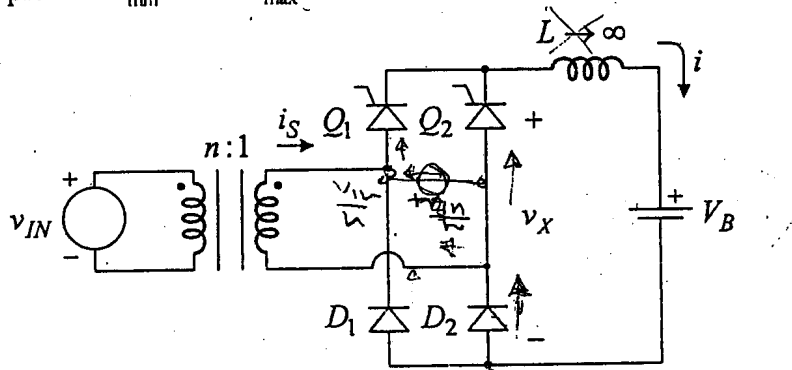


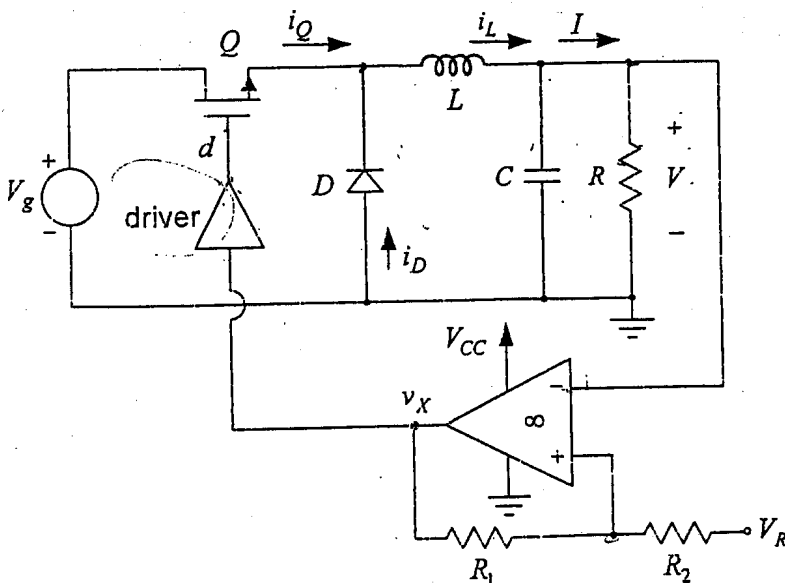
1. Na slici 1 je prikazan poluupravljivi tiristorski ispravljač koji služi za punjenje olovne akumulatorske baterije. Ispravljač se preko transformatora napaja iz mreže $v_{IN} = V_m \sin(2\pi ft)$, $V_m = 220\sqrt{2}$, $f = 50\text{Hz}$, a struja punjenja akumulatora je $i = 10\text{A}$.

- a) [5] U opštem slučaju nacrtati vremenske dijagrame struja svih prekidača, struje i_S i napona v_X u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona. Ako je varijacija mrežnog napona u granicama $+10\%$ do -15% od nominalne vrednosti, odrediti:
- b) [2] prenosni odnos transformatora i opseg promene ugla paljenja tiristora $\alpha_{\min} = 0 \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$, ako se napon baterije u toku punjenja menja od 42V do 56V i
- c) [3] faktor snage pri $\alpha = \alpha_{\min}$ i $\alpha = \alpha_{\max}$.



Slika 1

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



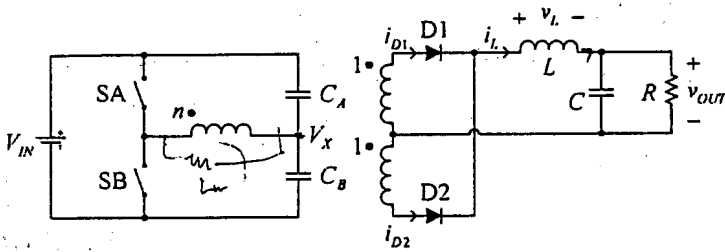
Slika 2

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

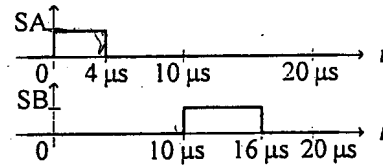
proveriti rezultate

Na slici 3.a je prikazan half-bridge konvertor kod koga je $V_{IN} = 24 \text{ V}$; $C_A \rightarrow \infty$, $C_B \rightarrow \infty$, $C \rightarrow \infty$, $L = 12 \mu\text{H}$, $R = 3 \Omega$, pobudni signali za prekidače SA i SB su prikazani na slici 3.b, prekidači i diode se mogu smatrati idealnim. Struja magnetizacione induktivnosti transformatora je dovoljno mala da se u analizi može zanemariti.

- [2] Odrediti jednosmernu komponentu napona V_X u kontinualnom režimu rada konvertora.
- [2] Odrediti prenosni odnos n transformatora tako da izlazni napon konvertora u kontinualnom režimu bude $V_{OUT} = 6 \text{ V}$.
- [2] Odrediti vremenski dijagram napona v_L na kalem.
- [2] Odrediti vremenski dijagram struje kalem i_L .
- [2] Odrediti opseg otpornosti potrošača R u kome konvertor radi u kontinualnom režimu.



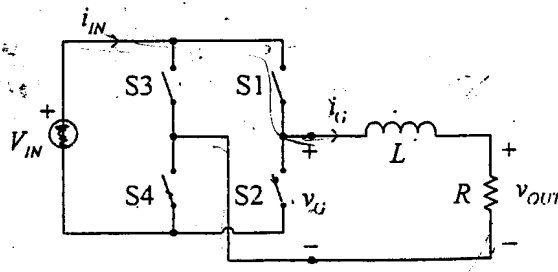
Slika 3.a



Slika 3.b

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

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

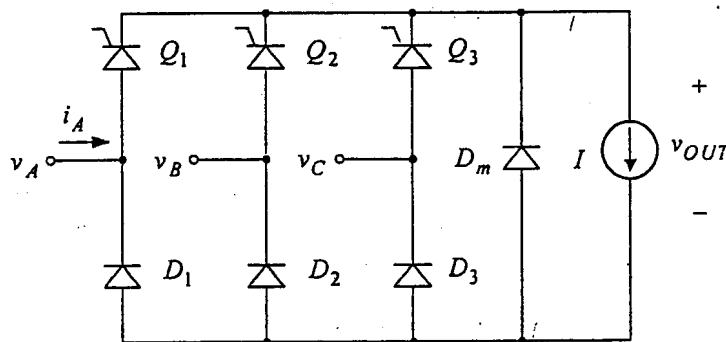


Slika 4.

