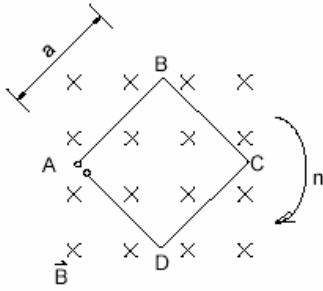


Kruti žičani kvadrat stranice $a=0,2$ m vrti se konstantnom brzinom 20 okretaja u sekundi oko vrha A u ravnini okomitoj na silnice homogenog magnetskog polja indukcije $B=0,6$ T. Koliki su inducirani naponi između vrhova A i C, te B i D.



$$a = 0,2 \text{ m} \quad n_{\text{sek}} = 20 \text{ r/s} \quad B = 0,6 \text{ T}$$

$$E_{AC}, E_{BD} = ?$$

$$n = 60 \cdot n_{\text{sek}} = 1200 \text{ r/s}$$

$$E = B \cdot l \cdot v_{sr}$$

$$l = a\sqrt{2} (\text{efektivna duljina}) = 0,2828 \text{ m}$$

$$l_{sr} = \frac{l}{2} = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

$$v_{sr} = \omega \cdot l_{sr} = \frac{2n\pi}{60} \frac{a\sqrt{2}}{2} = 17,7715 \text{ m/s}$$

$$E = B \cdot a\sqrt{2} \cdot \frac{2n\pi}{60} \frac{a\sqrt{2}}{2} = B \cdot \frac{n\pi}{30} \cdot a^2 = 3,0159 \text{ V}$$

$$A(-), C(+) \Rightarrow E_{AC} = -E = -3,0159 \text{ V}$$

$$B \text{ i } D \Rightarrow \text{isti potencijal prema A} \Rightarrow E_{BD} = 0 \text{ V}$$

Elektromotor se vrti brzinom 1500 r/min i predaje na osovini snagu od 40 kW. Promjer rotora je 500 mm. Koliko iznose:

- moment na osovini motora,
- kutna brzina rotora,
- obodna brzina rotora,
- korisnost motora η ako su ukupni gubici u njemu 3500W?
- Koliko treba platiti za energiju koju motor uzme iz mreže u trajanju od 24 sata, ako je opterećenje na osovini trajnog iznosa 40 kW, a cijena 1 kWh 50 lipa?

$$n = 1500 \text{ r/s} \quad P = 40000 \text{ W} \quad R = 0,5 \text{ m} \Rightarrow r = 0,25 \text{ m} \quad P_g = 3500 \text{ W} \quad t = 24 \text{ h} \quad 1 \text{ kWh} = 0,5 \text{ kn}$$

$$a) P = M \cdot \omega \Rightarrow M = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{\frac{2n\pi}{60}} = \frac{40000}{6,3662 \cdot 10^{-3}} = 254,6479 \text{ Nm}$$

$$b) \omega = \frac{2n\pi}{60} = 157,0796 \text{ rad/s}$$

$$c) v = \omega \cdot r = 157,0796 \cdot 0,25 = 39,2699 \text{ m/s}$$

$$d) \eta = \frac{P}{P + P_g} = \frac{40000}{43500} = 0,9195$$

$$e) W = P_{uk} \cdot t = (P + P_g) \cdot t = 43,5 \cdot 24 = 1044 \text{ kWh} \quad \text{trošak} = W \cdot 0,5 \text{ kn} = 522 \text{ kn}$$

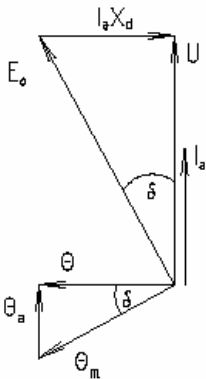
Trofazni sinkroni generator priključen je s 3 fazna vodiča i nul-vodom na potrošače koji su nesimetrično raspoređeni, pa uzimaju struje 150 A (pod kutom 90°), 150 A (pod kutom -30°) i 170 A (pod kutom -150°). Kolika će struja teći u nul-vodu?

