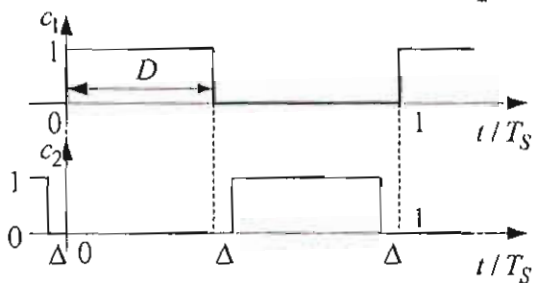
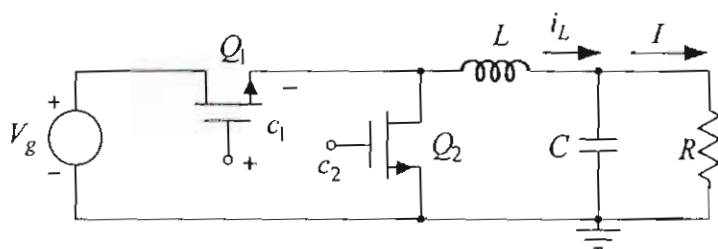
$$V_g = \frac{n_2}{n_1} I_g = \frac{V_2}{n}$$

1. Na slici 1 je prikazan tiristorski ispravljač kojim se iz mrežnog napona $V_g = V_m \sin(2\pi ft)$, $V_m = 220\sqrt{2}$, $f = 50\text{Hz}$ puni olovna akumulatorska baterija $V_B = 72\text{V}$. Tiristori Q_1, Q_4 se uključuju fazni ugao α nakon uzlaznog prolaska mrežnog napona kroz nulu, tiristori Q_2, Q_3 se uključuju za isti fazni ugao nakon silaznog prolaska mrežnog napona kroz nulu. Svi tiristori se mogu smatrati idealnim, dok je $L_C = 30\text{mH}$.

- a) [6] Ako je $\alpha = 0$ nacrtati vremenske dijagrame struja svih tiristora, struja i_g i i , kao i napona v_X u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona.
- b) [4] Odrediti, a zatim i skicirati, zavisnost struje punjenja $i = f(\alpha)$ u opsegu za koji je $i > 0$.



Slika 1



Slika 2

2. DC-DC konvertor sa slike 2 radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 300\text{kHz}$, dok je $3\text{V} \leq V_g \leq 3,6\text{V}$ i $V = 1,5\text{V}$. Na istoj slici su pokazani i upravljački impulsi, a smatrati da $\Delta T_s \rightarrow 0$.

a) [3] Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L i kapacitivnosti C tako da:

- talasnost napona na potrošaču bude $\Delta v_{p-p} \leq 1\%V$;
- talasnost struje induktivnosti bude $\Delta i_{Lp-p} \leq 20\%I_L$, gde je I_L srednja vrednost ove struje;

Konvertor radi sa kontinualnom strujom induktivnosti, opseg struje potrošnje je

$1\text{A} \leq I \leq 10\text{A}$, a prekidači se mogu smatrati idealnim.

b) [4] Smatrajući da je talasnost struje induktivnosti i napona na kondenzatoru zanemarljiva, otpornost kalema $R_L = 2\text{m}\Omega$ i otpornost prekidača $R_{ON1} = R_{ON2} = 5\text{m}\Omega$, odrediti efikasnost konvertora kada je $I = 10\text{A}$ i $V_g = 3\text{V}$.

c) [3] Nacrtati vremenske oblike struja prekidača i induktivnosti i napona na prekidačima kada je $V_g = 3,6\text{V}$ i $R = 3\Omega$. Smatrati da su sve komponente idealne i zanemariti talasnost napona na kondenzatoru.

3. Na slici 3 je prikazan full bridge konvertor kod koga je $v_{IN} = 24 \text{ V}$, $C \rightarrow \infty$, magnetizaciona induktivnost merena na primarnoj strani $L_m \rightarrow \infty$ ako se drugačije ne naglasi, $n = 2$, pad napona na direktno polarisanoj diodi je $V_D = 1 \text{ V}$, pad napona na provodnom prekidaču se može zanemariti, $L = 10 \mu\text{H}$, $T_S = 16 \mu\text{s}$, prekidači S1 i S2 su uključeni za $0 < t < DT_S$, a prekidači S3 i S4 su uključeni za $T_S/2 < t < T_S/2 + DT_S$.

a) [2] Odrediti D tako da izlazni napon u kontinualnom režimu bude $v_{OUT} = 5 \text{ V}$.

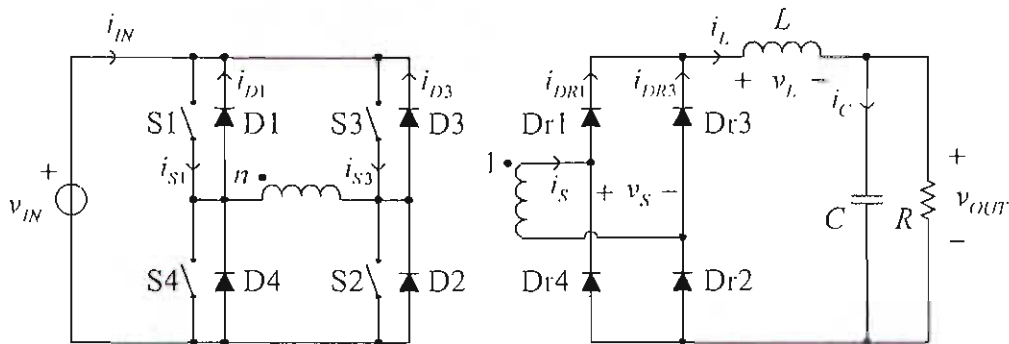
Za D određeno pod a):

b) [1] Odrediti opseg za R u kome konvertor radi u kontinualnom režimu.

c) [3] Na granici između kontinualnog i diskontinualnog režima nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{S1} , i_{D1} , i_{S3} , i_{D3} , i_S , i_{DR1} , i_{DR3} , i_L , i_C , v_S i v_L .

d) [2] Za $R \rightarrow \infty$ odrediti v_{OUT} .

e) [2] Za $L_m = 960 \mu\text{H}$ i $R \rightarrow \infty$ nacrtati vremenske dijagrame i_{IN} , i_{S1} , i_{D1} , i_{S3} i i_{D3} .



Slika 3.

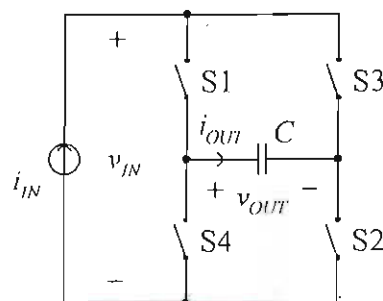
4. Na slici 4 je prikazan strujni inverter kod koga je $i_{IN} = 10 \text{ A}$, $C = 39.79 \mu\text{F}$, $f_S = 40 \text{ kHz}$, tokom d/f_S uključeni su S1 i S2, tokom $(1-d)/f_S$ uključeni su S3 i S4, prekidači se mogu smatrati idealnim. Smatrati da je jednosmerna komponenta napona na kondenzatoru jednaka nuli.

a) [3] Ako je $d(t) = 0.5(1 + 0.5 \sin(2\pi(t/(2.5 \text{ ms}))))$ odrediti vremenske dijagrame (izvesti analitičke izraze, nacrtati i označiti dijagrame) $\bar{v}_{IN}(t)$, $\bar{v}_{OUT}(t)$ i $\bar{i}_{OUT}(t)$. Usrednjavanje vršiti na vremenskom intervalu od $25 \mu\text{s}$. Odrediti jednosmernu komponentu napona \bar{v}_{IN} .

b) [2] Odrediti maksimalnu amplitudu napona \bar{v}_{OUT} frekvencije 400 Hz koja se može ostvariti tako da modulator invertora ne ide u zasićenje.

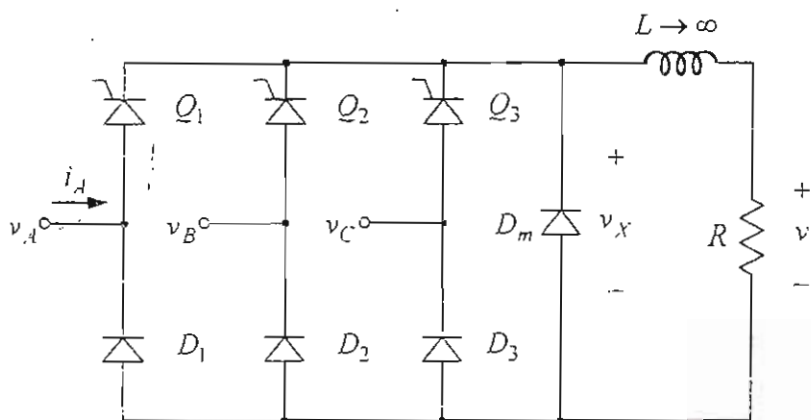
c) [2] Zanemarujući više harmonike, smatrajući da $\text{sgn}(\sin x) \approx (4/\pi) \sin x$, odrediti maksimalnu amplitudu napona \bar{v}_{OUT} frekvencije 400 Hz koja se može ostvariti pri potpunom zasićenju modulatora.

d) [3] Ne zanemarujući više harmonike, odrediti maksimalnu vrednost napona \bar{v}_{OUT} frekvencije 400 Hz koja se ostvaruje pri potpunom zasićenju modulatora. Jedan ispod drugog nacrtati vremenske dijagrame napona $\bar{v}_{OUT}(t)$ koji odgovaraju rešenjima pod c) i pod d).



Slika 4.

1. Na slici 1 je prikazan polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se svi prekidači mogu smatrati idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$, $v_C = V_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$. Tiristori Q_1 , Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$, $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$, respektivno. Poznato je: $V_m = 220\sqrt{2}$ V, $\omega = 100\pi$ rad/s i $R = 10\Omega$.

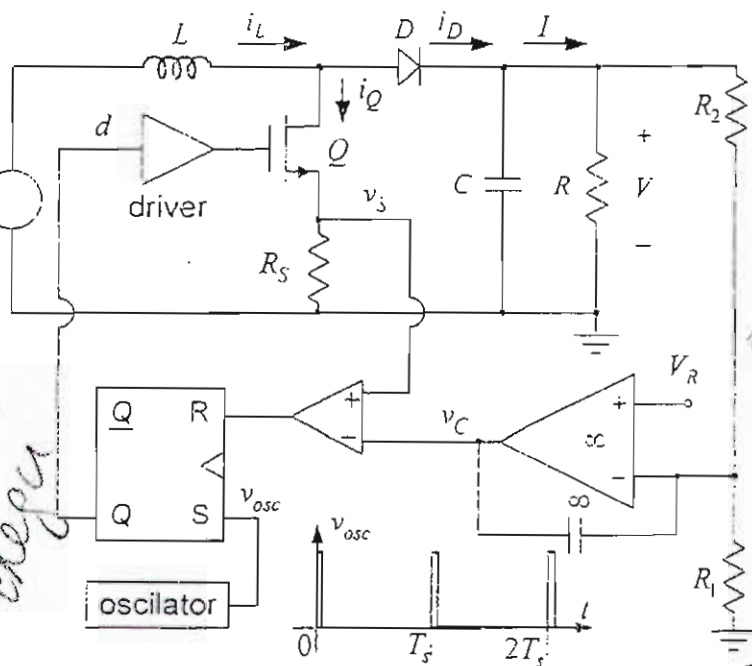


Slika 1

- a) [4] Ako je $\alpha = \pi/3$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mreznog napona, struja svih dioda i tiristora, napona v_X i izlaznog napona v .
- Ako se ugao uključenja tiristora menja u opsegu $0 \leq \alpha \leq \pi/2$, odrediti zavisnost:
- b) [2] srednje vrednosti napona v od ugla α i
- c) [4] faktora snage ispravljača od ugla α .

2. U DC-DC konvertoru sa slike 2 kolom kontrolne elektronike obezbeduje se da izlazni napon ima konstantnu vrednost kada se ulazni napon menja u opsegu $15V \leq V_g \leq 18V$. Oscilator generise periodične kratkotrajne impulse (slika 2) čije je trajanje $\Delta \ll T_s = 10\mu s$, a može se smatrati da je

*Zubeni de
pogled na
frekv*



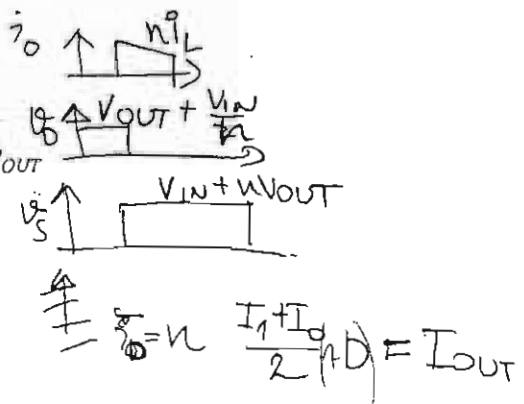
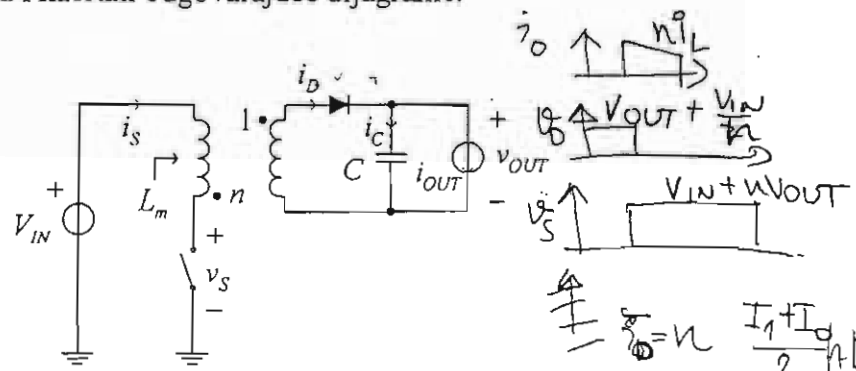
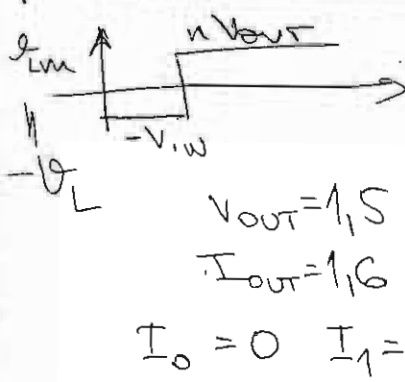
Slika 2

- prekidački tranzistor idealnih karakteristika. Poznato je: $V_D = 0,5V$, $R_S = 33m\Omega$, $L = 50\mu H$, $C \rightarrow \infty$, $V_R = 5V$, $R_2 = 46k\Omega$, $R_2 \gg R$ i $R_1 = 10k\Omega$.
- a) [5] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u toku jedne periode T_s u ustaljenom stanju, obeleženih napona i struja i upravljačke promenljive d kada je $V_g = 15V$ i $I = 5A$. Pri proračunu struja induktivnosti, prekidača i diode zanemariti pad napona na otpornosti R_S .
- b) [5] Ponoviti prethodnu tačku kada je $V_g = 18V$ i $I = 0,5A$.