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

Za slučaj kada je $\alpha = \pi/3$:

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

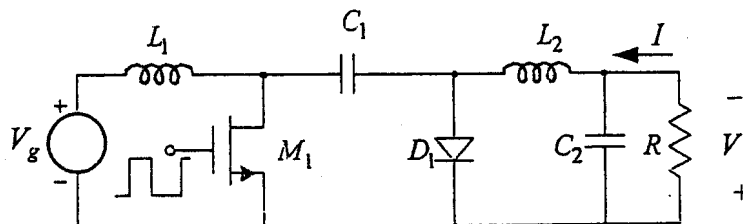


Slika 1

↓ DICM kod čuha određeni je problem struje diode na \emptyset

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

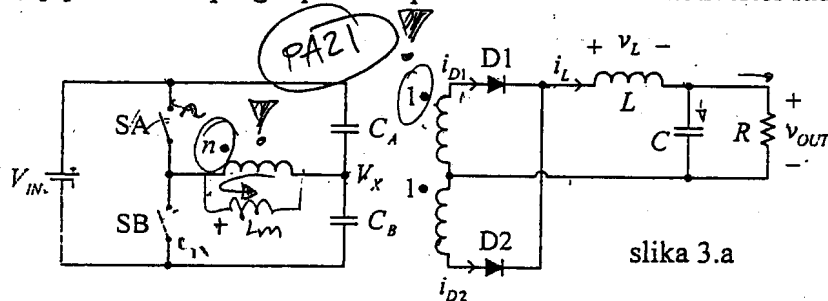
- [2] Odrediti maksimalnu vrednost induktivnosti $L = L_1 = L_2$ za koju konvertor još uvek radi u diskontinualnom režimu rada.
- [3] Odrediti prenosnu karakteristiku konvertora $M = V/V_g$ u funkciji parametara kola.
- [3] Ako je $I = 0,5 \text{ A}$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame struje i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



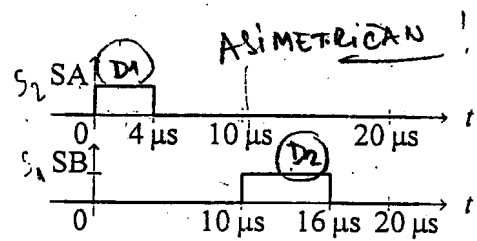
Slika 2

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

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



slika 3.a

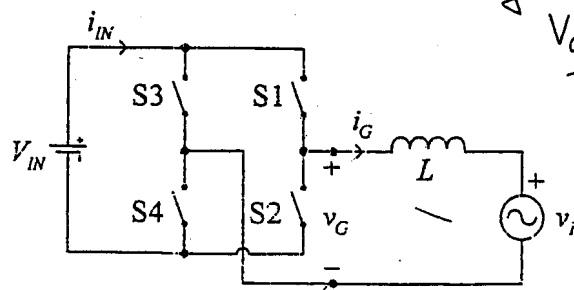


slika 3.b

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

Koristeći usrednjavanje tokom periode prekidanja, odrediti:

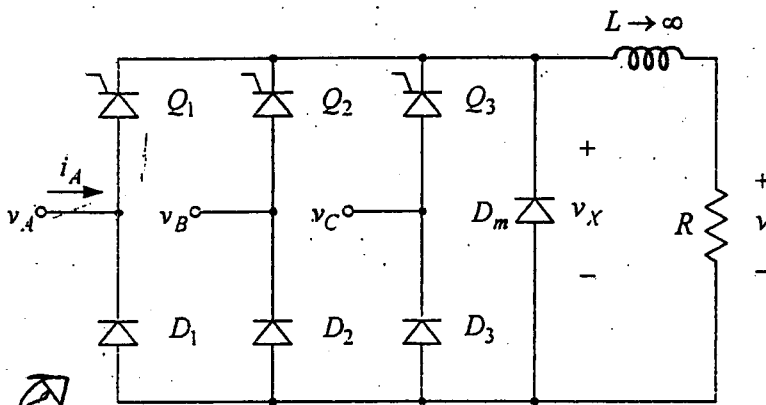
- [2] zavisnost $\overline{v_G}$ od V_{IN} i d ; *jer nula beze nullo je $\overline{v_G}$, a ne i_G (kao i_{out})*
 - [2] zavisnost $\overline{i_{IN}}$ od $\overline{i_G}$ i d .
- Koristeći rezultate dobijene pod a) i b), odrediti:
- [2] napon $\overline{v_G}(\omega_0 t)$ pri kome inverter u mrežu predaje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



slika 4



1. Na slici 1 je prikazan polukontrolisani trofazni ispravljač u kome se svi prekidači mogu smatrati idealnim, dok je: $v_A = V_m \sin(\omega t)$, $v_B = V_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$, $v_C = V_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$. 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. Poznato je: $V_m = 220\sqrt{2} V$, $\omega = 100\pi \text{ rad/s}$ i $R = 10 \Omega$.

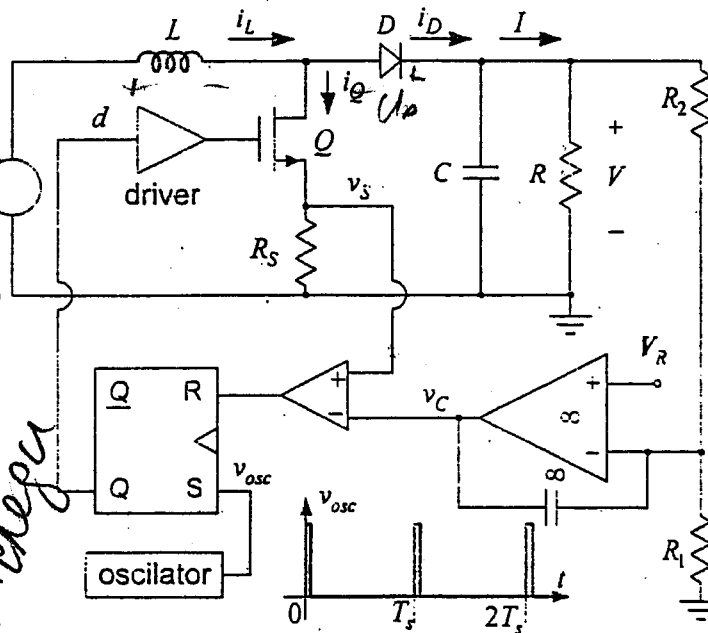


Slika 1

*14.04. 2007
A = 3'ag*

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

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



Slika 2

*Prelepu dc
odgovaraju ce
frekv*

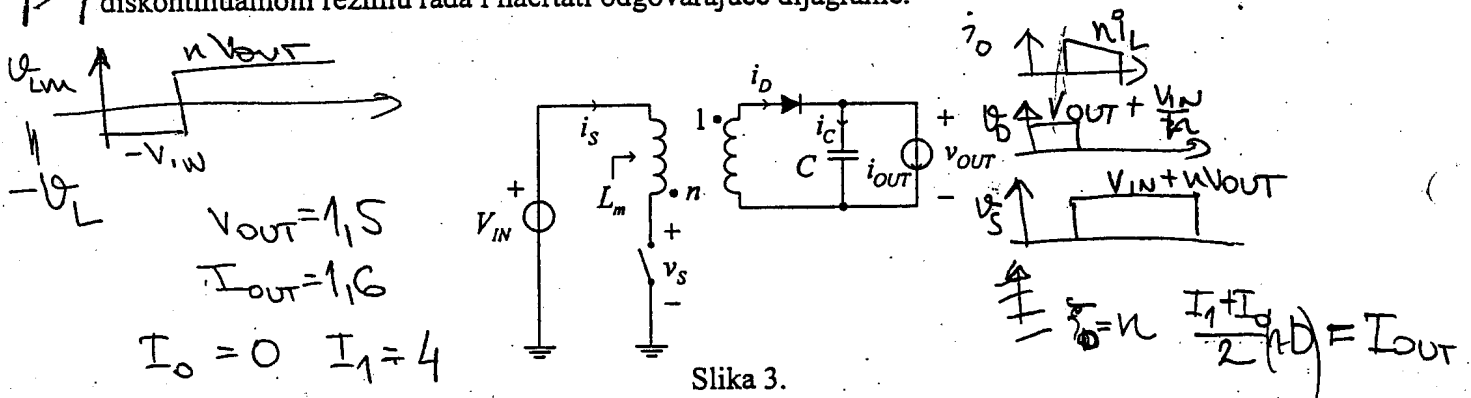
prekidački tranzistor idealnih karakteristika. Poznato je: $V_D = 0,5V$, $R_S = 33m\Omega$, $L = 50\mu H$, $C \rightarrow \infty$, $V_R = 5V$, $R_2 = 46k\Omega$, $R_2 \gg R$ i $R_1 = 10k\Omega$.

