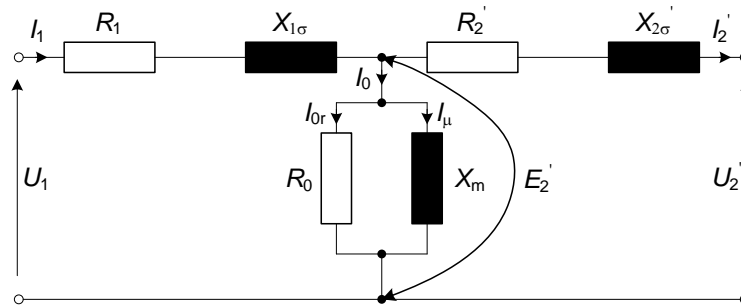


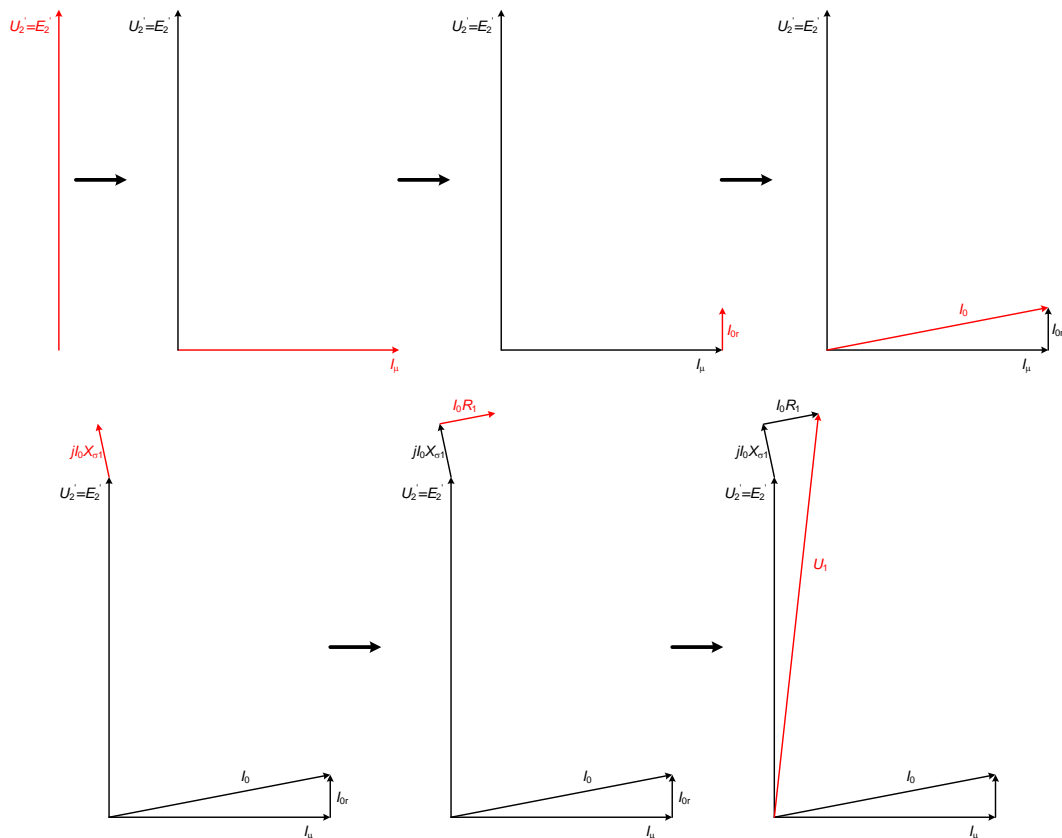
Zadatak 1 [4 boda]

Na slici 1 prikazana je T nadomjesna shema transformatora.



