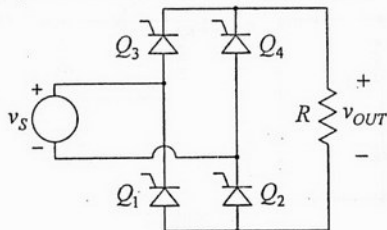


1. Na slici 1 je prikazan monofazni tiristorski ispravljač. Tiristori Q_2, Q_3 i Q_1, Q_4 se uključuju sa međusobnim faznim pomerajem od 180° , pri čemu se ugao uključjenja α meri od uzlaznog prolaska kroz nulu faznog napona do uključjenja tiristora Q_2 . Poznato je: $v_S = V_{sm} \sin(2\pi ft)$, $V_{sm}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

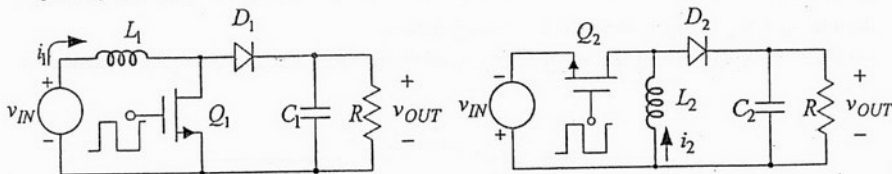
- (a) [3] Ako je $\alpha = 30^\circ$, nacrtati vremenske oblike struja svih tiristora i napona v_{OUT} .
 (b) [2] Odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona od ugla α .
 (c) [3] Odrediti zavisnost faktora snage od ugla α .
 (d) [2] Odrediti zavisnost ukupnih harmonijskih izobličenja od ugla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



Slika 1

2. Na slici 2 prikazana su dva DC-DC konvertora (Boost i Buck-Boost) koji iz istog ulaznog napona $v_{IN} = 12$ V na potrošaču $R = 2,8 \Omega$ ostvaruju konstantan napon $v_{OUT} = 28$ 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 $V_D = 1$ V i $f_S = 50$ kHz.

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



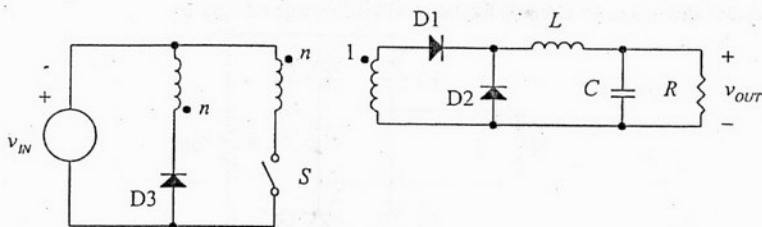
Slika 2

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.

a) [4] Za $v_{IN} = 300\text{V}$ i $R = 2.5\Omega$ nacrtati vremenske dijagrame struja i napona na D1, D2, D3 i S.

b) [3] Odrediti najniži napon v_{IN} pri kome može da se na izlazu obezbedi nominalni napon.

c) [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 kalemata 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 $v_{IN} = V_{IN} \sin(\omega_0 t)$.

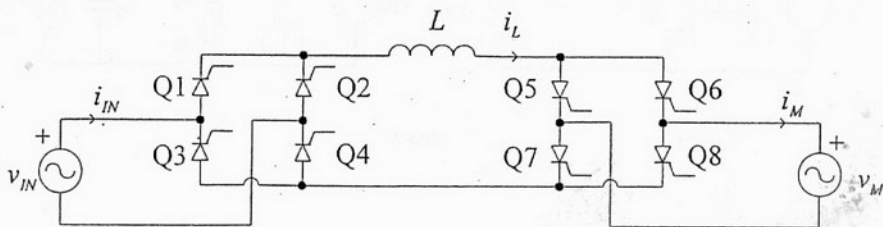
a) [2] Odrediti opseg ugla φ_M na intervalu $(0, 2\pi)$ za koji je moguće izvršiti komutaciju tiristora.

b) [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.

c) [2] Za $V_M = \sqrt{2} V_{IN}$ odrediti opseg ugla φ_M za koji je u kolu moguće uspostaviti ustaljeno stanje sa strujom kalemata različitom od nule.

d) [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.

e) [2] Za slučaj d) odrediti faktor snage na ulazu i ukupno harmonijsko izobličenje ulazne struje.



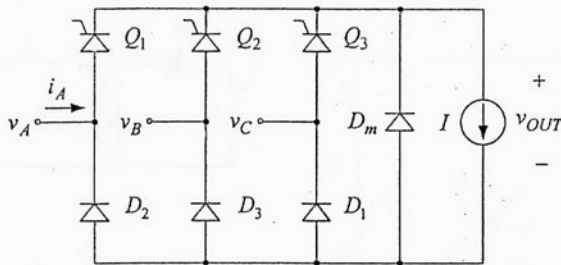
Slika 4.

1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebene komponente mogu smatрати 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 $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $\alpha \geq 0$, respektivno.

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

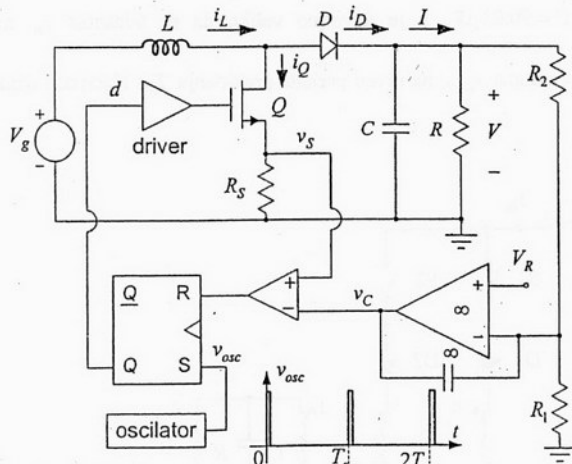
- a) [5] odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora, struje i_A i napona na izlazu, v_{OUT} ;
- b) [2] odrediti srednju i efektivnu vrednost napona na potrošaču;
- c) [3] odrediti faktor snage ispravljača.



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



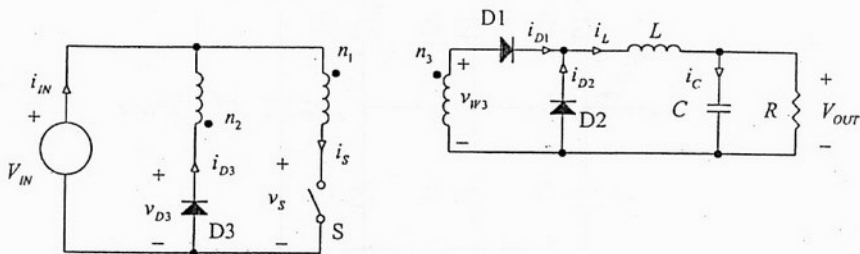
Slika 2.

- 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 $I = 0,5A$.

$R_1, R_2 \gg V_R$
 $\frac{V_R}{E_S} = d \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
 $d = \frac{V_R}{E_S} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$
 $V_{out} = V_g \cdot d$
 $V_{out} = V_g \cdot \frac{V_R}{E_S} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$
 $V_{out} = V_g \cdot \frac{V_R}{E_S} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$
 $V_{out} = V_g \cdot \frac{V_R}{E_S} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$

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.

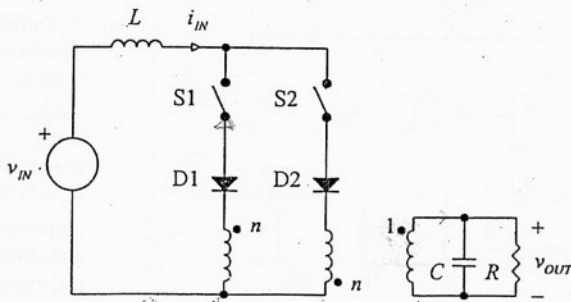
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati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

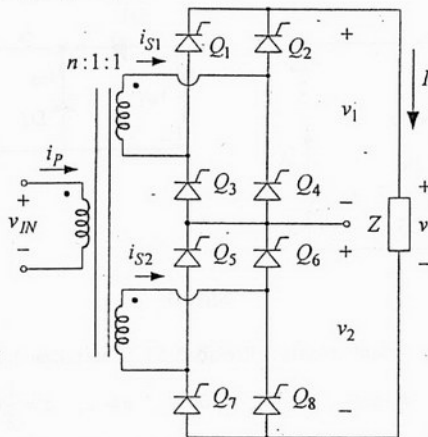
- Za $m = 0.75$ odrediti srednju vrednost v_{OUT} na nivou periode prekidanja T_s . Nacrtati i označiti vremenski dijagram.
- Odrediti zavisnost i_{IN} od m .



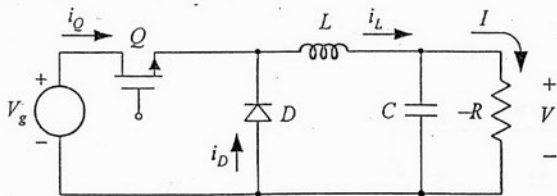
Slika 4.

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 $\alpha_2 = \pi$.

- [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

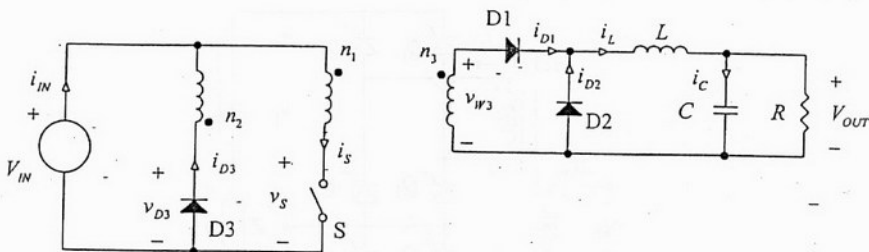
2. Buck konvertor sa slike 2 ima ulazni napon koji se menja u opsegu $35\text{V} \leq V_g \leq 70\text{V}$. Kada je snaga koja se predaje potrošaču u opsegu $10\text{W} \leq P \leq 1000\text{W}$, kolom povratne sprege, promenom odnosa impuls-perioda D , se obezbeduje da je napon na potrošaču konstantan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

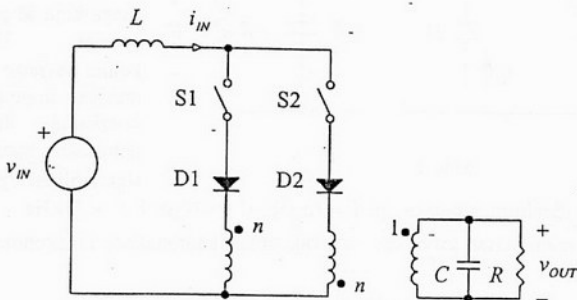
- Određiti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3 za $R = 1 \Omega$.
- Određiti opseg R za koji konverter radi u kontinualnom režimu.
- Određiti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati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

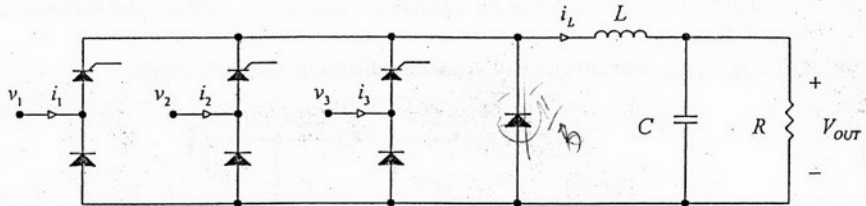
- Za $m = 0.75$ odrediti srednju vrednost v_{OUT} na nivou periode prekidanja T_s . Nacrtati i označiti vremenski dijagram.
- Određiti zavisnost i_{IN} od m .



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 $30^\circ \leq \alpha < 150^\circ$. 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.

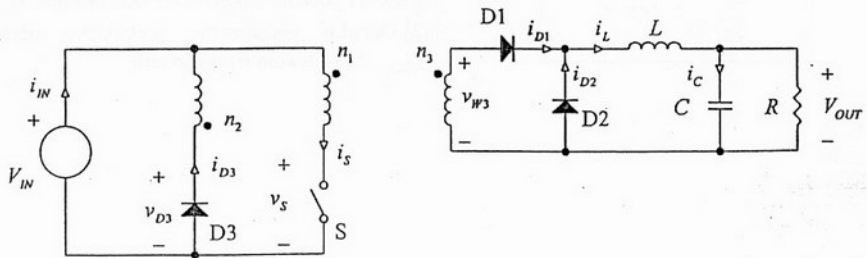
- Odrediti zavisnost V_{OUT} od α .
- Odrediti zavisnost faktora snage od α .
- Odrediti zavisnost jednosmerne komponente ulazne struje od α .
- Nacrtati vremenski dijagram ulazne struje i , za $\alpha = 30^\circ$ i označiti karakteristične tačke.



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.

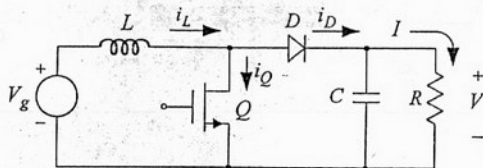
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 2 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati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



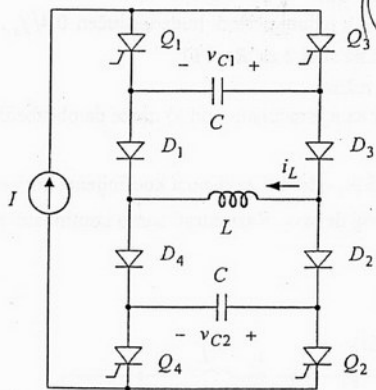
slika 2

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

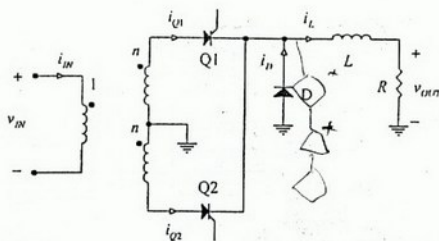


4. Na slici 4 prikazan je monofazni tiristorski inverter za napajanje induktivnog potrošača. Tiristori se uključuju signalima sa gejtova, provode alternativno u parovima Q_1, Q_2 i Q_3, Q_4 , a sve upotrebljene komponente su idealne.