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 = 150e^{j90^\circ} + 150e^{-j30^\circ} + 170e^{-j150^\circ}$$

$$I_0 = 150(\cos 90^\circ + j \sin 90^\circ) + 150(\cos(-30^\circ) + j \sin(-30^\circ)) + 170(\cos(-150^\circ) + j \sin(-150^\circ))$$

$$I_0 = j150 + 75\sqrt{3} - j75 - 85\sqrt{3} - j85 = -10\sqrt{3} - j10 = \sqrt{(-10\sqrt{3})^2 + (-10)^2} e^{j \arctg \frac{-10}{-10\sqrt{3}}} = 20e^{-j150^\circ}$$

Trofazni 4-polni sinkroni motor 600 kW, 400 V, 50 Hz, spojen u zvijezdu, ima sinkronu reaktanciju 0,6 Ω /fazi, a omski otpor se može zanemariti. Skicirajte fazorski dijagram i izračunajte kojem naponu E_0 mora odgovarati uzbuda motora ako treba da kod punog opterećenja motor radi s $\cos \varphi = 1$. Gubici u motoru iznose 5% nazivne snage.



$$P = 600 \text{ kW} \quad U = 400 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad \text{zvijezda} \quad 2p = 4$$

$$X_d = 0,6 \text{ } \Omega / \text{fazi} \quad \cos \varphi = 1 \quad P_g = 5\% \text{ od } P$$

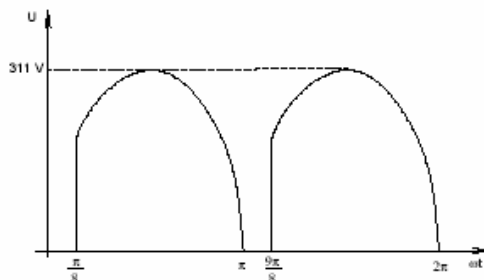
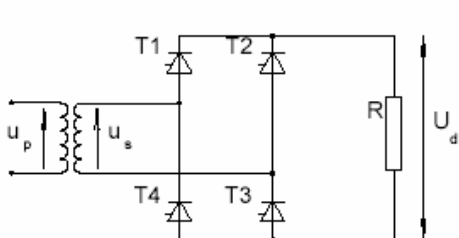
$$P_g = 0,05 \cdot P = 30 \text{ kW} \quad P_{uk} = P_g + P = 630 \text{ kW}$$

$$I_a = \frac{P_{uk}}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{630000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 909,3267 \text{ A}$$

$$\tan \delta = \frac{I_a X_d}{U_f} = \frac{I_a X_d}{\frac{U}{\sqrt{3}}} = \frac{909,3267 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{3}}{400} = 2,3625 \Rightarrow \delta = \arctan 2,3625 = 67,058^\circ$$

$$E_0 = \sqrt{U_f^2 + (I_a X_d)^2} = \sqrt{\frac{160000}{3} + (909,3267 \cdot 0,6)^2} = 592,4596 \text{ V}$$

Jednofazni punovalni tiristorski ispravljač priključen je na krutu mrežu napona $u = 220\sqrt{2} \sin(\omega t)$ [V]. Na ispravljač je priključeno trošilo kojem je omski otpor $R=16\Omega$. Kut upravljanja tiristorima je $\alpha=\pi/8$. Skicirajte shemu spoja i valni oblik napona na trošilu i izračunajte njegovu srednju i efektivnu vrijednost. Kolika je maksimalna vrijednost struje kroz trošilo. Zanemarite padove napona na tiristorima, induktivitetima i vodičima čitavog ispravljačkog kruga.



$$u = 220\sqrt{2} \sin(\omega t) \quad R = 16 \, \Omega \quad \alpha = \pi/8$$

$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/8}^{\pi} 220^2 \cdot 2 \cdot \sin^2(\omega t) d(\omega t)} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\int_{\pi/8}^{\pi} \left(\frac{1}{2} - \frac{\cos(2\omega t)}{2} \right) d(\omega t)} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{1}{2}\pi - \frac{1}{2} \frac{\pi}{8} + \frac{1}{4} \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$U_{ef} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sqrt{0,4375\pi + \frac{\sqrt{2}}{8}} = \frac{220\sqrt{2} \cdot 1,2455}{1,7725} = 218,6251 \, V$$

$$U_{sr} = \frac{1}{\pi} \int_{\pi/8}^{\pi} 220\sqrt{2} \sin(\omega t) d(\omega t) = -\frac{220\sqrt{2}}{\pi} (-1 - 0,9239) = \frac{220\sqrt{2} \cdot 1,9239}{\pi} = 190,531 \, V$$

