

Adı Soyadı:

No:

Salon:

5 Ocak 2016

İmza:

Öğretim Elemanınız:

ELEKTRİK MAKİNALARI I – DÖNEMSONU SINAVI
Çözümler sadece cevap kâğıdında verilmelidir – Süre 90 Dakikadır

Sonuçları kutu içine alınız.
Birimleri yazılmamış büyüklükler değerlendirilmeyecektir.
Cevap kâğıdını 4 yüzlü kullanınız.
Farklı sorulara verdiğiniz cevapları çizgi çizerek ayırınız.
OKUNAKLI YAZINIZ!

SORULAR

(1) **ÖÇ10** <10p> Sincap kafesli asenkron motorun çalışma prensibini en az 4 adet sebep sonuç ilişkisi göstererek açıklayınız. Gerekli eşitlikleri veriniz.

- a) 3 Fazlı gerilim (akım), birbirinden 120'şer derece ötelenmiş 3 fazlı sargıya uygulanınca, statorda n_s (senkron hız) hızında dönen döner alan oluşur.
- b) Bu döner alan sincap kafes çubuklarında $e=BLv$ (Faraday yasası – Hız gerilimi) ile gerilim indükler (v ; senkron hız ile rotor hızı arasındaki farktan kaynaklanan göreceli hızdır)
- c) Sincap kafes çubukları birbiri üzerinden kısa devre halkaları ile kısa devre olduğundan, bu gerilim rotor sargılarından (çubuklardan) akım akmasına neden olur (Ohm Yasası).
- d) Her bir kısa devre çubuğundan akan bu akımlar, döner alan altında $F=BiL$ 'den (Lorentz Kuvveti) kuvvet ve $T=F \cdot r$ ile moment indükleyerek rotorun dönmesini sağlar. Tüm çubuklar bileşke kuvvet ve momentler oluştururlar (hatta dipol kuvvet ve momentleri). Dış bir hızlandırıcı olmadığı sürece, rotor hızı her zaman döner alan hızından küçük kalır.

(2) **ÖÇ5** (2x5p) Çıkış gücü 72 VA olan, 220/12 V'luk bir transformatörün primerinde 1156 sarım olup, akım yoğunluğunu 2.2 A/mm^2 'dir. Sekonder sargı sarım sayısı ve sekonder bakır tel çapını belirleyiniz (Standart emaye kaplı tel kesidi istenmiyor).

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{220}{12} = 18.33 \quad N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{1156}{18.33} \cong 63 \text{ Sarım}$$
$$I_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{72}{12} = 6 \text{ Amper} ; q_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{6}{2.2} = 2.727 \text{ mm}^2 ; d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot q_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.727}{\pi}} = 1.863 \text{ mm}$$

(3) **ÖÇ6** (2x5p) 3 Fazlı bir güç transformatörünün primerinde üçgen bağlantı kullanmanın getireceği 2 avantajı yazınız.

- a) Mıknatıslanma akımının 3. harmoniği (tüm 3 ve 3'ün katı harmonik akımlar için geçerlidir) şebekeden çekilmez, bunun yerine devresini üçgen sargı içinden tamamlar.
- b) Dengesiz yükleri diğer fazlara dağıtarak daha iyi tolere eder.

(4) <ÖÇ4> (30p) 33 kV/11 kV, 2.5MVA, 50 Hz, üç fazlı Dyn11 bağlı, bağlı kısa devre gerilimi $\%v_k = \%6$ tam yükteki bakır kayıpları 24000W'dır. Bu transformator tam yüklükten primer güç faktörü 0.8 endüktiftir. Bu yük şartında sekonder geriliminin fazlararası değerini bulunuz (*Basitleştirilmiş eşdeğer devre kullanınız*)?

Çözüm:

$$\begin{aligned} V_{1Ln} &:= 33000V & V_{2Ln} &:= 11000V & f &:= 50\text{Hz} & \text{Üç fazlı Dyn11 bağlı} \\ v_k &:= 0.06 & P_{cun} &:= 24000W & S_n &:= 2500000V \cdot A \\ PF &:= 0.8 & \text{endüktif} & \text{tam yük} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{1Ln} &:= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1Ln}} & I_{1Ln} &= 43.739 \text{ A} & \text{delta bağlı} & I_{1n} &:= \frac{I_{1Ln}}{\sqrt{3}} & I_{1n} &= 25.253 \text{ A} \\ V_{1n} &:= V_{1Ln} & V_{1n} &= 3.3 \times 10^4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{2Ln} &:= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{2Ln}} & I_{2Ln} &= 131.216 \text{ A} & \text{yıldız bağlı} & I_{2n} &:= I_{2Ln} & I_{2n} &= 131.216 \text{ A} \\ V_{1k} &:= v_k \cdot V_{1n} & V_{1k} &= 1.98 \times 10^3 \text{ V} & V_{2n} &:= \frac{V_{2Ln}}{\sqrt{3}} & V_{2n} &= 6.351 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{k1} &:= \frac{P_{cun}}{3} & P_{k1} &= 8 \times 10^3 \text{ W} & R_{eq1} &:= \frac{P_{k1}}{I_{1n}^2} & R_{eq1} &= 12.545 \Omega \\ Z_{eq1} &:= \frac{V_{1k}}{I_{1n}} & Z_{eq1} &= 78.408 \Omega & X_{eq1} &:= \sqrt{Z_{eq1}^2 - R_{eq1}^2} & X_{eq1} &= 77.398 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos(0.8) &= 0.644 \text{ rad} \text{ geni} & \phi_{I1} &:= \frac{-0.644}{\pi} \cdot 180 = -36.8 \text{ derece (geni)} & i &:= \sqrt{-1} \\ \sin(-0.644) &= -0.6 & I_{1n} &:= I_{1n} \cdot (0.8 - i \cdot 0.6) & I_1 &= (20.202 - 15.152i) \text{ A} \\ a &:= \frac{V_{1n}}{V_{2n}} & a &= 5.196 \end{aligned}$$