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

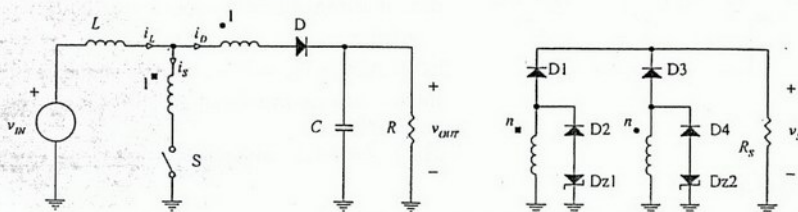
- Za $\alpha = 90^\circ$ odrediti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{Q1} , i_{Q2} , i_D i i_L , izračunati i označiti karakteristične tačke.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ugla uključenja tiristora.
- Odrediti zavisnost faktora snage od ugla uključenja tiristora.
- Pri uglu uključenja tiristora od $\alpha = 0$ proceniti amplitudu naizmenične komponente izlaznog napona.
- Odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{v}(s)$ 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, $R_s = 1 \text{ k}\Omega$.

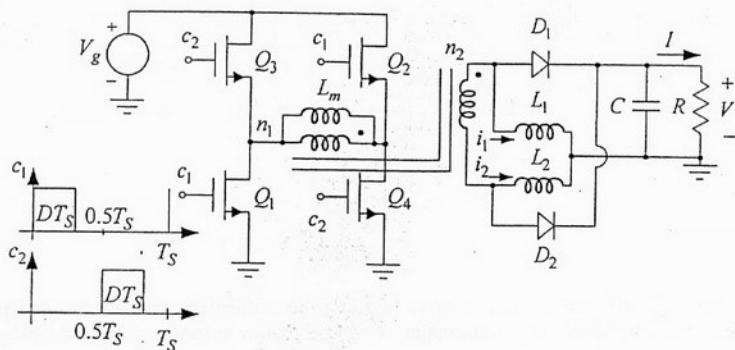
- Odrediti vremenske dijagrame i_L , i_s i i_D u ustaljenom stanju.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača.
- Odrediti vremenske dijagrame struja dioda D1, D2, D3 i D4.
- Ako se ulazni napon promeni sa 100 V na 105 V , a i_{Lmin} i i_{Lmax} održavaju konstantnim,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



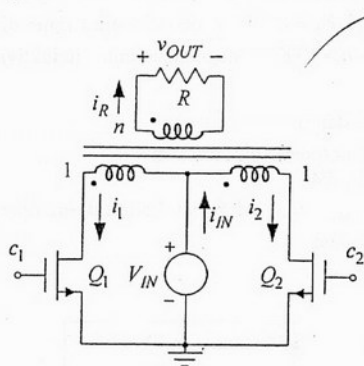
Slika 2.

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 obezbeduje napajanje potrošaču $R = 100 \Omega$ u odsustvu mrežnog napona. Smatrati da je magnetizaciona induktivnost transformatora $L_m \rightarrow \infty$.

a) [3] Ako su pobudni impulsi sa faktorom ispune $D \approx 0,5$, 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

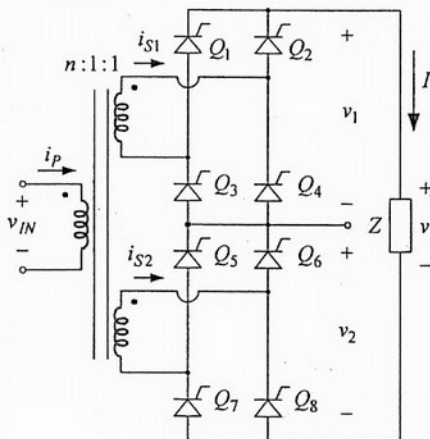
$$S = V_{Qpk} I_{Qrms}$$

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.

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 $\alpha_2 = \pi$.

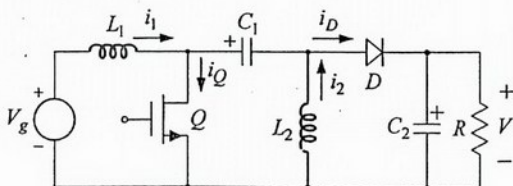
- [5] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih struja, struja svih tiristora i označenih napona.
- [2,5] Odredit srednju i efektivnu vrednost izlaznog napona.
- [2,5] Odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1

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 $C_2 = 200\mu\text{F}$.

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

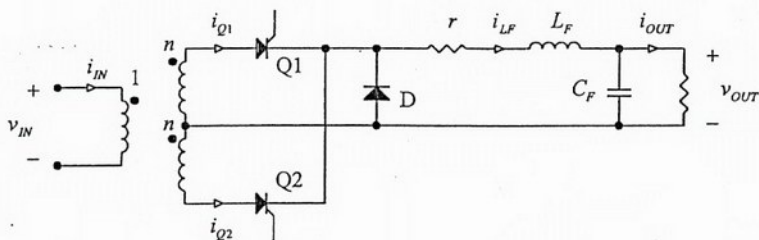


Slika 2

Isplit 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.

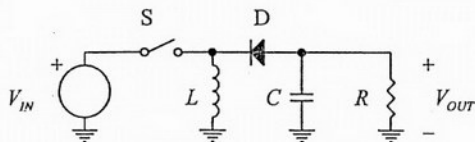
- Odediti minimalnu vrednost prenosnog odnosa transformatora n tako da ispravljač može da zadovolji date specifikacije.
- Za n određeno pod a) odrediti opseg u kome će se kretati ugao paljenja tiristora.
- Za nominalnu vrednost amplitude ulaznog napona i $i_{OUT} = 40$ A nacrtati vremenske dijagrame 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.

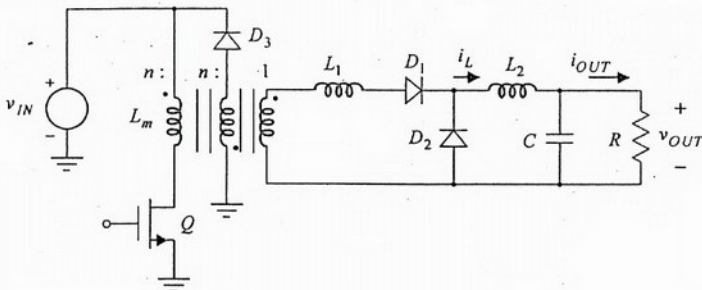
3. U Forward konvertoru sa slike 3, koji radi sa konstantnom učestanošću prekidanja, $f_S = 50\text{kHz}$, upotrebjene su komponente idealizovanih karakteristika, a poznato je: $v_{IN} = 48\text{V}$, $n = 4$, $L_2 = 100\mu\text{H}$, $R = 0,12\Omega$, $C \rightarrow \infty$.

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.



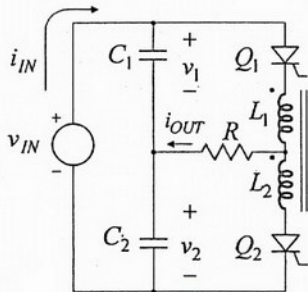
Slika 3

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 $f_0 = 1/T_0 = 7\text{kHz}$.

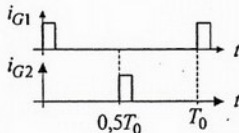
a) Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih napona i struja u toku jedne periode T_0 .

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

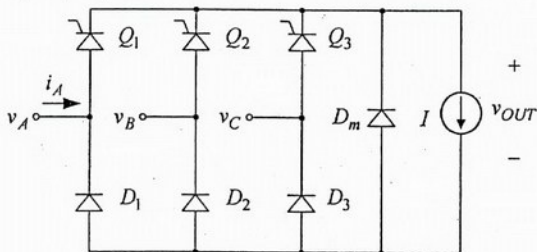
1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebljene komponente mogu smatarti idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$ i $v_C = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$.

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 $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$,

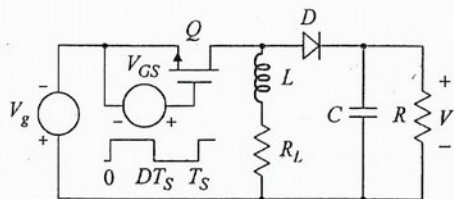
$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$, respektivno.

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 $R = 10\Omega$.

1. U kolu sa slike 1 tiristori Q1 i Q2 se uključuju simetrično, tiristor Q1 za fazni ugao $\alpha = \omega_0 t_\alpha$ nakon ulaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona, a tiristor Q2 za isti fazni ugao nakon silaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona. Ulazni napon je oblika $v_{IN}(t) = V_m \sin(\omega_0 t)$, a prenosni odnos transformatora je $n:1:1$.

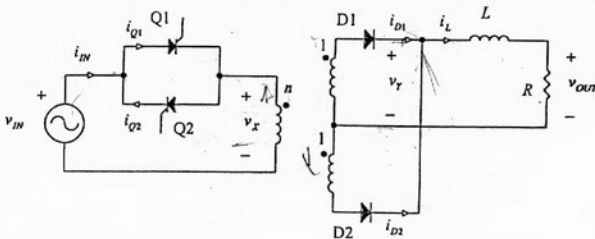
a) Smatrajući da je induktivnost L dovoljno velika da se njena struja može smatrati konstantnom, $i_L(t) = I$, nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 1 tokom jedne periode ulaznog napona i označiti karakteristične vrednosti.

b) Pod pretpostavkom kao pod a) odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlaznog napona od ugla α , $V_{OUT}(\alpha)$.

c) Ako je $\tau = \frac{L}{R} \gg \frac{1}{f_0}$, gde $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$, odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona tokom poluperiode ulaznog napona pri promeni ugla paljenja tiristora sa $\alpha = 0$ na $\alpha = 45^\circ$.

d) Za ulaznu struju odrediti $THD(\alpha = 0)$.

e) Odrediti $PF(\alpha = 90^\circ)$.



Slika 1.

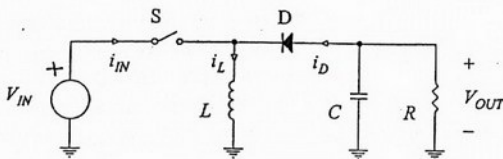
2. Na slici 2 je prikazan buck-boost konvertor kod koga je $D = 0.5$ (ne menja se), $L = 100 \mu\text{H}$, $V_{IN} = 100 \text{ V}$ ako se drugačije ne naglasi, dioda i prekidač su idealni, kondenzator je dovoljno velike kapacitivnosti da se talasnost njegovog napona može zanemariti, učestanost prekidanja je $f_s = 100 \text{ kHz}$, potrošač R je promenljiv.

a) Odrediti opseg izlaznog napona za koji konvertor radi u diskontinualnom režimu. $V_{OUT} < -100 \text{ V}$

b) Odrediti opseg otpornosti potrošača za koji konvertor radi u diskontinualnom režimu. $R > 80 \Omega$

c) Odrediti ulaznu snagu.

d) Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača u diskontinualnom režimu.



slika 2

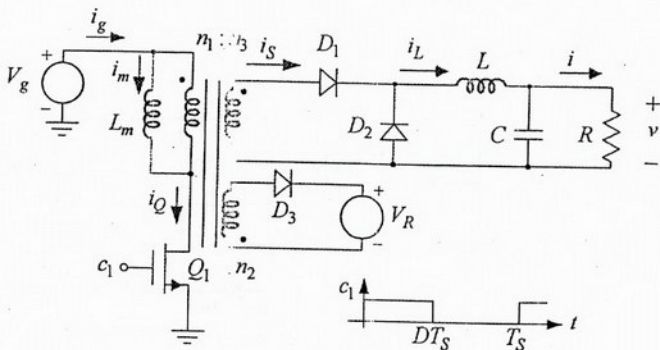
3. Na slici 3 je prikazan Forward konvertor koji radi u kontinualnom režimu, sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_S = 100\text{kHz}$. U kolu su upotrebljeni idealni prekidač i diode, a poznato je: $L_m = 30\text{mH}$, $127\text{V} \leq V_g \leq 380\text{V}$, $V = 12\text{V}$, $P_{OUT} = 480\text{W}$. Smatratu da se talasnost struje i_L može zanemariti.

a) [1] Odrediti, uz obrazloženje, minimalnu vrednost napona V_R u funkciji parametara kola za koju konvertor ispravno radi.

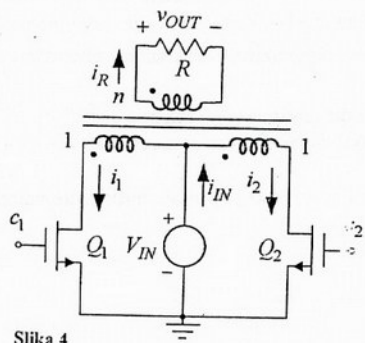
b) [4] Sa V_R iz tačke a) odrediti prenosni odnos transformatora n_1/n_3 tako da se dobije minimalni stres na prekidaču $S = V_{Qpk} I_{Qrms}$.

c) [3] Ako je $V_R = 12\text{V}$, pod uslovom: iz prethodne tačke odrediti prenosni odnos n_1/n_2 , a zatim nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja pri $V_g = 127\text{V}$.

d) [2] Odrediti odnos stresova na aktivnom prekidaču u slučaju iz tačke b) i u slučaju kada je $n_2 = n_1$ i $V_R = V_g$.



Slika 3



Slika 4

4. Push-pull inverter sa slike 4 se napaja iz baterije $V_{IN} = 24\text{V}$ i obezbeđuje napajanje potrošaču $R = 200\Omega$ u odsustvu mrežnog napona. Smatratu da je magnetizaciona induktivnost transformatora merena sa sekundarne strane $L_m \rightarrow \infty$.

a) [3] Ako su pobudni impulsi sa faktorom ispunje $D \approx 0,5$, odrediti prenosni odnos transformatora n i vremenske dijagrame stanja prekidača tako da se potrošaču predaje ista korisna snaga kao u slučaju mrežnog napona $v = 220\sqrt{2}\text{V}\sin(2\pi ft)$, $f = 50\text{Hz}$.

b) [2] Nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona na prekidačima.

c) [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.

Pod uslovom iz tačke c) odrediti:

d) [1] korisnu snagu koja se predaje potrošaču.

e) [1] maksimalni stres na prekidačima $S = V_{Qpk} I_{Qrms}$.

1. U kolu sa slike 1 tiristori Q1 i Q2 se uključuju simetrično, tiristor Q1 za fazni ugao $\alpha = \omega_0 t_\alpha$ nakon uzlaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona, a tiristor Q2 za isti fazni ugao nakon silaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona. Ulazni napon je oblika $v_{IN}(t) = V_m \sin(\omega_0 t)$, a prenosni odnos transformatora je $n:1:1$.

a) [3] Smatrajući da je induktivnost L dovoljno velika da se njena struja može smatrati konstantnom, $i_L(t) = I$, nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 1 tokom jedne periode ulaznog napona i označiti karakteristične vrednosti.

