

ELEKTRİK MAKİNALARI I – DÖNEMSONU SINAVI – 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!****Program Çıktısı- Soru ilişkisi: PÇ1=Soru 4, 5; PÇ2=Soru 1, 3, 4, 5; PÇ3=Soru 2****SORULAR**

(1) <ÖÇ9><10p> Dönmekte olan 3 fazlı sincap kafesli-yıldız bağlı bir asenkron motorun, statoru 3 fazlı şebekeden ayrılıp, statorun 2 ucu birleştirilip bu uçtan + ve diğer 3. uçtan da - olmak üzere doğru gerilim uygulanmaktadır (Bu bağlantı değişiklik çok kısa sürede gerçekleşmekte olup, bu esnada motor kendi ataleti ile aynı yönde dönmeye devam etmektedir). Bağlantı değişikliğinden itibaren motorun işletiminde neler olduğunu, son durumun ne olacağını en az 4 adet sebep sonuç ilişkisi göstererek açıklayınız. Gerekli eşitlik ve şekilleri (lüzumu halinde) veriniz.

- Doğru akım uygulandıktan sonra döner alan yerine duran alan (sabit) oluşur.
- Duran alan, atalet nedeniyle halen dönmekte olan sincap kafes çubuklarında $-e=BL(-v)$ gereği emk indükler. Bu durumda stator ile rotor arasındaki göreceli hız yön değiştirmiştir; rotor duran alana göre önde gitmeye başlamıştır. e yön değiştirerek $-e$ olur.
- Bu (-) emk, kısa devre halindeki sincap kafes çubuklarından, döner alan bulunması durumuna göre test yönde akım akmasına neden olur. e; $-e$ ye gittiğinden; i de $-i$ ye gider. $-i=(-e)/Z$
- Her bir çubuktan akan ters yönlü akım, $-F=B(-i)L$ gereği sincap kafes çubuklarında ters kuvvet ve $-T=(-F)r$ gereği ters moment indükler.
- Ters moment, ataletten kaynaklanan hareketi frenleyici etki yapar. Rotor hızla yavaşlar ve durur.

Kısaca normalde statordaki döner alanı takip ederek hızlanan rotor; bu kez statordaki duran alanı takip ederek durur.

(2) <ÖÇ5><10p> Nominal gücü $S_n=80$ VA olan, 220/24V, 50Hz'lik bir transformatörün primerinde 1156 sarım olup, trafo göbek kesiti $A = 1,3 \cdot \sqrt{S_n}$ [cm²] olacak şekilde sarılmıştır. Transformatörün akı yoğunluğunu bulunuz (*yaklaşık kabuller yapılabilir*).

$$V_1 \cong E_1 = 4.44 \cdot \Phi \cdot f \cdot N_1$$

$$220 = 4,44 \cdot \Phi \cdot 50 \cdot 1156 \quad ; \quad \Phi = 857,259 \cdot 10^{-6} \text{ Weber}$$

$$A = 1.3 \cdot \sqrt{S_n} = 1,3 \cdot \sqrt{80} = 11,628 \text{ cm}^2 \quad ; \quad B = \frac{\Phi}{A} = \frac{857,259 \cdot 10^{-6}}{11,628 \cdot 10^{-4}} = 0,737 \text{ Tesla}$$

(3) <ÖÇ7><2x5p> Asenkron motorun statorunda döner alanın oluşabilmesi için gerekli olan en az 2 gerekli şeyi belirtiniz.

- Birbirinden uygun elektriki açı ötelenmiş en az 2 fazlı sarım (2 fazda sargılar 90 derece elektriksel açı ötelenmeli, 3 fazlı sistem için 120 şer derece elektriksel açı ötelenmiş) sarılmalı
- Fazlara ilişkin bobinler kaç derece elektriki açı ötelenmiş ise, fazlara uygulanacak gerilimler de ilgili elektriksel açıda ötelenmiş olmalıdır (2 fazlı sargı için 90'ar derece elektriki açı faz farklı; 3 fazlı sargı için, birbirinden 120 şer elektriki derece ötelenmiş gerilimler uygulanmalıdır).

(4) <ÖÇ4> 1000 kVA, 20000/400V, bağıl kısa devre gerilimi $\%v_k = \%6$, bağıl boşa akım $\%i_0 = \%3$, $f=50\text{Hz}$, Dy5 bağıl transformatörün boşa çalışma kayıpları 3460W, kısa devre kayıpları 15900W'tır.
<4x5p>a) Primere indirgenmiş (yüksek gerilim tarafı) yaklaşık eşdeğer devre parametrelerini hesaplayınız.
<10p>b) $\%70$ yüklenmede ve 0.85(endüktif) güç faktöründe verimi bulunuz.

Çözüm: (Güncellendi. Çözümdeki mavi açıklamaya bakınız.)

$$S_n := 1000 \cdot 10^3 \text{ VA} \quad V_{1Ln} := 20000 \text{ V} \quad V_{2Ln} := 400 \text{ V} \quad \text{Dy5}$$

$$\text{Prim. üçgen bağı} \quad V_{1n} := V_{1Ln} \quad V_{1n} = 2 \times 10^4 \text{ V} \quad \text{Sekonder yıldız bağı} \quad V_{2n} := \frac{V_{2Ln}}{\sqrt{3}} \quad V_{2n} = 230.9401 \text{ V}$$

ilk yayınlanan çözümde vsc=0.04 kalmış, yanılardan 1 tanesinde (mavi kutu) hata olmuştur. Bu sürümde o hata düzeltilmiştir

$$P_{sc} := 15900 \text{ W} \quad P_0 := 3460 \text{ W} \quad v_{sc} := 0.06 \quad i_0 := 0.03$$

$$(a) \quad I_{1Ln} := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1Ln}} \quad I_{1Ln} = 28.86 \text{ A} \quad I_{2Ln} := \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{2Ln}} \quad I_{2Ln} = 1.4434 \times 10^3 \text{ A}$$

$$a := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 86.6025 \quad I_{1n} := \frac{I_{1Ln}}{\sqrt{3}} \quad I_{2n} := I_{2Ln}$$

$$i_0 := \frac{I_{10}}{I_{1n}} \quad I_{10} := i_0 \cdot I_{1n} \quad I_{10} = 0.5 \text{ A} \quad I_{1L0} := \sqrt{3} \cdot I_{10}$$