*(kao I amp
Lpui ana II)*

3. Na slici 3 je prikazan flyback konvertor kod koga je $V_{IN} = 24 \text{ V}$, $n = 4$, $C \rightarrow \infty$, magnetizaciona induktivnost transformatora merena sa primarne strane iznosi $L_m = 12 \mu\text{H}$, prekidač i dioda se mogu smatrati idealnim. Frekvencija prekidanja iznosi $f_s = 100 \text{ kHz}$, a prekidač je u svakoj periodi uključen tokom $2 \mu\text{s}$.

- a) [5] Za $i_{OUT} = 1.6 \text{ A}$ odrediti v_{OUT} i nacrtati vremenske dijagrame i_S , v_S , i_D , v_D i i_C .
- b) [2] Odrediti struju i_{OUT} pri kojoj se konvertor nalazi na granici između kontinualnog i diskontinualnog režima rada.
- c) [1] Odrediti v_{OUT} za izlaznu struju određenu pod b).
- d) [2] Odrediti zavisnost izlaznog napona i izlazne snage od izlazne struje u kontinualnom i diskontinualnom režimu rada i nacrtati odgovarajuće dijagrame.

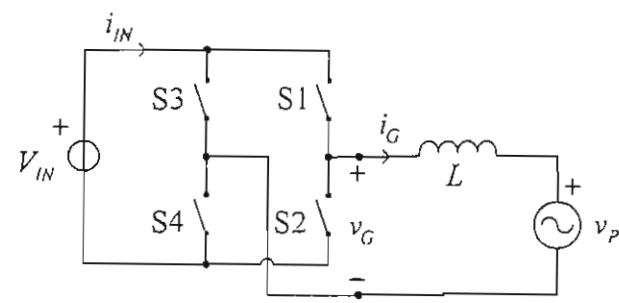


Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan inverter koji jednosmerni naponski izvor $V_{IN} = 660 \text{ V}$ spreže sa mrežom efektivne vrednosti napona $V_{RMS} = 220 \text{ V}$ i frekvencije $f_0 = 50 \text{ Hz}$. Reaktansa sprežnog kabela L na mrežnoj učestanosti je $X_L = 1.5 \Omega$. Invertorom se upravlja tako što je prekidačka učestanost $f_s = 1/T_s = 40 \text{ kHz}$ 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:

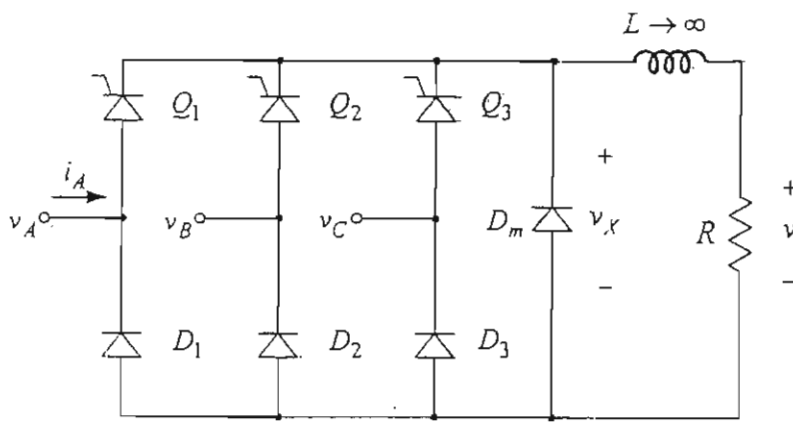
- a) [2] napon $\bar{v}_G(\omega_0 t)$ pri kome sistem u mrežu predaje aktivnu snagu od $P = 2.2 \text{ kW}$, pri čemu je reaktivna snaga jednaka nuli;
- b) [2] zavisnost $d(\omega_0 t)$ kojom se ostvaruje $\bar{v}_G(\omega_0 t)$ određeno pod a);
- c) [2] zavisnost $\bar{i}_{IN}(\omega_0 t)$ u slučaju kao pod a) i b), kao i njenu jednosmernu komponentu I_{IN} ;
- d) [2] maksimalnu snagu koju sistem može da preda mreži pod uslovom da ne dolazi do zasićenja impulsnog širinskog modulatora;
- e) [2] maksimalnu snagu koju sistem može da preda mreži pod uslovom da dolazi do potpunog zasićenja impulsnog širinskog modulatora.



Slika 4.

br

1. Na slici 1 je prikazan polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se svi prekidači mogu smatрати idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$, $v_C = V_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$. Tiristori Q_1, Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$; $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$, respektivno. Poznato je: $V_m = 220\sqrt{2}$ V, $\omega = 100\pi$ rad/s i $R = 10\Omega$.

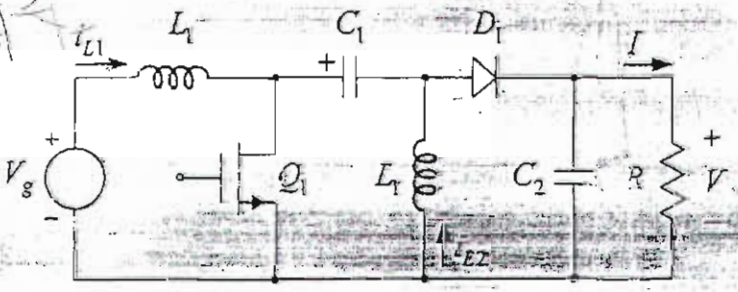


Slika 1

- a) [4] Ako je $\alpha = \pi/3$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora, napona v_x i izlaznog napona v .
- b) [6] Ako se ugao uključenja tiristora menja u opsegu $0 \leq \alpha \leq \pi/2$, odrediti zavisnost faktora snage ispravljača od ugla α .

2. SEPIC konvertor sa slike 2 radi u kontinualnom režimu sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 1/T_s = 250$ kHz. Poznato je: $2,8V \leq V_g \leq 4,5V$, $V = 3,3V$ i $I = 1A$.

- a) [5] Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L_{1-2} i kapacitivnosti C_{1-2} tako da bude ostvareno: $\frac{\Delta i_{L1p-p}}{I_{L1}} \leq 20\%$, $\frac{\Delta i_{L2p-p}}{I_{L2}} \leq 20\%$, $\frac{\Delta v_{C1p-p}}{V_{C1}} \leq 20\%$ i $\frac{\Delta v_{p-p}}{V} \leq 2\%$. Smatrati da su prekidači idealni i koristiti razumne aproksimacije.
- b) [1] Sa vrednostima iz prethodne tačke, odrediti pri kojoj struji potrošača konvertor prelazi u diskontinualni režim rada.



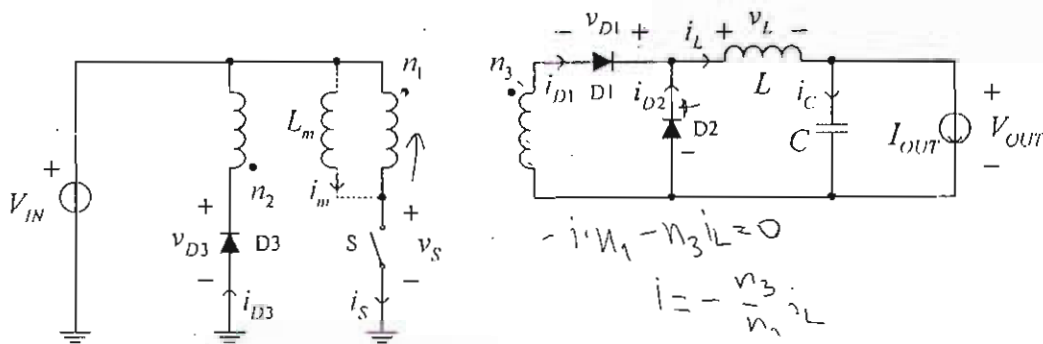
Slika 2

- c) [3] Ako je $V_g = 2,8V$, otpornost tranzistora kada provodi $R_{ON} = 10m\Omega$ i pad napona na provodnoj diodi $V_D = 0,3V$, odrediti efikasnost konvertora η . Smatrati da se talasnosti napona na kondenzatorima i struja induktivnosti mogu zanemariti.
- d) [1] Ponoviti prethodnu tačku kada je $V_g = 4,5V$.

064/302-10-50
16708

3. Na slici 3 je prikazan forward konvertor kod koga je $n_1 = n_2 = 22$, $n_3 = 40$, $L = 21 \mu\text{H}$, $C \rightarrow \infty$, $f_s = 100 \text{ kHz}$. Ulazni napon je $V_{IN} = 12 \text{ V}$, a izlazni napon regulator održava na $V_{OUT} = 5 \text{ V}$ promenom faktora ispunjenosti pobudnih impulsa prekidača D . Napon na diodama dok su direktno polarisane je $V_D = 1 \text{ V}$, a napon na prekidaču dok je provodan je $V_S = 1 \text{ V}$. Magnetizaciona induktivnost transformatora merena na namotaju sa n_1 navojaka iznosi $L_m = 330 \mu\text{H}$.

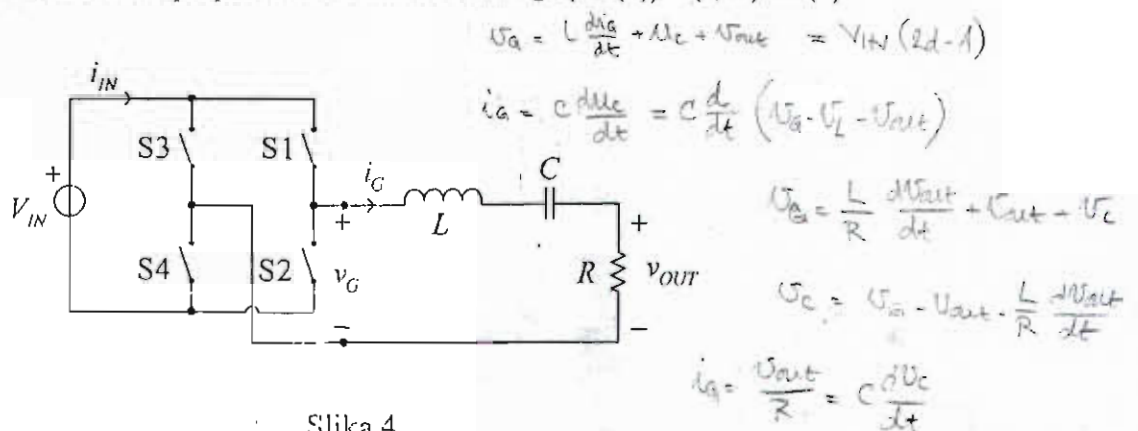
- [2] Odrediti D u kontinualnom režimu rada konvertora. $0,2$
- [1] Odrediti opseg I_{OUT} za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- [3] Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3 za $I_{OUT} = 2 \text{ A}$.
- [1] Za $I_{OUT} = 2 \text{ A}$ odrediti koeficijent korisnog dejstva konvertora.
- [1] Odrediti I_{OUT} pri $D = 0.15$ i $V_{OUT} = 5 \text{ V}$.
- [2] Pri $D = 0.15$ i $V_{OUT} = 5 \text{ V}$ nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3.



Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan monofazni inverter napajan iz idealnog naponskog izvora $V_{IN} = 600 \text{ V}$, opterećen rednom vezom $R = 60 \Omega$, $C = 40 \mu\text{F}$ i $L = 4 \text{ mH}$. Kružna frekvencija generisanog napona je $\omega_0 = 2500 \text{ rad/s}$, a prekidačka frekvencija u invertorskom mostu je $f_s = 25 \text{ kHz}$. Tokom d/f_s su uključeni prekidači S1 i S4, dok su tokom $(1-d)/f_s$ uključeni S2 i S3.

- [3] Odrediti $d(t)$ tako da izlazni napon bude $v_{OUT} = 300 \text{ V} \sin(\omega_0 t)$.
- [3] Za slučaj a) odrediti vremenski dijagram struje i_{IN} usrednjene na nivou periode prekidanja i odrediti jednosmernu komponentu ove struje.
- [2] Odrediti maksimalnu amplitudu napona v_{OUT} koja se može ostvariti pod uslovom da impulsni širinski modulator koji upravlja inverterom ne ide u zasićenje.
- [2] Zanemarujući više harmonike, odrediti amplitudu izlaznog napona ako je impulsni širinski modulator koji upravlja inverterom potpuno zasićen. Smatrati $\text{sgn}(\sin(x)) \approx (4/\pi) \sin(x)$.



Slika 4.

for

1. Na slici 1 je prikazan buck-boost konvertor. Poznato je $L = 100 \mu\text{H}$, $f_s = 100 \text{ kHz}$, prekidač je uključen tokom D/f_s .

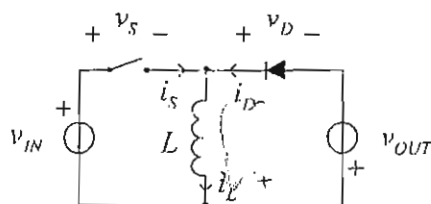
a) [3] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ pri $D = 0.4$ nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_s , i_D , i_L , v_s i v_D . Izračunati maksimalne napone i struje na prekidačkim elementima. Izračunati srednju vrednost za struje i_s i i_D .

b) [1] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti opseg za D u kome konvertor radi u diskontinualnom režimu (DCM).

c) [2] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti zavisnost srednje vrednosti struje i_s od D u DCM.

d) [2] Za $D = 0.4$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti zavisnost srednje vrednosti struje i_s od v_{IN} u DCM.

e) [2] Ako je $D = 0.51$, $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 200 \text{ V}$, odrediti zavisnost $\bar{i}_L(t)$ ako je $\bar{i}_L(0) = 0$, gde je \bar{i}_L srednja vrednost struje kabela tokom periode prekidanja.



Slika 1.