- a) [5] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u toku jedne periode T_s , u ustaljenom stanju. obeleženih napona i struja i upravjačke promenljive d kada je $V_g = 15V$ i $I = 5A$. Pri proračunu struja induktivnosti, prekidača i diode zanemariti pad napona na otpornosti R_S .
- b) [5] Ponoviti prethodnu tačku kada je $V_g = 18V$ i $I = 0.5A$.

*(kao 7 am p
Loviata II)*

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

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

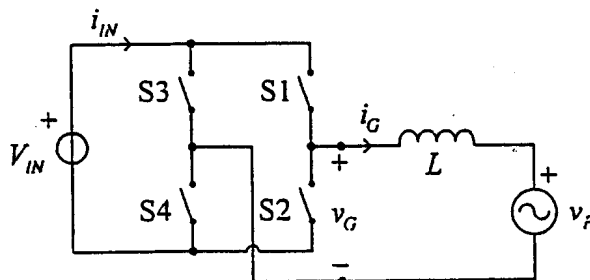


Slika 3.

4. Na slici 4 je prikazan inverter koji jednosmerni naponski izvor $V_{IN} = 660 \text{ V}$ spreže sa mrežom efektivne vrednosti napona $V_{RMS} = 220 \text{ V}$ i frekvencije $f_0 = 50 \text{ Hz}$. Reaktansa spreznog kalema L na mrežnoj učestanosti je $X_L = 15 \Omega$. Invertorom se upravlja tako što je prekidačka učestanost $f_s = 1/T_s = 40 \text{ kHz}$ konstantna, tokom dT_s su uključeni prekidači S1 i S4, dok su tokom $d'T_s$ uključeni S2 i S3. Prekidači se mogu smatrati idealnim. U analizi smatrati da je $v_p = V_{RMS} \sqrt{2} \sin(\omega_0 t)$, $\omega_0 = 2\pi f_0$.

Koristeći usrednjavanje tokom periode prekidanja, odrediti:

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



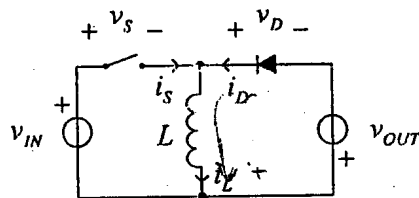
Slika 4.

br

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

- a) [3] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ pri $D = 0.4$ nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_s , i_D , i_L , v_s i v_D . Izračunati maksimalne napone i struje na prekidačkim elementima. Izračunati srednju vrednost za struje i_s i i_D .
- b) [1] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti opseg za D u kome konvertor radi u diskontinualnom režimu (DCM).
- c) [2] Za $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti zavisnost srednje vrednosti struje i_s od D u DCM.
- d) [2] Za $D = 0.4$ i $v_{OUT} = 400 \text{ V}$ odrediti zavisnost srednje vrednosti struje i_s od v_{IN} u DCM.
- e) [2] Ako je $D = 0.51$, $v_{IN} = 200 \text{ V}$ i $v_{OUT} = 200 \text{ V}$, odrediti zavisnost $\bar{i}_L(t)$ ako je $\bar{i}_L(0) = 0$, gde je \bar{i}_L srednja vrednost struje kalemata tokom periode prekidanja.

DCM
2/3
1
10 D²
0,008 v_{IN}



Slika 1.

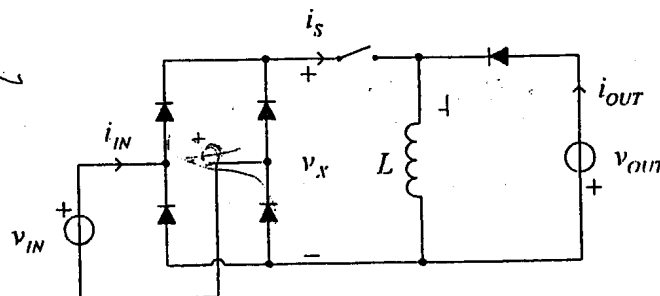
$D_2 \text{ max} = 1 - D$
 $D_2 \text{ min} = 0$

$$D + D_2 < 1$$

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

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

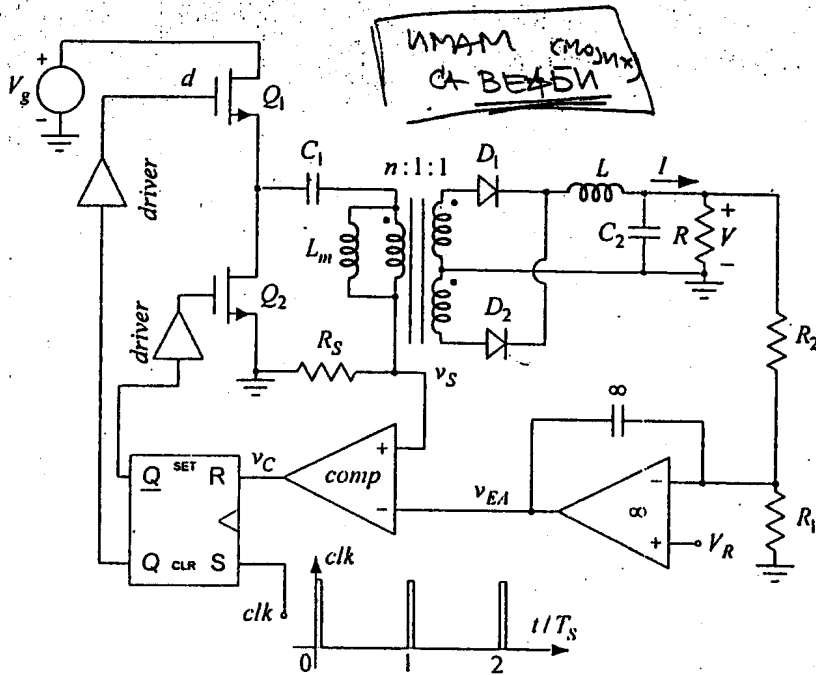
- a) [2] Odrediti maksimalnu vrednost za D tako da tokom cele periode mrežnog napona konvertor radi u diskontinualnom režimu.
- b) [3] Odrediti zavisnost $R_F = \bar{v}_x / \bar{i}_s$ od D , gde su \bar{v}_x i \bar{i}_s srednje vrednosti v_x i i_s tokom jedne periode prekidanja.
- c) [2] Pri $D = 0.4$ odrediti vremenski dijagram \bar{i}_{IN} (srednja vrednost i_{IN} tokom periode prekidanja), jednosmernu komponentu izlazne struje i_{OUT} i snagu konvertora.
- d) [2] Odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlazne struje konvertora od D .
- e) [1] Odrediti maksimalnu snagu ispravljača pri kojoj konvertor radi u diskontinualnom režimu.



Slika 2.