Basitleştirilmiş eşdeğer devre çevre denkleminde

$$\begin{aligned} V_{2üssü} &:= V_{1n} - I_1 \cdot (R_{eq1} + i \cdot X_{eq1}) & V_{2üssü} &= (3.157 \times 10^4 - 1.374i \times 10^3) \text{ V} \\ |V_{2üssü}| &= 31.604 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_2 := \frac{|V_{2üssü}|}{a} \quad V_2 = 6.082 \times 10^3 \text{ V}$$

Sekonder yıldız bağlı olduğundan

$$V_{2L} := \sqrt{3} \cdot V_2 \quad V_{2L} = 10.535 \times 10^3 \text{ V}$$

Bu soru fazör diyagramdan da çözülebilirdi.

(5) <ÖÇ11, 2> (8x5p) 480 V, 60 Hz, 6 kutuplu, üç fazlı, üçgen bağlı bir sincap kafesli asenkron motorun statora indirgenmiş tam eşdeğer devre parametreleri:

$R_1 = 0.461\Omega$, $R'_2 = 0.258\Omega$, $X_1 = 0.507\Omega$, $X'_2 = 0.309\Omega$, $X_m = 30.74\Omega$ olup; mekanik kayıpları 2450W'tır. Motor bir mekanik yükü 1170 rpm hız ile sürmektedir.

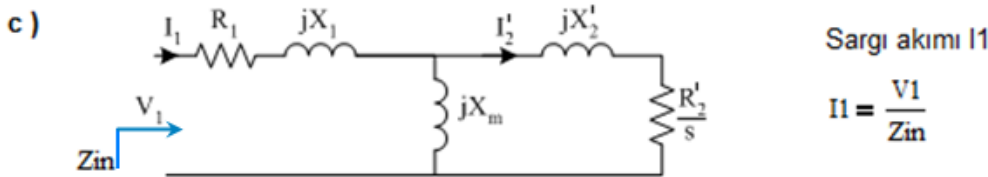
Aşağıdakileri hesaplayınız (*Tam eşdeğer devre kullanılacaktır, demir kayıpları ihmal edilmiştir*)

- a) Senkron hız b) Kayma c) Hat akımı d) Giriş gücü e) Hava aralığı gücü (iç güç)
f) Çıkış gücü g) Mil momenti h) Verim

Çözüm:

$V_{1L} := 480V$ $f_1 := 60 \text{ Hz}$ $p := 3$ $m_1 := 3$ üçgen bağlı $n := 1170 \text{ rpm}$ $P_{stv} := 2450W$
 $R_1 := 0.461\Omega$ $R_{2\text{üssü}} := 0.258\Omega$ $X_1 := 0.507\Omega$ $X_{2\text{üssü}} := 0.309\Omega$ $X_m := 30.74\Omega$

a) $n_s := \frac{60 \cdot f_1}{p}$ $n_s = 1200 \text{ rpm}$ b) $s := \frac{n_s - n}{n_s}$ $s = 0.025$



Giriş empedansı Z_{in} ;

$$Z_{in} = R_1 + i \cdot X_1 + \frac{i \cdot X_m \cdot \left(\frac{R_{2\text{üssü}}}{s} + i \cdot X_{2\text{üssü}} \right)}{\frac{R_{2\text{üssü}}}{s} + i \cdot (X_{2\text{üssü}} + X_m)}$$

$$Z_{in} = (9.57 + 3.841i) \Omega$$

Stator üçgen bağlı olduğundan $V_1 := V_{1L}$ $V_1 = 480V$

Stator sargı akımı $I_1 := \frac{V_1}{Z_{in}}$ $I_1 = (43.198 - 17.336i) A$ $|I_1| = 46.547 A$

$\varphi := \text{atan}\left(\frac{-17.336}{43.198}\right)$ $\varphi = -0.382 \text{ rad}$
 $\frac{\varphi}{\pi} \cdot 180 = -21.866 \text{ derece}$

Hat akımı $I_{1L} := \sqrt{3} \cdot |I_1|$ $I_{1L} = 80.622 A$

d) $P_1 := \sqrt{3} \cdot V_{1L} \cdot I_{1L} \cdot \cos(\varphi)$ $P_1 = 62.205 \times 10^3 W$

e) 1. yol: $P_i := P_1 - 3 \cdot (|I_1|)^2 \cdot R_1$ $P_i = 59.209 \times 10^3 W$

2. yol: $P_i := 3 \cdot (I_{2\text{üssü}})^2 \cdot \frac{R_{2\text{üssü}}}{s}$ bu yolda $I_{2\text{üssü}}$ nün hesaplanması gerekir

$$I_{2\text{üssü}} := \left| \frac{i \cdot X_m}{\frac{R_{2\text{üssü}}}{s} + i \cdot (X_{2\text{üssü}} + X_m)} \right| \cdot |I_1|$$
 $I_{2\text{üssü}} = 43.731 A$

$$P_i := 3 \cdot (I_{2\text{üssü}})^2 \cdot \frac{R_{2\text{üssü}}}{s}$$
 $P_i = 59.209 \times 10^3 W$

f) $P_2 := P_i - (3 \cdot I_{2\text{üssü}}^2 \cdot R_{2\text{üssü}}) - P_{stv}$ $P_2 = 55.279 \times 10^3 W$

g) $T := \frac{P_2}{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right)}$ $T = 451.174 Nm$ h) $\eta := \frac{P_2}{P_1}$ $\eta = 0.889$