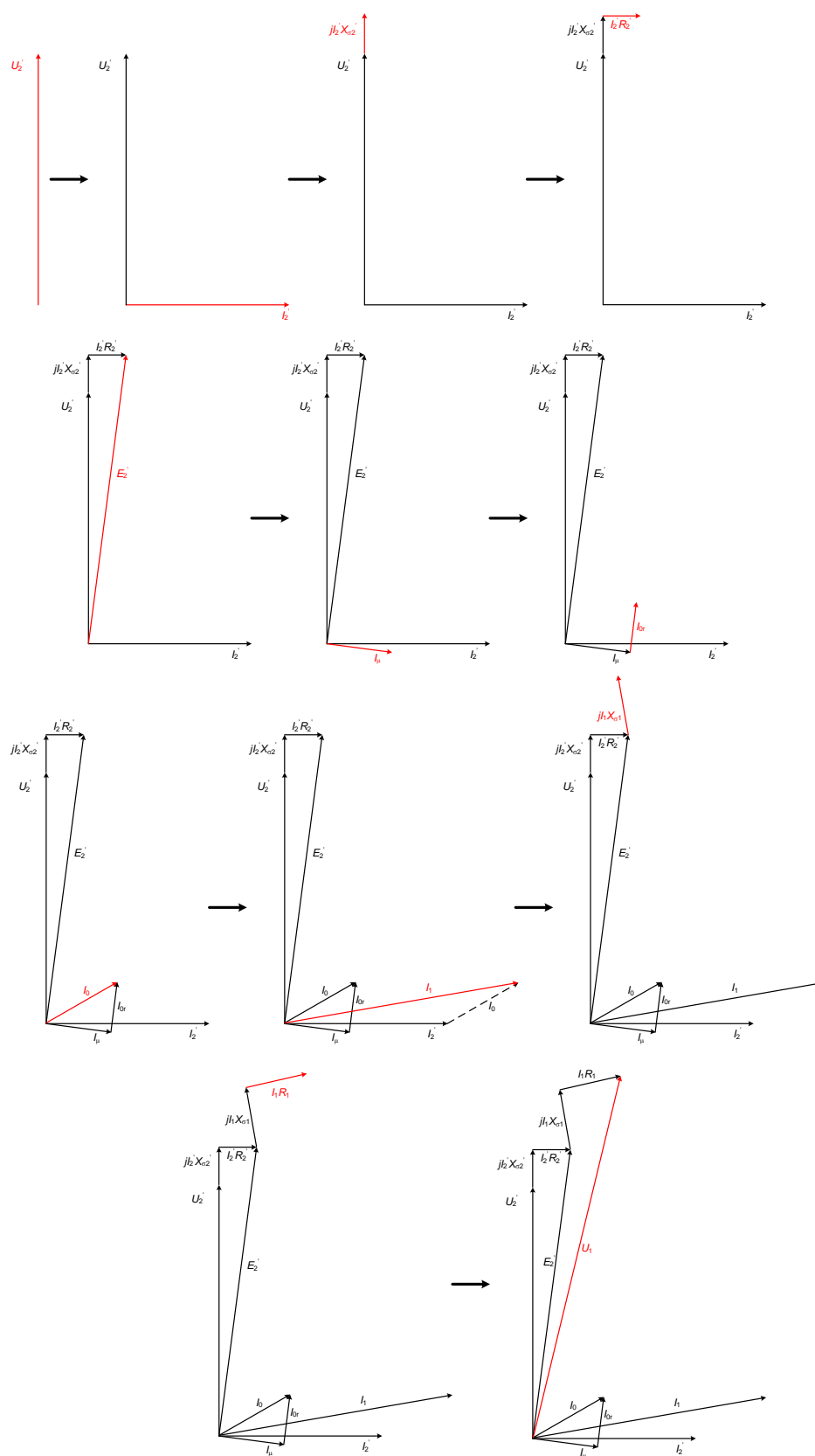
Slika 1: T nadomjesna shema transformatora

(a) U praznom hodu struja $I_2' = 0$ te se zanemaruje pad napona na otporu R_2' i reaktanciji $X_{\sigma 2}'$. Samim time je pad napona na poprečnoj grani jednak $U_2' = E_2'$. Pri crtanju fazorskog dijagrama kreće se, u ovom slučaju, od fazora $U_2' = E_2'$. Taj napon vlada na R_0 i X_m . Nakon toga nacrtaju se struje I_μ (okomita na fazor E_2' jer je reaktancija i kasni za naponom 90°) i I_{0r} (u istom smjeru kao fazor E_2' jer je radni otpor). Te dvije struje vektorski zbrojene daju struju I_0 , koja je u ovom slučaju i struja koja prolazi kroz primar jer se radi o praznom hodu. Na fazor E_2' potom se dodaje pad napona na reaktanciji $X_{\sigma 1}$ koji je jednak $I_0 X_{\sigma 1}$ i pad napona na otporu R_1 koji je jednak $I_0 R_1$. U konačnici se dobije napon na primaru U_1 . Postupak crtanja prikazan je na slici 2. (Napomena: j predstavlja okomitost.)



