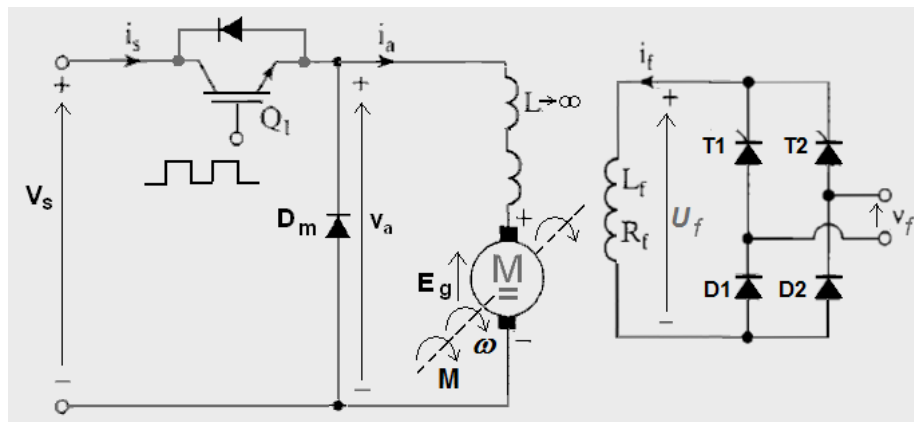


ZADATAK

Čopersko kolo na slici se koristi za regulaciju broja obrtaja DC motora sa tiristorski kontrolisanom nezavisnom pobudom. Ulazni napon čopera je $V_s = 600VDC$. Otpornost namotaja armature motora $R_a = 0.05\Omega$. Na red sa motorom je vezana induktivnost čija je vrednost tolika da je struja motora kontinualna zanemarljive talasnosti. Srednja vrednost struje motora je jednaka $I_a = 100A$. Naponska konstanta motora je $k_E = 1.577V \frac{V}{A \cdot rad/s}$. Pobudna struja motora se podešava polu-upravljivim tiristorskim mostom sa zamajnom diodom koji se napaja naizmeničnim naponom $v_f = 110\sqrt{2} \cdot \sin 314t$. Ugao upravljanja tiristora je $\alpha = \pi/4$. Otpornost pobudnog namotaja je $R_f = 42\Omega$. Induktivnost pobudnog namotaja je dovoljno velika da se pobudna struja može smatrati konstantnom.



Smatrati da su poluprovodnički elementi idealni. U zadatku je, za koeficijent radnog režima čopera (indeks modulacije) je $\delta = D = 50\%$, potrebno izračunati:

- Snagu koju čopersko kolo uzima iz izvora napajanja $V_s = 600VDC$.
- Prividnu snagu koju pobudno kolo uzima iz izvora napajanja v_f
- Snagu na izlaznoj osovine motora
- Snagu gubitaka u bakru celokupnog elektromotornog pogona

REŠENJE:

a) Čopersko kolo radi kao spuštač napona čiji je ulazni napon $V_s = 600V$, a srednja vrednost izlaznog napona V_a je jednaka:

$$V_a = \delta \cdot V_s = \frac{t_{ON}}{T} \cdot V_s$$

Električno kolo koje predstavlja ekvivalent datog pogona (koje će se koristiti u analizi) i karakteristični talasni oblici su dati na Sl.1. Snaga koju čopersko kolo uzima iz izvora 600VDC, pod pretpostavkom da se zanemaruju gubici na prekidačkim elementima (tranzistoru Q1 i diodi Dm), je jednaka:

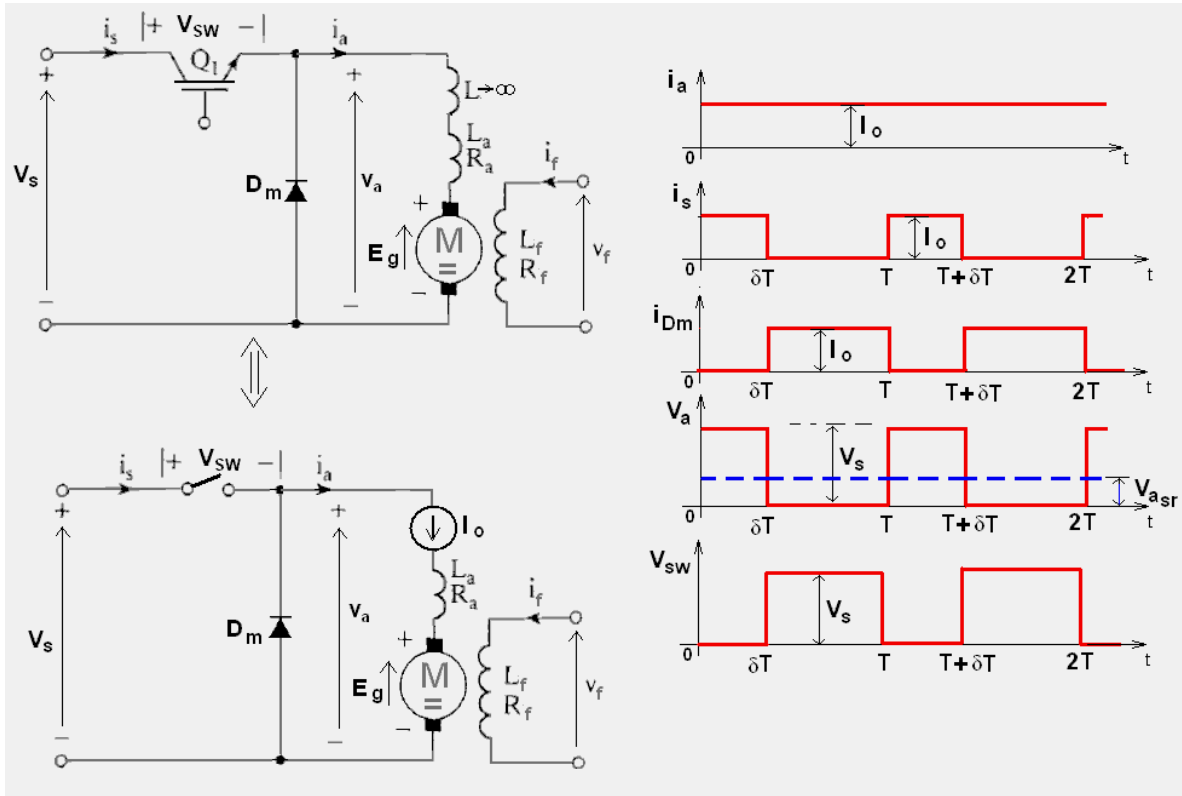
$$P_i = V_a \cdot I_a$$

$$V_a = \delta \cdot V_s = \frac{t_{ON}}{T} \cdot V_s$$

$$P_i = V_a \cdot I_a = \frac{t_{ON}}{T} \cdot V_s \cdot I_a$$

Sada izračunavamo ulaznu snagu čopera :

$$P_i = V_a \cdot I_a = \frac{t_{ON}}{T} \cdot V_s \cdot I_a = 0.50 \cdot 600V \cdot 100A = 30kW$$



Sl.1. Čopersko kolo za regulaciju broja obrtaja DC motora sa nezavisnom pobudom

b) Pobudno kolo se preko *polu-upravljivog* *tiristorskog* *prekidača* sa *zamajnom* *diodom*, napaja iz monofaznog izvora napajanja $v_f = 110\sqrt{2} \cdot \sin 314t$. Maksimalna vrednost napona napajanja je $V_{fm} = 110\sqrt{2}$, odnosno efektivna njegova vrednost $V_f = 110V$. Srednja vrednost izlaznog napona ovog ispravljača je data relacijom:

$$U_f = \frac{V_f \sqrt{2}}{\pi} \cdot (1 + \cos \alpha) , \text{ za } 0 \leq \alpha \leq \pi$$

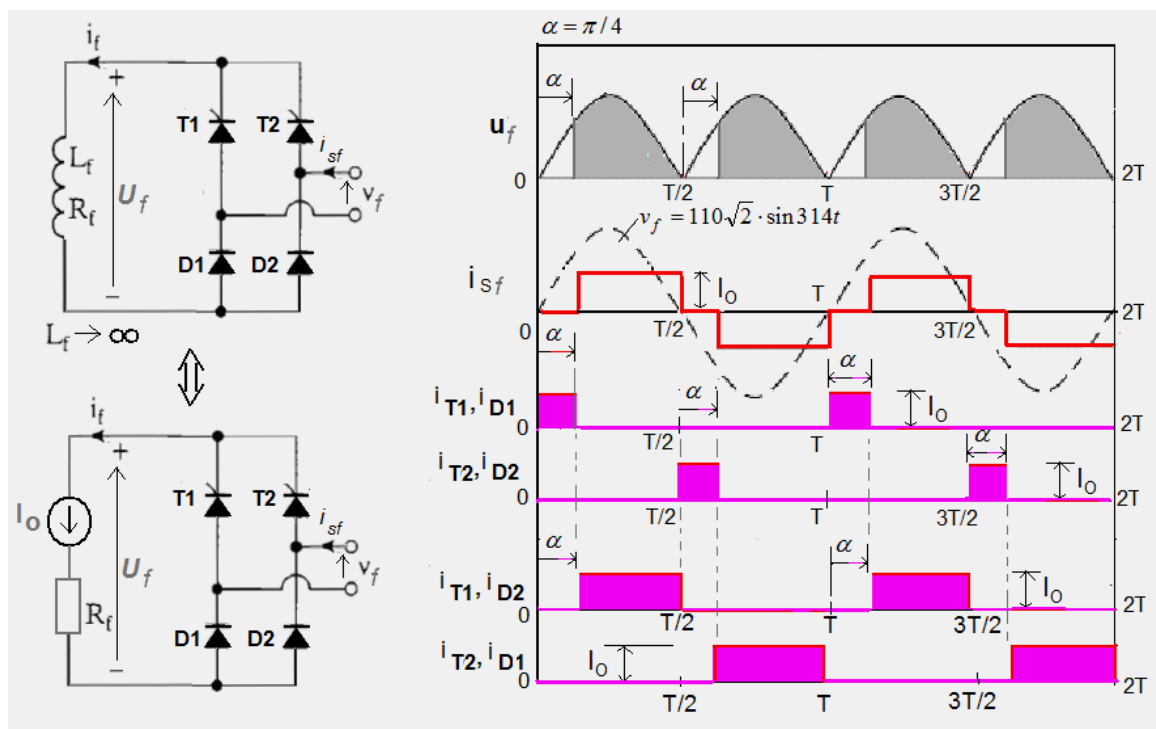
Za date vrednosti se dobija da je :