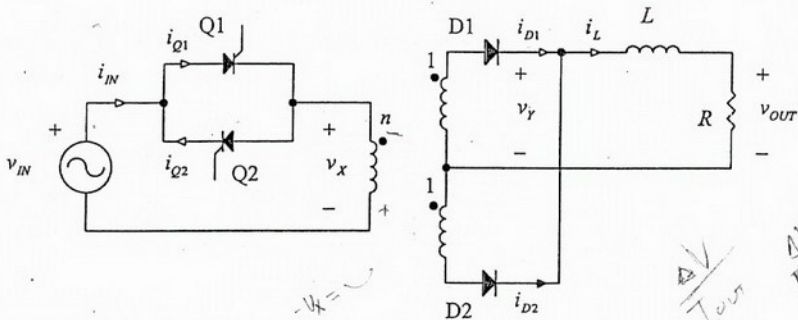
b) [1] Pod pretpostavkom kao pod a), odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlaznog napona od ugla α , $V_{OUT}(\alpha)$.

c) [3] Ako je $\tau = \frac{L}{R} \gg \frac{1}{f_0}$, gde $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$, odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona tokom poluperiode

ulaznog napona pri promeni ugla uključivanja tiristora sa $\alpha = 0$ na $\alpha = 45^\circ$.

d) [2] Za ulaznu struju odrediti $THD(\alpha = 0)$.

e) [1] Odrediti $PF(\alpha = 90^\circ)$.



Slika 1.

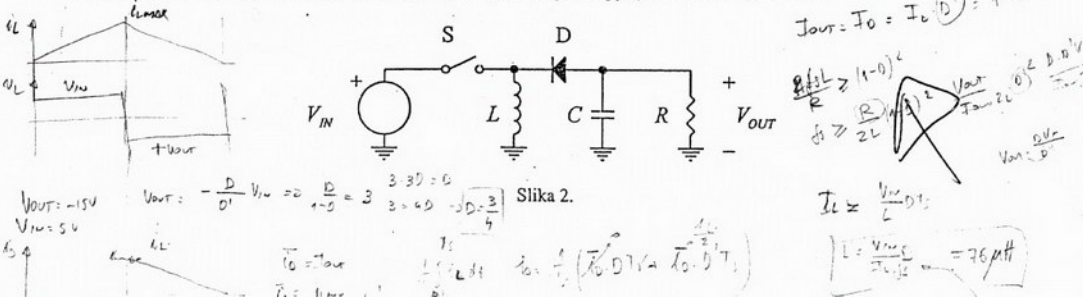
2. Na slici 2 je prikazan buck-boost konvertor kod koga se upravljanje vrši tehnikom programiranja struje tako što se prekidač isključuje kada struja kačema dostigne vrednost upravljajke promenljive $i_{L,max}$, a ponovo se uključuje kada dioda prestane da provodi. Na taj način konvertor stalno radi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

a) [3] Odrediti L tako da pri maksimalnoj struji frekvencija uključivanja prekidača bude $f_s = 25\text{ kHz}$ i odrediti $i_{L,max}$ u ovom slučaju.

b) [2] Odrediti zavisnost frekvencije prekidanja f_s od izlazne struje i_{OUT} .

c) [2] Ako talasnošću izlaznog napona dominira komponenta nastala usled parazitarne 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.

d) [3] Ako talasnošću izlaznog napona dominira komponenta nastala usled konačne kapacitivnosti kondenzatora (R_{ESR} se može zanemariti u ovom slučaju), odrediti minimalnu vrednost kapacitivnosti kondenzatora C tako da razlika između minimalne i maksimalne vrednosti izlaznog napona (peak-to-peak ripple) ne bude veća od 50 mV.



Slika 2.

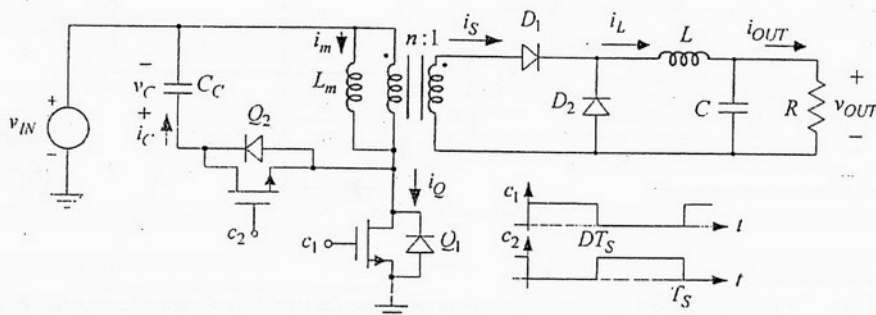
3. Forward konvertor sa slike 3 radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_S = 100\text{kHz}$, ima ulazni napon koji se menja u granicama, $100\text{V} \leq V_{IN} \leq 400\text{V}$, dok je $v_{OUT} = 5\text{V}$, $2\text{A} \leq I_{OUT} \leq 20\text{A}$, $n = 10$, $L_m = 20\text{mH}$, $V_{D1} = V_{D2} = V_D = 0.5\text{V}$, a prekidači Q_1 i Q_2 se uključuju signalima kao što je prikazano na slici.

a) [4] Za $v_{IN} = 100\text{V}$ i $I_{OUT} = 20\text{A}$ odrediti i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i napona, kao i napona na prekidačima. Smatrati da je talasnost struje induktivnosti i_L i napona na kondenzatorima zanemarljiva.

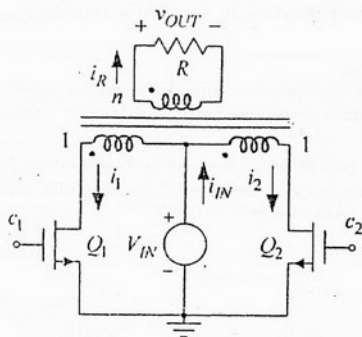
b) [4] Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L i kapacitivnosti C_C i C tako da konvertor uvek radi u kontinualnom režimu i da talasnost napona na kondenzatorima bude $\Delta v_{Cp-p} \leq 10\%V_C$ i $\Delta v_{OUTp-p} < 1\%V_{OUT}$.

c) [1] Za $I_{OUT} = 20\text{A}$, odrediti zavisnost koeficijenta korisnog dejstva od ulaznog napona, $\eta = \eta(V_{IN})$.

d) [1] Za $v_{IN} = 100\text{V}$, odrediti zavisnost koeficijenta korisnog dejstva od struje potrošača, $\eta = \eta(I_{OUT})$.



Slika 3



Slika 4

4. Push-pull inverter sa slike 4 se napaja iz baterije $V_{IN} = 12\text{V}$ i obezbeduje napajanje potrošaču $R = 200\Omega$ u odsustvu mrežnog napona. Smatrati da je magnetizaciona induktivnost transformatora $L_m \rightarrow \infty$.

a) [3] Ako su pobudni impulsi sa faktorom ispunje $D \approx 0.5$, odrediti prenosni odnos transformatora n i vremenske dijagrame stanja prekidača tako da se potrošaču predaje ista korisna snaga kao u slučaju mrežnog napona $v = 220\sqrt{2}\text{V}\sin(2\pi ft)$, $f = 50\text{Hz}$.

b) [2] Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 4.

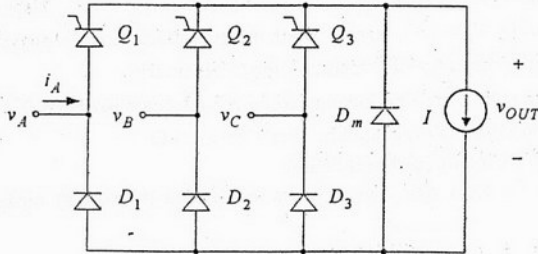
c) [1] Odrediti maksimalni stres na prekidačima $S = V_{Qpk} I_{Qrms}$.

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 korisnu snagu koja se predaje potrošaču.

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

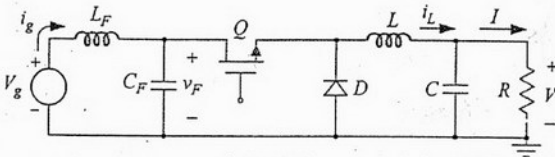


Slika 1

$v_C = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$. 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 $\alpha = \frac{\pi}{4}$:

- a) [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} ;
 b) [3] odrediti srednju, \bar{v}_{OUT} , i efektivnu, V_{out} , vrednost napona na potrošaču;
 c) [2] odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 2

2. Buck konvertor sa slike 2 radi u kontinualnom režimu rada sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 50\text{kHz}$, dok je $V_g = 40\text{V}$, $V = 20\text{V}$ i $R \geq 4\Omega$. Pad napona na diodi je $V_D = 0.8\text{V}$, dok su ostale komponente idealne.

- a) [4] odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L_F, L i kapacitivnosti C_F, C tako da je:
 - talasnost ulazne struje $\Delta i_{gp-p} \leq 5\% I_g$;
 - talasnost struje induktivnosti $\Delta i_{Lp-p} \leq 20\% I_L$
 - talasnost napona na kondenzatoru C_F , $\Delta v_{CFp-p} \leq 5\% V_F$ i
 - talasnost napona na potrošaču $\Delta v_{p-p} \leq 1\% V$.

Pri proračunima koristiti opravdane aproksimacije.

- b) [2] Ako je maksimalna indukcija u jezgru, $B_{max} = 0.25\text{T}$, faktor ispune, $K_u = 0.5$, maksimalna gustina struje u bakarnim provodnicima, $J_{max} = 150\text{A/cm}^2$ i specifična otpornost bakra $\rho_{cu} = 1.724 \cdot 10^{-6} \Omega\text{-cm}$, izabrati feritno jezgro minimalnih gabarita za projektovanje induktivnosti L . Na raspolaganju su feritna jezgra data u sledećoj tabeli, gde je A_C -površina poprečnog preseka jezgra, W_A -površina poprečnog preseka prostora za namotaje i MLT -srednja dužina zavojka.

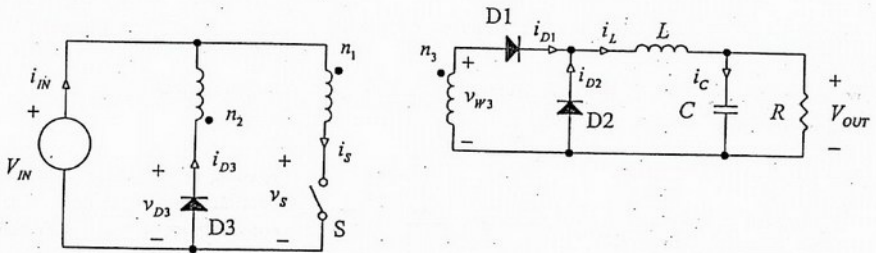
Za izabrano jezgro odrediti:

- c) [2] broj zavojaka N i dužinu vazdušnog procepa l_g ;
 d) [2] prečnik bakarne žice i snagu gubitaka u induktivnosti. Na raspolaganju su žice čiji je prečnik $\phi[\text{mm}] = \{1.4, 1.7, 2.0, 2.1, 2.2\}$

jezgro	$A_C[\text{cm}^2]$	$W_A[\text{cm}^2]$	$MLT[\text{cm}]$
EE40	1.27	1.10	8.50
EE50	2.26	1.78	10.0
EE60	2.47	2.89	12.8

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.

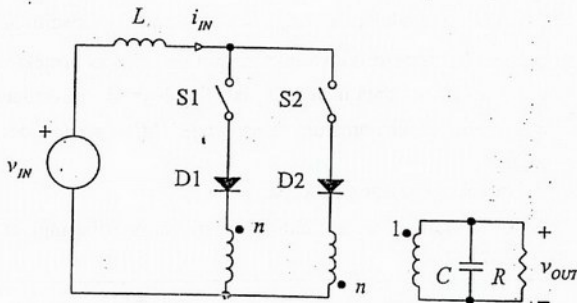
- Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 3 za $R = 1 \Omega$.
- Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.
- Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati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

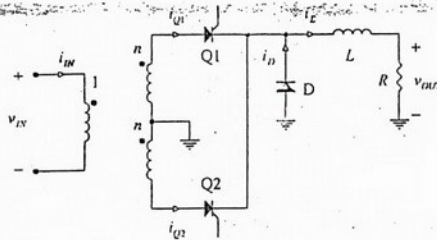
a) Za $\alpha = 90^\circ$ odrediti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{Q1} , i_{Q2} , i_D i i_L , izračunati i označiti karakteristične tačke.

b) Odrediti zavisnost izlaznog napona od ugla uključjenja tiristora.

c) Odrediti zavisnost faktora snage od ugla uključjenja tiristora.

d) Odrediti zavisnost snage ispravljača od ugla uključjenja tiristora.

e) Pri uglu uključjenja tiristora od $\alpha = 0$ proceniti amplitudu naizmenične komponente izlaznog napona.



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.

a) Odrediti n_3 tako da u kontinualnom režimu rada prekidač u jednoj periodi bude uključen $0.4/f_s$.

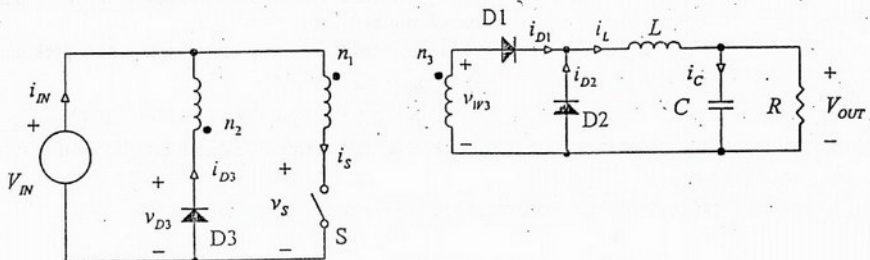
b) Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 2 za $R = 1 \Omega$.

c) Odrediti opseg R za koji konvertor radi u kontinualnom režimu.

d) Odrediti minimalnu vrednost V_{IN} za koju dati konvertor sa n_3 sračunato pod a) može da obezbedi $V_{OUT} = 5 \text{ V}$.

e) 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.

f) ~~Odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{d}(s)$.~~



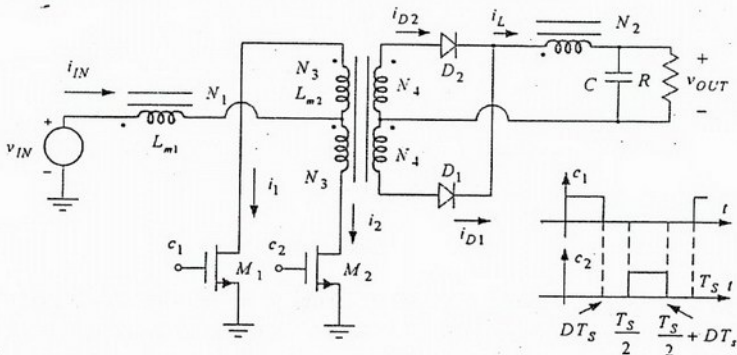
Slika 2.