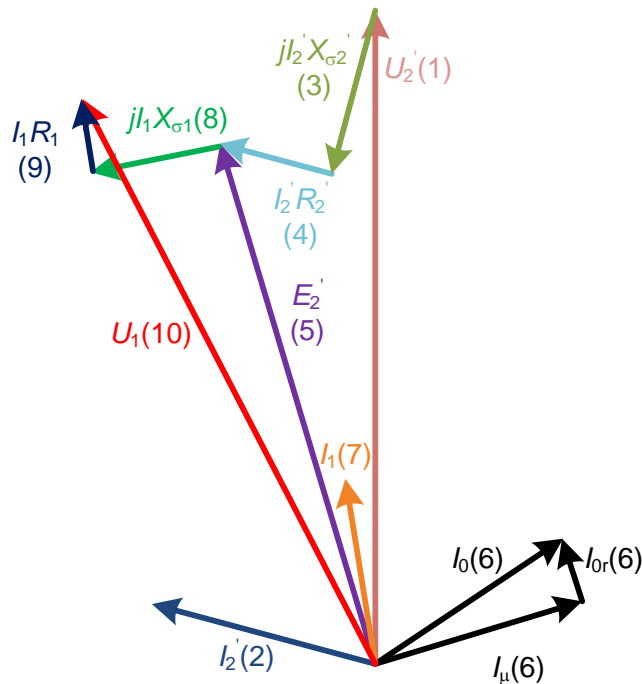
Slika 2: Fazorski dijagram za prazni hod transformatora

(b) Kod induktivnog opterećenja struja I_2' kasni za naponom U_2' za 90° . Ostatak postupka crtanja je više manje shvatljiv iz prethodnog zadatka, a prikazan je na slici 3.



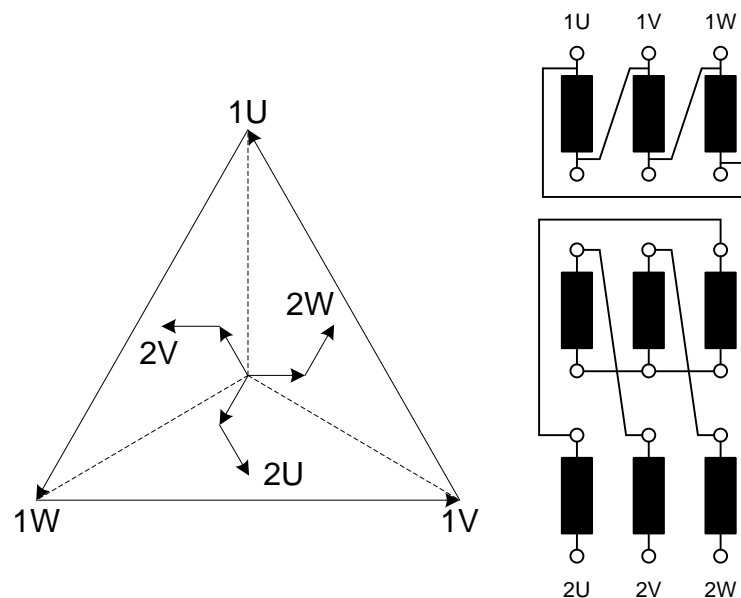
Slika 3: Fazorski dijagram za induktivno opterećenje transformatora

(c) Kod pretežno kapacitivnog opterećenja struja I_2' neće prethoditi naponu U_2' za 90° već za neki manji kut. Ostatak postupka crtanja je više manje shvatljiv iz prethodnih zadataka, a konačno rješenje prikazano je na slici 4. Uz pojedini fazor u zagradu je stavljen redni broj unosa fazora.



Slika 4: Fazorski dijagram za pretežno kapacitivno opterećenje transformatora

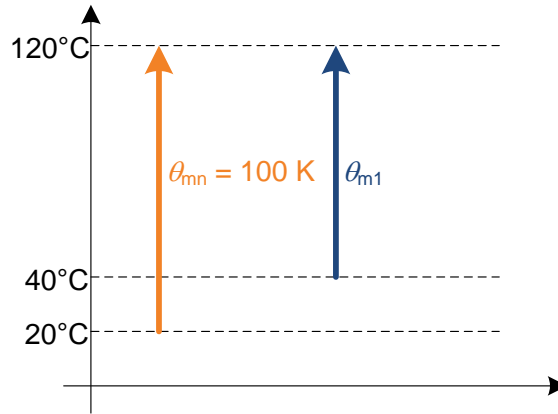
(d) Spoj Dz6 prikazan je na slici 5.