C D A H F

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

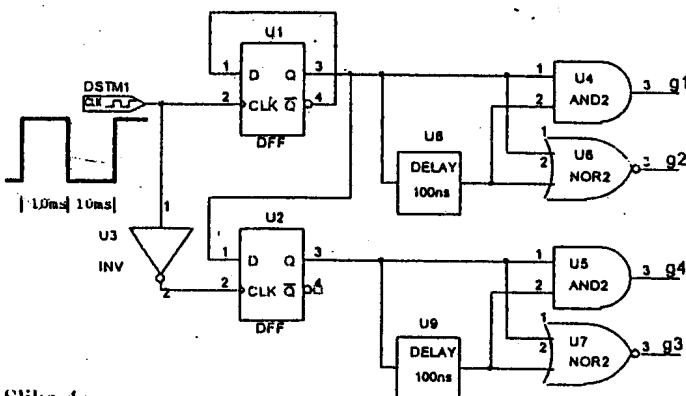


Slika 3a

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

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

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



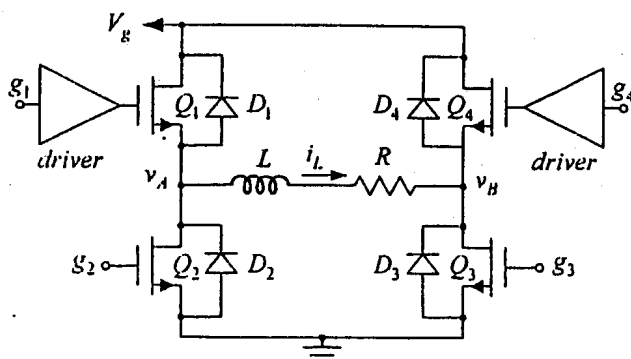
Slika 4a

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

a) [2] Nacrtati vremenske dijagrame pobudnih napona v_{g1-4} na izlazu kola sa slike 4a.

b) [5] U toku prve tri periode signala takta nacrtati vremenske dijagrame napona v_A , v_B i v_{AB} , struja svih prekidača i dioda i struje i_L . Pri proračunu ovih dijagrama zanemariti uticaj kašnjenja (DELAY).

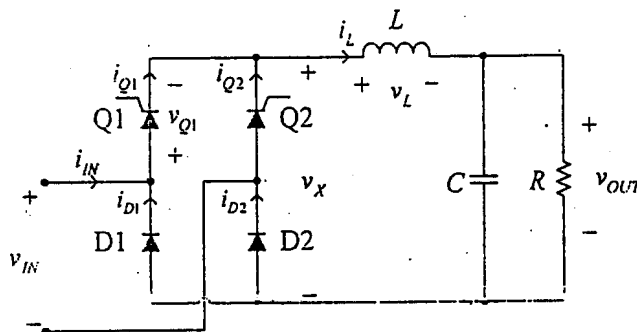
c) [3] Odrediti aktivnu snagu P koja se predaje potrošaču u ustaljenom stanju.



Slika 4b

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

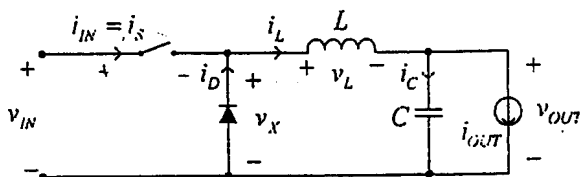
- a) [1] Odrediti zavisnost jednosmerne komponente izlaznog napona od ugla uključivanja tiristora, $V_{OUT}(\alpha)$ i njegovu vrednost za $\alpha = 45^\circ$.
- b) [3] Nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_L , i_{Q1} , i_{Q2} , i_{D1} , i_{D2} , i_{IN} , v_X , v_{Q1} , v_L i v_{OUT} , za $\alpha = 45^\circ$.
- c) [4] Odrediti aktivnu snagu, prividnu snagu, faktor snage i ukupno harmonijsko izobličenje ulazne struje za $\alpha = 45^\circ$.
- d) [2] Smatrajući da $L = 4 \text{ H}$ i $C = 400 \mu\text{F}$ primenom usrednjavanja tokom periode mrežnog napona i linearizacije odrediti prenosne funkcije $H_1(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{a}(s)$, $H_2(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{V}_{RMS}(s)$ za $\alpha_c = 45^\circ$, gde je V_{RMS} efektivna vrednost ulaznog napona koji je sinusoidalnog oblika.



Slika 1

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

- a) [2] Za $i_{OUT} = 1 \text{ A}$ i $v_{OUT} = 5 \text{ V}$ nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_{IN} , i_D , i_L , i_C , v_X i v_L .
- b) [2] Za $D = 0.5$ odrediti zavisnost $v_{OUT}(i_{OUT})$ za $i_{OUT} \geq 0$, nacrtati dijagram i označiti oblasti kontinualnog i diskontinualnog režima rada.
- c) [2] Odrediti srednju snagu gubitaka na diodi P_D i na prekidaču P_S , kao i koeficijent korisnog dejstva konvertora η za $i_{OUT} = 1 \text{ A}$ i $v_{OUT} = 5 \text{ V}$.
- d) [2] Za $C = 1100 \mu\text{F}$, $i_{OUT} = 1.5 \text{ A}$ i $v_{OUT} = 5 \text{ V}$ odrediti prenosne funkcije $H_1(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{v}_{IN}(s)$ i $H_2(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{d}(s)$.
- e) [2] Odredediti kolika maksimalna vrednost esr kondenzatora može da se dopusti da pri $i_{OUT} = 2 \text{ A}$ peak to peak ripple izlaznog napona ne predje 40 mV .



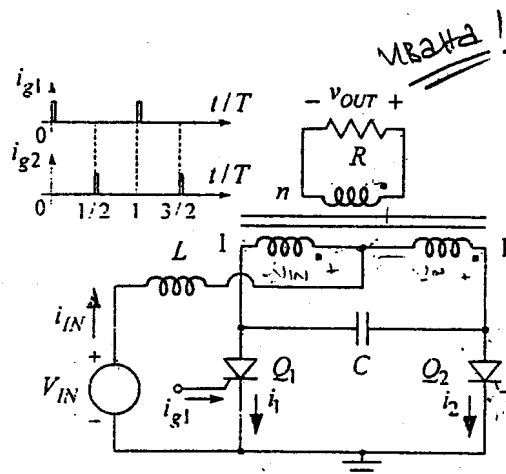
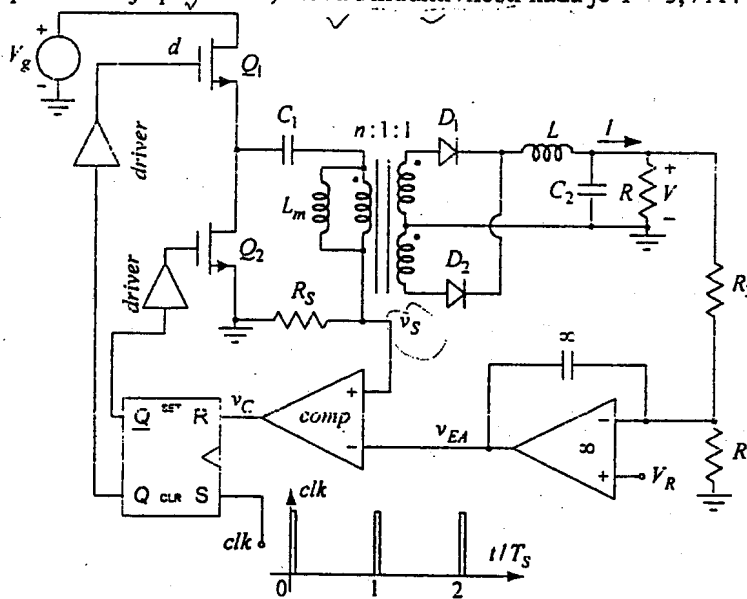
Slika 2

