

İsim:

No:

Salon:

16 Ocak 2014

İmza:

Öğretim Elemanı:

ELEKTRİK MAKİNALARI I – Final Sınavı - Çözümler ilgili boşluklarda verilmelidir – Süre 70 Dakikadır

Çözümlerde yaklaşık eşdeğer devre kullanılacaktır!

**Sonuçları kutu içine alınız.**  
**Birimleri yazılmamış büyüklükler değerlendirilmeyecektir.**  
**Okunaklı YAZINIZ!**

**(1) ÖÇ5) <10p>**  $f=50\text{Hz}$ ,  $S=100\text{ VA}$  olan bir çekirdek tipi bir güç transformatöründe çekirdek akı yoğunluğu  $B= 1\text{ Tesla}$ ; trafo göbek kesiti  $A = 1.3 \cdot \sqrt{S} \text{ [cm}^2\text{]}$  olacak şekilde sarılmıştır. Transformatör nüvesi  $1\text{T}$ 'dan sonra doymaya başlamaktadır. Bu transformatör sökölüp  $1000\text{V} / 100\text{V}$ 'luk bir gerilim ölçü trafosu tasarlanacaktır. Ölçü trafosunun  $5000\text{V}$ 'a kadar doymaması istenmektedir. Sarım başına indüklenecek gerilimi bulunuz.

$$A = 1.3 \cdot \sqrt{100} = 13 \text{ cm}^2$$

Nüve  $1\text{T}$ 'da doycak,  $5000\text{V}$ 'a kadar da doymayacak. Yani, gerilim ölçü trafosunun nominal primer tasarım gerilimi  $1000\text{ V}$  olacak, ama  $5000\text{V}$  a kadar lineerliğini kaybetmeden ölçüm yapabilmesi hedeflenmiş. Bu durumda  $1000\text{ V}$  'ta  $1\text{T}$  ile değil  $1/5\text{ T}$  'da çalışacak şekilde tasarlanmalı ki  $5000\text{V}$ 'a kadar doymasın:

$$\frac{E}{N} = 4.44 \cdot \phi \cdot f = 4.44 \cdot (B \cdot A) \cdot f = 4.44 \cdot \left[ \frac{1}{5} \cdot (13 \cdot 10^{-4}) \right] \cdot 50 = 0.05772 \text{ [Volt/Sarım]}$$

**(2) ÖÇ11) <10p>** Yıldız bağlanmış, 3 fazlı  $660\text{ V}$ ,  $50\text{ Hz}$ 'lik bir asenkron motor,  $380\text{V}$  luk 3 fazlı Türkiye şebekesine bağlanıyor. Yolalma anında hattın  $16\text{A}$  çekip  $18\text{ Nm}$  lik moment üretiyor. Bu motor aynı şebekeye üçgen bağlanıp yolverilmiş olsaydı, yolalma akımı (hat) ve moment ne olurdu?

$$I_{\Delta} = 3 \cdot I_Y \text{ (hat akımı cinsinden)} \quad ; \quad T_{\Delta} = 3 \cdot T_Y \quad @ \text{ yolalma anında}$$

$$\text{Üçgen yolvermede; } I_{\Delta} = 3 \cdot 16 = 48\text{ A (hat akımı cinsinden)} \quad ;$$

$$T_{\Delta} = 3 \cdot 18 = 54\text{ Nm} \quad @ \text{ yolalma anında}$$

**(3) ÖÇ4) <40p> 12)** 1250kVA, 50Hz, 31.5/6.3 kV, Yıldız/Üçgen bağlı, bağlı kısa devre gerilimi  $\%v_{sc} = \%5.5$ , boşa çalışma kayıpları 1950W, tam yükteki toplam kayıpları 14kW olan transformatörün boşa çalışmadaki güç faktörü 0.173 endüktiftir. Transformatör YG tarafından beslenmektedir (*Lüzumu halinde primere indirgenmiş yaklaşık eşdeğer devre kullanınız*).

