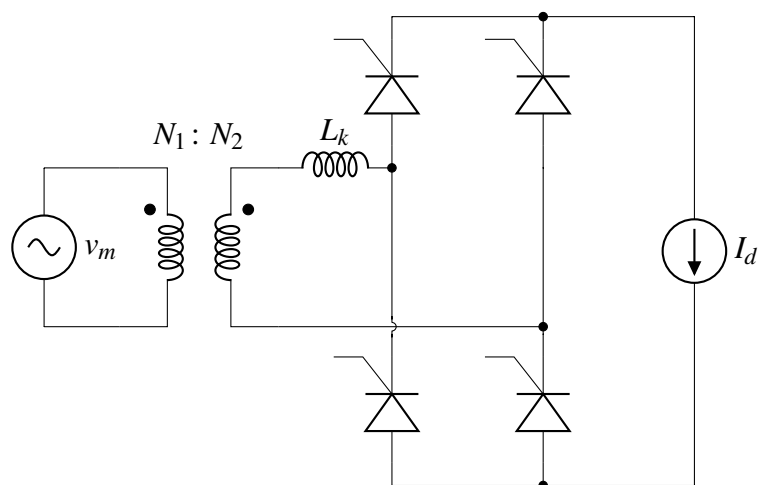


1. zadatak [22 poena] Monofazni mosni ispravljač sa Slike 1. priključen je na mrežu napona efektivne vrednosti 230 V i frekvencije 50 Hz. Induktivnost rasipanja jednaka je $L_k = L/n^2$, gde je $L = 100 \mu\text{H}$, a $n = N_1/N_2 \geq 1$ prenosni odnos transformatora. Struja opterećenja je konstantna i jednaka 50 A. Odrediti maksimalni prenosni odnos transformatora n pri kom ispravljač na svom izlazu može da generiše napon čija srednja vrednost može da se menja u opsegu od 30 V do 42 V. Za određenu maksimalnu vrednost prenosnog odnosa transformatora odrediti opseg promene ugla paljenja tako da se srednja vrednost izlaznog napona može menjati u zadatom opsegu.



Slika 1.

Rešenje 1. zadatka: Srednja vrednost napona na izlazu ispravljača jednaka je:

$$U_d = 2 \frac{E\sqrt{2}}{\pi} \cos(\alpha) - \frac{2\omega L_k I_d}{\pi}, \quad (1.1)$$

odnosno:

$$U_d = 2 \frac{U\sqrt{2}}{n\pi} \cos(\alpha) - \frac{2\omega L I_d}{n^2\pi}, \quad (1.2)$$

gde je $U = 230$ V efektivna vrednost mrežnog napona. Da bi ispravljač mogao da obezbedi na izlazu napon čija srednja vrednost može da se menja u opsegu od 30 V do 42 V, potrebno je da bude zadovoljena nejednakost:

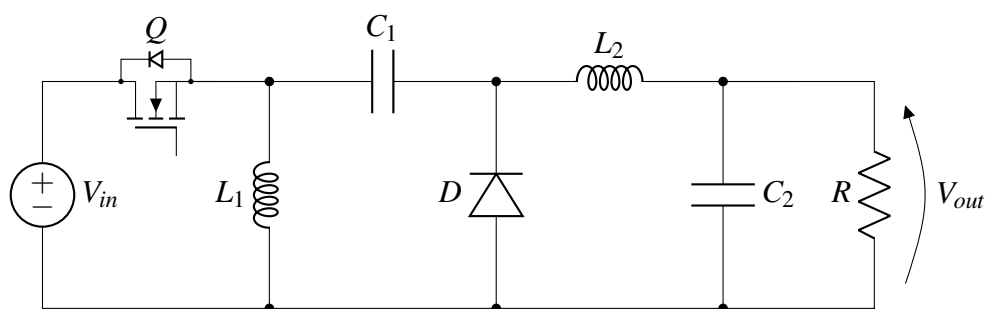
$$2 \frac{U\sqrt{2}}{n\pi} - \frac{2\omega L I_d}{n^2\pi} \geq U_d^{\max}. \quad (1.3)$$