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

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

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

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



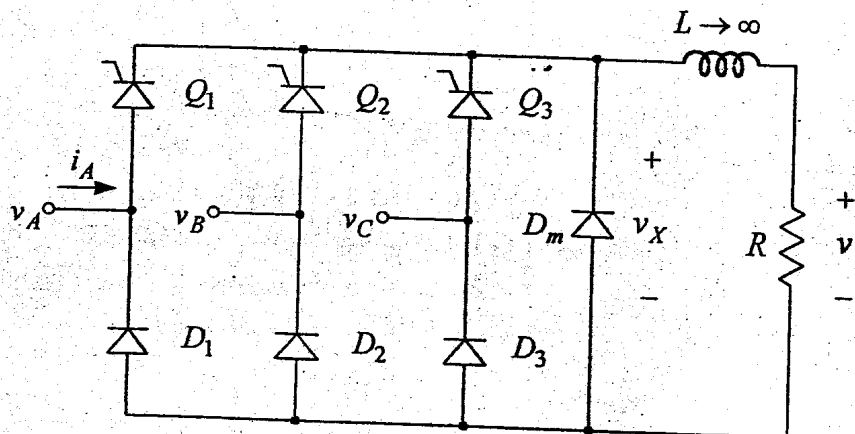
Slika 4

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

- a) [4] Nacrtati vremenske dijagrame obeleženih struja i napona i napona na prekidačima u toku jedne periode T . Zanimariti uticaj kola za komutaciju tiristora.
- b) [1] Odrediti korisnu snagu P koja se predaje potrošaču.

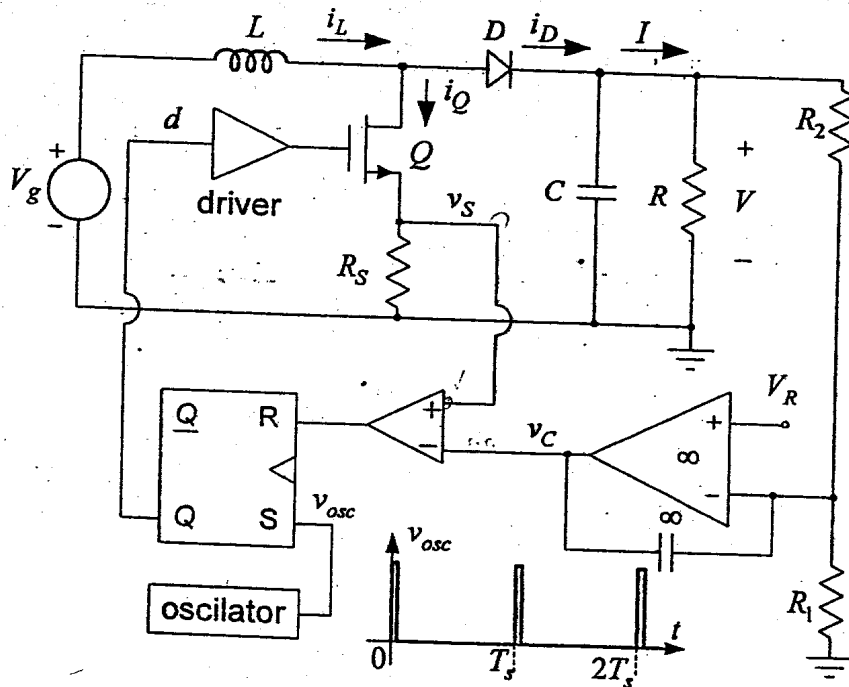
- c) [2] Odrediti stres na prekidačima $S = V_{Qpk} I_{Qrms}$.
- d) [3] Ako je $C = 10 \mu\text{F}$, nacrtati vremenske dijagrame napona na potrošaču v_{OUT} i ulazne struje i_{IN} .

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



Slika 1

- a) [5] Ako je $\alpha = \pi/3$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode mrežnog napona, struja svih dioda i tiristora, napona v_X i izlaznog napona v .
- b) [5] Ako se ugao uključenja tiristora menja u opsegu $0 \leq \alpha \leq \pi/2$, odrediti zavisnost faktora snage ispravljača od ugla α .



Slika 2

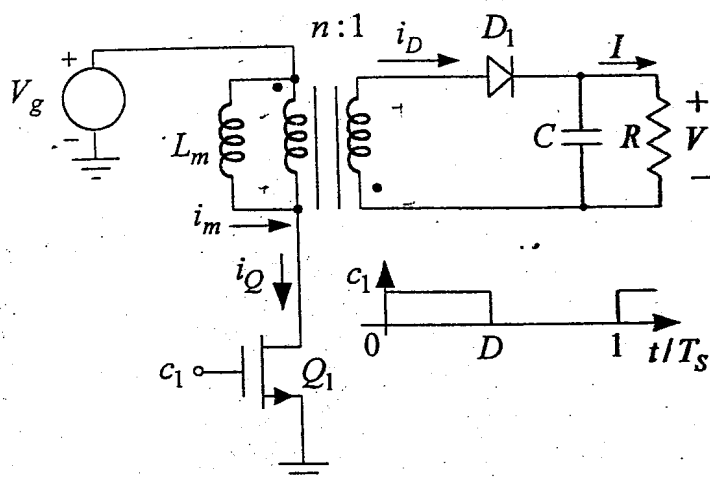
2. U DC-DC konvertoru sa slike 2 kolom kontrolne elektronike obezbeđuje se da izlazni napon ima konstantnu vrednost kada se ulazni napon menja u opsegu $15 \text{ V} \leq V_g \leq 18 \text{ V}$. Oscilator generiše periodične kratkotrajne impulse (slika 2) čije je trajanje $\Delta \ll T_s = 10 \mu\text{s}$, a može se smatrati da je prekidački tranzistor idealnih karakteristika. Poznato je: $V_D = 0,5 \text{ V}$, $R_S = 33 \text{ m}\Omega$, $L = 30 \mu\text{H}$, $C \rightarrow \infty$, $V_R = 5 \text{ V}$, $R_2 = 46 \text{ k}\Omega$, $R_2 \gg R$ i $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$.

- a) [8] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u toku jedne periode T_s , u ustaljenom stanju, obeleženih napona i struja i

upravljačke promenljive d kada je $V_g = 18 \text{ V}$ i $I = 0,5 \text{ A}$. Pri proračunu struja induktivnosti, prekidača i diode zanemariti pad napona na otpornosti R_S .

- b) [2] Ako je $V_g = 15 \text{ V}$, odrediti pri kojoj struji I se konvertor nalazi na granici kontinualnog i diskontinualnog režima rada.

3. Na slici 3 je prikazan flyback konvertor koji radi sa konstantnom učestanošću prekidanja $f_s = 100\text{kHz}$, pri čemu je $D \leq D_{\max} = 0,5$. Ulazni napon se menja u opsegu $40\text{V} \leq V_g \leq 60\text{V}$, dok je $V = 12\text{V}$, $0,1\text{A} \leq I \leq 1\text{A}$. Prekidački tranzistor se može smatrati idealnim, pad napona na provodnoj diodi je $V_D = 0,5\text{V}$, a smatrati da je talasnost izlaznog napona zanemarljiva.