**<10p>a)**  $I_{1Lo}$  (boşa çalışmada primer hattın çekilen akımı) **<10p>b)**  $I_{c1}$  ;  $I_{m1}$  (eşdeğer devredeki demir ve mıknatıslanma akımını) 'i bulunuz.

**<10p>c)**  $R_{eq1}$  ;  $X_{eq1}$  'i bulunuz. **<10p>d)** Tam yükte erişilebilecek maksimum verimi bulunuz.

**(a)**

$$(P_0)_{3\sim} = \sqrt{3} \cdot V_{1Ln} \cdot I_{1Lo} \cdot \cos\varphi_0 ; I_{1Lo} = \frac{(P_0)_{3\sim}}{\sqrt{3} \cdot V_{1Ln} \cdot \cos\varphi_0} = \frac{1950}{\sqrt{3} \cdot 31500 \cdot 0.173} ; \mathbf{I_{1Lo} = 0.207A}$$

**(b)** Primer Y bağlı olduğundan hat akımı=sargı akımı;  $I_{1Lo} = I_{1o} = 0.207A$

Yaklaşık eşdeğer devrede boşa çalışma akımının aktif bileşeni demir akımını, reaktif bileşeni ise mıknatıslanma akımını verecektir:

$$I_{c1} = I_{1o} \cdot \cos\varphi_0 = 0.207 \cdot 0.173 ; \mathbf{I_{c1} = 0.035741A}$$

$$\varphi_0 = \text{ArcCos}(0.173) = 80^\circ$$

$$I_{m1} = I_{1o} \cdot \sin\varphi_0 = 0.207 \cdot \sin(80^\circ) = 0.207 \cdot 0.985 ; \mathbf{I_{m1} = 0.203479A}$$

**(c)** Üç fazlı güç olarak;  $(P_{cun})_{3\sim} = (P_{Tam \text{ yük toplam kayıp}})_{3\sim} - (P_0)_{3\sim} = 14000 - 1950 ; (P_{cun})_{3\sim} = 12050W$

$$\text{Primer yıldız bağlı olduğundan } \mathbf{I_{1n} = I_{1Ln} = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_{1Ln}} = 22.911A}$$

$$\text{Tek faz bakır kaybının nom. değeri } \frac{(P_{cun})_{3\sim}}{3} = I_{1n}^2 \cdot R_{eq1} ; R_{eq1} = \frac{\frac{(P_{cun})_{3\sim}}{3}}{I_{1n}^2} = \frac{\frac{12050}{3}}{22.911^2} ; \mathbf{R_{eq1} = 7.652\Omega}$$

$$V_{1Lsc} = \frac{v_{sc}}{100} \cdot V_{1Ln} = \frac{5.5}{100} \cdot 31500 ; \mathbf{V_{1Lsc} = 1732.5V}$$

$$(P_{cun})_{3\sim} = \sqrt{3} \cdot V_{1Lsc} \cdot I_{1Ln} \cdot \cos\varphi_{sc} ; \varphi_{sc} = \text{ArcCos}\left(\frac{(P_0)_{3\sim}}{\sqrt{3} \cdot V_{1Lsc} \cdot I_{1Ln}}\right) = \text{ArcCos}\left(\frac{12050}{\sqrt{3} \cdot 1732.5 \cdot 22.911}\right)$$

$$\varphi_{sc} = 79.905^\circ$$

$$(Q_{sc})_{3\sim} = (P_{cun})_{3\sim} \cdot \tan\varphi_{sc} = 12050 \cdot \tan(79.905^\circ) ; (Q_{sc})_{3\sim} = 67685.744VAr$$

Tek fazda kaçak reaktanslar üzerindeki reaktif güç kaybının nominal değeri;

$$\frac{(Q_{sc})_{3\sim}}{3} = I_{1n}^2 \cdot X_{eq1} ; X_{eq1} = \frac{\frac{(Q_{sc})_{3\sim}}{3}}{I_{1n}^2} = \frac{\frac{67685.744}{3}}{22.911^2} ; \mathbf{X_{eq1} = 42.983\Omega}$$