Rešavanjem kvadratne nejednačine po n i uvažavajući uslov zadatka, dolazi se do sledeće nejednakosti:

$$1 \leq n \leq 4.913, \quad (1.4)$$

pa je traženi maksimalni prenosni odnos $n = 4.913$. Za ovaj prenosni odnos transformatora, da bi se na izlazu generisao napon čija se srednja vrednost može menjati u traženom opsegu, ugao paljenja se ima menjati od 0° do 44.4° .

2. zadatak [28 poena] Za čoper sa Slike 2. poznati su sledeći podaci: $f = 100$ kHz, $R = 20 \Omega$, $L_1 = 100 \mu\text{H}$, $V_{in} = 24$ V, $V_{out} = 12$ V. Zanemarujući valovitost napona na kondenzatorima C_1 i C_2 odrediti funkciju zavisnosti *duty-cycle*-a D od induktivnosti prigušnice L_2 .



Slika 2.

Rešenje 2. zadatka Početna pretpostavka jeste da čoper radi u neprekidnom režimu rada. *Duty-cycle* za neprekidni režim dobija se iz uslova ustaljenog stanja za napon prigušnice $D = 1/3$. Srednja vrednost struje prigušnice L_2 jednaka je:

$$I_{L2}^{avg} = \frac{V_{out}}{R} = 0.6 \text{ A.} \quad (2.1)$$

Iz uslova za ustaljeno stanje, srednja vrednost struje kondenzatora C_1 jednaka je nuli, pa važi:

$$I_{L1}^{avg} = I_{L2}^{avg} \frac{D}{1-D} = 0.3 \text{ A.} \quad (2.2)$$

Uslov neprekidnog režima jeste da dok dioda provodi njena struja ne bude manja od nule, odnosno:

$$I_{L1}^{avg} + I_{L2}^{avg} - \frac{\Delta I_{L1}}{2} - \frac{\Delta I_{L2}}{2} \geq 0. \quad (2.3)$$

$$I_{L1}^{avg} + I_{L2}^{avg} - \frac{V_{in}D}{2L_1f} - \frac{V_{in}D}{2L_2f} \geq 0. \quad (2.4)$$

Iz prethodne nejednakosti dobija se uslov za neprekidni režim rada:

$$L_2 \geq 80 \mu\text{H.} \quad (2.5)$$

Srednja vrednost struje diode jednaka je izlaznoj struji, tj. srednjoj vrednosti struje prigušnice L_2 , što za prekidni režim rada znači:

$$\frac{V_{out}}{R} = \frac{\Delta I_{L1} + \Delta I_{L2}}{2T} D_x T, \quad (2.6)$$

gde je $D_x T$ dužina trajanja intervala kada je dioda uključena. Iz uslova ustaljenog stanja za napon prigušnice i odnosa ulaznog i izlaznog napona važi $D_x = 2D$. Riplovi struja prigušnica L_1 i L_2 jednaki su:

$$\Delta I_{L1} = \frac{V_{out} D_x}{L_1 f}, \quad (2.7)$$

odnosno:

$$\Delta I_{L2} = \frac{V_{out} D_x}{L_2 f}. \quad (2.8)$$

Kada se izrazi (2.7) i (2.8) uvrste u (2.6), taj izraz postaje:

$$\frac{2}{R} = \frac{D_x^2}{f} \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2}, \quad (2.9)$$