3. U kolu DC-DC konvertora sa slike namotaji N_1 i N_2 su savršeno spregnuti tako da je $\frac{N_1}{N_2} = \frac{N_3}{N_4} = n$, dok su ostale upotrebljene komponente idealnih karakteristika, a $L_{m2} \rightarrow \infty$.

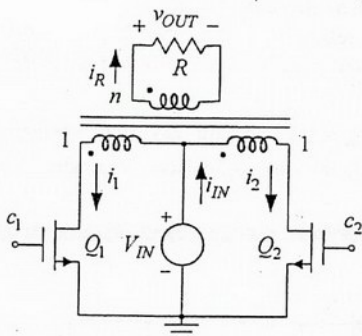
a) [4] Ako je $D > 0,5$, a konvertor radi u kontinualnom režimu rada, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame napona na prekidačima i označenih struja u ustaljenom stanju, a zatim odrediti i zavisnost $v_{OUT} = v_{OUT}(v_{IN})$.

b) [4] Ako je $D > 0,5$, a konvertor radi u diskontinualnom režimu rada, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame napona na prekidačima i označenih struja u ustaljenom stanju, a zatim odrediti i zavisnost $v_{OUT} = v_{OUT}(v_{IN})$.

c) [2] Pod kojim uslovom konvertor radi u kontinualnom režimu rada?



Slika 3



Slika 4

4. Push-pull inverter sa slike 4 se napaja iz baterije $V_{IN} = 12\text{ V}$ i obezbeđuje napajanje potrošaču $R = 200\Omega$ u odsustvu mrežnog napona. Smatratu da je magnetizaciona induktivnost transformatora $L_m \rightarrow \infty$.

a) [3] Ako su pobudni impulsi sa faktorom ispunje $D \approx 0,5$, odrediti prenosni odnos transformatora n i vremenske dijagrame stanja prekidača tako da se potrošaču predaje ista korisna snaga kao u slučaju mrežnog napona $v = 220\sqrt{2}\text{ V sin}(2\pi ft)$, $f = 50\text{ Hz}$.

b) [2] Nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 4.

c) [1] Odrediti maksimalni stres na prekidačima $S = V_{Qpk} I_{Qrms}$.

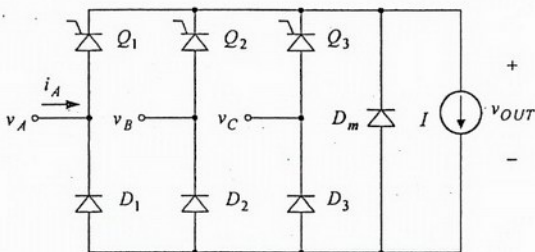
d) [3] Kako treba upravljati prekidačima Q_1 i Q_2 tako da u izlaznom naponu ne postoji treći harmonik? Nacrtati vremenske dijagrame pobudnih impulsa c_1 i c_2 za ovaj slučaj.

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

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

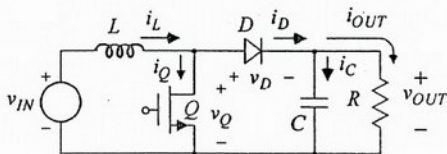
- odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora i napona na izlazu, v_{OUT} ;
- odrediti srednju, \bar{v}_{OUT} , i efektivnu, V_{out} , vrednost napona na potrošaču;
- odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 1

2. Na slici 2 prikazan je Boost konvertor. Konvertor se napaja iz baterije $v_{IN} = 2,4V \pm 0,4V$, 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 $i_{OUT} \in [100\mu A, 0,25A]$, reguliše vrednost izlaznog napona $v_{OUT} = 3V$.

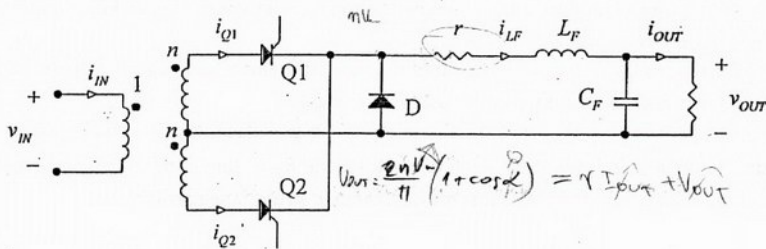
- Odrediti $M = \frac{v_{OUT}}{v_{IN}}$, kao i uslov koji definiše rad u diskontinualnom režimu.
- Odrediti vrednost induktivnosti L i kapacitivnosti C tako da:
 - talasnost izlaznog napona ne bude veća od $\Delta v_{OUT} = 50mV$,
 - konvertor radi u diskontinualnom režimu i
 - vršna vrednost struje prekidača bude što manja.
- Pod uslovima iz tačke b) odrediti minimalnu i maksimalnu vrednost prekidačke učestanosti f_{Smin} i f_{Smax} .



Slika 2

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 kabela 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.

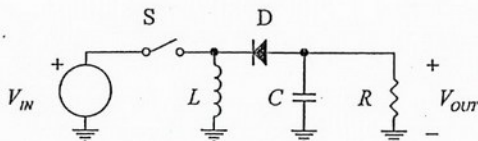
- Odeđiti minimalnu vrednost prenosnog odnosa transformatora n tako da ispravljač može da zadovolji date specifikacije.
- Za n određeno pod a) odrediti opseg u kome će se kretati ugao paljenja tiristora.
- Za nominalnu vrednost amplitude ulaznog napona i $i_{OUT} = 40$ A nacrtati vremenske dijagrame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



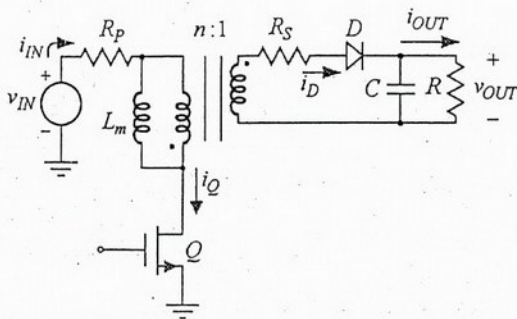
Slika 1.

2. Na slici 2 je prikazan buck-boost konvertor kod koga se upravljanje vrši tehnikom programiranja struje tako što se prekidač isključuje kada struja kabela 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.

- Odeđiti L tako da pri maksimalnoj struji frekvencija uključivanja prekidača bude $f_s = 25$ kHz i odeđiti $i_{L\text{max}}$ u ovom slučaju.
- Odeđiti zavisnost frekvencije prekidanja f_s od izlazne struje i_{OUT} .
- Ako talasnošću izlaznog napona dominira komponenta nastala usled parazitarne ekvivalentne serijske otpornosti kondenzatora R_{ESR} , odeđiti 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.



Slika 3

3. Na slici 3 prikazan je flyback konvertor koji radi u kontinualnom režimu rada sa konstantnom učestanošću, $f_s = 100\text{kHz}$. Ulazni napon se menja u opsegu $40\text{V} \leq v_{IN} \leq 60\text{V}$, $v_{OUT} = 5\text{V}$, $1\text{A} \leq i_{OUT} \leq 10\text{A}$, a $V_D = 0.5\text{V}$. Ukoliko se drugačije ne naglasi smatra da je $R_p = R_s = 0\Omega$.

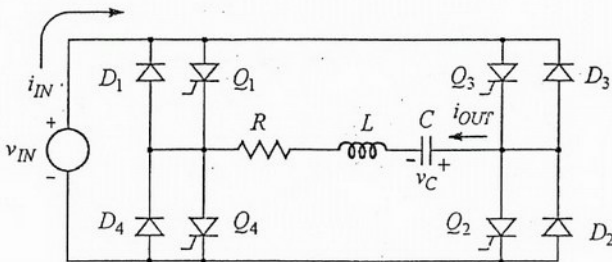
a) [1] Odrediti prenosni odnos transformatora n . Smatrati da je odnos impuls-perioda ograničen na $D_{\max} = 0,45$.

- b) [2] Odrediti minimalnu vrednost magnetizacione induktivnosti L_m za koju konvertor uvek radi u kontinualnom režimu rada.
- c) [3] Za $v_{IN} = 60\text{V}$ i $i_{OUT} = 10\text{A}$ odrediti i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja, kao i struje magnetizacione induktivnosti u ustaljenom stanju.
- d) [4] Za $v_{IN} = 60\text{V}$ i $i_{OUT} = 10\text{A}$, ako je otpornost prekidača $R_{ON} = 10\text{m}\Omega$, otpornost namotaja primara $R_p = 100\text{m}\Omega$ i otpornost namotaja sekundara $R_s = 10\text{m}\Omega$, odrediti i izračunati efikasnost konvertora η . Smatrati da je talasnost magnetizacione struje zanemarljiva.

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 upotrebene komponente su idealne, a poznato je:

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

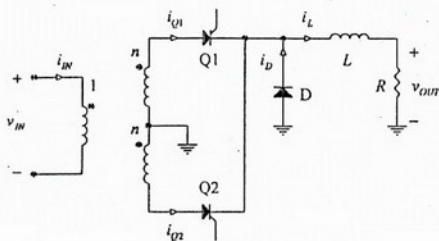
- a) [5] Izračunati i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i struja svih prekidača u toku jedne periode u ustaljenom stanju. Smatrati da je u početnom trenutku pri uključivanju tiristora Q_3, Q_4 , $i_{OUT}(0) = 0$ i $v_C(0) = -V_{C1}$, $V_{C1} > 0$.
- b) [2] Odrediti vrednost napona na kondenzatoru V_{C1} .
- c) [3] Odrediti srednju struju iz izvora za napajanje \bar{i}_{IN} , srednju struju tiristora Q_1 , \bar{i}_1 , kao i srednju snagu koja se predaje potrošaču R .



Slika 4

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.

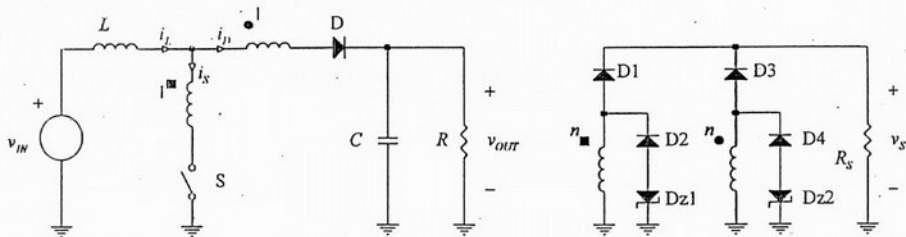
- Za $\alpha = 90^\circ$ odrediti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{Q1} , i_{Q2} , i_D i i_L , izračunati i označiti karakteristične tačke.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ugla uključjenja tiristora.
- Odrediti zavisnost faktora snage od ugla uključjenja tiristora.
- Pri uglu uključjenja tiristora od $\alpha = 0$ proceniti amplitudu naizmjenične komponente izlaznog napona.



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 $v_{IN} = 100\text{V}$, $i_{L,max} = 2.2\text{A}$, $i_{L,min} = 1.8\text{A}$, $R = 200\Omega$, 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 $n = 1000$, a $R_S = 1\text{k}\Omega$.

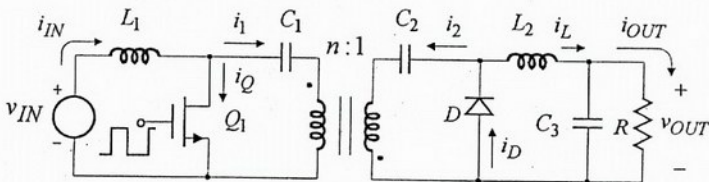
- Odrediti vremenske dijagrame i_L , i_S i i_D u ustaljenom stanju i označiti karakteristične tačke.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača.
- Odrediti vremenske dijagrame struja dioda D1, D2, D3 i D4, izračunati i označiti karakteristične tačke.
- Ako se ulazni napon promeni sa 100V na 105V , a $i_{L,min}$ i $i_{L,max}$ održavaju konstantnim, odrediti vremenski dijagram izlaznog napona tokom prelaznog procesa.



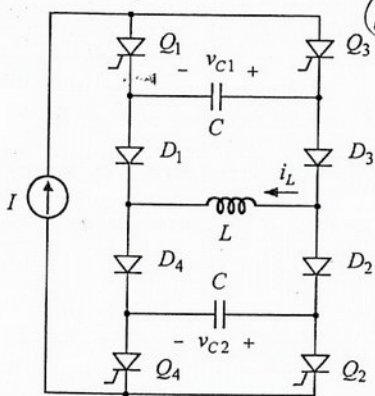
Slika 2.

3. Za Čuk konvertor sa slike 3 je poznato: $250V \leq v_{IN} \leq 350V$, $L_1 = 1mH$, $L_2 = 30\mu H$, $C_3 \rightarrow \infty$, transformator je savršen, a njegova magnetizaciona induktivnost merena sa primarne strane je $L_m = 10mH$, prekidačka učestanost $f_s = 100kHz$, $v_{OUT} = 5V$, $i_{OUT} = 50A$, a upotrebljeni prekidači su idealni.

- Ako se zna da konvertor radi u kontinualnom režimu rada odrediti izraz za odnos v_{OUT}/v_{IN} . Smatrati da se talasnost napona na kondenzatorima C_1 i C_2 može zanemariti.
- Ako je $D_{max} = 0,45$, pod uslovima iz tačke a), odrediti prenosni odnos transformatora n .
- Za $v_{IN} = 250V$, sa n iz prethodne tačke, izračunati i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja u ustaljenom stanju u toku jedne periode prekidačke učestanosti.
- Kako treba modifikovati kolo sa slike tako da se postigne da je talasnost i ulazne i izlazne struje jednaka nuli?



Slika 3



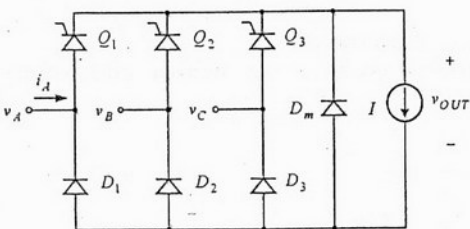
Slika 4

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.

- 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 $v_{C1}(0) = v_{C2}(0) = V_0 > 0$.
- Odrediti raspoloživo vreme t_q za komutaciju tiristora i početni napon na kondenzatorima V_0 .
- Odrediti maksimalnu prekidačku učestanost za koju kolo ispravno radi.

1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kojem se sve upotrebene 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 $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$, respektivno.