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} = \frac{220\sqrt{2}}{16} = 19,4454 \, A$$

1. Voda, masenog protoka 200 kg/s, ulazi u pumpu kroz otvor promjera 20 cm i izlazi iz pumpe kroz otvor promjera 12 cm povećanog tlaka za 4 MPa. Specifični volumen vode je konstantan (0,001 m³/kg).

Treba odrediti minimalnu potrebnu snagu za pogon pumpe.

$$\dot{m} = 200 \, kg/s \quad d_1 = 20 \, cm = 0,2 \, m \quad d_2 = 12 \, cm = 0,12 \, m \quad \Delta p = 4 \, MPa \quad V_m = 0,001 \, m^3/kg \, (konst.)$$

$$w_t = -\left(V_m \cdot \Delta P + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \right) \quad (pumpa \Rightarrow - \text{jer ulažemo rad}) \quad P_{\min} = \dot{m} \cdot w_t \quad c = \frac{\dot{m}}{A \cdot \rho}$$

$$c_1 = \frac{\dot{m}}{\left(\frac{d_1}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot \rho} = \frac{200}{0,01 \cdot \pi \cdot 1000} = 6,3662 \, m/s \quad c_2 = \frac{\dot{m}}{\left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \cdot \pi \cdot \rho} = \frac{200}{0,0036 \cdot \pi \cdot 1000} = 17,6839 \, m/s$$

$$w_t = -\left(V_m \cdot \Delta P + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} \right) = w_t = -\left(0,001 \cdot 4000000 + \frac{312,7203 - 40,5285}{2} \right) = -4136,0959 \, J/kg$$

$$P_{\min} = \dot{m} \cdot w_t = 200 \cdot (-4136,0959) = -827219,18 \, W \approx -827 \, kW$$

2. Treba odrediti maksimalnu moguću snagu toplinskog stroja korištenjem energije izvora tople vode temperature 97°C .

Temperatura okolice je 17°C , a maseni protok tople vode $2,5 \text{ kg/s}$.

$$t = 97^{\circ}\text{C} \quad t_{oko} = 17^{\circ}\text{C} \quad \dot{m} = 2,5 \text{ kg/s}$$

Carnotov kružni proces:

$$\eta_{CKP} = 1 - \frac{T_{okolice}}{T_{dovedena}} = 1 - \frac{17 + 273,16}{97 + 273,16} = 1 - \frac{290,16}{370,16} = 0,21613$$

$$w = q_{dovedena} \cdot \eta_{CKP} = c_v (T_{dovedena} - T_{okolice}) \cdot \eta_{CKP} = 4186 \cdot 80 \cdot 0,21613 = 72375,189 \text{ J}$$

$$P_{\max} = w \cdot \dot{m} = 72375,189 \cdot 2,5 = 180937,973 \text{ W} \approx 181 \text{ kW}$$

3. Rankienov kružni proces ima termički stupanj djelovanja 35%, entalpiju na ulazu u generator pare 145 kJ/kg , entalpiju na izlazu iz turbine $2,2 \text{ MJ/kg}$ i rad pojne pumpe 10 kJ/kg .

Koliko specifične topline se dovodi generatoru pare u opisanom procesu?

$$\eta_{RKP} = 0,35 \quad h_2 = 145 \text{ kJ/kg} \quad h_4 = 2,2 \text{ MJ/kg} \quad w_{pumpa} = 10 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{pumpa} = h_2 - h_1 \Rightarrow h_1 = h_2 - w_{pumpa} = 135 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{RKP} = \frac{w_{turbina} - w_{pumpa}}{q_{gen.pare}} = \frac{(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)}{h_3 - h_2} \Rightarrow 0,35 \cdot h_3 - 0,35 \cdot 1,45 \cdot 10^3 = h_3 - 2,2 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow -0,65h_3 = -2,15925 \cdot 10^6 \Rightarrow h_3 = 3,219231 \cdot 10^6$$

$$q_{gen.pare} = h_3 - h_2 = 3,219231 \cdot 10^6 - 145 \cdot 10^3 = 3,176923 \cdot 10^6 \approx 3,18 \text{ MJ/kg}$$