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot V_{1L} \cdot I_{1L0} \cdot \cos \phi_{i0} \quad \phi_{i0} := \arccos \left[\frac{P_0}{(\sqrt{3} \cdot V_{1Ln} \cdot I_{1L0})} \right] \quad \phi_{i0} = 1.4552 \text{ rad}$$

$$P_c := P_0 \quad \phi_{i0} \cdot \frac{180}{\pi} = 83.3771 \text{ derece}$$

Primere (yüksek gerilim tarafına) indirgenmiş eşdeğer devre elemanları

$$R_c := \frac{V_{1n}}{I_{10} \cdot \cos(\phi_{i0})} \quad R_c = 346820.809 \text{ Ohm}$$

$$X_m := \frac{V_{1n}}{I_{10} \cdot \sin(\phi_{i0})} \quad X_m = 40269 \text{ Ohm}$$

$$P_{cun} := P_{sc}$$

$$V_{1sc} := v_{sc} \cdot V_{1n} \quad V_{1sc} = 1.2 \times 10^3 \text{ V} \quad Z_{eq} := \frac{V_{1sc}}{I_{1n}} \quad Z_{eq} = 72 \text{ Ohm}$$

$$R_{eq} := \frac{\frac{P_{cun}}{3}}{I_{1n}^2} \quad R_{eq} = 19.08 \text{ Ohm} \quad R_1 \text{ yaklaşık } R_2' \text{ ise } \frac{R_{eq}}{2} = 9.54 \text{ Ohm}$$

$$X_{eq} := \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} \quad X_{eq} = 69.426 \text{ Ohm} \quad X_1 \text{ yaklaşık } X_2' \text{ ise } \frac{X_{eq}}{2} = 34.713 \text{ Ohm}$$

$$(b) \quad \text{Yüklenme oranı } \alpha := 0.7 \quad \text{Güç Faktörü } PF := 0.85 \text{ endüktif}$$

$$\eta := \frac{\alpha \cdot S_n \cdot PF}{\alpha \cdot S_n \cdot PF + P_c + \alpha^2 \cdot P_{cun}} \quad \cos \phi := 0.85 \quad \eta = 0.9814$$

(5) <ÖÇ5,8> Yaklaşık Eşdeğer (L tipi) devre parametreleri; $R_1 = 0.1 \Omega$, $R_2' = 0.15 \Omega$, $X_{1\sigma} = 0.35 \Omega$, $X_{2\sigma}' = 0.4 \Omega$ olarak verilen, yıldız bağlı, tam yükte demir kayıpları bakır kayıplarına eşit olan, 6 kutuplu sincap kafesli bir asenkron motor, 380V, 50Hz'lik şebekeden besleniyor. Motora enerji verilip yol aldıktan sonra 400 Nm'lik bir yükü tahrik etmektedir (P_{s+v} ihmal edilmiş olup, yaklaşık eşdeğer devre kullanılacaktır).

<15>a) Motorun yüklü haldeki devir sayısını bulunuz.

<15>b) Bu yük altında motorun verimini bulunuz.

<10>c) Motor bu yük altında yol alabilir mi? İspatlayarak gösteriniz.

Çözüm:

a)

$$V_1 = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}; \quad T_{yük} = 400 = \frac{3 \cdot p \cdot \frac{R_2'}{s} \cdot V_1^2}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_{1\sigma} + X_{2\sigma}')^2 \right]}$$

Kökler $s_1 = 0,049016$ ve $s_2 = 0,8018$ olarak bulunur. s_2 devrilme kaymasından büyüktür, kararlı çalışma olmayacağı için seçilmez.

$$n_s = \frac{60 \cdot f_s}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ rpm}$$

$$n = (1 - s_1) \cdot n_s = (1 - 0,049016) \cdot 1000 \cong 951 \text{ rpm}$$

$$\text{b) } Z_e = R_1 + \frac{R_2'}{s_1} + j \cdot X_{1\sigma} + j \cdot X_{2\sigma}' = 3,16 + j0,75 \Omega$$

$$I_2' = \frac{V_1}{|Z_e|} = \frac{220}{3.248} = 67,5472 \text{ A}$$

$$P_{cu} = 3 \cdot P_{cu2} + 3 \cdot P_{cu1} = 3 \cdot I_2'^2 \cdot R_2' + 3 \cdot I_2'^2 R_1 = 2053,2 + 1368,8 = 3422 \text{ W}$$

$$P_{fe} = P_{cu} = 3422 \text{ W}$$

$$P_2 = T \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \right) = 39835 \text{ W}; \quad P_{s+v} \cong 0$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{kayıp}} = \frac{39835}{39835 + 3422 + 3422} \cdot 100 = \%85,338$$

c) yol verme esnasından $s=1$

$$T_{yv} = \frac{3 \cdot p \cdot \frac{R_2'}{1} \cdot V_1^2}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{1} \right)^2 + (X_{1\sigma} + X_{2\sigma}')^2 \right]} \cong 331 \text{ Nm}$$

$T_{yük} > T_{yv}$ olduğundan motor yol alamaz.