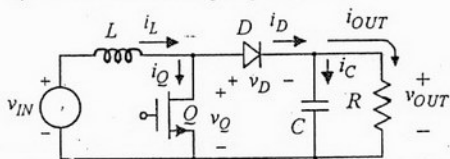


Slika 1

Za slučaj kada je $\alpha = \frac{\pi}{2}$:

- 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, \bar{v}_{OUT} , i efektivnu, V_{out} , vrednost napona na potrošaču;
- odrediti srednju i efektivnu vrednost struje svih tiristora;

d) odrediti faktor snage ispravljača.



Slika 2

2. U Boost konvertoru sa slike 2 upotrebene su idealne komponente osim diode sa $V_D = 1V$, a poznato je: $10V \leq v_{IN} \leq 16V$, $v_{OUT} = 24V$, $1A \leq i_{OUT} \leq 10A$ i $f_S = 100kHz$.

a) Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L i kapacitivnosti C tako da konvertor uvek radi u kontinualnom režimu sa talasnošću izlaznog

napona $\Delta v_{OUTp-p} \leq 100mV$.

b) Smatrajući da je talasnost struje induktivnosti zanemarljiva izabrati feritno jezgro za projektovanje induktivnosti tako da njeni gubici budu manji od $P_{max} = 1W$. Poznato je: faktor ispunje, $k_U = 0,5$, maksimalna magnetna indukcija u jezgru, $B_{max} = 0,25T$, specifična otpornost bakra, $\rho = 1,724 \cdot 10^{-7} \Omega/cm$.

Za izabrano feritno jezgro:

- izračunati dužinu vazdušnog procepa l_g ;
 - odrediti broj zavoja i izabrati žicu za namotaje.
- Na raspolaganju su sledeća feritna jezgra:

	$K_g \cdot 10^{-3} [cm^5]$	$A_c [cm^2]$	$W_a [cm^2]$	$MLT [cm]$
PQ20/16	22.4	0.62	0.256	4.4
PQ20/20	33.6	0.62	0.384	4.4
ETD29	97.8	0.76	0.903	5.33

A_c - površina poprečnog preseka jezgra, W_a - površina poprečnog preseka prostora za namotaje, MLT - dužina srednje linije namotaja i $K_g = (A_c^2 W_a) / MLT$.

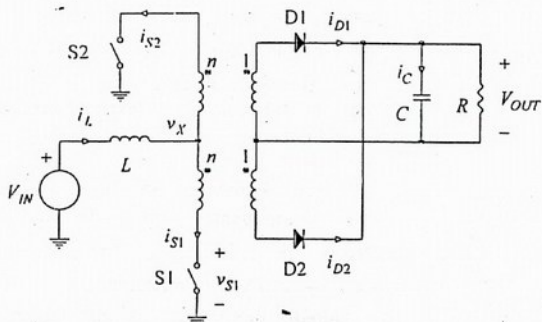
Bakarni provodnici su sledećih karakteristika:

$A_W \cdot 10^{-3} [cm^2]$	41.60	33.08	26.26	20.02	16.51	13.07	10.39	8.228
$d_W [cm]$	0.238	0.213	0.190	0.171	0.153	0.137	0.122	0.109

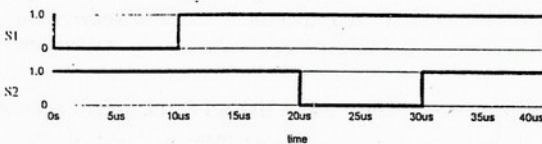
A_W - površina poprečnog preseka žice i d_W - prečnik žice.

3. U konvertoru sa slike 3.a prekidači su kontrolisani signalima prikazanim na slici 3.b, a poznato je $n=4$. $V_{IN} = 100\text{ V}$, $L = 500\text{ }\mu\text{H}$, $C = 1000\text{ }\mu\text{F}$, $R = 8.333\text{ }\Omega$, $L_m = 20\text{ mH}$ mereno sa primarne strane, frekvencija prekidanja je $f_s = 25\text{ kHz}$.

- Smatrajući magnetizacionu induktivnost transformatora beskonačno velikom, nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona tokom jedne periode prekidanja i označiti karakteristične vrednosti.
- Odrediti izlazni napon.
- Odrediti vremenski dijagram struje magnetizacione induktivnosti.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja dioda ne zanemarujući struju magnetizacione induktivnosti i označiti karakteristične vrednosti.



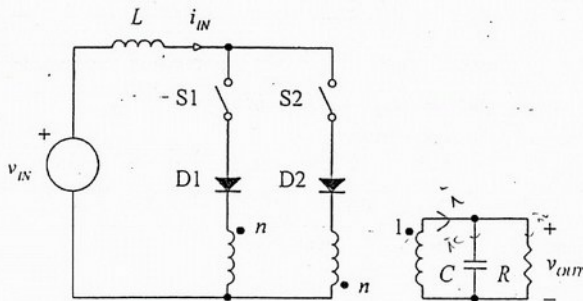
slika 3.a



slika 3.b

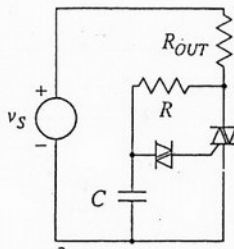
4. Na slici 4 je prikazan strujni inverter. Prekidač S1 je uključen tokom dT_N , a prekidač S2 je uključen tokom $d'T_N$. Poznato je: $v_{IN} = 300\text{ V}$, $n=2$, $d = \frac{1}{2}(1+m\sin(\omega t))$, $-1 < m < 1$, $\omega = 100\pi\text{ rad/s}$, $R = 35.35\text{ }\Omega$, $C = 90.03\text{ }\mu\text{F}$, 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_N . Nacrtati i označiti vremenski dijagram.
- Odrediti zavisnost i_{IN} od m .



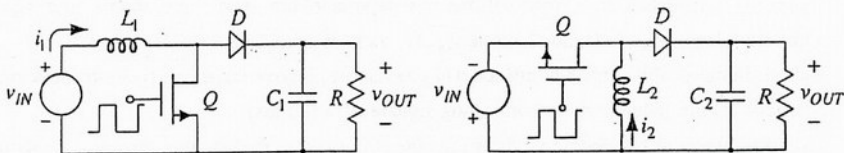
Slika 4.

1. Na slici 1 je prikazan regulator napona na otpornom potrošaču R_{OUT} . Trijak se uključuje preko dijaka naponom $\pm 20V$, a poznato je: $v_S = 220\sqrt{2}V\sin(100\pi t)$ i $C = 330nF$, dok su upotrebljeni prekidači idealni.
- a) Ako snaga potrošača treba da se reguliše od 5% do 100% njene nominalne vrednosti izračunati maksimalni i minimalni ugao paljenja trijaka α_{max} i α_{min} , a zatim odrediti vrednosti otpornosti u kolu paljenja trijaka R_{max} i R_{min} .
- b) Za $\alpha = \frac{\pi}{2}$ nacrtati vremenske dijagrame napona na potrošaču R_{OUT} i kondenzatoru C .



Slika 1

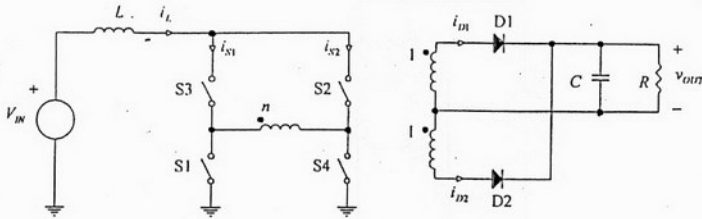
2. Na slici 2 prikazana su dva DC-DC konvertora koji iz istog ulaznog napona $v_{IN} = 300V$, u kontinualnom režimu, na potrošaču $R = 40\Omega$ obezbeđuju konstantan napon $v_{OUT} = 400V$. Smatrati da su talasnosti struja induktivnosti zanemarljive, tj. $i_1 = I_1$ i $i_2 = I_2$, kao i talasnosti napona na kondenzatoru, tj. $v_{C1} = v_{OUT}$ i $v_{C2} = v_{OUT}$.
- a) Ako su upotrebljeni prekidači idealni, za oba konvertora odrediti i nacrtati vremenske dijagrame struja induktivnosti, struja prekidača i napona na njima.
- b) Ako je otpornost prekidača Q , $R_{ON} = 0,5\Omega$, a sve ostale komponente su idealne odrediti koeficijent iskorišćenja za oba konvertora.
- c) Sa stanovišta efikasnosti odrediti koji konvertor je bolji za datu aplikaciju?



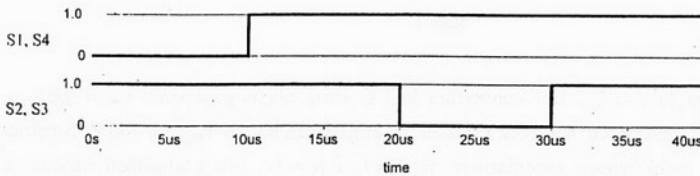
Slika 2

3. U konvertoru sa slike 3.a prekidači su kontrolisani signalima prikazanim na slici 3.b, a poznato je $n=2$, $V_{IN} = 200\text{ V}$, $L = 500\text{ }\mu\text{H}$, $C = 1000\text{ }\mu\text{F}$, $R = 10\text{ }\Omega$, $L_m = 10\text{ mH}$ mereno sa primarne strane, učeštanost prekidanja je $f_N = 25\text{ kHz}$.

- Smatrajući magnetizacionu induktivnost transformatora beskonačno velikom nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona tokom jedne periode prekidanja i označiti karakteristične vrednosti.
- Odrediti izlazni napon.
- Odrediti vremenski dijagram struje magnetizacione induktivnosti.
- Nacrtati vremenske dijagrame struja dioda ne zanemarujući struju magnetizacione induktivnosti i označiti karakteristične vrednosti.
- Proceniti amplitudu talasnosti izlaznog napona ako je ekvivalentna serijska otpornost kondenzatora $e_{sr} = 100\text{ m}\Omega$.



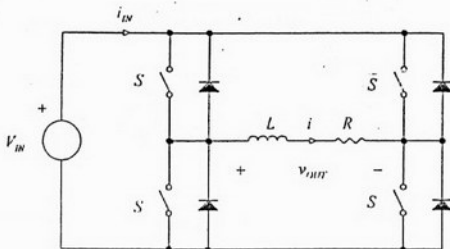
slika 3.a



slika 3.b

4. Na slici 4 je prikazan invertor opterećen rednom vezom kalemata induktivnosti $L = 500\text{ mH}$ i otpornika otpornosti $R = 100\text{ }\Omega$. Ulazni napon je $V_{IN} = 600\text{ V}$, a prekidači su kontrolisani signalom v_N sa faktorom ispunjenosti impulsa $d(t) = 0.5 + 0.25 \sin(2\pi 50\text{ Hz } t)$, tako što su za $v_N = 1$ prekidači označeni sa S uključeni a prekidači označeni sa \bar{S} isključeni, dok su za $v_N = 0$ prekidači označeni sa S isključeni, a prekidači označeni sa \bar{S} uključeni. Prekidačka učeštanost je $f_S = 50\text{ kHz}$.

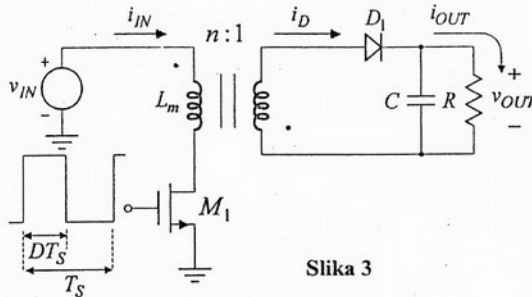
- Odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona tokom periode prekidanja od d , $\overline{v_{OUT}}(d)$.
- Odrediti talasni oblik izlaznog napona $\overline{v_{OUT}}(t)$ za gore specificirano $d(t)$.
- Odrediti talasni oblik struje potrošača $i(t)$ i zavisnost njegove talasnosti (peak-to-peak ripple) od vremena tokom jedne periode kontrolnog signala $d(t)$ (20 ms).
- Odrediti talasni oblik srednje vrednosti ulazne struje tokom periode prekidanja, $\overline{i_{IN}}$, tokom jedne periode kontrolnog signala $d(t)$ (20 ms).



Slika 4

3. Na slici 3 je prikazan flyback konvertor kod koga je transformator savršen. Ulazni napon se menja u opsegu $v_{IN} \in [200V, 350V]$, a struja potrošaša, $i_{OUT} \in [0, 1A]$, izlazni napon se održava konstantnim pomoću kola povratne sprege na $v_{OUT} = 5V$, koje istovremeno obezbeđuje da odnos impuls-perioda, D , ne pređe $D_{max} = 0,5$, a prekidačka učestanost je $f_S = 50kHz$.

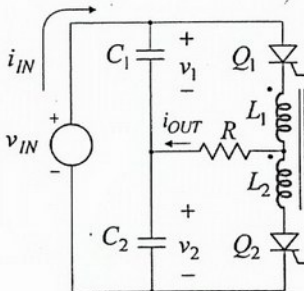
- Odrediti vrednost magnetizacione induktivnosti L_m i prenosni odnos transformatora n , tako da konvertor uvek radi u diskontinualnom režimu.
- Sa vrednostima za L_m i n odrediti i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i napona na prekidačima za slučaj $v_{IN} = 200V$ i $i_{OUT} = 1A$.
- Pod uslovom iz tačke a) odrediti minimalnu vrednost kapacitivnosti C_{min} , tako da talasnost izlaznog napona ne predje $\Delta v_{OUTp-p} = 50mV$.



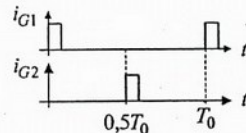
Slika 3

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: $v_{IN} = 220V$, $C_1 = C_2 = C = 3\mu F$, $L_1 = L_2 = L = 50\mu H$, $R = 2\Omega$ i $f_0 = 1/T_0 = 7kHz$.

- Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih napona i struja u toku jedne periode T_0 .
- Kolika je amplituda ulazne struje I_{INm} ?
- Odrediti maksimalnu učestanost rada invertora f_{0max} ako je vreme isključivanja tiristora $t_{off} = 10\mu s$.



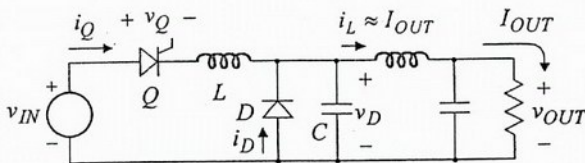
Slika 4.a



Slika 4.b

1. Na slici 1 je prikazan tiristorski rezonantni čoper u kome su L i C dodati da bi se obezbedila komutacija tiristora Q . Smatrati da su upotrebjene komponente idealnih karakteristika, da je struja potrošača I_{OUT} konstantna i da se tiristor Q uključuje u početnom trenutku posmatranja.