$$U_f = \frac{110\sqrt{2}}{\pi} \cdot (1 + \cos 45^\circ) = 84.32V$$

Srednja vrednost izlazne struje ispravljača I_o , koja je ustvari pobudna struja motora, je jednaka :

$$I_o = I_f = \frac{U_f}{R_f} = \frac{84.32V}{42\Omega} = 2A$$

Talasni oblici izlaznog napona u_f , struja tiristora i dioda, mrežnog napona $v_f = 110\sqrt{2} \cdot \sin 314t$ i ulazne struje iz mreže i_{sf} su dati na Sl.2.



Sl.2. Talasni oblici tiristorskog pretvarača

Prividna snaga koju pobudno kolo uzima iz naizmjeničnog izvora napajanja v_f je jednaka:

$$S = V_f \cdot I_s \quad - \text{ data u (VA)}$$

V_f – je efektivna vrednost mrežnog napona i ona je kao što je već rečeno jednaka 110V. Ostaje da se odredi efektivna vrednost struje koju pobudno kolo uzima iz mreže v_f . Ona se dobija rešavanjem integrala:

$$I_{sf} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T i_{sf}^2 \cdot dt} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\pi} I_o^2 \cdot dt} = I_o \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

$$I_{sf} = I_o \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

Za $\alpha = \pi/4$, dobija se da je

$$I_{sf} = I_o \cdot \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = 1.73 A$$

Stoga je brojno prividna snaga koju pobudno kolo uzima iz naizmjeničnog izvora napajanja v_f jednaka:

$$S = V_f \cdot I_{sf} = 110V \cdot 1.73A = 173VA$$

c) Snaga na izlaznoj osovini motora je jednaka:

$$P_M = M_m \cdot \omega$$

Gde su :

M_m -razvijeni momenat motora i on se dobija iz relacije:

$$M_m = k_E \cdot I_f \cdot I_a$$

ω - ugaona brzina na vratilu motora

Ugaona brzina je vezana sa brojem obrtaja n , preko relacije:

$$\omega = \frac{\pi}{30} \cdot n, \text{ gde je } n \text{ dato u } [ob/min].$$

Ugaona brzina motora se dobija iz kontraelektromotorne sile E_g . Kontraelektromotorna sila (KEMS) je data relacijom:

$$E_g = k_E \cdot I_f \cdot \omega$$

Gde su:

$$k_E - \text{naponska konstanta motora u } \left[\frac{V}{A} \cdot \frac{1}{rad/s} \right]$$

$$I_f - \text{pobudna struja motora u } [A]$$

$$\omega - \text{ugaona brzina u } [rad/s]$$

Jednačina za kontra-elektromotornu silu (KEMS) motora je :

$$E_K = k_E \cdot I_f \cdot \omega$$

Naponska jednačina DC motora je prema Sl.1, data relacijom:

$$V_a = E_g + R_a \cdot I_a$$

$$V_a = k_E \cdot I_f \cdot \omega + R_a \cdot I_a$$

Srednja vrednost napona na opterećenju V_a je jednaka:

$$V_a = \delta \cdot V_S = 0.5 \cdot 600V = 300V$$

Pad napona na omskoj otpornosti indukta elektromotora (armaturi) je jednak:

$$R_a \cdot I_a = 0.05\Omega \cdot 100A = 5V$$

Iz ovih vrednosti izračunavamo ugaonu brzinu motora:

$$\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{k_E \cdot I_f} = \frac{300V - 5V}{1.577 \frac{V}{A \cdot rad/s} \cdot 2A} = 93.53 rad/s$$

Razvijeni momenat motora se određuje iz date jednačine:

$$M_m = k_E \cdot I_f \cdot I_a$$

Odnosno:

$$M_m = k_E \cdot I_f \cdot I_a = 1.577 \cdot 2 \cdot 100 = 315.4 Nm$$

Tako je sada tražena izlazna snaga na vratilu motora:

$$P_M = M_m \cdot \omega = 315.4 Nm \cdot 93.53 rad/s = 29.5 kW$$

d) Ukupni gubici u bakru celokupnog pogona, potiču od otpornosti armature R_a motora ali i od otpornosti R_f pobudnog namotaja motora. Ukupni gubici u bakru su dati relacijom:

$$P_{\gamma Cu} = R_a \cdot I_a^2 + R_f \cdot I_f^2$$

Njihova brojna vrednost je jednaka:

$$P_{\gamma Cu} = 0.05 \cdot 100^2 + 42 \cdot 2^2 = 668 W = 0.668 kW$$