$D_2 \text{ max} = 1 - D$
 $D_2 \text{ min} = 0$

$D + D_2 < 1$

$D_2 \text{ max} = 1 - D$
 $D = 1 - D_2$
 $D \text{ min} = 0$

2. Na slici 2 je prikazan ispravljač sa visokim faktorom snage kod koga je $L = 100 \mu\text{H}$, $f_s = 100 \text{ kHz}$, $v_{IN} = 230\sqrt{2} \text{ V} \sin(2\pi 50 \text{ Hz } t)$, $v_{OUT} = 400 \text{ V}$. Smatrati da je promena mrežnog napona tokom jedne periode prekidanja mala. Prekidač je uključen tokom D/f_s .

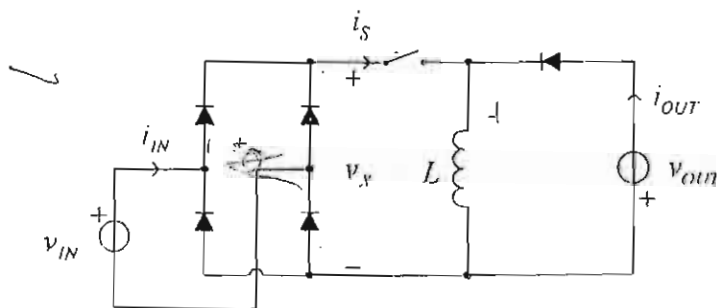
a) [2] Odrediti maksimalnu vrednost za D tako da tokom cele periode mrežnog napona konvertor radi u diskontinualnom režimu.

b) [3] Odrediti zavisnost $R_N = \bar{v}_x / \bar{i}_s$ od D , gde su \bar{v}_x i \bar{i}_s srednje vrednosti v_x i i_s tokom jedne periode prekidanja.

c) [2] Pri $D = 0.4$ odrediti vremenski dijagram \bar{i}_{IN} (srednja vrednost i_{IN} tokom periode prekidanja), jednosmernu komponentu izlazne struje i_{OUT} i snagu konvertora.

d) [2] Odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlazne struje konvertora od D .

e) [1] Odrediti maksimalnu snagu ispravljača pri kojoj konvertor radi u diskontinualnom režimu.



Slika 2.

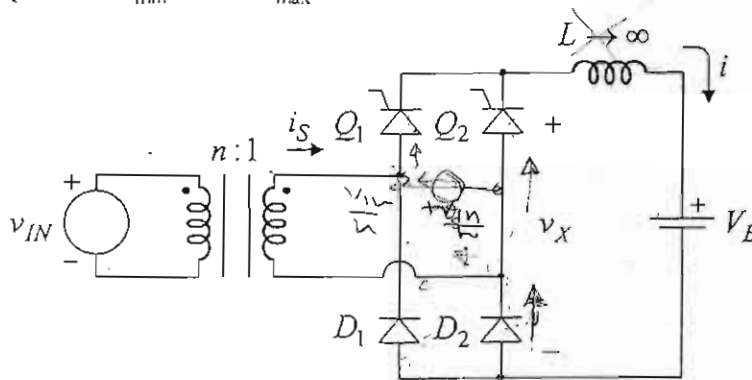
1. Na slici 1 je prikazan poluupravljivi tiristorski ispravljač koji služi za punjenje olovne akumulatorske baterije. Ispravljač se preko transformatora napaja iz mreže $v_{IN} = V_m \sin(2\pi ft)$, $V_m = 220\sqrt{2}$, $f = 50\text{Hz}$, a struja punjenja akumulatora je $i = 10\text{A}$.

a) [5] U opštem slučaju nacrtati vremenske dijagrame struja svih prekidača, struje i_S i napona v_X u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona.

Ako je varijacija mrežnog napona u granicama $+10\%$ do -15% od nominalne vrednosti, odrediti:

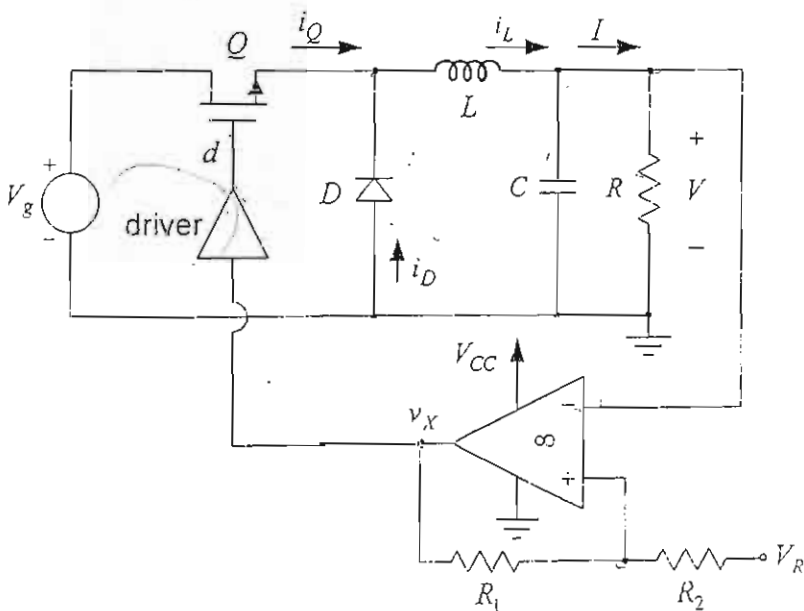
b) [2] prenosni odnos transformatora i opseg promene ugla paljenja tiristora $\alpha_{\min} = 0 \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$, ako se napon baterije u toku punjenja menja od 42V do 56V i

c) [3] faktor snage pri $\alpha = \alpha_{\min}$ i $\alpha = \alpha_{\max}$.



Slika 1

2. U buck konvertoru sa slike 2 ulazni napon i potrošnja se menjaju u opsegu $15\text{V} \leq V_g \leq 25\text{V}$ i $2\text{A} \leq I \leq 5\text{A}$. Prekidački tranzistor i operacioni pojačavač se mogu smatrati idealnim, dok je $V_{CC} = 12\text{V}$, $V_D = 0,5\text{V}$, $L = 50\mu\text{H}$, $C = 100\mu\text{F}$ i $R_2 = 1\text{k}\Omega$.



Slika 2

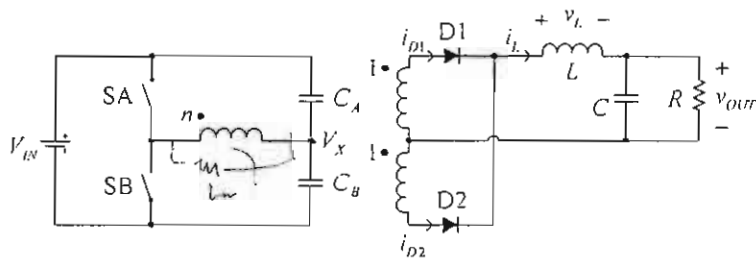
a) [2] Odrediti otpornost R_1 i napon V_R tako da srednja vrednost izlaznog napona bude $V = 5\text{V}$, a talasnost $\Delta v_{p-p} = 1\%V$.

b) [4] Odrediti zavisnost prekidačke učestanosti konvertora u funkciji ulaznog napona $f_S = f(V_g)$. Pri proračunu struje induktivnosti zanemariti talasnost izlaznog napona.

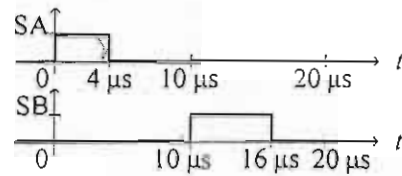
c) [4] Ako je $V_g = 15\text{V}$ i $I = 5\text{A}$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u toku jedne periode u ustaljenom stanju, obeleženih struja i napona v_X .

3. Na slici 3.a je prikazan half-bridge konvertor kod koga je $V_{IN} = 24 \text{ V}$, $C_A \rightarrow \infty$, $C_B \rightarrow \infty$, $C \rightarrow \infty$, $L = 12 \mu\text{H}$, $R = 3 \Omega$, 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 $V_{OUT} = 6 \text{ V}$.
- [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

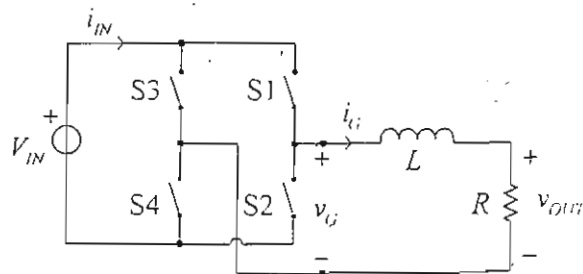


Slika 3.b

$\Delta v_L < \Delta i_L$

4. Na slici 4 je prikazan monofazni inverter napajan iz idealnog naponskog izvora $V_{IN} = 600 \text{ V}$, opterećen rednom vezom $R = 30 \Omega$ i $L = 50 \text{ mH}$. Kružna frekvencija generisanog napona je $\omega_0 = 600 \text{ rad/s}$, a prekidačka frekvencija u invertorskom mostu je $f_s = 20 \text{ kHz}$. Tokom d/f_s su uključeni prekidači S1 i S4, dok su tokom $(1-d)/f_s$ uključeni S2 i S3.

- [2] Odrediti $d(t)$ tako da izlazni napon bude $v_{OUT} = 300 \text{ V} \sin(\omega_0 t)$.
- [3] Za slučaj a) odrediti vremenski dijagram struje i_{IN} usrednjene na nivou periode prekidanja i odrediti jednosmernu komponentu ove struje.
- [2] Odrediti maksimalnu amplitudu napona v_{OIH} koja se može ostvariti pod uslovom da impulsni širinski modulator koji upravlja inverterom ne ide u zasićenje.
- [3] Zanemarujući više harmonike, odrediti amplitudu izlaznog napona ako je impulsni širinski modulator koji upravlja inverterom potpuno zasićen. Smatrati $\text{sgn}(\sin(x)) \approx \frac{4}{\pi} \sin(x)$.

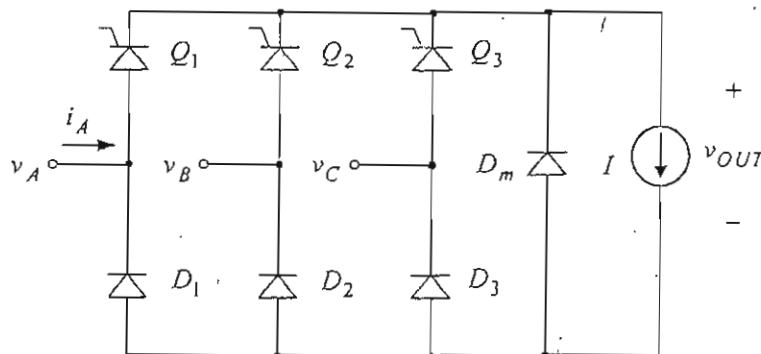


Slika 4.

1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebljene komponente mogu smatrati idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$, $v_C = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$. Tiristori Q_1 , Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$, $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $0 \leq \alpha \leq \pi/2$, respektivno.

Za slučaj kada je $\alpha = \pi/3$:

- [5] odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora i napona na izlazu v_{OUT} ;
- [3] odrediti srednju i efektivnu vrednost napona na potrošaču;
- [2] odrediti faktor snage ispravljača.



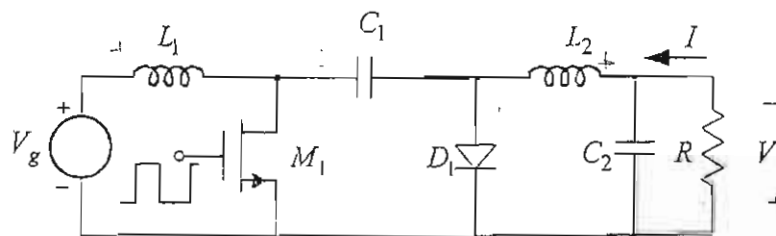
Slika 1

F ca metoda u3 ucupabna ya

↓ DICM kod čika određeni je platom struje diode na Ø

2. Na slici 2 je prikazan Čuk konvertor. Ukoliko se drugačije ne naglasi smatrati da su upotrebljeni prekidači (dioda i MOSFET) idealni i da konvertor radi sa diskontinualnom strujom induktivnosti, DICM (Discontinuous-Inductor-Current Mode). Prekidačka učestanost pobudnih impulsa je $f_s = 1/T_s = 50 \text{ kHz}$, dok je $V_g = 10 \text{ V}$, $V = 5 \text{ V}$, $0,1 \text{ A} \leq I \leq 1 \text{ A}$ i $C_1 = C_2 \rightarrow \infty$.

- [2] Odrediti maksimalnu vrednost induktivnosti $L = L_1 = L_2$ za koju konvertor još uvek radi u diskontinualnom režimu rada.
- [3] Odrediti prenosnu karakteristiku konvertora $M = V/V_g$ u funkciji parametara kola.
- [3] Ako je $I = 0,5 \text{ A}$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame struje i napona prekidačkog tranzistora, diode, kalemova i kondenzatora.
- [2] Ako je $R_{ON} = 5 \text{ m}\Omega$ i $V_D = 0,3 \text{ V}$, pri $I = 1 \text{ A}$ proceniti efikasnost konvertora. Koristiti razumne aproksimacije.



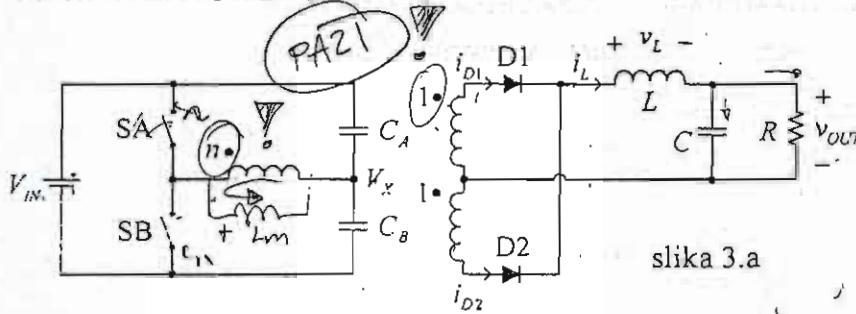
Slika 2

(65 cm i 12 cm)

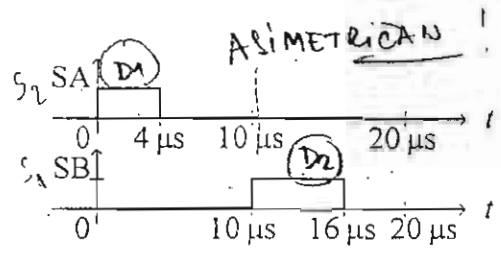
3. Na slici 3.a je prikazan half-bridge konvertor kod koga je $V_{IN} = 120\text{ V}$, $C_A \rightarrow \infty$, $C_B \rightarrow \infty$, $C \rightarrow \infty$, $L = 24\ \mu\text{H}$, $R = 8\ \Omega$, pobudni signali za prekidače SA i SB su prikazani na slici 3.b, prekidači i diode se mogu smatrati idealnim. Struja magnetizacione induktivnosti transformatora je dovoljno mala da se u analizi može zanemariti.