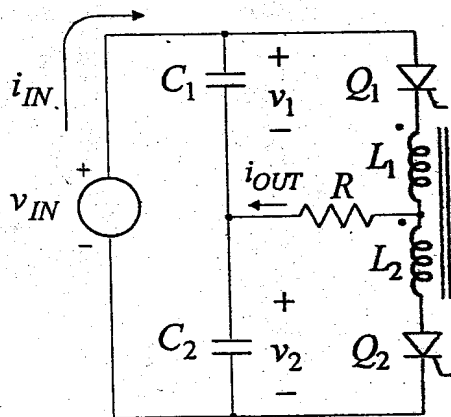


Slika 3

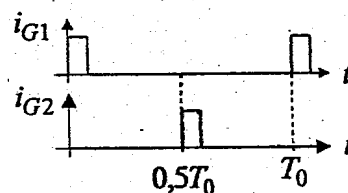
- [3] Odrediti prenosni odnos transformatora n i maksimalnu vrednost magnetizacione induktivnosti $L_{m\max}$ za koju konvertor uvek radi u diskontinualnom režimu.
- [5] Za $V_g = 40\text{V}$ i $I = 1\text{A}$ odrediti i nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode, obeleženih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

4. Pobudne struje za tiristore u serijskom rezonantnom invertoru sa slike 4a prikazane su na slici 4b. U početnom trenutku je $v_2(0) = -V_2$, $V_2 > 0$ i $i_{OUT}(0) = 0$, a poznato je: $v_{IN} = 220\text{V}$, $C_1 = C_2 = C = 3\mu\text{F}$, $L_1 = L_2 = L = 50\mu\text{H}$, $R = 1\Omega$ i $f_0 = 1/T_0 = 7\text{kHz}$.

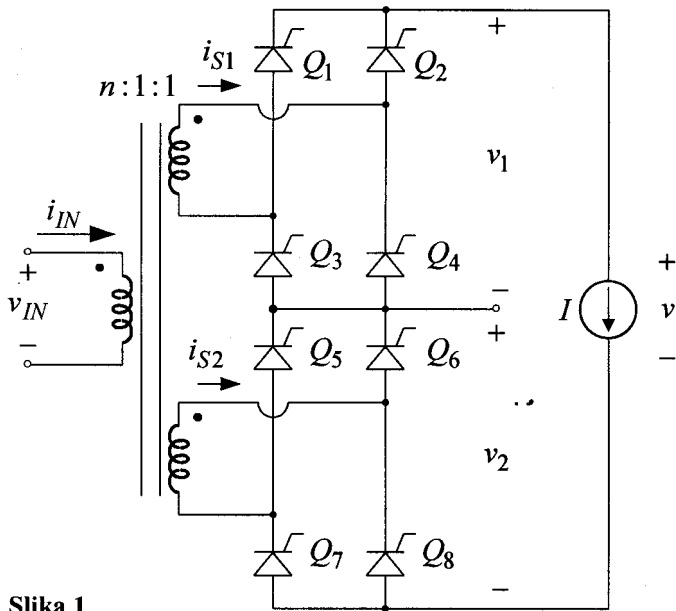
- [7] Odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih napona i struja u toku jedne periode T_0 . Koristiti razumne aproksimacije.
- [3] Ako je vreme isključivanja tiristora $t_{\text{off}} = 10\mu\text{s}$, odrediti maksimalnu učestanost rada invertora $f_{0\max}$.



Slika 4a



Slika 4b



Slika 1

1. Na slici 1 je prikazan monofazni serijski 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:
 $v_{IN} = 220\sqrt{2}V\sin(2\pi ft)$, $f = 50\text{Hz}$, $n = 2$,
 $I = 10\text{A}$ i $\alpha_1 = 0$.

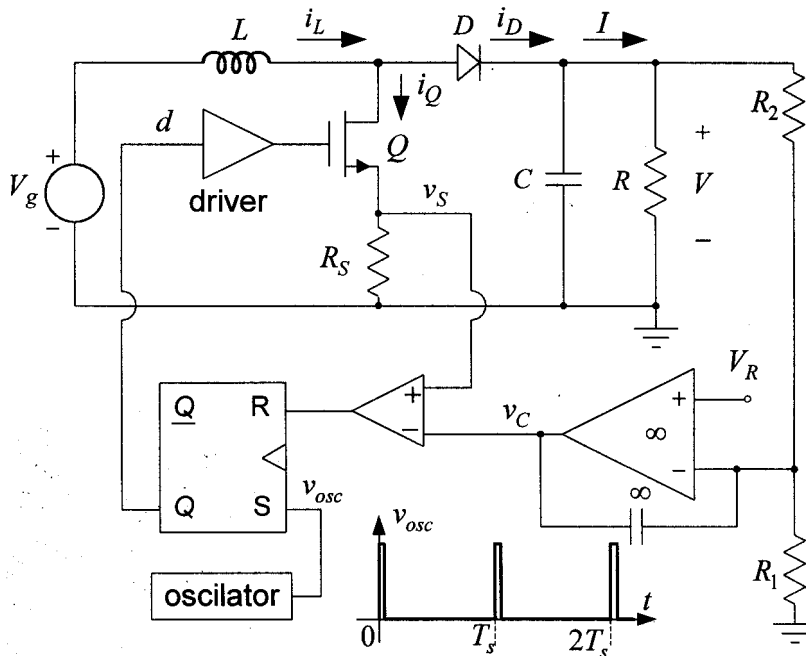
a) [3] Ako je $\alpha_2 = \pi/2$, odrediti i nacrtati vremenske dijagrame označenih struja i

napona.

Ako je $0 < \alpha_2 < \pi$, u funkciji promene ugla α_2 , odrediti zavisnost:

- b) [2] srednje vrednosti izlaznog napona $\bar{v} = f(\alpha_2)$;
- c) [2] displacement faktora ulazne struje $DF = g(\alpha_2)$;
- d) [3] faktora snage ispravljača $PF = h(\alpha_2)$.

2. U DC-DC konvertoru sa slike 2 kolom kontrolne elektronike se obezbeđuje da izlazni napon ima konstantnu vrednost kada se ulazni napon menja u opsegu $15\text{V} \leq V_g \leq 18\text{V}$. Oscilator generiše periodične kratkotrajne impulse čije je trajanje $\Delta \ll T_s = 10\mu\text{s}$, a može se smatrati da je prekidački tranzistor idealnih karakteristika. Poznato je: $V_D = 0,5\text{V}$, $R_S = 33\text{m}\Omega$, $L = 30\mu\text{H}$, $C \rightarrow \infty$, $V_R = 5\text{V}$, $R_2 = 46\text{k}\Omega$, $R_2 \gg R$ i $R_1 = 10\text{k}\Omega$.



Slika 2

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

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

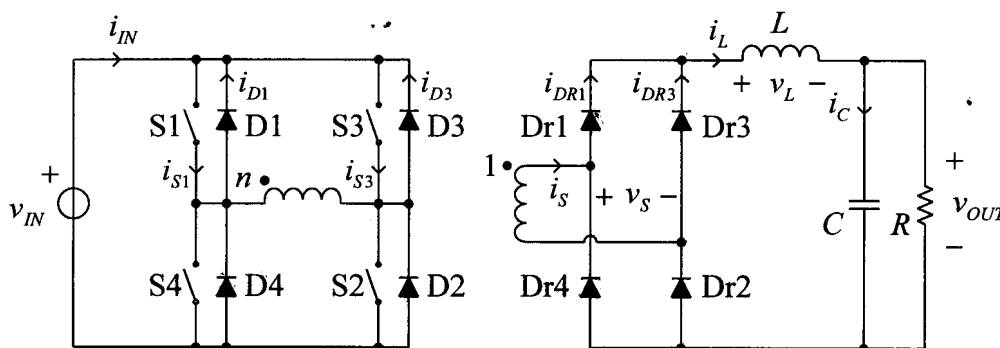
a) [2] Odrediti D tako da izlazni napon u kontinualnom režimu bude $v_{OUT} = 5 \text{ V}$.