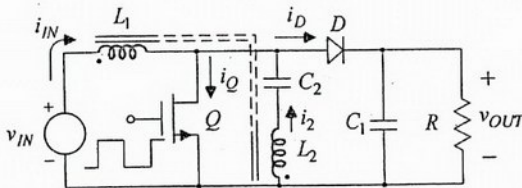
- Izračunati i nacrtati vremenske dijagrame napona i struja na prekidačima u toku jedne prekidačke periode T_S .
- Odrediti maksimalnu vrednost struje potrošača $I_{OUT\max}$ za koju čoper ispravno radi.
- Odrediti izraz za v_{OUT} u funkciji parametara kola.
- Predložiti šemu i objasniti način rada kola za regulaciju izlaznog napona.



Slika 1

2. Na slici 2 je prikazan Boost DC-DC konvertor. Prekidački elementi su idealnih karakteristika, $C_1 = C_2 \rightarrow \infty$, induktivnosti L_1 i L_2 su magnetno spregnute, međuinuktivnost L_M i koeficijent sprege k , su poznati, a konvertor radi sa konstantnom učestanošću prekidanja f_s .

- Ako se zna da konvertor radi u diskontinualnom režimu rada nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona na prekidačima u ustaljenom režimu rada u toku jedne periode.
- Odrediti vrednost koeficijenta sprege induktivnosti L_1 i L_2 , u funkciji parametara konvertora, pri kojoj je talasnost ulazne struje i_{IN} , Δi_{IN} , jednaka nuli.
- Pod uslovom iz tačke b) odrediti karakteristiku prenosa konvertora $M = \frac{v_{OUT}}{v_{IN}}$ u funkciji parametara konvertora.



Slika 2

1. U kolu sa slike 1 tiristori Q1 i Q2 se uključuju simetrično, tiristor Q1 za fazni ugao $\alpha = \omega_0 t_\alpha$ nakon ulaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona, a tiristor Q2 za isti fazni ugao nakon silaznog prolaska kroz nulu ulaznog napona. Ulazni napon je oblika $v_{IN}(t) = V_m \sin(\omega_0 t)$, a prenosni odnos transformatora je $n:1:1$.

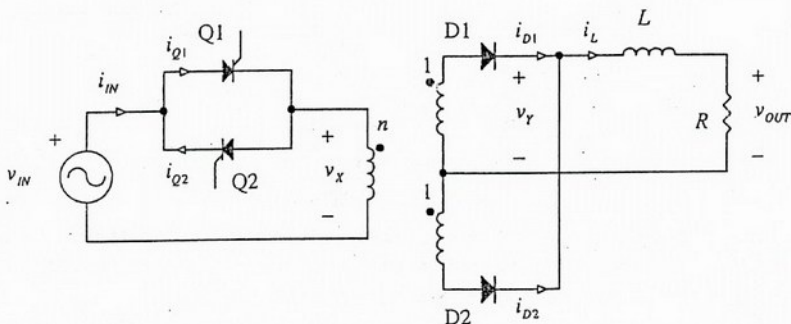
a) Smatrajući da je induktivnost L dovoljno velika da se njena struja može smatrati konstantnom, $i_L(t) = I$, nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 1 tokom jedne periode ulaznog napona i označiti karakteristične vrednosti.

b) Pod pretpostavkom kao pod a) odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlaznog napona od ugla α , $V_{OUT}(\alpha)$.

c) Ako je $\tau = \frac{L}{R} \gg \frac{1}{f_0}$, gde $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$, odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona tokom poluperiode ulaznog napona pri promeni ugla paljenja tiristora sa $\alpha = 0$ na $\alpha = 45^\circ$.

d) Za ulaznu struju odrediti $THD(\alpha = 0)$.

e) Odrediti $PF(\alpha = 90^\circ)$.



Slika 1

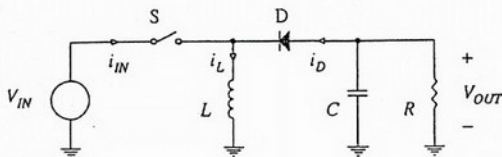
2. Na slici 2 je prikazan buck-boost konvertor kod koga je $D = 0.5$ (ne menja se), $L = 100 \mu\text{H}$, $V_{IN} = 100 \text{ V}$ ako se drugačije ne naglasi, dioda i prekidač su idealni, kondenzator je dovoljno velike kapacitivnosti da se talasnost njegovog napona može zanemariti, učestanost prekidanja je $f_s = 100 \text{ kHz}$, potrošač R je promenljiv.

a) Odrediti opseg izlaznog napona za koji konvertor radi u diskontinualnom režimu.

b) Odrediti opseg otpornosti potrošača za koji konvertor radi u diskontinualnom režimu.

c) Odrediti ulaznu snagu.

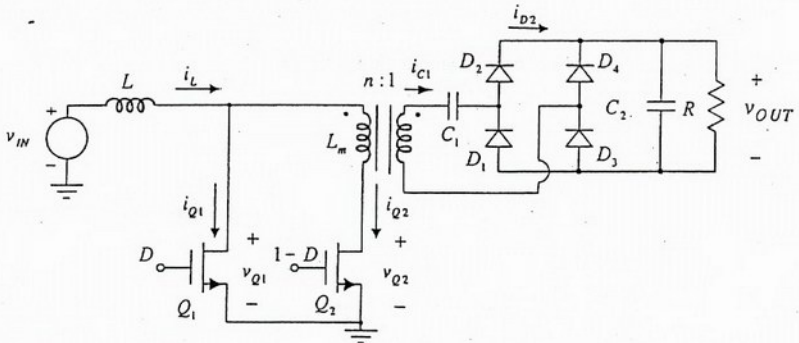
d) Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača u diskontinualnom režimu.



Slika 2

3. U kolu sa slike 3 DC-DC konvertor radi u kontinualnom režimu rada, svi prekidači su idealni, transformator je savršen, prekidački tranzistori se pobuđuju komplementarnim signalima, a poznato je: $V_{IN} = 50V$, $V_{OUT} = 50V$, $f_s = 40kHz$, $D = 0,7$, $R = 10\Omega$ i $L = L_m = 650\mu H$.

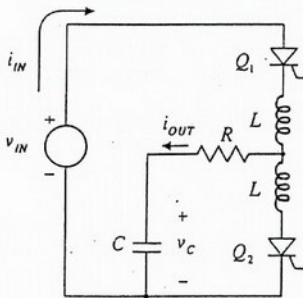
- Smatrajući da je talasnost napona na kondenzatorima C_1 i C_2 zanemarljiva odrediti izraz za $M = v_{OUT} / v_{IN}$ u stacionarnom stanju.
- Pod uslovom iz tačke a) odrediti i nacrtati dijagrame obeleženih napona i struja u toku jedne periode prekidanja.
- Odrediti efektivne vrednosti struja i inverzne napone prekidačkih tranzistora.
- Odrediti minimalnu vrednost kapacitivnosti kondenzatora, C_{2min} , tako da talasnost izlaznog napona ne bude veća od $\Delta v_{OUTp-p} = 250mV$.



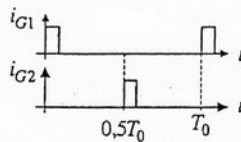
Slika 3

4. Pobudne struje za tiristore u serijskom rezonantnom invertoru sa slike 4.a. prikazane su na slici 4.b. U početnom trenutku posmatranja je $v_c(0) = -V_c$, $V_c > 0$ i $i_{OUT}(0) = 0$, a poznato je: $v_{IN} = 220V$, $C = 6\mu F$, $L = 50\mu H$, $R = 2\Omega$ i $f_0 = 1/T_0 = 7kHz$.

- Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih napona i struja u toku jedne periode T_0 .
- Odrediti raspoloživo vreme za komutaciju tiristora t_q .
- Odrediti maksimalnu učestanost rada invertora, f_{0max} , ako je vreme isključivanja tiristora $t_{off} = 10\mu s$.



Slika 4.a



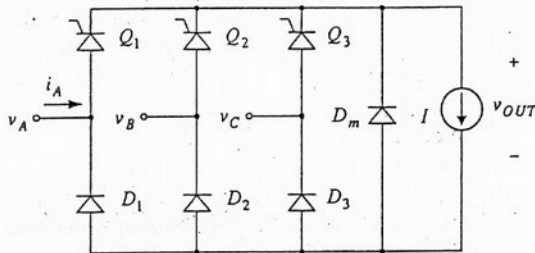
Slika 4.b

1. Na slici 1 prikazan je polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se sve upotrebene komponente mogu smatрати 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 $\theta_3 = \frac{3\pi}{2} + \alpha$, $\theta = \omega t$, $\alpha \geq 0$, respektivno.

Za slučaj kada je $\alpha = \frac{\pi}{2}$:

- 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, \bar{v}_{OUT} , i efektivnu, V_{OUT} , vrednost napona na potrošaču;
- odrediti faktor snage ispravljača.



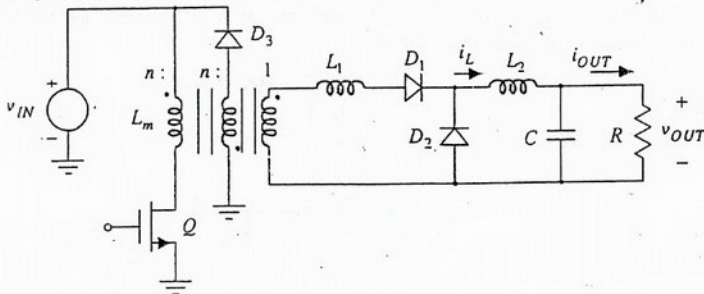
Slika 1

2. U Forward konvertoru sa slike 2, koji radi sa konstantnom učestanošću prekidanja, $f_S = 50\text{kHz}$, upotrebene su komponente idealizovanih karakteristika, a poznato je: $v_{IN} = 48\text{V}$, $n = 4$, $L_2 = 100\mu\text{H}$, $R = 0,12\Omega$, $C \rightarrow \infty$.

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

Sa $D = D_{\max}$ 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:

- odrediti maksimalnu vrednost napona na izlazu $v_{OUT\max}$ i
- nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode prekidanja, napona i struja svih prekidača i induktivnosti.



Slika 2

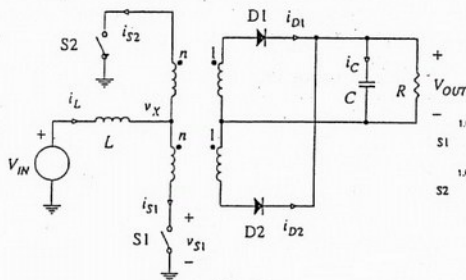
3. U konvertoru sa slike 3.a prekidači su kontrolisani signalima prikazanim na slici 3.b, a poznato je $n=4$, $V_{IN}=100\text{ V}$, $L=500\mu\text{H}$, $C=1000\mu\text{F}$, $R=8.333\Omega$, $L_m=20\text{ mH}$ mereno sa primarne strane, učestanost prekidanja je $f_s=25\text{ kHz}$.

a) Smatrajući magnetizacionu induktivnost transformatora beskonačno velikom nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona tokom jedne periode prekidanja i označiti karakteristične vrednosti.

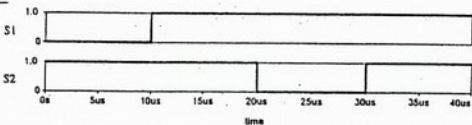
b) Odrediti izlazni napon.

c) Odrediti vremenski dijagram struje magnetizacione induktivnosti.

d) Nacrtati vremenske dijagrame struja dioda ne zanemarujući struju magnetizacione induktivnosti i označiti karakteristične vrednosti.



Slika 3.a



Slika 3.b

4) Na slici 4 je prikazan push-pull inverter koji obezbeđuje pomoćno napajanje potrošača male snage za vreme nestanka struje. Inverter se napaja iz akumulatora napona $V_{IN}=12\text{ V}$. Smatra se da je mrežni napon $v=220\sqrt{2}\text{ Vsin}(2\pi 50\text{ Hz}t)$. Magnetizaciona induktivnost transformatora merena sa sekundarne strane iznosi $L_m=40\text{ H}$. Učestanost prekidanja u inverteru je $f_s=50\text{ Hz}$.

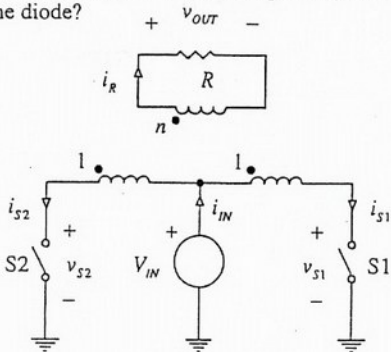
a) Odrediti prenosni odnos transformatora n i vremenske dijagrame stanja prekidača tako da amplituda i efektivna vrednost izlaznog napona budu jednaki amplitudi i efektivnoj vrednosti mrežnog napona.

b) Za slučaj a) nacrtati vremenske dijagrame struja i napona označenih na slici 4, ako je $R=100\Omega$.

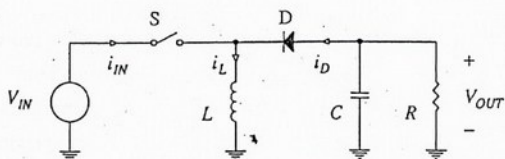
c) Nacrtati vremenski dijagram struje magnetizacione induktivnosti za slučaj b). Koristiti razumne aproksimacije.

d) Ako je u inverteru korišćen mrežni transformator tako što je primar mrežnog transformatora upotrebljen kao sekundar transformatora u inverteru, hoće li jezgro transformatora ući u zasićenje za pobudu tranzistora određenu pod a)? Obrazložiti odgovor.

e) Za $R \rightarrow \infty$ nacrtati vremenske dijagrame struja i napona prekidača i označiti karakteristične tačke. Prekidače smatrati idealnim i neuništivim. Da li je potrebno da MOSFET-ovi kojima se realizuju prekidači imaju zamajne diode?



Slika 4



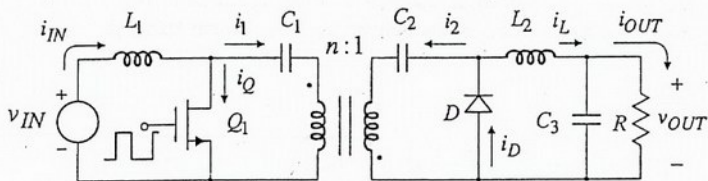
Slika 3

konvertor radi u diskontinualnom režimu.