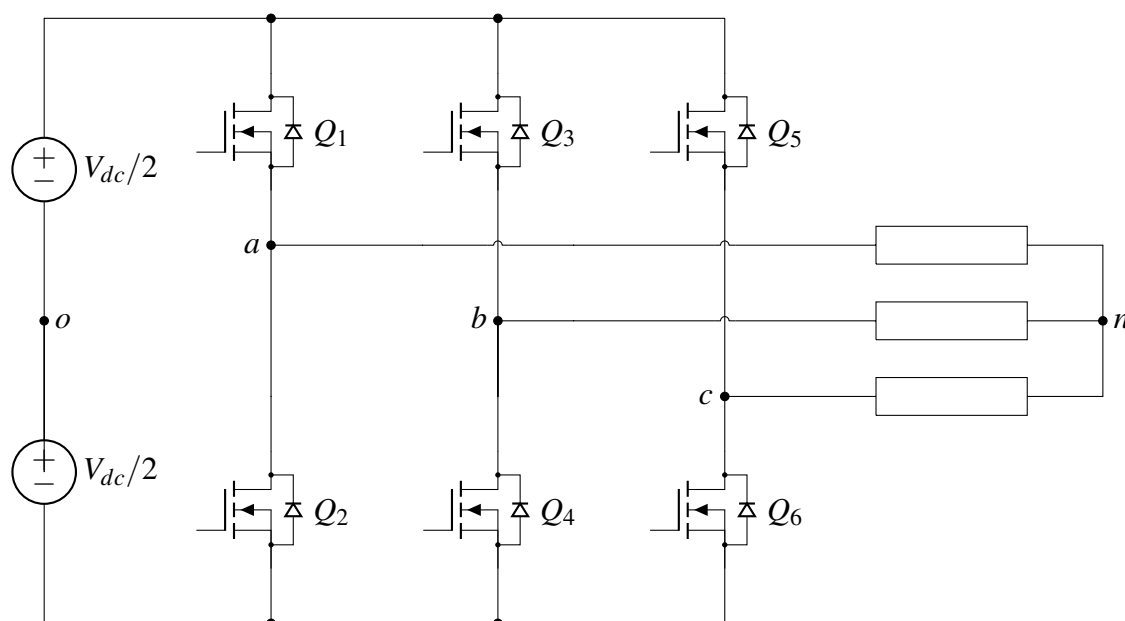
odnosno:

$$\frac{1}{R} = \frac{2D^2}{f} \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2}. \quad (2.10)$$

Konačno, za prekidni režim rada, odnosno ako je $L_2 < 80 \mu\text{H}$, tada važi:

$$D = \sqrt{\frac{L_1 L_2 f}{2R(L_1 + L_2)}}. \quad (2.11)$$

3. zadatak [20 poena] Kod trofaznog invertora sa Slike 3. primenjena je sinusna modulacija, tako što se jedinstveni signal nosilac poredi sa tri prostoperiodična signala, koji obrazuju uravnoteženi direktni trofazni sistem, gde je jedan signal dat izrazom $v_a(t) = 10 \sin(\omega t)$, gde je $\omega = 100\pi$ rad/s. Nosilac je trougaonog oblika (jednakokraki trougao), frekvencije $f_{pwm} = 50$ kHz, i kreće se u granicama od -10V do 10V. Na izlazne krajeve invertora priključeno je trofazno simetrično optrećenje. Skicirati talasne oblike napona v_{ao} , v_{bo} , v_{co} , v_{an} , v_{bn} , v_{cn} i v_{ab} , tokom jednog perioda T_{pwm} u okolini tačke $t = 45$ ms.



Slika 3.

Rešenje 3. zadatka

Teorijsko pitanje [20 poena] Podela frekventnih pretvarača.

Napomene:

- Dozvoljena upotreba kalkulatora, grafitne olovke i šablona za crtanje talasnih oblika.
- Svaku tvrdnju u rešenju zadatka potkrepiti kratkim i preciznim objašnjenjem. U suprotnom, zadatak neće biti ocenjen punim brojem poena.
- Student je položio ispit ukoliko ostvari 40 poena na pismenom i ukoliko ostvari 50 u zbiru poena sa pismenog i laboratorijskih vežbi.