- a) [2] Odrediti jednosmernu komponentu napona V_x u kontinualnom režimu rada konvertora. $0,4 V_{IN}$
- b) [2] Odrediti prenosni odnos n transformatora tako da izlazni napon konvertora u kontinualnom režimu bude $V_{OUT} = 12\text{ V}$.
- c) [2] Odrediti vremenski dijagram napona v_L na kalemu.
- d) [2] Odrediti vremenski dijagram struje kalema i_L .
- e) [2] Odrediti opseg otpornosti potrošača R u kome konvertor radi u kontinualnom režimu.

14.02.2007
Mentor kao 330g



slika 3.a



slika 3.b

uodslu

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 $v_p = V_{RMS} \sqrt{2} \sin(\omega_0 t)$, $\omega_0 = 2\pi f_0$.

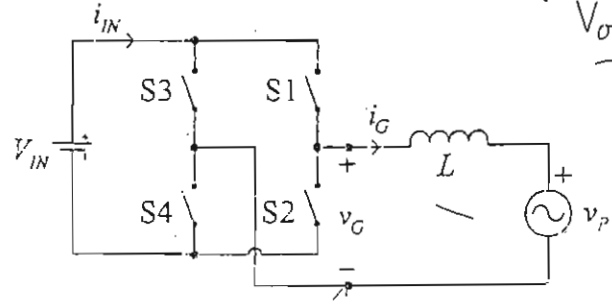
Koristeći usrednjavanje tokom periode prekidanja, odrediti:

- a) [2] zavisnost $\overline{v_G}$ od V_{IN} i d ; *jer nula bez nule je $\overline{v_G}$ a ne i_G (kao i_{out})*
- b) [2] zavisnost $\overline{i_{IN}}$ od $\overline{v_G}$ i d .

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

- c) [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;
- d) [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} ;
- e) [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).

baroga je m basu mrežanta
 $V_{out} = f(m) = m V_{IN} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \omega t$
?!



slika 4

HE

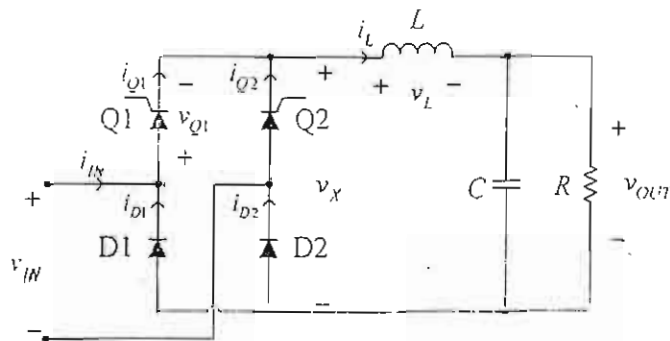
1. Na slici 1 je prikazan ispravljački most koji je priključen na ulazni napon $v_{IN} = 100\sqrt{2} \text{ V} \sin(2\pi(50 \text{ Hz})t)$, opterećen potrošačem koji se može predstaviti otpornikom otpornosti 7.68Ω . Tiristori Q1 se uključuje fazni ugao α nakon uzlaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona, a tiristori Q2 se uključuje za ugao α nakon silaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona. Ukoliko se drugačije ne naglasi, smatrati da $L \rightarrow \infty$ i $C \rightarrow \infty$.

(a) [1] Odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlaznog napona od ugla uključanja tiristora. $\hat{V}_{OUT}(\alpha)$ i njegovu vrednost za $\alpha = 45^\circ$.

(b) [3] Nacrtati i označiti vremenske dijagrame $i_L, i_{Q1}, i_{Q2}, i_{D1}, i_{D2}, i_{IN}, v_X, v_{Q1}, v_L$ i v_{OUT} za $\alpha = 45^\circ$.

(c) [4] Odrediti aktivnu snagu, prividnu snagu, faktor snage i ukupno harmonijsko izobličenje ulazne struje za $\alpha = 45^\circ$.

(d) [2] Smatrajući da $L = 4 \text{ H}$ i $C = 400 \mu\text{F}$ primenom usrednjavanja tokom periode mrežnog napona i linearizacije odrediti prenosne funkcije $H_1(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{a}(s)$; $H_2(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{V}_{RMS}(s)$ za $\alpha_c = 45^\circ$, gde je V_{RMS} efektivna vrednost ulaznog napona koji je sinusoidalnog oblika.



Slika 1

2. Na slici 2 je prikazan buck konvertor kod koga je frekvencija prekidanja fiksna i iznosi $f_s = 125 \text{ kHz}$. Padovi napona na provodnoj diodi i provodnom prekidaču iznose $V_D = V_S = 0.5 \text{ V}$. Poznato je $v_{IN} = 11 \text{ V}$, $L = 11 \mu\text{H}$, smatrati da $C \rightarrow \infty$ ako se ne naznači drugačije.

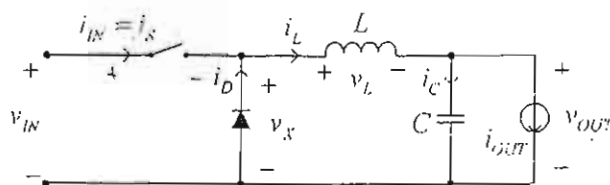
a) [2] Za $i_{OUT} = 1 \text{ A}$ i $v_{OUT} = 5 \text{ V}$ nacrtati i označiti vremenske dijagrame $i_{IN}, i_D, i_L, i_C, v_X$ i v_L .

b) [2] Za $D = 0.5$ odrediti zavisnost $v_{OUT}(i_{OUT})$ za $i_{OUT} \geq 0$. nacrtati dijagram i označiti oblasti kontinualnog i diskontinualnog režima rada.

(c) [2] Odrediti srednju snagu gubitaka na diodi P_D i na prekidaču P_S , kao i koeficijent korisnog dejstva konvertora η za $i_{OUT} = 1 \text{ A}$ i $v_{OUT} = 5 \text{ V}$.

(d) [2] Za $C = 1100 \mu\text{F}$, $i_{OUT} = 1.5 \text{ A}$ i $v_{OUT} = 5 \text{ V}$ odrediti prenosne funkcije $H_1(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{v}_{IN}(s)$ i $H_2(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{d}(s)$.

(e) [2] Odredediti kolika maksimalna vrednost esr kondenzatora može da se dopusti da pri $i_{OUT} = 2 \text{ A}$ peak to peak ripple izlaznog napona ne predje 40 mV .



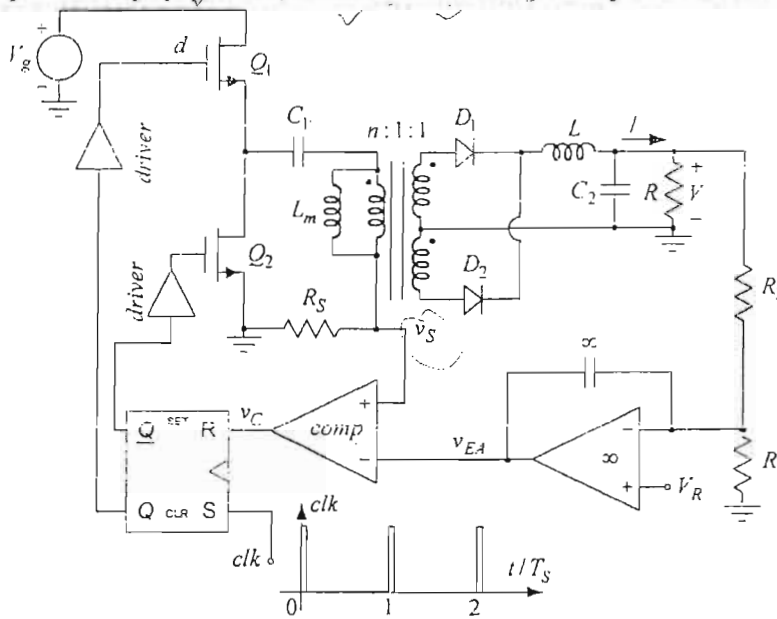
Slika 2

3. Asymmetrical Half-Bridge konvertor sa slike 3 radi u kontinualnom režimu sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_S = 1/T_S = 100 \text{ kHz}$ i strujnim programiranjem. Poznato je: $V_g = 380 \text{ V}$, $V_R = 2,5 \text{ V}$, $V_D = 1 \text{ V}$, $R_S = 1 \Omega$, $R_2 = 6,6R_1$, $R_1 + R_2 \gg R$, $C_1 \rightarrow \infty$ i $L_m \rightarrow \infty$. Trajanje taktnih impulsa (clk) je $\Delta \ll T_S$, a pad napona na otporniku R_S za merenje primarne struje je $v_S \ll V_g$. Logički nivoi komparatora i flip-flopa su usklađeni, a kontrolnom logikom je obezbeđeno da tranzistori Q_1 i Q_2 nikad istovremeno ne provode i da je $D_{\max} = 0,45$.

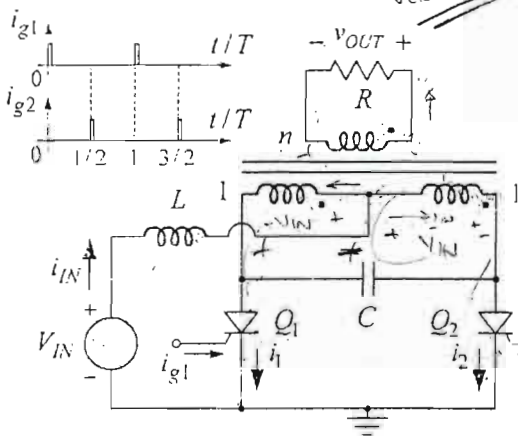
a) [5] Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L i kapacitivnosti C_2 i prenosni odnos transformatora ako se zahteva da

- potrošnja bude u opsegu $0,3 \text{ A} \leq I \leq 3,7 \text{ A}$
- talasnost izlaznog napona bude $\Delta v_{p-p} \leq 300 \text{ mV}$

b) [5] Nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode prekidanja, obeleženih napona i struja prekidača, dioda i induktivnosti kada je $I = 3,7 \text{ A}$.



Slika 3



Slika 4

Invertor sa slike 4 se napaja iz baterije $V_{IN} = 72 \text{ V}$ i obezbeđuje napajanje potrošaču $R = 18 \Omega$. Kondenzator C služi za komutaciju tiristora. Smatrati da je magnetizaciona induktivnost transformatora merena sa sekundarne strane $L_m \rightarrow \infty$ i da su tiristori idealni. Poznato je: $n = 3$, $L = 100 \text{ H}$ i $T = 20 \text{ ms}$. Koristiti razumne aproksimacije.

a) [4] Nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i napona i napona na prekidačima u toku jedne periode T . Zanimariti uticaj kola za komutaciju tiristora.

b) [1] Odrediti korisnu snagu P koja se predaje potrošaču.

c) [2] Odrediti stres na prekidačima $S = V_{Qpk} I_{Qrms}$.

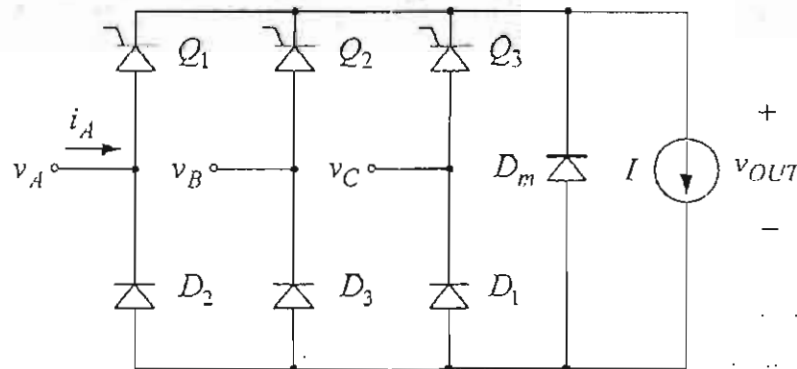
d) [3] Ako je $C = 10 \mu\text{F}$, nacrtati vremenske dijagrame napona na potrošaču v_{OUT} i ulazne struje i_{IN} .

1. Na slici 1 je prikazan polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebljene komponente mogu smatрати idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$, $v_C = V_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$. Tiristori Q_1 , Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$, $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $\alpha \geq 0$, respektivno.

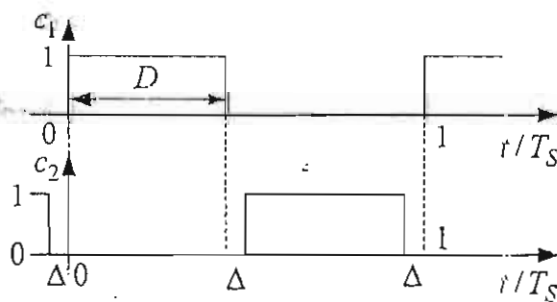
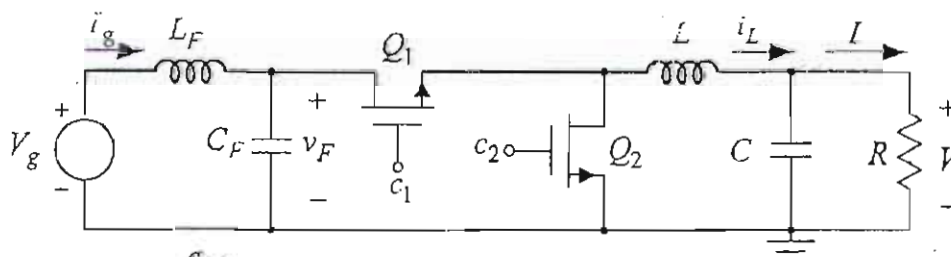
Q_1 , Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$, $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $\alpha \geq 0$, respektivno.