- Odrediti opseg otpornosti potrošača za koji konvertor radi u diskontinualnom režimu.
- Odrediti ulaznu snagu.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od ulaznog napona i otpornosti potrošača u diskontinualnom režimu.

4. Na slici 4 je prikazan Čuk konvertor sa galvanском izolacijom ulaza i izlaza. Poznato je: $v_{IN} = 270V$, $L_1 = 1mH$, $L_2 = 10\mu H$, $C_3 \rightarrow \infty$, transformator je savršen, a njegova magnetizaciona induktivnost merena sa primarne strane je $L_m = 2mH$, prekidačka učestanost $f_s = 100kHz$, $v_{OUT} = 5V$, $i_{OUT} = 50A$, a upotrebljeni prekidači su idealni.

- Ako se zna da konvertor radi u kontinualnom režimu rada odrediti izraz za odnos v_{OUT}/v_{IN} u stacionarnom stanju. Smatrati da se talasnost napona na kondenzatorima C_1 i C_2 može zanemariti.
- Ako se pomoću kola kontrolne elektronike u ustaljenom stanju učini da je odnos impuls-perioda pobudnih impulsa na gejtju prekidača Q_1 $D=0,45$, pod uslovima iz tačke a), izračunati i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja u toku jedne periode prekidačke učestanosti.
- Kako treba modifikovati kolo sa slike tako da se postigne da je talasnost i ulazne i izlazne struje jednaka nuli.

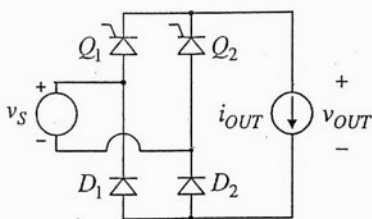


Slika 4

Ispit traje četiri sata.

3. Na slici 3 je prikazan buck-boost konvertor, kod koga je $D=0.5$ (ne menja se), $L=100\mu H$, $V_{IN}=100V$ ako se drugačije ne naglasi, dioda i prekidač su idealni, kondenzator je dovoljno velike kapacitivnosti da se talasnost njegovog napona može zanemariti, učestanost prekidanja je $f_s = 100kHz$, potrošač R je promenljiv.

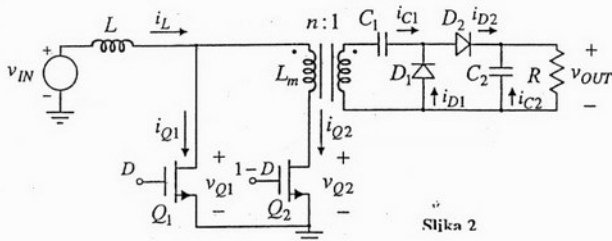
- Odrediti opseg izlaznog napona za koji



Slika 1

1. Na slici 1 je prikazan monofazni tiristorski ispravljač sa polukontrolisanim tiristorskim mostom. Tiristori Q_1 i Q_2 se uključuju sa međusobnim faznim pomerajem od 180° , pri čemu se ugao uključjenja α meri od uzlaznog prolaska kroz nulu faznog napona do uključjenja tiristora Q_1 . Odrediti:

- opseg u kome se može nalaziti ugao α ,
 - zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona od ugla α ,
 - zavisnost faktora snage od ugla α
- d) zavisnost ukupnog harmonijskog izobličenja od ugla α .

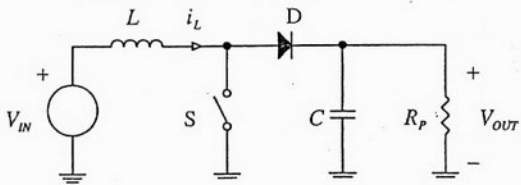


Slika 2

2. U kolu sa slike 2 DC-DC konvertor radi u kontinualnom režimu rada, svi prekidači su idealni, transformator je savršen, prekidački tranzistori se pobuđuju komplementarnim signalima, a poznato je: $V_{IN} = 48V$, $V_{OUT} = 48V$, $f_S = 50kHz$, $D = 0,7$,

$P_{OUT} \in [150W, 300W]$, $L = L_m = 700\mu H$, $C_1 = 470\mu F$.

- Smatrajući da je talasnost napona na kondenzatorima C_1 i C_2 zanemarljiva odrediti izraz za v_{OUT} / v_{IN} u stacionarnom stanju.
- Pod uslovom iz tačke a) odrediti (u opštim brojevima) i nacrtati dijagrame obeleženih napona i struja u toku jedne periode prekidanja.
- Odrediti maksimalne efektivne vrednosti struja prekidačkih tranzistora.
- Odrediti kapacitivnost kondenzatora C_{2min} tako da talasnost izlaznog napona ne bude veća od 1% njegove srednje vrednosti.



Slika 3

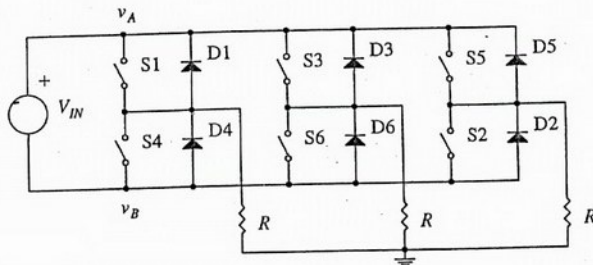
3. Na slici 3 je prikazan boost konvertor male snage koji radi u diskontinualnom režimu. Ulazni napon je $V_{IN} = 24V$, a izlazni napon se održava konstantnim na $V_{OUT} = 48V$ promenom učestanosti prekidanja f_S . Konvertorom se upravlja tako što je prekidač uključen sve dok struja kabela $L = 240\mu H$ ne dostigne

$i_{Lmax} = 1A$, nakon čega se prekidač isključuje sve do narednog uključjenja. Kapacitivnost izlaznog kondenzatora se može smatrati dovoljno velikom da se talasnost izlaznog napona može zanemariti.

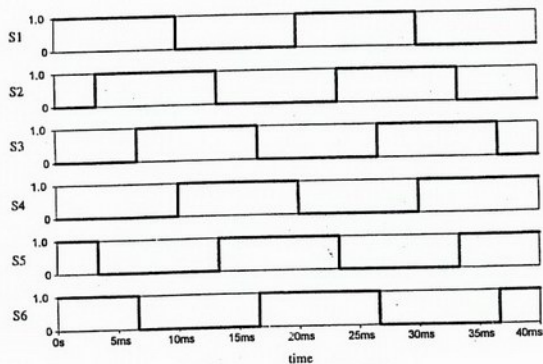
- Odrediti opseg snage potrošača u kome će konvertor raditi u diskontinualnom režimu.
- Odrediti opseg otpornosti potrošača u kome će konvertor raditi u diskontinualnom režimu.
- Odrediti zavisnost snage potrošača od učestanosti prekidanja.
- Odrediti učestanost prekidanja i vremenski dijagram struje kabela za $R_p = 192\Omega$.
- Odrediti prenosne funkcije $F(s) = \hat{i}_L(s) / \hat{f}_S(s)$ i $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s) / \hat{f}_S(s)$.

4. Na slici 4.a je prikazan six-step inverter. Dijagram stanja prekidača u inverteru je prikazan na slici 4.b. Poznato je $V_{IN} = 300\text{ V}$, $R = 10\ \Omega$.

- Odrediti vremenske dijagrame napona v_A i v_B na vremenskom intervalu $0 < t < 40\text{ ms}$.
- Odrediti vremenske dijagrame napona na otpornicima na vremenskom intervalu $0 < t < 40\text{ ms}$.
- Odrediti vremenske dijagrame struja prekidača na vremenskom intervalu $0 < t < 40\text{ ms}$.
- Odrediti snagu koju inverter predaje otpornicima.



Slika 4.a



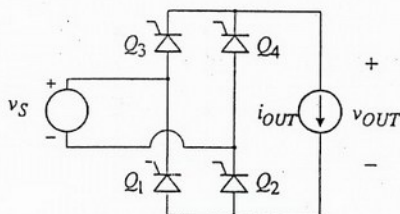
Slika 4.b



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 uključjenja α meri od uzlaznog prolaska kroz nulu faznog napona do uključjenja tiristora Q_2 . Poznato je: $v_S = 220\sqrt{2}\text{Vs}\sin(2\pi ft)$,

$f = 50\text{Hz}$, $i_{OUT} = 10\text{A}$ i $\alpha = \frac{\pi}{3}$. Odrediti:

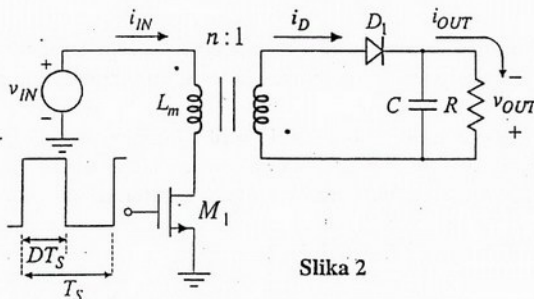
- srednju vrednost izlaznog napona, \bar{v}_{OUT} ,
- ukupna harmonijska izobličenja i
- faktor snage.



Slika 1

2. Na slici 2 je prikazan flyback konvertor kod koga je transformator savršen. Ulazni napon se menja u opsegu $v_{IN} \in [250\text{V}, 350\text{V}]$, izlazni napon se održava konstantnim pomoću kola povratne sprege (nije prikazano na slici), $v_{OUT} = 5\text{V}$; koje istovremeno obezbeđuje da odnos impuls-perioda, D , ne pređe $D_{\max} = 0,5$, dok se potrošnja menja u opsegu $i_{OUT} \in [0,1\text{A}, 1\text{A}]$, a prekidačka učestanost je $f_S = 50\text{kHz}$.

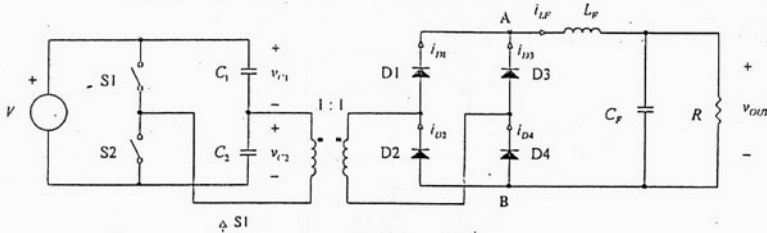
- Odrediti vrednost magnetizacione induktivnosti L_m i prenosni odnos transformatora n , tako da konvertor uvek radi u diskontinualnom režimu.
- Sa vrednostima za L_m i n odrediti i nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i napona na prekidačima za slučaj $v_{IN} = 250\text{V}$ i $i_{OUT} = 1\text{A}$.
- Pod uslovom iz tačke a) odrediti minimalnu vrednost kapacitivnosti C_{\min} , tako da talasnost izlaznog napona ne predje $\Delta v_{OUT} = 50\text{mV}$.



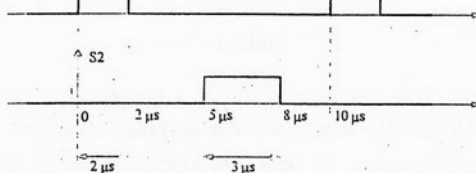
Slika 2

3. Na slici 3.a je prikazan half-bridge konvertor kod koga su prekidači kontrolisani asimetričnim signalima učestanosti $f_N = 100\text{ kHz}$ prikazanim na slici 3.b. Prenosni odnos transformatora je 1:1, a magnetizaciona induktivnost je jako velika, ali konačna. Smatratu da svi kondenzatori u kolu imaju dovoljno velike kapacitivnosti da se talasnost njihovog napona može zanemariti. Poznato je $V = 100\text{ V}$, $L_F = 24\text{ }\mu\text{H}$, $R = 4.8\text{ }\Omega$, diode su identičnih karakteristika.

- Odrediti jednosmernu komponentu napona za svaki od kondenzatora i jednosmernu komponentu struje kabela L_F .
- Nacrtati vremenske dijagrame (obavezno izračunati i označiti karakteristične tačke) napona između tačaka A i B (v_{AB}), struje i_{L_F} i struja dioda i_{D1} , i_{D2} , i_{D3} i i_{D4} .



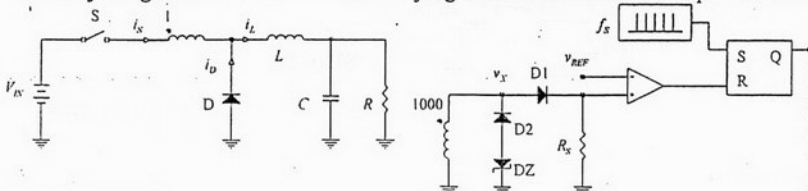
slika 3.a



slika 3.b

4. Na slici 4 je prikazan buck konvertor kojim se potrošaču $R = 2\text{ }\Omega$ programira struja $i(R) = 10\text{ A}$. Prekidač i dioda u energetskom delu kola se mogu smatrati idealnim, induktivnost kabela je $L = 300\text{ }\mu\text{H}$, ulazni napon je $V_{IN} = 50\text{ V}$, kapacitivnost kondenzatora je dovoljno velika da se talasnost izlaznog napona može zanemariti, a može se zanemariti i napon na primaru strujnog transformatora. Konvertor je kontrolisan primenom tehnike ograničavanja vršne vrednosti struje prekidača. Prekidač se uključuje sa učestanošću od $f_N = 20\text{ kHz}$. Kolo za merenje struje se sastoji iz strujnog transformatora prenosnog odnosa 1000:1, dioda sa naponom direktne polarizacije $V_D = 0.7\text{ V}$, otpornika $R_S = 2.5\text{ k}\Omega$ i zener diode sa probojnim naponom V_Z .

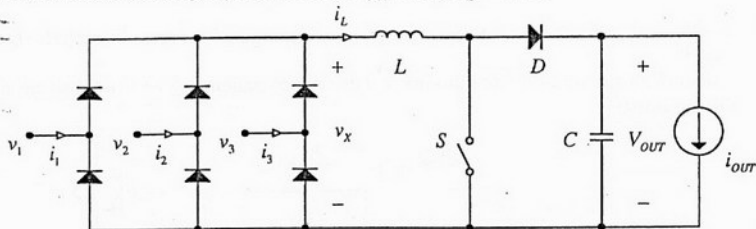
- Odrediti vrednost referentnog napona v_{REF} tako da srednja vrednost struje potrošača bude $i(R) = 10\text{ A}$.
- Za slučaj a) nacrtati vremenske dijagrame struja i_S , i_D i i_L i označiti karakteristične tačke.
- Odrediti minimalnu vrednost probojnog napona zener diode V_{Zmin} za koju kolo za merenje struje ispravno radi.
- Za probojni napon zener diode od $V_Z = 10\text{ V}$ nacrtati vremenski dijagram napona v_X ako je magnetizaciona induktivnost strujnog transformatora merena sa sekundarne strane $L_m = 50\text{ mH}$.
- Kolika je magnetizaciona induktivnost strujnog transformatora merena sa primarne strane?



