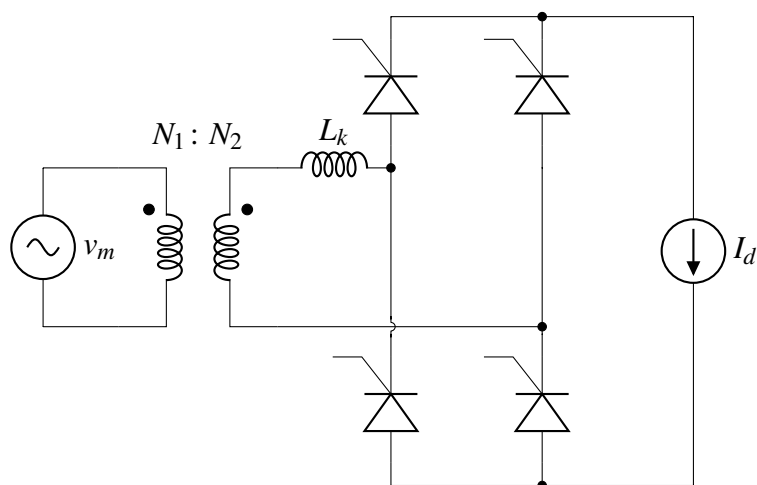


1. zadatak [23 poena] Monofazni mosni ispravljač sa Slike 1. priključen je na mrežu napona efektivne vrednosti 230 V i frekvencije 50 Hz. Induktivnost rasipanja jednaka je $L_k = L/n^2$, gde je $L = 100 \mu\text{H}$, a $n = N_1/N_2 \geq 1$ prenosni odnos transformatora. Struja opterećenja je konstantna 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:

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

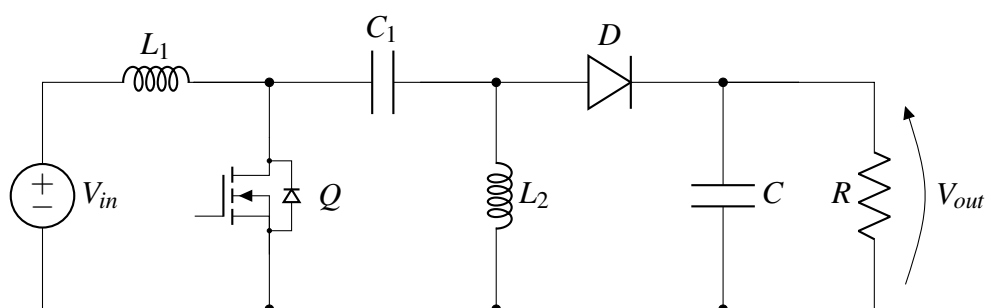
Rešavanjem kvadratne nejednačine po n i uvažavajući uslov zadatka, dolazi se do sledeće nejednakosti:

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

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 [30 poena] Za čoper sa Slike 2. poznati su sledeći podaci: $f = 50$ kHz, $R = 10 \Omega$, $L_1 = L_2 = 50 \mu\text{H}$, $V_{in} = 10$ V. Zanemariti valovitost napona na kondenzatorima C_1 i C , kao i gubitke u kolu.

- **[15 poena]** Odrediti opseg vrednosti *duty-cycle*-a D za koje pretvarač radi u neprekidnom režimu, kao i funkciju izlaznog napona V_{out} u zavisnosti od D za taj režim rada.
- **[15 poena]** Odrediti opseg vrednosti *duty-cycle*-a D za koje pretvarač radi u prekidnom režimu, kao i funkciju izlaznog napona V_{out} u zavisnosti od D za taj režim rada. Skicirati funkciju $V_{out} = f(D)$ na opsegu od 0 do 1.



Slika 2.

Rešenje 2. zadatka: U neprekidnom režimu rada važi:

$$V_{out} = \frac{D}{1-D} V_{in} = 10 \frac{D}{1-D}. \quad (2.1)$$

U neprekidnom režimu, srednja vrednost struje prve prigušnice jednaka je:

$$I_{L1}^{avg} = \frac{V_{in} D^2}{(1-D)^2 R}, \quad (2.2)$$

a druge:

$$I_{L2}^{avg} = \frac{V_{in} D}{(1-D) R}, \quad (2.3)$$

dok je ripl struje prigušnice (bez obzira da li se radi o neprekidnom ili prekidnom režimu rada) jednak:

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} D}{L_1 f}, \quad (2.4)$$

Uslov neprekidnog režima rada kod SEPIC pretvarača je:

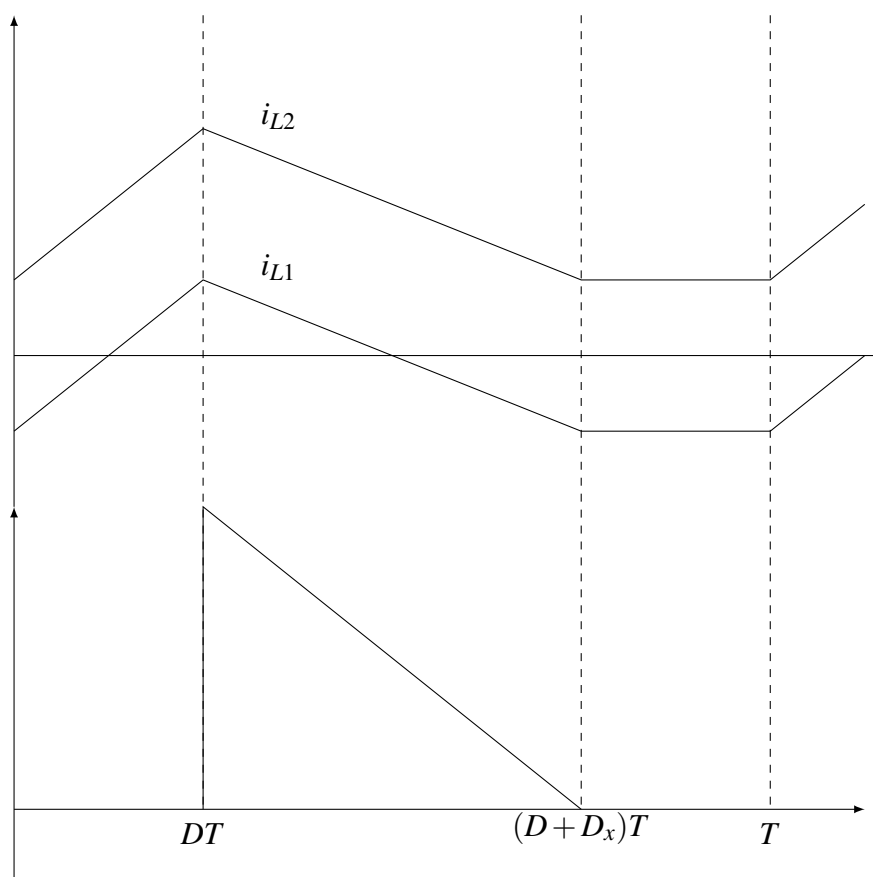
$$I_{L1}^{avg} + I_{L2}^{avg} - \Delta I_L \geq 0, \quad (2.5)$$

tj.:

$$D \geq 0.5. \quad (2.6)$$

Dakle, pretvarač radi u neprekidnom režimu rada za vrednosti *duty-cycle*-a veće od 0.5, a u prekidnom režimu rada za vrednosti manje od 0.5.

Što se tiče prekidnog režima rada, talasni oblici struja prigušnica L_1 i L_2 i struje diode prikazani su na Slici 2.1. Na intervalu od $(D + D_x)T$ do T , zbir struja prigušnica jednak je nuli.



Slika 2.1

Srednja vrednost struje diode na jednom prekidačkom periodu jednaka je zbiru srednjih vrednosti struje izlaznog kondenzatora i struje opterećenja na istom intervalu. Kako je srednja vrednost struje kondenzatora po uslovu ustaljenog stanja jednaka nuli, sledi da je srednja vrednost struje diode jednaka srednjoj vrednosti struje opterećenja. Takođe, maksimum struje diode jednak je dvostrukom riplu struje prigušnice. Iz navednog može se izvesti sledeće jednakosti:

$$\frac{2\Delta I_L D_x}{2} = \frac{V_{out}}{R}, \quad (2.7)$$

tj.:

$$\frac{V_{in} D D_x}{L f} = \frac{V_{in} D}{R D_x}, \quad (2.8)$$

odakle se dobija da važi:

$$D_x = \sqrt{\frac{L f}{R}} = 0.5. \quad (2.9)$$

Iz uslova ustaljenog stanja (po naponu prigušnica) izlazni napon u prekidnom režimu rada jednak je:

$$V_{out} = V_{in} \frac{D}{D_x} = 20D. \quad (2.10)$$

3. zadatak [22 poena] Trofazni inverter povezan je preko LCL filtra na trofazni simetrični mrežni napon efektivne vrednosti faznog napona 230 V i frekvencije $f = 50$ Hz. Induktivnosti prigušnica u filtru su jednake $L = 1$ mH, dok je kapacitivnost kondenzatora vezanih u trougao $C = 1$ μ F. Odrediti minimalnu vrednost ulaznog jednosmernog napona invertora, tako da se mreži predaje prividna snaga osnovnog harmonika $\underline{S}_1 = (12 + j \cdot 9)$ kVA, a da inverter radi u linernom režimu (amplituda reference je manja od amplitude nosioca), ako je primenjena:

- Sinusna modulacija.
- Sinusna modulacija sa dodatim trećim harmonikom.

Rešenje 3. zadatka: <https://www.youtube.com/watch?v=oaUgFJ8MDFk>

Teorijsko pitanje [20 poena] Modulacija širine impulsa primenom vektora stanja.

Napomene:

- Ispit traje 180 minuta.
- 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.