Slika 5: Spoj transformatora Dz6

Zadatak 2 [5 bodova]

Nadtemperatura je zapravo razlika između temperature okoline i konačne temperature na koju se transformator zagrije. Zadano je da se transformator pri nazivnom opterećenju, odnosno $\alpha = 1$, transformator zagrije za $\theta_{mn} = 100K$ nadtemperature. To znači da se transformator zagrije na temperaturu $\theta_{zag} = \theta_{ok1} + \theta_{mn} = 20 + 100 = 120^\circ C$.

**Slika 6:** Zagrijanje transformatora

(a) Ukoliko se temperatura okoline povisi na $40^\circ C$, to znači da se nadtemperatura smanji te je nova nadtemperatura jednaka $\theta_{m1} = \theta_{zag} - \theta_{ok1} = 120 - 40 = 80K$. Osim nadtemperature promijenila se i frekvencija, ali je napon mreže ostao isti. Za gubitke histereze i vrtložnih struja slijedi:

$$U_{50} = 4,44f_{50}NB_{50}S \quad (1)$$

$$U_{60} = 4,44f_{60}NB_{60}S \quad (2)$$

$$U_{50} = U_{60} \rightarrow \frac{B_{50}}{B_{60}} = \frac{f_{60}}{f_{50}} \quad (3)$$

$$\frac{P_{h50}}{P_{h60}} = \frac{k_h f_{50} B_{50}^2}{k_h f_{60} B_{60}^2} = \frac{f_{60}}{f_{50}} = \frac{60}{50} = 1,2 \quad (4)$$

$$\frac{P_{v50}}{P_{v60}} = \frac{k_v f_{50}^2 B_{50}^2}{k_v f_{60}^2 B_{60}^2} = 1 \quad (5)$$

$$P_{0,50} = P_{h50} + P_{v50} = \frac{2}{3}P_{v50} + P_{v50} = \frac{5}{3}P_{v50} \rightarrow P_{v50} = \frac{3}{5}P_{0,50}, \quad P_{h50} = \frac{2}{5}P_{0,50} \quad (6)$$

$$P_{h50} = \frac{2}{5} \cdot 2250 = 900W \quad (7)$$

$$P_{v50} = \frac{3}{5} \cdot 2250 = 1350W \quad (8)$$

$$P_{h60} = \frac{900}{1,2} = 750W \quad (9)$$

$$P_{v60} = 1350W \quad (10)$$

Sada se može naći novo opterećenje:

$$\frac{\theta_{m1}}{\theta_{mn}} = \frac{P_{0,60} + \alpha_1^2 P_{tn,60}}{P_{0,50} + \alpha_1^2 P_{tn,50}} \quad (11)$$

$$\frac{80}{100} = \frac{750 + 1350 + 5750\alpha_1^2}{900 + 1350 + 5750 \cdot 1^2} \quad (12)$$

$$\alpha_1 = 0,8648 \quad (13)$$

Transformator se može opteretiti sa snagom:

$$S_1 = \alpha_1 S_n = 0,8648 \cdot 400 = 345,9 \text{ kVA} \quad (14)$$

(b) Ovdje se samo gledaju gubici:

$$P_{gCu} = P_{gAl} \quad (15)$$

$$I_{Cu}^2 R_{Cu} = I_{Al}^2 R_{Al} \quad (16)$$

$$I_{Cu}^2 \frac{\rho_{Cu} l}{A} = I_{Al}^2 \frac{\rho_{Al} l}{A} \quad (17)$$

$$I_{Cu}^2 \frac{1}{\kappa_{Cu}} \frac{l}{A} = I_{Al}^2 \frac{1}{\kappa_{Al}} \frac{l}{A} \quad (18)$$

$$\frac{I_{Al}}{I_{Cu}} = \sqrt{\frac{\kappa_{Al}}{\kappa_{Cu}}} \quad (19)$$

Proporcionalno se odnose i prividne snage:

$$\frac{S_{Al}}{S_{Cu}} = \sqrt{\frac{\kappa_{Al}}{\kappa_{Cu}}} \rightarrow S_{Al} = 400 \cdot \sqrt{\frac{35}{56}} = 316,23 \text{ kVA} \quad (20)$$