**(d)**

$$\eta_\alpha = \frac{\alpha \cdot S_n \cdot \cos(\varphi_2)}{\alpha \cdot S_n \cdot \cos(\varphi_2) + P_0 + \alpha^2 \cdot P_{cun}}$$

Tam yükte  $\alpha = 1$ ; maksimum yük  $\cos(\varphi_2) = 1$ omik yükte gerçekleşir. Üç Fazlı güçleri kullanarak;

$$\eta_{\alpha=1} = \frac{1 \cdot 1250000 \cdot 1}{1 \cdot 1250000 \cdot 1 + 1950 + 1^2 \cdot 12050} ; \mathbf{\eta_{\alpha=1} = 0.989 \text{ yada } \% \eta_{\alpha=1} = \%98.9}$$

**(4) ÖÇ11) <10p>** Güçleri, gerilimleri, stator dirençleri, demir + mekanik kayıpları ve kutup sayıları aynı olan iki tane asenkron motordan, 1. motor anma gücünde 0.03; 2. Motor ise anma gücünde 0.06 kayma ile dönmektedir. Hangi motorun verimi daha büyüktür? Neden? İzah ediniz (Her iki motor da 380V 50Hz'lik üç fazlı TR şebekesinde çalışmaktadır).

*Verilen parametreler ile yapılan değerlendirme:*

Sorudaki parametreler ile durum değerlendirildiğinde

Küçük kaymalı olanın rotor bakır kayıpları küçüktür ( $P_{cu2} = s \cdot P_{2n}$ )

Kayıpların küçük olması verimin büyük olması anlamına gelir. Eşitlikler için ders notlarına bakınız.

*Diğer bir açıklama şöyle olabilir:*

$\eta = \frac{P_2}{P_1}$  her iki motor da anma gücünde çalışıyor  $P_{2n\_motor1} = P_{2n\_motor2}$

$P_{in} = \frac{P_{2n}}{(1 - s_n)}$  aynı çıkış gücünde kayması küçük olan motorun iç gücü küçük olacaktır.

Verilen parametreler ile  $P_{1n} \approx P_{in}$  orantılıdır.

Aynı işi daha küçük giriş gücü ile yapacak olan 1. Motor için verim daha büyük olacaktır.

**(5) ÖÇ11) <30p>** Eşdeğer devre parametreleri  $R_1=0.09 \Omega$ ,  $R_2'=0.1 \Omega$ ,  $X_{1\sigma}=0.3 \Omega$ ,  $X_{2\sigma}'=0.35 \Omega$  olarak verilen, statoru üçgen bağlı 4 kutuplu sincap kafesli bir asenkron motor, 380V - 50Hz 'lik şebekeden beslenerek 350 Nm 'lik bir yükü tahrik etmektedir. Motorun devir sayısını bulunuz.

$$V_1 := 380 \text{ V (üçgen)} \quad p := 2 \quad f := 50 \text{ Hz} \quad m_1 := 3$$

$$R_1 := 0.09 \Omega \quad R_2' := 0.1 \Omega \quad X_{\sigma 1} := 0.3 \Omega \quad X_{\sigma 2}' := 0.35 \Omega \quad M_y := 350 \text{ Nm}$$

$$\frac{m_1 \cdot p \cdot \frac{R_2'}{s} \cdot (V_1)^2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left[ \left( R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_{\sigma 1} + X_{\sigma 2}')^2 \right]} = M_y \quad \frac{\frac{8.664 \cdot 10^4}{s}}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left[ \left( 0.09 + \frac{0.1}{s} \right)^2 + (0.3 + 0.35)^2 \right]} = 350$$

$$s_m := \begin{pmatrix} .01308353176320267780 \\ 1.7750107246871737923 \end{pmatrix}$$

$$s_0 = 0.013$$

$s_0$  0 ile 1 arasında olduğu için seçilir.

$$s_1 = 1.775$$

$$n_s := 60 \cdot \frac{f}{p} \quad n_s = 1.5 \cdot 10^3 \text{ d/d} \quad n := n_s \cdot (1 - s_0) \quad n = 1.48 \cdot 10^3 \text{ rpm olur.}$$