Slika 4.

1. Na slici 1 je prikazan trofazni ispravljač kod koga je oblikovanje ulazne struje i regulisanje izlaznog napona obezbeđeno primenom boost konvertora. Ulazni naponi su $v_1 = 220\sqrt{2}V\cos(\omega t)$, $v_2 = 220\sqrt{2}V\cos(\omega t - 120^\circ)$, $v_3 = 220\sqrt{2}V\cos(\omega t - 240^\circ)$, a srednja vrednost struje kalema se programira na $\bar{i}_L = 10A$. Talasnost struje kalema se može zanemariti. Smatrati da je učestanost prekidanja mnogo veća od mrežne učestanosti koja iznosi 50 Hz. Talasnost izlaznog napona se može zanemariti.

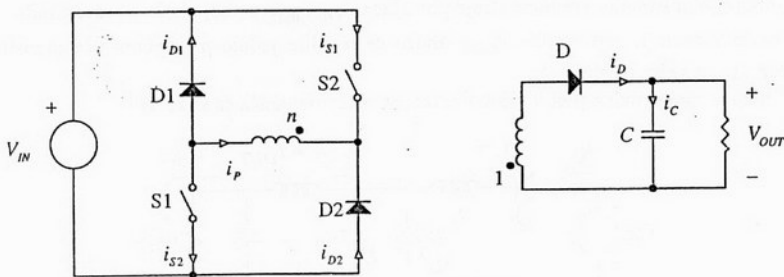
- Odrediti vremenske dijagrame ulaznih struja i_1 , i_2 i i_3 i njihova ukupna harmonijska izobličenja.
- Odrediti aktivnu i prividnu snagu na ulazu ispravljača. Odrediti faktor snage.
- Odrediti vremenski dijagram napona v_x .
- Odrediti minimalnu vrednost izlaznog napona tako da konvertor ispravno radi.
- Za $V_{OUT} = 650V$ odrediti zavisnost faktora ispunjenosti $d(t)$ kontrolnog signala prekidača tokom jedne periode mrežnog napona.
- Odrediti zavisnost izlaznog napona od struje i_{OUT} ako je $\bar{i}_L = 10A$.



Slika 1

2. Na slici 2 je prikazan flyback konvertor sa dva prekidača. Konvertor je predviđen da radi sa ulaznim naponom $V_{IN} = 24V$ i da obezbedi izlazni napon $V_{OUT} = 5V$ za potrošače čija je otpornost veća od 5Ω . Konvertor radi u diskontinualnom režimu tako što su prekidači uključeni dok struja primara transformatora ne dostigne 1 A, nakon čega se isključuju, a regulacija izlaznog napona se vrši promenom učestanosti uključivanja prekidača. Magnetizaciona induktivnost merena sa primarne strane transformatora iznosi $L_m = 120\mu H$, a prenosni odnos transformatora je $n = 4.8$. Kapacitivnost kondenzatora je $C = 1000\mu F$. Diode i prekidači se mogu smatrati idealnim.

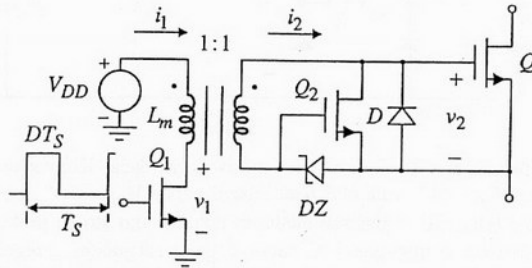
- Za $R = 5\Omega$ odrediti učestanost prekidanja i nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona. Na vremenskim dijagramima OZNAČITI karakteristične tačke u jedinicama mere V, A i μs . Neoznačeni dijagrami neće biti bodovani.
- Odrediti zavisnost učestanosti prekidanja od otpornosti potrošača R .
- Odrediti zavisnost amplitude talasnosti izlaznog napona od otpornosti potrošača R .



Slika 2

3. Na slici 3 je prikazano kolo za pobudu prekidačkog MOSFET-a Q . Transformator je savršen, dok su MOSFET-ovi Q_1 i Q_2 vrlo brzi tranzistori male snage.

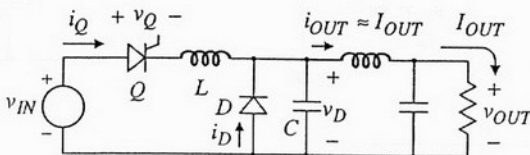
- Objasniti način rada kola za pobudu i skicirati vremenske dijagrame obeleženih napona i struja.
- Ako je $V_{DD} = 12V$, a $V_Z = 15V$, odrediti maksimalni odnos impuls-perioda, D_{max} , za koji kolo ispravno radi?
- Koristeći dato kolo za pobudu i impulsno širinski modulator sa $f_s = 50kHz$, nacrtati šemu galvanski neizolovanog prekidačkog regulatora napona $v_{OUT} = 5V$ i $i_{OUT} = 10A$, ako je na ulazu nestabilisani jednosmerni napon, $15V \leq v_{IN} \leq 20V$. Za prekidače koristiti MOSFET-ove i diode, a sklopove čija se realizacija ne zahteva eksplicitno crtati kao blokove.
- Ako su otpornosti MOSFET prekidača, kada provodi, $R_{ON} = 50m\Omega$ i kalema $R_L = 10m\Omega$, a pad napona na direktno polarisanoj diodi $V_D = 0,5V$, za konvertor iz tačke c), izvesti izraz za funkciju prenosa konvertora u kontinualnom režimu rada, $v_{OUT} = v_{OUT}(v_{IN}, D, R_{ON}, R_L, R)$, $R = \frac{v_{OUT}}{i_{OUT}}$, a zatim odrediti u kojim granicama se menja odnos impuls-perioda D . Smatrati da su talasnosti struje kalema i napona na kondenzatoru zanemarljive u odnosu na odgovarajuće srednje vrednosti.



Slika 3

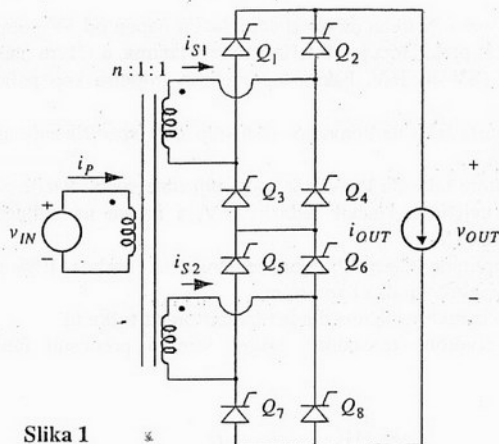
4. Na slici 4 je prikazan jedan DC-DC pretvarač u kome su L i C dodati da bi se obezbedila komutacija tiristora Q . Smatrati da su upotrebene komponente idealnih karakteristika, da je struja potrošača I_{OUT} konstantna i da se tiristor Q uključuje u početnom trenutku posmatranja.

- Izračunati i nacrtati vremenske dijagrame napona i struja na prekidačima u toku jedne prekidačke periode T_s .
- Odrediti maksimalnu vrednost struje potrošača I_{OUTmax} za koju kolo ispravno radi.
- Pokazati da se izlazni napon v_{OUT} može da reguliše jedino promenom učestanosti pobudnih impulsa na gejtu tiristora Q .
- Kolika je maksimalna prekidačka učestanost rada pretvarača sa slike 4?



Slika 4

Ispit traje četiri sata.



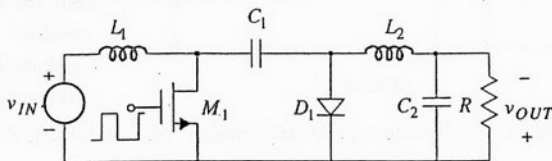
Slika 1

smatrati savršenim.

- Određiti i nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i napona.
- Određiti srednju vrednost izlaznog napona, \bar{v}_{OUT} .
- Određiti ukupna harmonijska izobličenja i faktor snage.
- Za koliko će se promeniti \bar{v}_{OUT} , ako je rasipna induktivnost merena sa sekundarne strane transformatora $L_{\sigma} = 1.4 \text{ mH}$. Smatrati da je ulazna struja približno trapezoidnog oblika.

2. Na slici 2. prikazan je Čuk konvertor. Smatrati da su upotrebljeni prekidači (diode i MOSFET) idealni, a prekidačka učestanost pobudnih impulsa konstantna, $f_S = 1/T_S = \text{const}$.

- Ako se zna da konvertor radi sa diskontinualnom strujom induktivnosti, DICM (Discontinuous-Inductor-Current Mode), odrediti i nacrtati vremenske dijagrame struje i napona, u ustaljenom stanju, prekidačkog tranzistora, diode, kalemova i kondenzatora. Smatrati da je $C_1 = C_2 \rightarrow \infty$.
- Pod uslovom iz tačke a) odrediti karakteristiku prenosa konvertora $M = v_{OUT} / v_{IN}$ u funkciji parametara kola. Pod kojim uslovima konvertor radi u kontinualnom režimu rada? Ako je $v_{IN} = 10 \text{ V}$, $v_{OUT} = 5 \text{ V}$, $D_{\max} = 0.5$, $f_S = 50 \text{ kHz}$, $L_1 = L_2 = 100 \mu\text{H}$ i $C_1 = C_2 \rightarrow \infty$ odrediti:
- maksimalnu struju potrošača, pri kojoj konvertor još uvek radi u diskontinualnom režimu rada i
- koeffcijent korisnog dejstva konvertora pri struji iz tačke c), ako je $R_{ON} = 10 \text{ m}\Omega$ i $V_D = 0.5 \text{ V}$, dok su ostale komponente idealnih karakteristika.

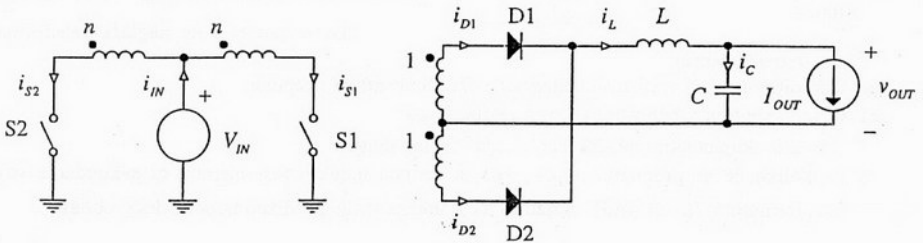


Slika 2

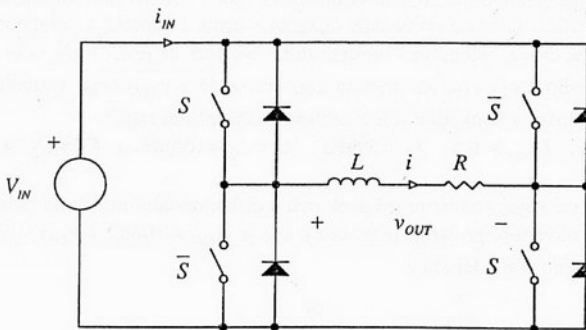
1. Na slici 1 je prikazan monofazni tiristorski ispravljač. Tiristori Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 nezavisno se upravljaju od tiristora Q_5, Q_6, Q_7, Q_8 . Tiristori Q_1, Q_4 , odnosno Q_5, Q_8 i Q_2, Q_3 , odnosno Q_6, Q_7 , se uključuju sa međusobnim faznim pomerajem od 180° , pri čemu se ugao uključjenja α_1 , odnosno α_2 , meri od uzlaznog prolaska kroz nulu faznog napona do uključjenja tiristora Q_2, Q_3 , odnosno Q_6, Q_7 . Poznato je: $v_{IN} = 220\sqrt{2}V\sin(2\pi ft)$, $f = 50 \text{ Hz}$, $n = 2$, $i_{OUT} = 10 \text{ A}$, $\alpha_1 = 0$ i $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$, a ako se posebno ne naglasi transformator

3. Na slici 3 je prikazan push-pull konvertor koji treba da obezbedi izlazni napon od 5V potrošača čija struja se kreće od 0 do 5A. Učestanost prekidanja je 100kHz na prekidačima, a ulazni napon je nominalne vrednosti 24V, ali varira od 18V do 36V. Faktor ispunjenosti impulsa koji pobuđuju tranzistore je ograničen na $D < 0.45$.

- Odrediti prenosni odnos n transformatora tako da konvertor zadovolji date specifikacije ako se diode i tranzistori mogu smatrati idealnim.
- Odrediti prenosni odnos n transformatora tako da konvertor zadovolji date specifikacije ako je napon na direktno polarisanoj diodi u najgorem slučaju jednak 0.6V, a napon na uključenom prekidaču u najgorem slučaju jednak 1V.
- Odrediti induktivnost L tako da amplituda talasnosti njegove struje ne prelazi 10% njene maksimalne srednje vrednosti u slučaju idealnih dioda i tranzistora.
- Ponoviti tačku c) pod pretpostavkom o karakteristikama dioda i tranzistora iz tačke b).
- Ako se potrošač može predstaviti izvorom konstantne struje, odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s) / \hat{i}_L(s)$.



Slika 3



Slika 4

4. Na slici 4 je prikazan invertor opterećen rednom vezom kalama induktivnosti $L = 500 \text{ mH}$ i otpornika otpornosti $R = 100 \Omega$. Ulazni napon je $V_{IN} = 600 \text{ V}$, a prekidači su kontrolisani signalom v_s sa faktorom ispunjenosti impulsa $d(t) = 0.5 + 0.25 \sin(2\pi 50 \text{ Hz } t)$, tako što su za $v_s = 1$ prekidači označeni sa S uključeni a prekidači označeni sa \bar{S} isključeni, dok su za $v_s = 0$

prekidači označeni sa S isključeni, a prekidači označeni sa \bar{S} uključeni. Prekidačka učestanost je $f_s = 50 \text{ kHz}$.

- Odrediti zavisnost srednje vrednosti izlaznog napona tokom periode prekidanja od d , $\overline{v_{OUT}}(d)$.
- Odrediti talasni oblik izlaznog napona $\overline{v_{OUT}}(t)$ za gore specificirano $d(t)$.
- Odrediti talasni oblik struje potrošača $i(t)$.
- Odrediti talasni oblik srednje vrednosti ulazne struje tokom periode prekidanja, $\overline{i_{IN}}$, tokom jedne periode kontrolnog signala $d(t)$ (20 ms).