4. Kolik i je potreban instalirani protok za protočnu hidroelektranu (aktivna visina 20 m , ukupni stupanj djelovanja 85%) da bi faktor opterećenja (kapaciteta) iznosio 90% ? Vjerojatnosna krivulja protoka ima oblik $Q(t) = 300 - 25 \cdot t$ [m^3/s] (t u mjesecima).

$$H_n = 20 \text{ m} \quad \eta = 0,85 \quad F.O. = 0,9 \quad Q(t) = 300 - 25 \cdot t$$

$$F.O. = \frac{W}{W_i} = \frac{8760 \cdot 9,80665 \cdot 1000 \cdot \eta \cdot Q_{sri} \cdot H_n}{8760 \cdot 9,80665 \cdot 1000 \cdot \eta \cdot Q_{ins} \cdot H_n} = \frac{0,85 \cdot Q_{sri} \cdot 20}{0,85 \cdot Q_{ins} \cdot 20} \Rightarrow 0,9 = \frac{Q_{sri}}{Q_{ins}} \Rightarrow Q_{sri} = 0,9 \cdot Q_{ins}$$

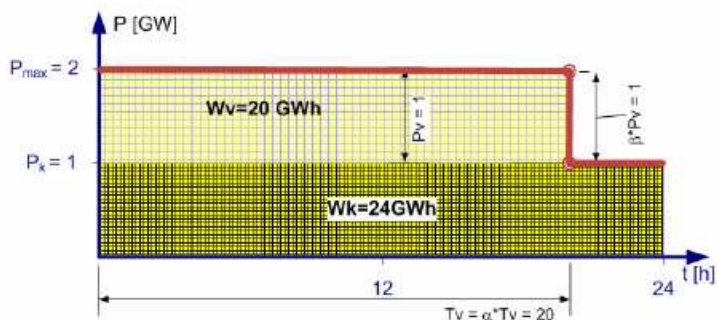
$$Q(12) = 300 - 25 \cdot 12 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{sri} = \frac{1}{12} \cdot \left(Q_{ins} \cdot t + \frac{Q_{ins} + Q(12)}{2} \cdot (12 - t) \right) \Rightarrow 12 \cdot 0,9 \cdot Q_{ins} = Q_{ins} \cdot \left(t + 6 - \frac{t}{2} \right) \Rightarrow 10,8 - 6 = \frac{t}{2} \Rightarrow t = 9,6$$

$$Q_{sr} = Q(9,6) = 300 - 25 \cdot 9,6 = 300 - 240 = 60 \Rightarrow Q_{sr} = Q_{ins} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. Za dnevni dijagram opterećenja aproksimiran s tri pravca poznata je konstantna snaga (1 GW), ukupna energija (44000 MWh) i trajanje konstantnog opterećenja (4 h).

Nacrtati dijagram trajanja opterećenja ako je suma koeficijenata α i β jednaka 2.



$$W_{uk} = 44000 \text{ MWh} = 44 \text{ GWh} \quad T_{\min} = 4 \text{ h} \quad P_{\min} = P_{\text{konst}} = 1 \text{ GW} \quad (\alpha + \beta) = 2$$

$$(\alpha + \beta)_{\max} = 2 \Rightarrow \alpha = \beta = 1 \quad T_v = 24 - T_{\min} = 20 \text{ h} \Rightarrow \alpha \cdot T_v = T_v = 20 \text{ h}$$

$$W_v = W_{\max} - W_k = 44 - 24 \cdot 1 = 20 \text{ GWh} \Rightarrow (\alpha + \beta) = 2 \cdot \frac{W_v}{T_v \cdot P_v} \Rightarrow P_v = \frac{W_v}{T_v} = \frac{20}{20} = 1 \text{ GW}$$

$$\beta \cdot P_v = P_v = 1 \text{ GW} \quad P_{\max} = P_{\text{konst}} + P_v = 1 + 1 = 2 \text{ GW}$$