Zadatak 3 [3 boda]

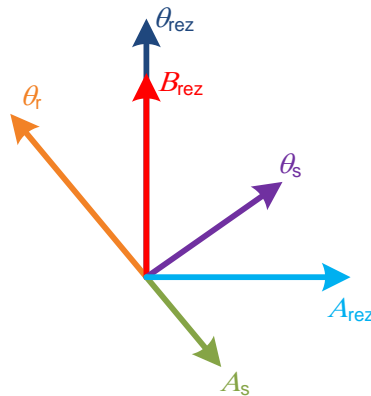
Za ovaj zadatak nema zadanih svih brojčanih podataka, osim broja polova $p = 2$ i "...razmak je 1/12 oboda...".

(a) U ovom dijelu zadatka iskoristi se formula

$$M_r = \frac{Dpl\pi}{2} B\theta_r \sin \delta_r \quad (21)$$

gdje je δ_r električki kut (!) koji se računa kao $\delta_r = p\alpha_g = 2 \cdot \frac{360}{12} = 60^\circ$. Ostali podaci su zadani i samo se uvrsti te dobije rješenje $M_r = 387,9 \text{ Nm}$.

(b)



Slika 7: Vektori protjecanja statora, resultantnog protjecanja i vektor strujnog obloga statora

(c) Generator.

Zadatak 4 [4 boda]

Vidi <http://materijali.fer2.net/> → Teorija električnih strojeva i transformatora → Zadaci za vježbu → Opća teorija (2009/10) → 3. zadatak.

Zadatak 5 [4 boda]

Zadano je: $2p = 2$, $N = 60$, $z_u = 2$, $I_f = 10kA$, $l = 3,7m$, $D = 1,235m$, $f = 50Hz$, $n = 3000min^{-1}$, $B_\delta = 0,863T$, dvoslojni. Potrebno je eliminirati 5. harmonik.

(a)

$$\alpha_{el} = p\alpha_g = 1 \cdot \frac{360}{60} = 6^\circ \quad (22)$$

$$q = \frac{N}{2pm} = \frac{60}{2 \cdot 3} = 10 \quad (23)$$

$$f_t = \sin\left(\frac{y}{\tau_p} \frac{\pi}{2}\right) = \sin\left(\frac{\left(1 - \frac{1}{\nu}\right) \tau_p \pi}{\tau_p} \frac{\pi}{2}\right) = \sin\left(\left(1 - \frac{1}{5}\right) \frac{\pi}{2}\right) = \sin\left(\frac{2\pi}{5}\right) = 0,951056516 \quad (24)$$

$$f_z = \frac{\sin\left(q \cdot \frac{\alpha_{el}}{2}\right)}{q \sin\left(\frac{\alpha_{el}}{2}\right)} = \frac{\sin\left(10 \cdot \frac{6^\circ}{2}\right)}{10 \sin\left(\frac{6^\circ}{2}\right)} = 0,95536613 \quad (25)$$

$$f_n = f_t f_z = 0,908607183 \quad (26)$$

$$w = \frac{N}{m} = \frac{60}{3} = 20 \quad (27)$$

$$\theta_{f1} = \frac{4}{\pi} \frac{I_f \sqrt{2}}{2a} \frac{w}{p} f_n = \frac{4}{\pi} \frac{10000 \sqrt{2}}{2} \frac{20}{1} \cdot 0,908607183 = 163606A \quad (28)$$

$$\theta_1 = \frac{3}{2}\theta_{f1} = 245410A \quad (29)$$

(b)

$$E_f = 4,44 \cdot f \cdot f_n \cdot w \cdot \Phi = 4,44 \cdot f \cdot f_n \cdot w \cdot B_\delta \frac{Dl}{p} \quad (30)$$

$$E_f = 4,44 \cdot 50 \cdot 0,908607183 \cdot 20 \cdot 0,863 \cdot 1,235 \cdot 3,71 = 15951,84051V \quad (31)$$

$$U_n = E_f \sqrt{3} = 27629,4V \quad (32)$$

Zadatak 6 [5 bodova]

Riješeno u Wolfu.