Za D određeno pod a):

b) [2] Odrediti opseg za R u kome konvertor radi u kontinualnom režimu.

c) [4] Na granici između kontinualnog i diskontinualnog režima nacrtati i označiti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{S1} , i_{D1} , i_{S3} , i_{D3} , i_S , i_{DR1} , i_{DR3} , i_L , i_C , v_S i v_L .

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



Slika 3.

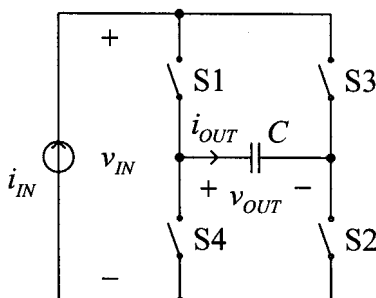
4. Na slici 4 je prikazan strujni inverter kod koga je $i_{IN} = 10 \text{ A}$, $C = 39.79 \mu\text{F}$, $f_s = 40 \text{ kHz}$, tokom d/f_s uključeni su S1 i S2, tokom $(1-d)/f_s$ uključeni su S3 i S4, prekidači se mogu smatrati idealnim. Smatrati da je jednosmerna komponenta napona na kondenzatoru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

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

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

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

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

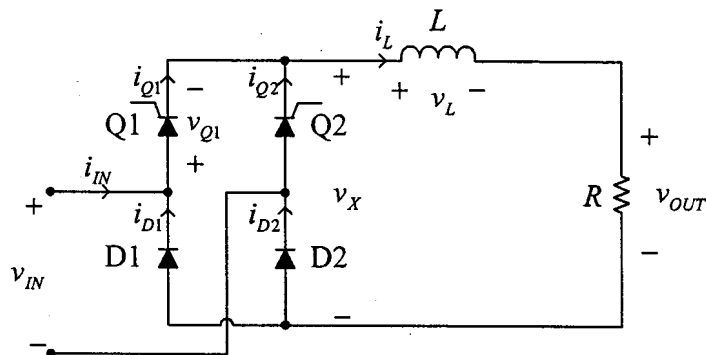


Slika 4.

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

Smatrajući da $L \rightarrow \infty$:

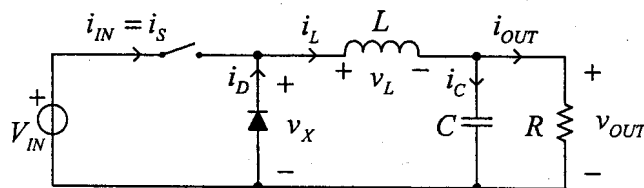
- [2] Odrediti zavisnost izlaznog napona od ugla uključanja tiristora.
 - [2] Za $\alpha = 90^\circ$ odrediti vremenske dijagrame i_{IN} , i_{Q1} , i_{Q2} , i_{D1} i i_{D2} .
 - [3] Odrediti zavisnost faktora snage od ugla uključanja tiristora.
- Smatrajući da $L = 0.5 \text{ H}$:
- [3] Odrediti prenosnu funkciju $H(s) = \hat{v}_{OUT}(s)/\hat{\alpha}(s)$ u okolini $\alpha = 45^\circ$.



Slika 1.

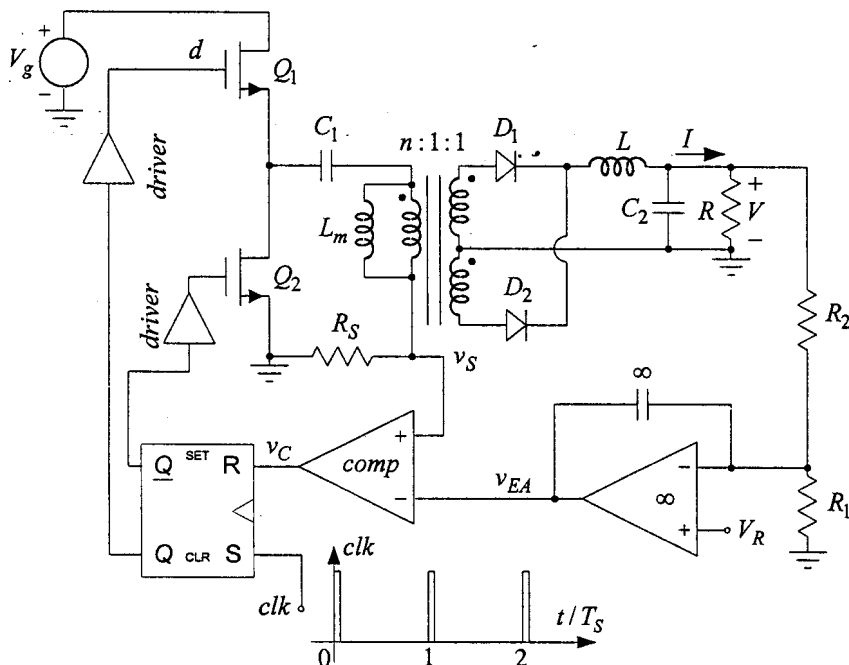
2. Na slici 2 je prikazan buck konvertor kod koga je $V_{IN} = 12 \text{ V}$, $T_s = 12 \mu\text{s}$, napon uključenog prekidača je $V_s = 0.5 \text{ V}$, napon provodne diode je $V_D = 0.5 \text{ V}$, kapacitivnost kondenzatora se može smatrati beskonačno velikom, izlazni napon se regulacijom održava na $v_{OUT} = 5 \text{ V}$.

- [2] Odrediti D u kontinualnom režimu rada.
- [2] Odrediti L tako da amplituda talasnosti struje kalema u kontinualnom režimu rada bude 1 A .
- [2] Za L određeno pod b) i $R = 1 \Omega$ odrediti vremenske dijagrame označenih struja i napona.
- [1] Odrediti opseg R u kome konvertor radi u kontinualnom režimu.
- [3] Odrediti zavisnost $D(i_{OUT})$ u diskontinualnom režimu rada.



Slika 2.

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

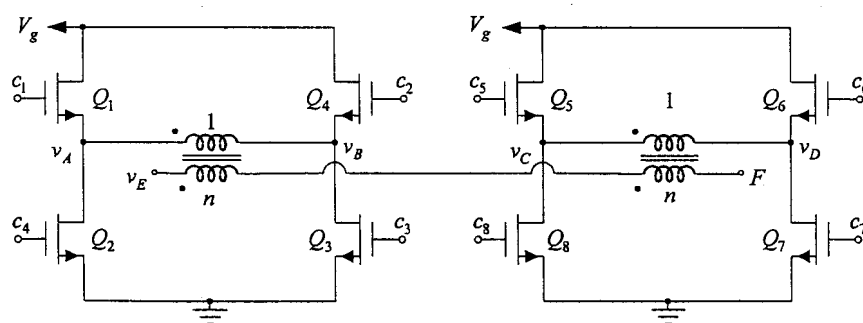


Slika 3

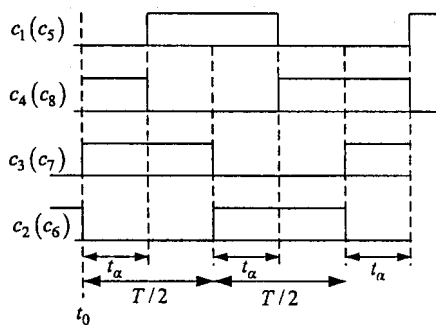
- a) [5] Odrediti minimalne vrednosti induktivnosti L i kapacitivnosti C_2 i prenosni odnos transformatora ako se zahteva da
- potrošnja bude u opsegu $0,3\text{A} \leq I \leq 3,7\text{A}$
 - talasnost izlaznog napona bude $\Delta v_{p-p} \leq 300\text{mV}$
- b) [5] Nacrtati vremenske dijagrame, u ustaljenom stanju u toku jedne periode prekidanja, obeleženih napona i struja prekidača, dioda i induktivnosti kada je $I = 3,7\text{A}$.