Ako je $\alpha = \pi/2$:

- [5] odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora, struje i_A i napona na izlazu v_{OUT} ;
- [2] odrediti srednju i efektivnu vrednost napona na potrošaču; $V_{OUT} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m \cos \alpha$
- [3] odrediti faktor snage ispravljača. $PF = \cos \alpha = 0,707$



Slika 1.



Slika 2.

2. Buck konvertor sa slike 2 radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 300 \text{ kHz}$, dok je: $V_g = 3,3 \text{ V}$, $V = 1,5 \text{ V}$ i $0,5 \text{ A} \leq I \leq 10 \text{ A}$. Smatрати da $\Delta T_s \rightarrow 0$.

a) [5] Ako konvertor uvek radi sa kontinualnom strujom induktivnosti i sve upotrebljene komponente su idealne, odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L_F i L i kapacitivnosti C_F i C tako

da:

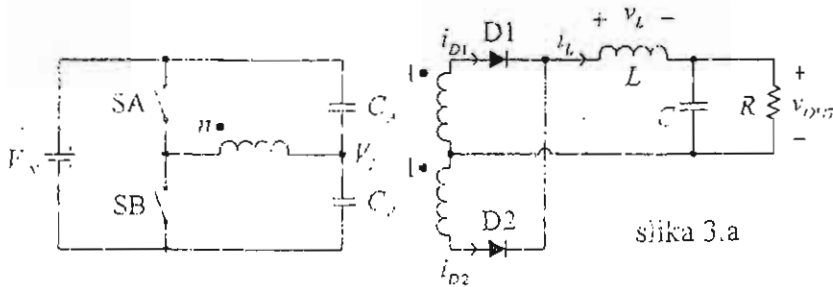
- talasnost ulazne struje I_g bude $\Delta I_{gp-p} \leq 50 \text{ mA}$;
- talasnost napona na kondenzatoru C_F bude $\Delta v_{FP-p} \leq 5\% V_F$ i
- talasnost napona na potrošaču V bude $\Delta v_{p-p} \leq 1\% V$.

b) [5] Smatrajući da je talasnost struja induktivnosti i napona na kondenzatorima zanemarljiva, otpornost kalemova $R_{LF} = R_L = 2 \text{ m}\Omega$, otpornost prekidača $R_{ON1} = R_{ON2} = 5 \text{ m}\Omega$, odrediti efikasnost konvertora pri struji potrošača $I = 10 \text{ A}$.

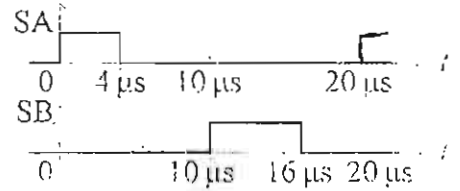
$\xi = 1,2$ \dots

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 magnetizacije induktivnosti transformatora je dovoljno mala da se u analizi može zanemariti.

- [2] Odrediti jednosmernu komponentu napona V_o 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 kalem 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 kalem 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 $(1-d)T_s$ uključeni S2 i S3. Prekidači se mogu smatrati idealnim. U analizi smatrati da je $v_g = V_{RMS} \sqrt{2} \sin(\omega_0 t)$, $\omega_0 = 2\pi f_0$.

Koristeći usrednjavanje tokom periode prekidanja, odrediti:

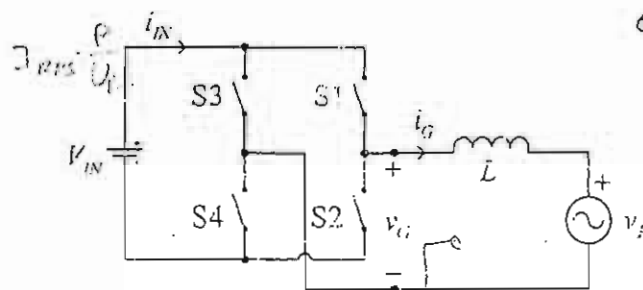
- [2] zavisnost $\overline{v_G}$ od V_{IN} i d ;
 - [2] zavisnost $\overline{i_{IN}}$ od $\overline{v_G}$ i d .
- Koristeći rezultate dobijene pod a) i b), odrediti:
- [2] napon $\overline{v_G}(\omega_0 t)$ pri kome inverter u mrežu predaje aktivnu snagu od $P = 2.4 \text{ kW}$, pri čemu je reaktivna 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 aktivnu 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) i da je reaktivna snaga jednaka nuli.

$$S = P + jQ$$

$$i_p = I_{RMS} \sin(\omega_0 t)$$

$$v_G = V_g + L \frac{di_p}{dt}$$

$$d = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{V_g}{V_{IN}} \right)$$



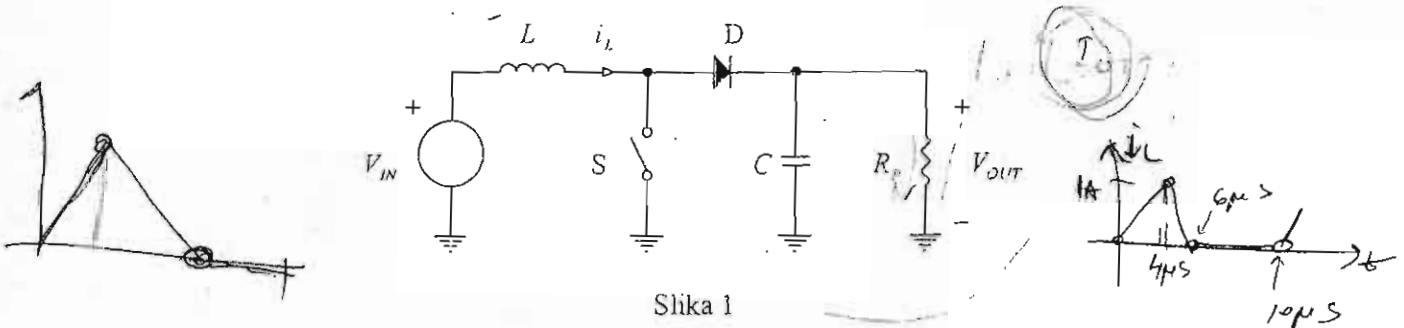
slika 4

$$i_{IN} = (2d-1) i_g = (2d-1) i_p$$

$$I_{IN} = \frac{P}{V_{IN}} \quad (\text{Videti SL 17 (2) ...}) \quad \eta = 100\%$$

1. Na slici 1 je prikazan boost konvertor male snage koji radi u diskontinualnom režimu. Ulazni napon je $V_{IN} = 5\text{ V}$, a izlazni napon se održava konstantnim na $V_{OUT} = 15\text{ V}$ promenom učestanosti prekidanja f_s . Konvertorom se upravlja tako što je prekidač uključen dok struja kalema $L = 20\text{ }\mu\text{H}$ ne dostigne $i_{Lmax} = 1\text{ A}$, nakon čega se prekidač isključuje i ostaje isključen sve do narednog uključanja koje inicira regulator izlaznog napona.

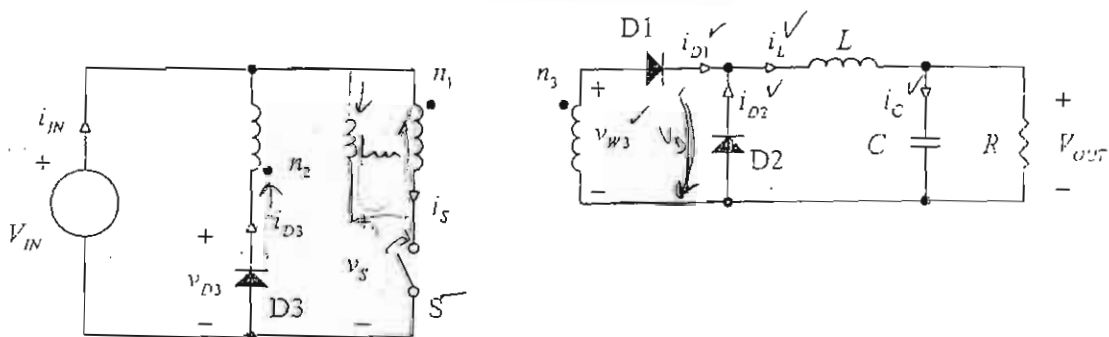
- a) [2] Odrediti opseg periode prekidanja $T_s = 1/f_s$ za koji konvertor radi u diskontinualnom režimu. $f_{sr} < \frac{1}{6} \cdot 10^5\text{ Hz}$
- b) [2] Odrediti opseg snage potrošača u kome konvertor radi u diskontinualnom režimu. $P_{max} = 7,5\text{ W}$
- c) [2] Odrediti opseg otpornosti potrošača u kome konvertor radi u diskontinualnom režimu. $R \in (30\text{ }\Omega, +\infty)$
- d) [2] Odrediti zavisnost izlazne struje od učestanosti prekidanja. $I_{out} = 10^{-6} \cdot f_s\text{ A}$
- e) [2] Odrediti učestanost prekidanja i vremenski dijagram struje kalema za $I_{OUT} = 100\text{ mA}$. $f_s = 10^5\text{ Hz}$



Slika 1

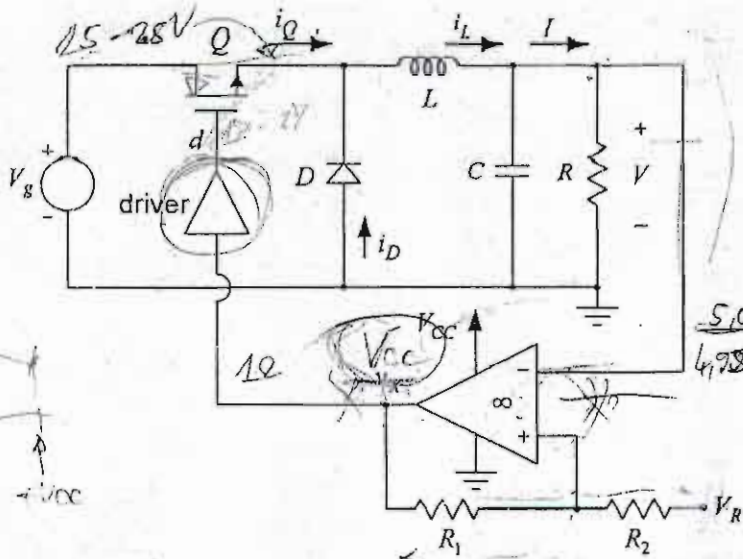
2. Na slici 2 je prikazan forward konvertor kod koga je $n_1 = n_2 = 46$, $L = 18\text{ }\mu\text{H}$, $C = 220\text{ }\mu\text{F}$, $f_s = 100\text{ kHz}$. Nominalni ulazni napon je $V_{IN} = 24\text{ V}$, a izlazni napon je $V_{OUT} = 5\text{ V}$. Napon na diodama dok su direktno polarisane je $V_D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

- a) [2] Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0,4/f_s$. $n_3 = 30$
- b) [2] Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 2 za $R = 1\text{ }\Omega$.
- c) [2] Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati konvertor sa n_3 sračunato pod a) može da obezbedi $V_{OUT} = 5\text{ V}$ u kontinualnom režimu provođenja. $V_{INmin} = 18,45\text{ V}$
- d) [2] 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.
- e) [2] Odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{d}(s)$. ✓



Slika 2

3. U buck konvertoru sa slike 3 ulazni napon i potrošnja se menjaju u opsegu $15V \leq V_g \leq 25V$ i $2A \leq I \leq 5A$. Prekidački tranzistor i operacioni pojačavač se mogu smatrati idealnim, dok je $V_{CC} = 12V$, $V_D = 0,5V$, $L = 50\mu H$, $C = 100\mu F$ i $R_2 = 1k\Omega$.

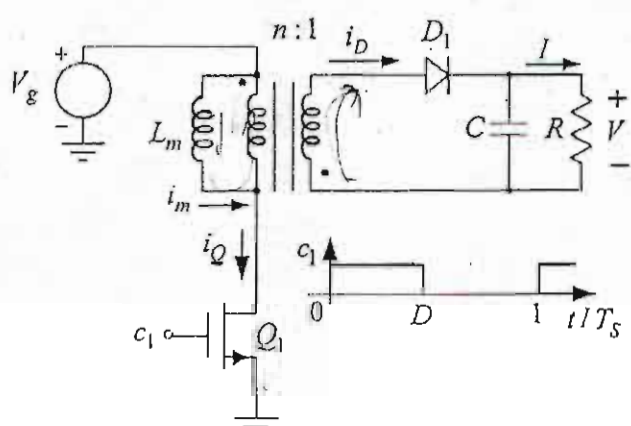


- a) [2] Odrediti otpornost R_1 i napon V_R tako da srednja vrednost izlaznog napona bude $V = 5V$, a talasnost $\Delta v_{p-p} = 1\%V$.
- b) [4] Odrediti zavisnost prekidačke učestanosti konvertora u funkciji ulaznog napona $f_s = f(V_g)$. Pri proračunu struje induktivnosti zanemariti talasnost izlaznog napona.
- c) [4] Ako je $V_g = 15V$ i $I = 5A$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u toku jedne periode u ustaljenom stanju, obeleženih struja i napona v_x .

Slika 3

$$V_x = V \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = V \left(1 + \frac{R_1}{1k} \right)$$

4. Na slici 4 je prikazan flyback konvertor koji radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 100kHz$, pri čemu je $D \leq D_{max} = 0,5$. Ulazni napon se menja u opsegu $40V \leq V_g \leq 60V$, dok je $V = 12V$, $0,1A \leq I \leq 1A$. Prekidački tranzistor se može smatrati idealnim, pad napona na provodnoj diodi je $V_D = 0,5V$, a smatrati da je talasnost izlaznog napona zanemarljiva.