4. Invertori sa slike 4a, Q_{1-4} i Q_{5-8} , se pobuđuju signalima pokazanim na slici 4b. Svi pobudni signali u kolu invertora Q_{5-8} su vremenski pomereni za t_β u odnosu na ekvivalentne signale koji pobuđuju inverter Q_{1-4} . Transformator je idealan sa $n = \sqrt{10}$, $V_g = 12\text{V}$, $T = 20\text{ms}$, a smatrati da su svi prekidači idealnih karakteristika.

- a) [1] Nacrtati vremenski oblik napona v_{AB} .
- b) [4] Odrediti vreme t_α tako da u naponu v_{AB} ne postoji treći harmonik.
- c) [3] Pod uslovom iz tačke b), odrediti vreme t_β tako da napon v_{EF} ne sadrži ni treći ni peti harmonik.
- d) [2] Pod uslovom iz tačke c) odrediti THD napona v_{EF} .

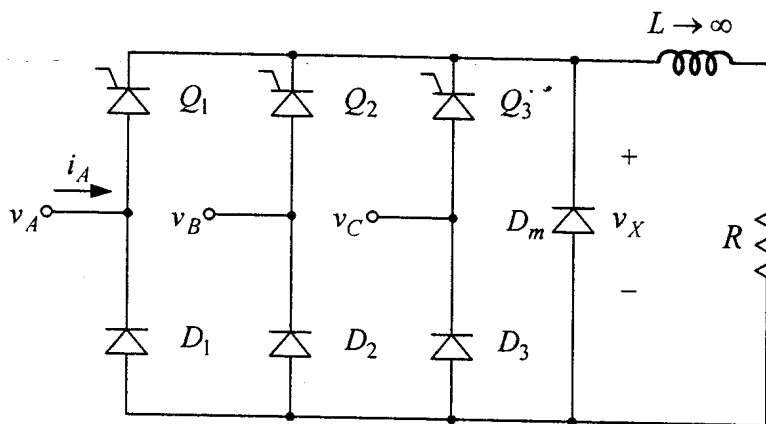


Slika 4a



Slika 4b

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

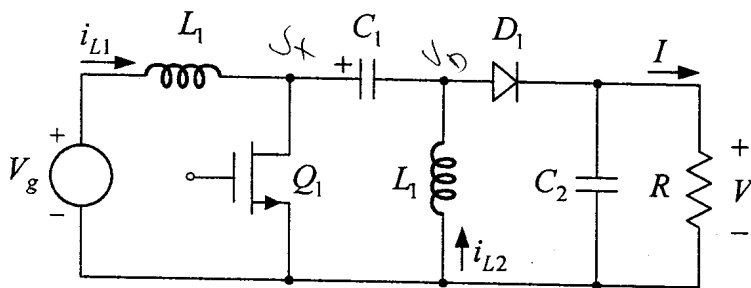


Slika 1

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

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

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

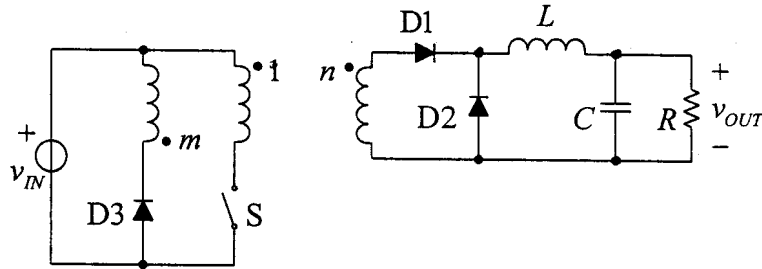


Slika 2

- c) [3] Ako je $V_g = 4,5\text{ V}$, otpornost tranzistora kada provodi $R_{ON} = 10\text{ m}\Omega$ i pad napona na provodnoj diodi $V_D = 0,3\text{ V}$, odrediti efikasnost konvertora η . Smatrati da se talasnost napona na kondenzatorima i struje induktivnosti mogu zanemariti.

3. Na slici 3 je prikazan forward konvertor kod koga je $V_{IN} = 400 \text{ V}$, izlazni napon se regulacijom održava na $v_{OUT} = 5 \text{ V}$, $f_s = 200 \text{ kHz}$, $L = 5.5 \mu\text{H}$, $C \rightarrow \infty$, napon na diodama D1 i D2 dok provode iznosi $V_D = 0.5 \text{ V}$, napon na provodnim prekidačkim elementima sa primarne strane (D3, S) se može zanemariti.

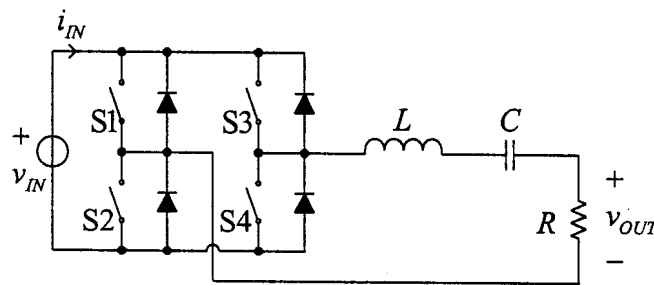
- a) [2] Odrediti n tako da u kontinualnom režimu bude $D = 0.5$.
- b) [2] Odrediti opseg vrednosti m za koje jezgro može da se demagnetizuje.
- c) [2] Odrediti opseg R pri kome konvertor radi u kontinualnom režimu.
- d) [4] Odrediti $D(R)$ u diskontinualnom režimu.



Slika 3

4. Na slici 4 je prikazan invertor kod koga je $V_{IN} = 400 \text{ V}$, $v_{OUT} = 300 \text{ V} \sin(\omega t)$, $\omega = 500 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $R = 30 \Omega$, $L = 100 \text{ mH}$, $C = 40 \mu\text{F}$, prekidači i diode su idealni, S1 i S4 su uključeni tokom dT_s , stanja S2 i S3 su komplementarna stanjima S1 i S4, $T_s \ll 2\pi/\omega$.

- a) [3] Odrediti $d(t)$ i maksimalne napone na L i C .
- b) [2] Odrediti $\overline{i_{IN}(t)}$ na T_s .
- c) [1] Odrediti I_{IN} .
- d) [4] Ako je pad napona na provodnom prekidaču $V_s = 1 \text{ V}$ i pad napona na provodnoj diodi $V_D = 1 \text{ V}$, odrediti kondukcione gubitke na svakom od prekidača i na svakoj od dioda.



UC:
SP:
SW:
VD:

Slika 4

RE: 4:30 - 5:00
 SP: 7:30 - 13:30
 SP: 0:30 - 4:30
 JO: 5:30 - 7:30

13:30 - 15:30
 15:30 - 17:30
 18:30 - 20:00
 20:00 - 00:00

8h UC -> FREE