Slika 4

- a) [3] Odrediti prenosni odnos transformatora n i maksimalnu vrednost magnetizacione induktivnosti $L_{m,max}$ za koju konvertor uvek radi u diskontinualnom režimu.
- b) [4] Za $V_g = 40V$ i $I = 1A$ odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode, obeleženih struja, napona na prekidaču Q_1 i inverznog napona na diodi $v_{D,inv}$.
- c) [1] Pod uslovom iz prethodne tačke odrediti koeficijent iskorišćenja konvertora η .
- d) [1] Odrediti maksimalni napon na prekidaču $v_{Q1,max}$ i maksimalni inverzni napon na diodi $v_{D,inv,max}$.

c) [1] Odrediti stres S na prekidaču Q_1 .

$$V_{Q1,max} = 100V$$

$$V_{D,inv,max} = 30,75V$$

13.05.2000
 002 v 5
 P u P v 10
 C L F v 10
 C k u n k 0
 E E 15
 15.05.2000

$$n = 3,2$$

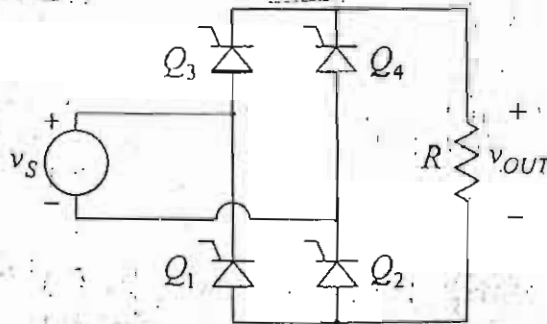
$$L_{m,max} = 160\mu H$$

$$L_{m,max} = \frac{n(1-D)V_g}{2f_s}$$

86%

1. Na slici 1 je prikazan monofazni tiristorski ispravljač. Tiristori Q_2, Q_3 i Q_1, Q_4 se uključuju sa međusobnim faznim pomerajem od 180° , pri čemu se ugao uključivanja α meri od uzlaznog prolaska kroz nulu faznog napona do uključivanja tiristora Q_2 . Poznato je: $v_s = V_{sm} \sin(2\pi ft)$, $V_{sm} = 220\sqrt{2} \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ i $R = 100 \Omega$.

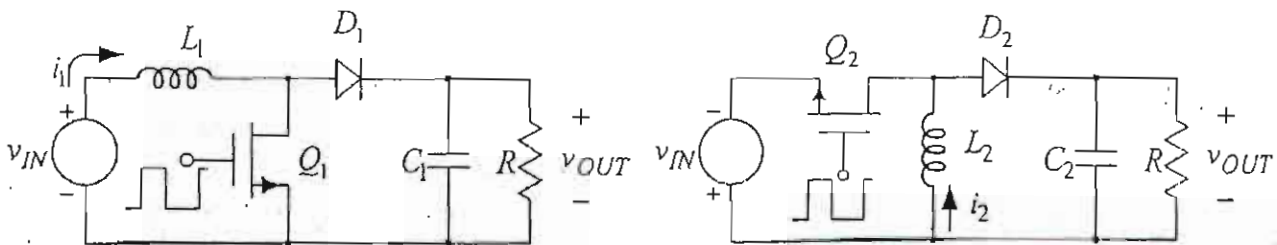
- [3] Ako je $\alpha = 30^\circ$, nacrtati vremenske oblike struja svih tiristora i napona v_{OUT} .
- [2] Odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona od ugla α .
- [3] Odrediti zavisnost faktora snage od ugla α .
- [2] Odrediti zavisnost ukupnih harmonijskih izobličenja od ugla α .



Slika 1

2. Na slici 2 prikazana su dva DC-DC konvertora (Boost i Buck-Boost) koji iz istog ulaznog napona $v_{IN} = 12 \text{ V}$ na potrošaču $R = 2,8 \Omega$ ostvaruju konstantan napon $v_{OUT} = 28 \text{ V}$. Smatrati da su talasnosti struja induktivnosti zanemarljive, tj. $i_1 = I_1$ i $i_2 = I_2$, kao i talasnosti napona na kondenzatoru, tj. $v_{C1} = V_{OUT}$ i $v_{C2} = V_{OUT}$, dok je $V_D = 1 \text{ V}$ i $f_s = 50 \text{ kHz}$.

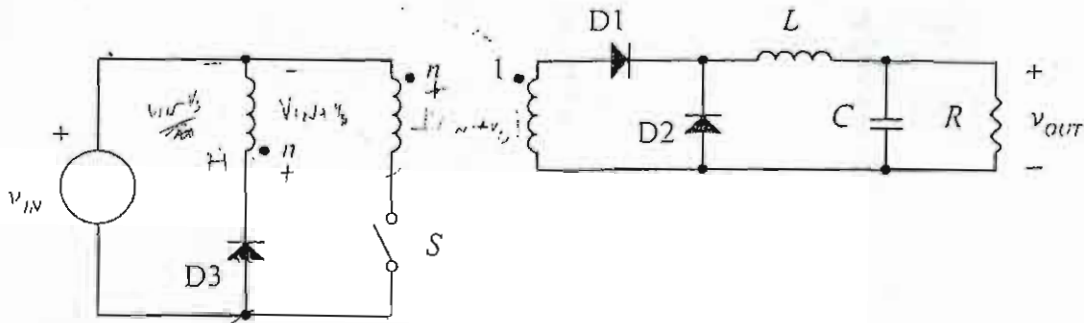
- [3] Ako su upotrebljeni prekidači idealni, za oba konvertora odrediti i nacrtati vremenske dijagrame struje induktivnosti, struja prekidača i diode i napona na njima.
- [2] Odrediti stres na prekidačima Q_1 i Q_2 .
- [5] Ako su otpornosti prekidača Q_1 i Q_2 , $R_{ON1} = R_{ON2} = R_{ON} = 50 \text{ m}\Omega$, odrediti koeficijent iskorišćenja za oba konvertora. Sa stanovišta efikasnosti, koji konvertor je bolji za datu aplikaciju?



Slika 2

3. Na slici 3 je prikazan forward konvertor kod koga je izlazni napon regulisan na 5V. Poznato je: $f_s = 100\text{kHz}$, $L = 18\mu\text{H}$, $n = 20$, C je dovoljno veliko da se talasnost izlaznog napona može zanemariti, pad napona na diodama D1 i D2 kada provode je $V_D = 1\text{V}$, pad napona na D3 i na S se može zanemariti.

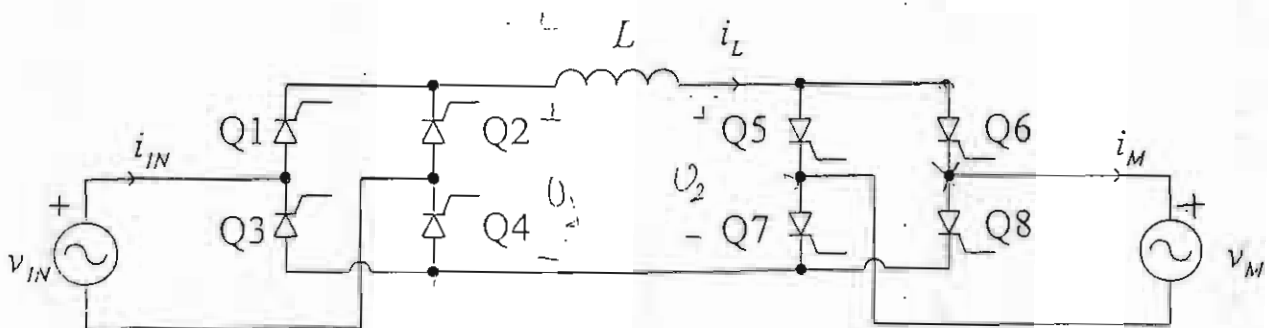
- [4] Za $v_{IN} = 300\text{V}$ i $R = 2.5\Omega$ nacrtati vremenske dijagrame struja i napona na D1, D2, D3 i S.
- [3] Odrediti najniži napon v_{IN} pri kome može da se na izlazu obezbedi nominalni napon.
- [3] Ako je probojni napon za D3 i S 800V, odrediti maksimalni v_{IN} pri kome ovi elementi ne probijaju. Koliki je u tom slučaju maksimalni inverzni napon na D1 i D2?



Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan sistem za upravljanje sinhronim motorom koji se sastoji od ispravljača koga čine tiristori Q1 do Q4 i strujnog invertora koji čine tiristori Q5 do Q8. Induktivnost kalema L je dovoljno velika da se talasnost njegove struje može zanemariti. Invertorskim tiristorskim mostom se upravlja tako da je $i_M = i_L \text{sgn}(\sin(\omega_M t))$. Kontraelektromotorna sila koju stvara motor data je sa $v_M = V_M \sin(\omega_M t + \varphi_M)$. Ulazni napon je $v_{IN} = V_{IN} \sin(\omega_0 t)$.

- [2] Odrediti opseg ugla φ_M na intervalu $(0, 2\pi)$ za koji je moguće izvršiti komutaciju tiristora.
- [2] Ako se tiristori Q1 i Q4 u ispravljačkom mostu uključuju fazni ugao α nakon uzlaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona, a tiristori Q2 i Q3 fazni ugao π nakon uključivanja Q1 i Q4, odrediti zavisnost α od V_{IN} , V_M i φ_M u ustaljenom stanju.
- [2] Za $V_M = \sqrt{2} V_{IN}$ odrediti opseg ugla φ_M za koji je u kolu moguće uspostaviti ustaljeno stanje sa strujom kalema različitom od nule.
- [2] Za $V_M = \sqrt{2} V_{IN}$, $\alpha = 0$, $(\omega_M = 2\omega_0)$ i $i_L = 50\text{A}$ nacrtati vremenske dijagrame struja i_M i i_{IN} i napona v_M i v_{IN} tokom jedne periode ulaznog napona.
- [2] Za slučaj d) odrediti faktor snage na ulazu i ukupno harmonijsko izobličenje ulazne struje.

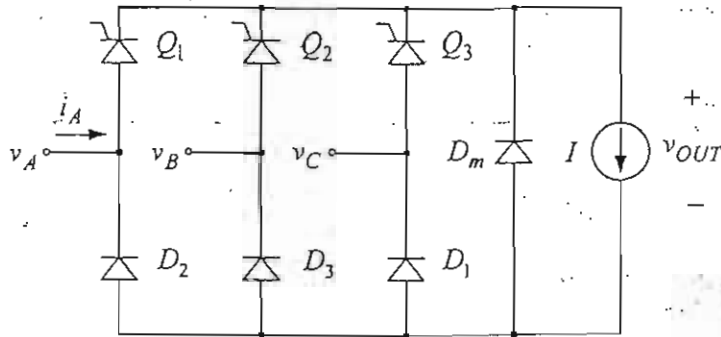


Slika 4.

1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebljene komponente mogu smatрати idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$, $v_C = V_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)$. Tiristori Q_1 , Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$, $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $\alpha \geq 0$, respektivno.

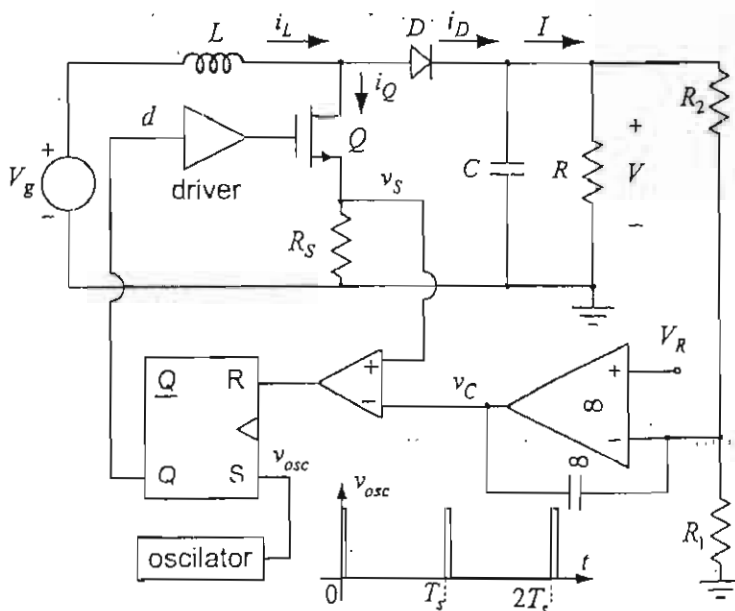
Ako je $\alpha = \pi/2$:

- a) [5] odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora, struje i_A i napona na izlazu, v_{OUT} ;
- b) [2] odrediti srednju i efektivnu vrednost napona na potrošaču;
- c) [3] odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1.

2. U DC-DC konvertoru sa slike 2 kolom kontrolne elektronike obezbeđuje se da izlazni napon ima konstantnu vrednost kada se ulazni napon i potrošnja menjaju u opsegu $15V \leq V_g \leq 18V$ i $0,5A \leq I \leq 5A$. Oscilator generiše periodične kratkotrajne impulse (slika 2) čije je trajanje $\Delta \ll T_s = 10\mu s$, a može se smatrati da je prekidački tranzistor idealnih karakteristika. Poznato je:



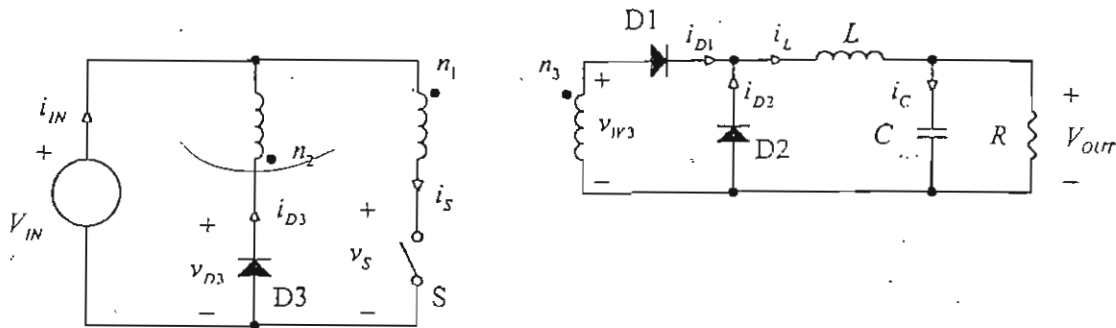
Slika 2.

$V_D = 0,6V$, $R_S = 33m\Omega$, $L = 100\mu H$, $C \rightarrow \infty$, $V_R = 5V$, $R_2 = 46k\Omega$, $R_2 \gg R$ i $R_1 = 10k\Omega$.

- a) [6] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u toku jedne periode T_s u ustaljenom stanju, obeleženih napona i struja i upravljačke promenljive d kada je $V_g = 15V$ i $I = 5A$. Pri proračunu struja induktivnosti, prekidača i diode zanemariti pad napona na otpornosti R_S .
- b) [4] Ponoviti prethodnu tačku kada je $V_g = 18V$ i $I = 0,5A$.

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.

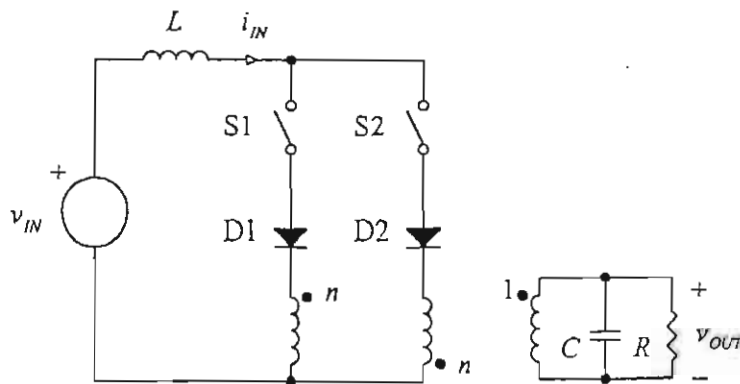
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati 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 invertor. 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.

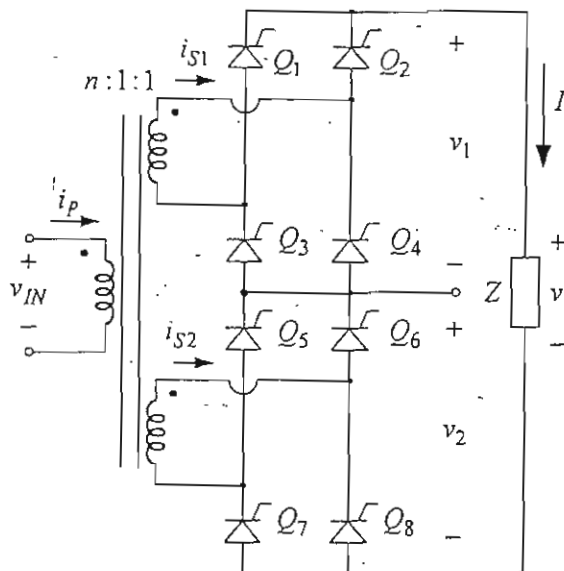
- Za $m = 0.75$ odrediti srednju vrednost v_{OUT} na nivou periode prekidanja T_s . Nacrtati i označiti vremenski dijagram.
- Odrediti zavisnost i_{IN} od m .



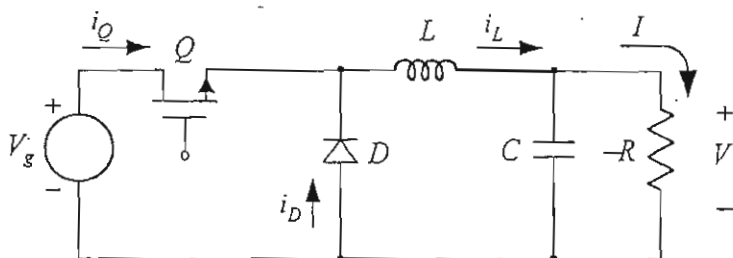
Slika 4.

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 uključenja α_1 , odnosno α_2 , meri se od uzlaznog prolaska faznog napona kroz nulu do uključenja 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] Odredit srednju i efektivnu vrednost izlaznog napona.
- [2,5] Odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1



Slika 2

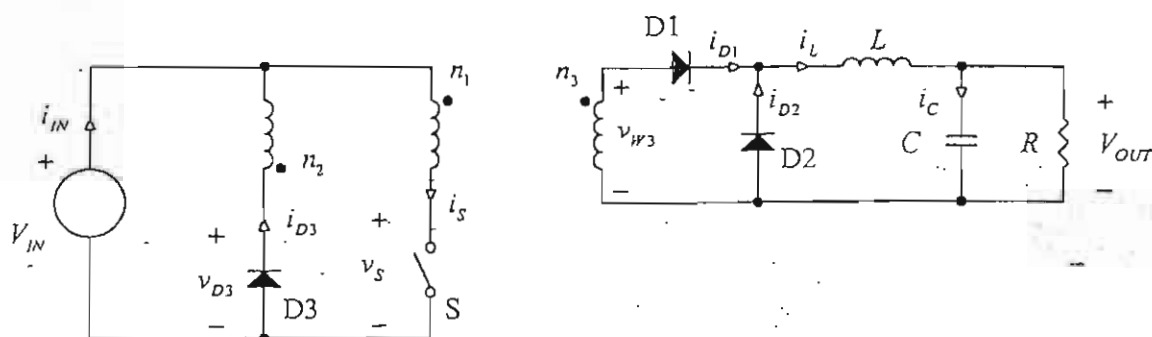
2. Buck konvertor sa slike 2 ima ulazni napon koji se menja u opsegu $35\text{V} \leq V_g \leq 70\text{V}$. Kada je snaga koja se predaje potrošaču u opsegu $10\text{W} \leq P \leq 1000\text{W}$, kolom povratne sprege, promenom odnosa impuls-perioda D , se obezbeđuje da je napon na potrošaču konstantan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

moгу 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.

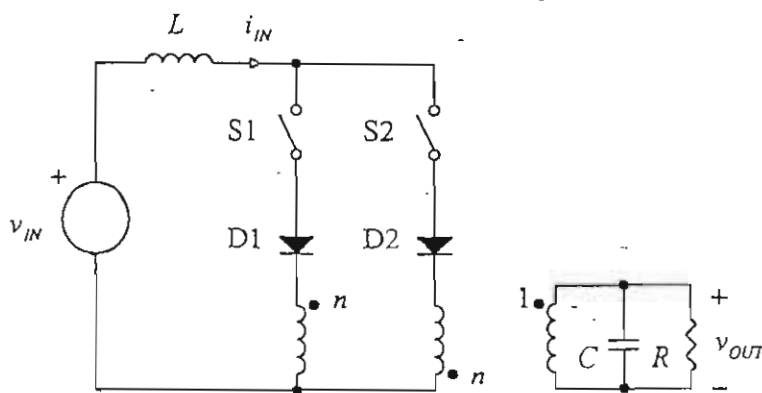


Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan strujni invertor. 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.

a) Za $m = 0.75$ odrediti srednju vrednost v_{OUT} na nivou periode prekidanja T_s . Nacrtati i označiti vremenski dijagram.

b) Odrediti zavisnost i_{IN} od m . / $\cos(\omega t) = \cos(\frac{t}{T_s})$

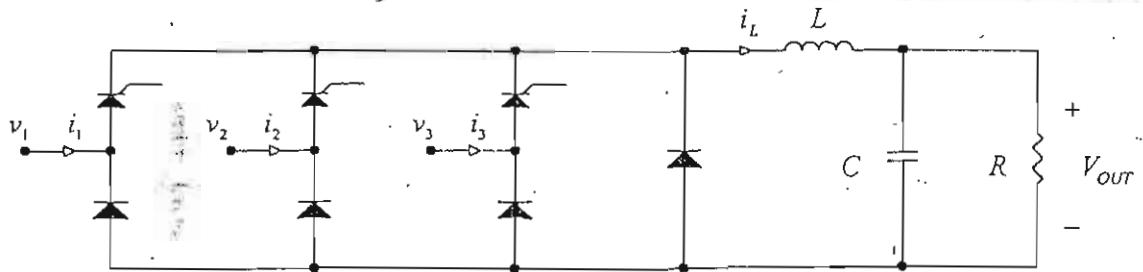


Slika 4.

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.

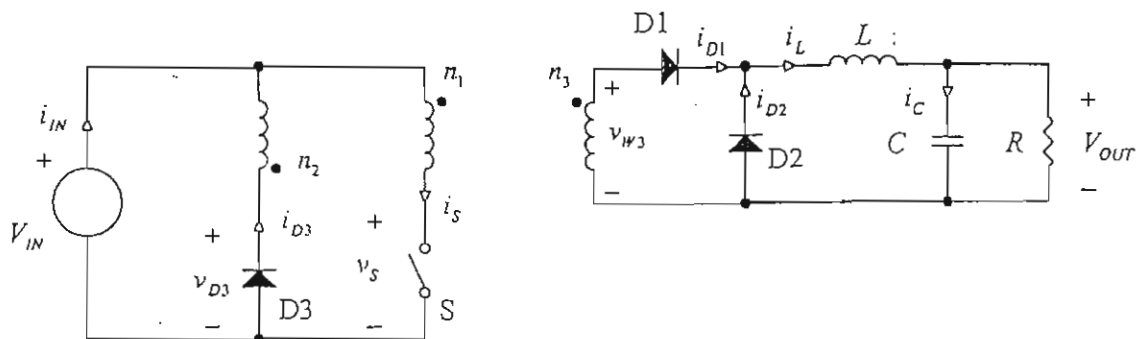
- Odrediti zavisnost V_{OUT} od α .
- Odrediti zavisnost faktora snage od α .
- Odrediti zavisnost jednosmerne komponente ulazne struje od α .
- Nacrtati vremenski dijagram ulazne struje i_L za $\alpha = 30^\circ$ i označiti karakteristične tačke.



slika 1

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

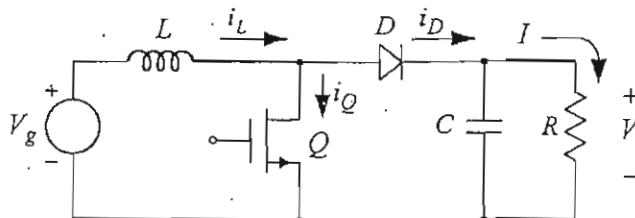
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 2 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati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



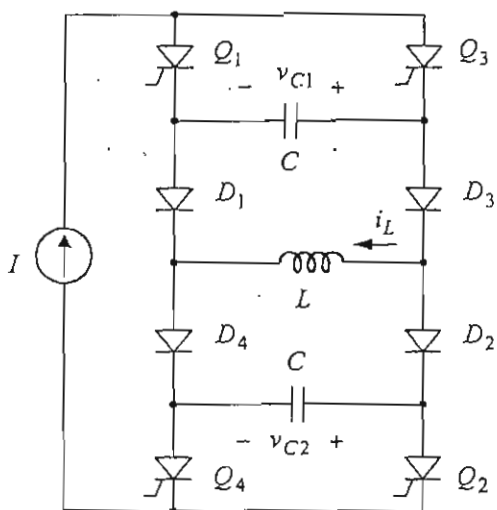
slika 2

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

- [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 $\Delta V_{p-p} = 50mV$
 - 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

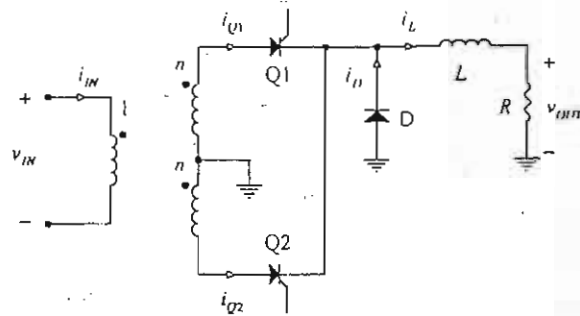


4. Na slici 4 prikazan je monofazni tiristorski inverter za napajanje induktivnog potrošača. Tiristori se uključuju signalima sa gejtova, provode alternativno u parovima Q_1, Q_2 i Q_3, Q_4 , a sve upotrebljene komponente su idealne.

- [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 $\alpha = 2\pi 50 \text{ Hz } t_\alpha$ 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.

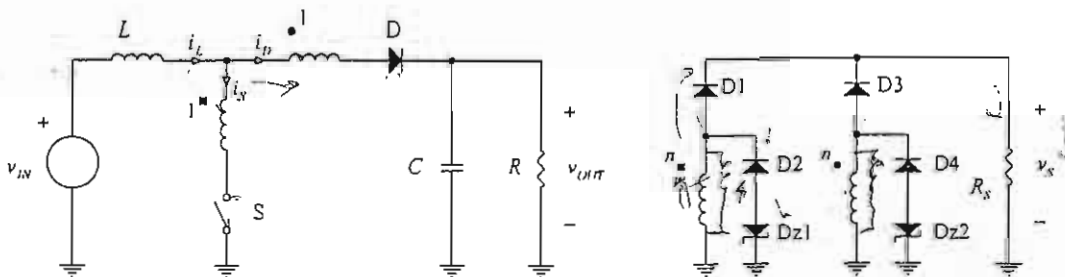
- Za $\alpha = 90^\circ$ odrediti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{Q1} , i_{Q2} , i_D i i_L , izračunati i označiti karakteristične tačke.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ugla uključanja tiristora.
- Odrediti zavisnost faktora snage od ugla uključanja tiristora.
- Pri uglu uključanja tiristora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



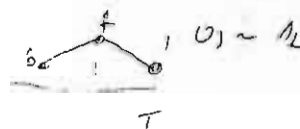
Slika 1.

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, $R_s = 1 \text{ k}\Omega$.

- Odrediti vremenske dijagrame i_L , i_S i i_D u ustaljenom stanju.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača.
- Odrediti vremenske dijagrame struja dioda D1, D2, D3 i D4.
- 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.

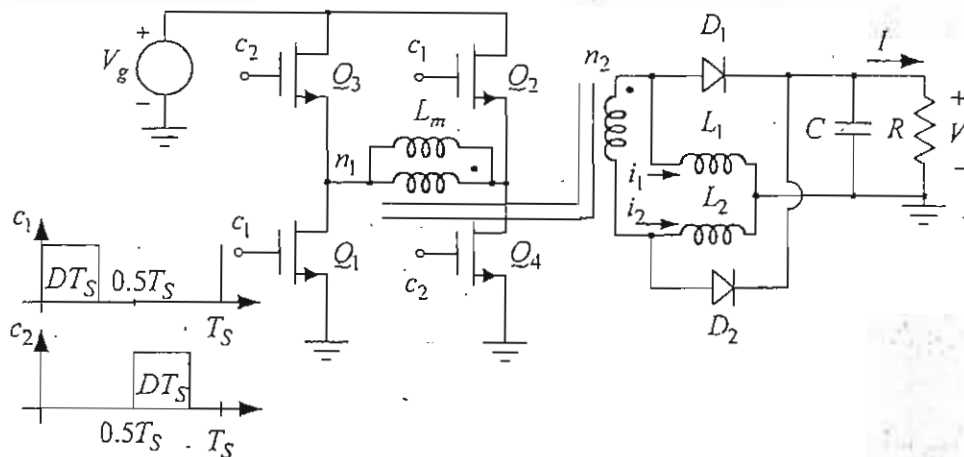


Slika 2.

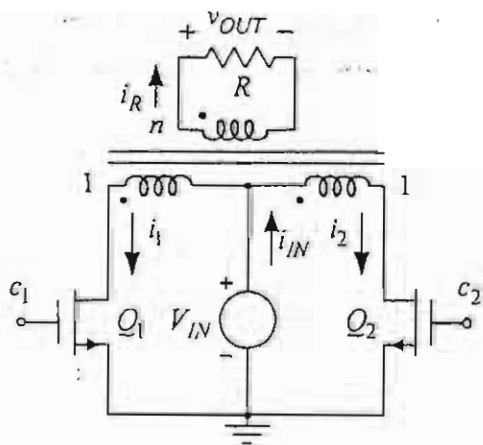


3. FULL-BRIDGE konvertor sa slike 3 radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 100 \text{ kHz}$, ima ulazni napon koji se menja u granicama $40 \text{ V} \leq V_g \leq 60 \text{ V}$, dok je $V = 5 \text{ V}$, $5 \text{ A} \leq I \leq 50 \text{ A}$, $L_m \rightarrow \infty$, $V_D = 0,5 \text{ V}$ 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



Slika 4

4. PUSH-PULL inverter 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 $L_m \rightarrow \infty$.

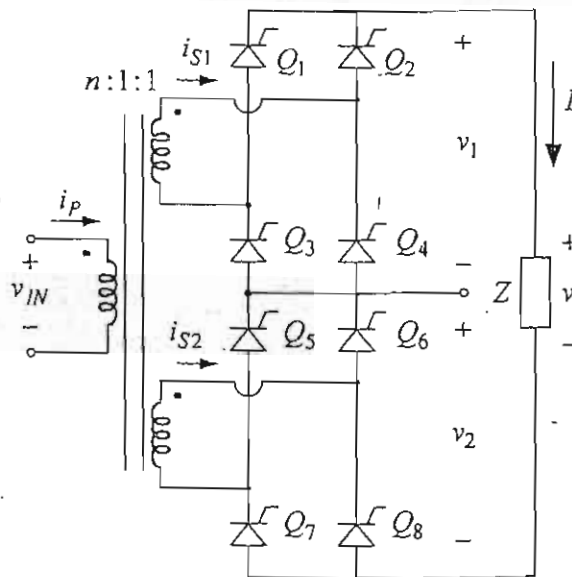
- [3] Ako su pobudni impulsi sa faktorom ispunje $D \approx 0,5$, odrediti minimalnu vrednost prenosnog odnosa transformatora n i vremenske dijagrame stanja prekidača tako da se potrošaču ne predaje manja korisna snaga nego u slučaju mrežnog napona $v = 220\sqrt{2} \text{ V} \cdot \sin(2\pi ft)$, $f = 50 \text{ Hz}$.
- [2] Ako je $V_{IN} = 16 \text{ V}$, nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 4, kao i napona na prekidačima.
- [1] Odrediti maksimalni stres na prekidačima

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

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

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 uključjenja α_1 , odnosno α_2 , meri se od uzlaznog prolaska faznog napona kroz nulu do uključjenja 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 $\alpha_2 = \pi$.

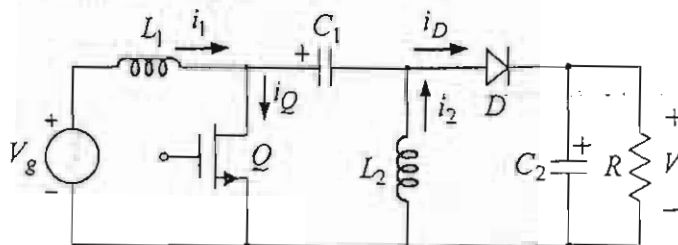
- a) [5] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih struja, struja svih tiristora i označenih napona.
- b) [2,5] Odredit srednju i efektivnu vrednost izlaznog napona.
- c) [2,5] Odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1

2. U SEPIC konvertoru sa slike 2 prekidači su idealnih karakteristika, dok je: $V_g = 120\text{V}$, $D = 0,225$, $f_s = 100\text{kHz}$, $R = 10\Omega$, $L_1 = 50\mu\text{H}$, $L_2 = 75\mu\text{H}$, $C_1 = 47\mu\text{F}$, i $C_2 = 200\mu\text{F}$.

- a) [4] Odrediti napon na potrošaču, V , a zatim nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i napona na induktivnostima i prekidačima.
- b) [2] Odrediti talasnost napona na potrošaču, Δv_{p-p} .
- c) [4] Ponoviti tačku a) ako je $R = 20\Omega$.

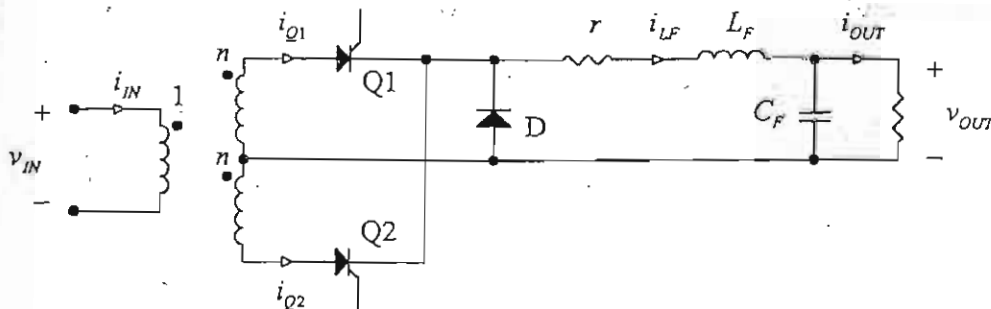


Slika 2

Ispit traje 4 sata, nije dozvoljeno korišćenje literature.

1. Na slici 1 je prikazan ispravljač kod koga je ulazni napon oblika $v_{IN} = V_m \sin(\omega t)$, gde je nominalna vrednost amplitude $V_{m\text{nom}} = 220\sqrt{2}$ V, a kreće se u granicama od -20 % do +10 % nominalne vrednosti. Izlazna struja se kreće u granicama $0 < i_{OUT} < 100$ A. Induktivnost kalema L_F je dovoljna da se talasnost njegove struje može zanemariti. Gubitke u kalemu modeluje otpornik $r = 0.12 \Omega$. Nominalna vrednost izlaznog napona je $V_{OUT} = 48$ V. Ostali elementi se mogu smatrati idealnim.

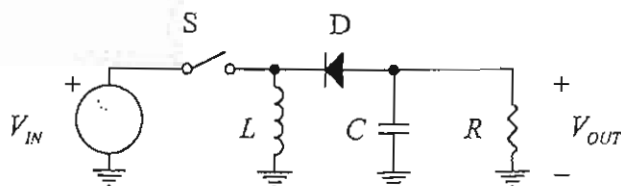
- Odediti minimalnu vrednost prenosnog odnosa transformatora n tako da ispravljač može da zadovolji date specifikacije.
- Za n određeno pod a) odrediti opseg u kome će se kretati ugao paljenja tiristora.
- Za nominalnu vrednost amplitude ulaznog napona i $i_{OUT} = 40$ A nacrtati vremenske dijagrame struja označenih na slici 1 i označiti karakteristične tačke.
- Za slučaj pod c) izračunati faktor snage ispravljača.



Slika 1.

2. Na slici 2 je prikazan buck-boost konvertor kod koga se upravljanje vrši tehnikom programiranja struje tako što se prekidač isključuje kada struja kalema dostigne vrednost upravljačke promenljive $i_{L\text{max}}$, a ponovo se uključuje kada dioda prestane da provodi. Na taj način konvertor stalno radi na granici između kontinualnog i diskontinualnog režima rada. Poznato je: $V_{IN} = 5$ V, $V_{OUT} = -15$ V, maksimalna izlazna struja iznosi $i_{OUT\text{max}} = 0.5$ A.

- Odrediti L tako da pri maksimalnoj struji frekvencija uključivanja prekidača bude $f_s = 25$ kHz i odrediti $i_{L\text{max}}$ u ovom slučaju.
- Odrediti zavisnost frekvencije prekidanja f_s od izlazne struje i_{OUT} .
- Ako talasnošću izlaznog napona dominira komponenta nastala usled parazitne ekvivalentne serijske otpornosti kondenzatora R_{ESR} , odrediti maksimalnu vrednost R_{ESR} tako da razlika između minimalne i maksimalne vrednosti izlaznog napona (peak-to-peak ripple) ne bude veća od 50 mV.



Slika 2.

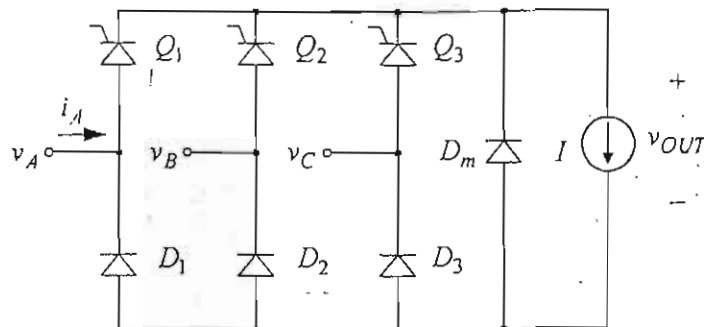
1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebljene komponente mogu smatрати idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$ i $v_C = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$.

Tiristori Q_1 , Q_2 i Q_3 uključuju se pri $\theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$, $\theta_2 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$ i $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$,

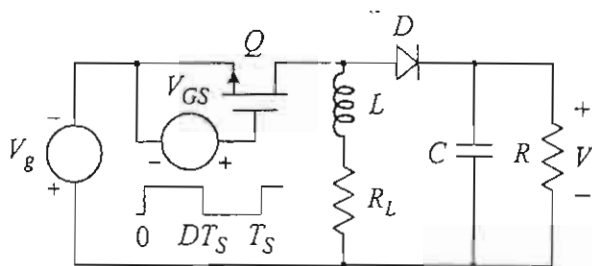
$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$, respektivno.

Za slučaj kada je $\alpha = \frac{\pi}{3}$:

- odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora i napona na izlazu, v_{OUT} ;
- odrediti srednju i efektivnu vrednost napona na potrošaču i
- odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1



Slika 2

2. Buck-Boost konvertor sa slike 2 radi u kontinualnom režimu rada sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_S = 50\text{kHz}$, dok je $V_g = 1,5\text{V}$, $V = 5\text{V}$ i $R = 5\Omega$. Pad napona na provodnoj diodi je $V_D = 0,5\text{V}$, otpornost prekidača kada provodi je $R_{ON} = 35\text{m}\Omega$, a otpornost kalema je R_L . Smatрати da su talasnosti struje induktivnosti i napona na kondenzatoru zanemarljive.

- Odrediti izraz koji definiše efikasnost konvertora $\eta = \eta(D, V_g, V_D, R_{ON}, R_L, R)$.
- Odrediti maksimalnu otpornost kalema $R_{L\text{max}}$ tako da je efikasnost konvertora $\eta \geq 70\%$. Koliko iznosi D ?
- Pod uslovom iz tačke b) odrediti gubitke na prekidaču P_{ON} , diodi P_D i induktivnosti P_L .
- Pod uslovom iz tačke b). odrediti efikasnost konvertora ako je $R = 10\Omega$.

ee_04_april

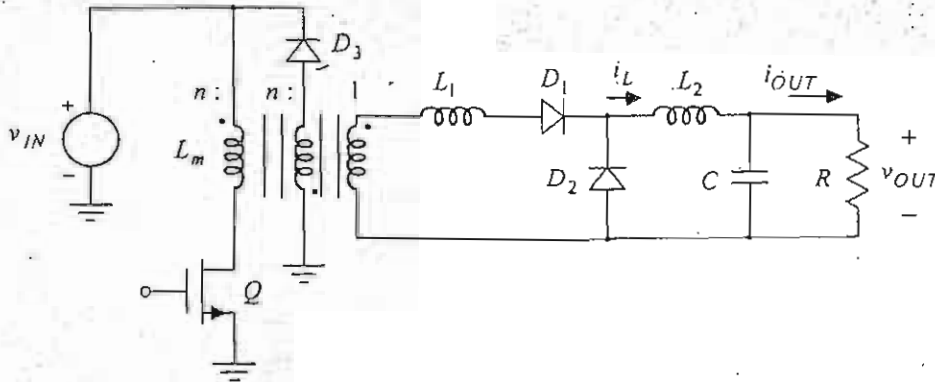
3. U Forward konvertoru sa slike 3, koji radi sa konstantnom učestanošću prekidanja, $f_S = 50\text{kHz}$, upotrebene su komponente idealizovanih karakteristika, a poznato je: $v_{IN} = 48\text{V}$, $n = 4$, $L_2 = 100\mu\text{H}$, $R = 0,12\Omega$, $C \rightarrow \infty$.

a) Ako je $L_1 = 0\text{H}$ odrediti opseg vrednosti izlaznog napona, koji se može dobiti promenom odnosa impuls-perioda, D .

Sa $D = D_{\text{max}}$ iz prethodne tačke i $L_1 = 0,1\mu\text{H}$, smatrajući da je $L_m \rightarrow \infty$ i da se talasnost struje i_L može zanemariti:

b) odrediti maksimalnu vrednost napona na izlazu $v_{OUT\text{max}}$ i

c) nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode prekidanja, napona i struja svih prekidača i induktivnosti.



Slika 3

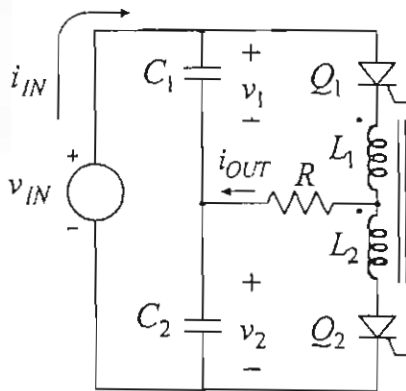
4. Pobudne struje za tiristore u serijskom rezonantnom invertoru sa slike 4.a. prikazane su na slici

4.b. U početnom trenutku je $v_2(0) = -V_2$, $V_2 > 0$ i $i_{OUT}(0) = 0$, a poznato je: $v_{IN} = 220\text{V}$, $C_1 = C_2 = C = 3\mu\text{F}$, $L_1 = L_2 = L = 50\mu\text{H}$, $R = 2\Omega$ i $f_0 = 1/T_0 = 7\text{kHz}$.

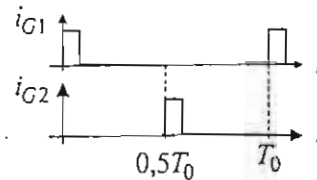
a) Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih napona i struja u toku jedne periode T_0 .

b) Kolika je amplituda ulazne struje I_{INm} ?

c) Odrediti maksimalnu učestanost rada invertora $f_{0\text{max}}$ ako je vreme isključivanja tiristora $t_{\text{off}} = 10\mu\text{s}$.



Slika 4.a



Slika 4.b