

**ELEKTRİK MAKİNALARI I – BÜTÜNLEME 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>** Dönmekte olan 3 fazlı sincap kafesli-yıldız bağlı sincap kafesli bir asenkron motor bir yüke bağlıdır. Aşağıdaki senerayoya göre oluşacak durumları motorun akımı ve devir sayıları hakkında da bilgi vererek izah ediniz.

**<3p>a)** (Yükün yolverme anında talep ettiği moment, motorun ürettiğinden küçük kalmakta olup, anma hızında nominal moment çekmektedir.) Motora anma gerilimi verilir ve uzun bir süre geçerse ne olur?

*Motor yolverme akımı ile başlayıp hızlanır. Hızlanınca çektiği akım azalır. Motor hızlanmasını tamamladığında nominal devir ve nominal akım ile çalışmasına devam eder.*

**<4p>b)** (a) daki durumdan sonra, yük momentini motorun devrilme momentinden daha büyük bir değere erişir ve sabit kalır. Ne olur?

*Motor devrilir. Devir sayısı sıfıra gider, bir anlamda kısa devre (bloke rotor) durumuna gelir. Enerji altında olduğundan yolverme akımını sürekli olarak çeker. Tehlikelidir. Motor devreden çıkartılmazsa ısı artışı sebebiyle sargılar yanar.*

**<3p>c)** (b) deki durumdan 20 saniye sonra yük tamamen devre dışı kalıyor. Ne olur?

*(Sargılar yanmamış ise) Motor tekrardan yolalmaya başlar. Motor hızlanır. Boşta çalışma devri sayısına erişir. Akımı da boşta çalışma akımına erişir.*

**(2) <ÖÇ5><10p>** Nominal gücü  $S_n=80$  VA olan, 50Hz'lik bir transformatörün primerinde 1000 sarım olup, trafo göbek kesiti  $A = 1,3 \cdot \sqrt{S_n}$  [cm<sup>2</sup>] olacak şekilde sarılmıştır. Transformatörde kullanılan manyetik malzemenin B-H eğrisi 1 Tesla'ya kadar tamamen lineer olup, 1 Tesla'ya geldiğinde birden bire tamamen doymaktadır. Bu transformatör doymaksızın primerine uygulanacak gerilim kaç Volt'tan küçük kalmalıdır. (yaklaşık kabuller yapılabilir).

$$A = 1,3 \cdot \sqrt{S_n} = 1,3 \cdot \sqrt{80} = 11,628 \text{ cm}^2 ; \Phi = B_m \cdot A = 1 \cdot 11,628 \cdot 10^{-4} = 11,628 \cdot 10^{-4} \text{ Weber}$$

$$V_1 \cong E_1 = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot N_1$$

$$V_1 \cong E_1 = 4,44 \cdot 11,628 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 1000 ; V_1 \cong E_1 = 258,142V' \text{ tan küçük kalmalıdır.}$$

**(3) <ÖÇ4><2x2,5p>** Regülasyon hesabı için gerekli bağıntıyı yazınız. Bir trafonun; sırasıyla omik, tam endüktif ve tam kapasitif (3 ayrı durum için) tam yükte yüklenmesi durumu için Regülasyonun alacağı değerlerin işaretlerini (+/-) veriniz (sonucu neye dayandırarsınız belirterek).

$$\%Reg = \frac{|V_{2,boşta}| - |V_{2,yükte}|}{|V_{2,yükte}|} \cdot 100$$

<b>Yük tipi</b>	<b>Çıkış Gerilimi <math>V_2</math> (artar? /ciddi azalır? / değişmez? gibi)</b>	<b>Regülasyonun işareti (+ / -)</b>
<b>Omik</b>	<b>Azalır</b>	<b>+</b>
<b>Tam Endüktif</b>	<b>Ciddi Azalır</b>	<b>+</b>
<b>Tam Kapasitif</b>	<b>Artar</b>	<b>-</b>

**(4) <ÖÇ4> (30p)** 10.5 kV/0.4 kV, 1000kVA, 50 Hz, üç fazlı Yd bağlı, bağlı kısa devre gerilimi  $\%v_k = \%6$ , tam yükteki bakır kayıpları 10500W'dır. Bu transformator  $\%90$  yükünde güç faktörü 0.8 ileri olan bir yükü beslemektedir. Bu yük şartında sekonderde nominal geriliminin olması için primer fazarası gerilimini bulunuz (*Basitleştirilmiş eşdeğer devre kullanınız*)?

$$\begin{aligned} V_{1Ln} &:= 10500V & V_{2Ln} &:= 400V & f &:= 50\text{Hz} & \text{Üç fazlı Yd bağlı} \\ v_k &:= 0.06 & P_{cun} &:= 10500W & S_n &:= 1000000V \cdot A \\ PF &:= 0.8 & \text{ileri} &= & \text{yüklenme oranı} & \alpha &:= 0.9 \\ & & & & & & \text{Kapasitif} \end{aligned}$$

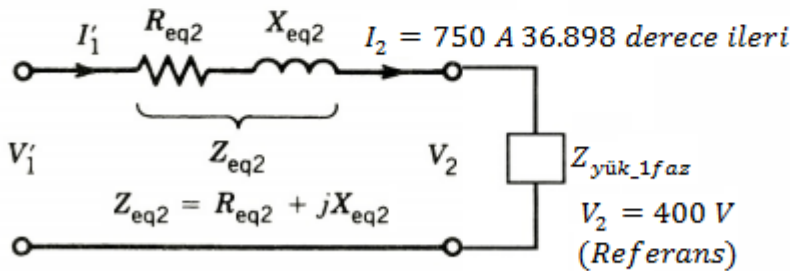
$$\begin{aligned} I_{1Ln} &:= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1Ln}} & I_{1Ln} &= 54.986 \text{ A} & \text{primer yıldız bağlı} & I_{1n} &:= I_{1Ln} & I_{1n} &= 54.986 \text{ A} \\ V_{1n} &:= \frac{V_{1Ln}}{\sqrt{3}} & V_{1n} &= 6.062 \times 10^3 \text{ V} \\ I_{2Ln} &:= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V_{2Ln}} & I_{2Ln} &= 1.443 \times 10^3 \text{ A} & \text{Sekonder üçgen bağlı} & I_{2n} &:= \frac{I_{2Ln}}{\sqrt{3}} & I_{2n} &= 833.333 \text{ A} \\ V_{2k} &:= v_k \cdot V_{2n} & V_{2k} &= 24 \text{ V} & V_{2n} &:= V_{2Ln} & V_{2n} &= 400 \text{ V} \end{aligned}$$

**Yol 1: İkinci tarafa indirgenmiş basitleştirilmiş eşdeğer devre kullanıldı.**

Yükün faz açısı sekonder gerilimine göre verilmiş olduğundan, sekonderi referans almak gerekli.

$$\begin{aligned} P_{k1faz} &:= \frac{P_{cun}}{3} & P_{k1faz} &= 3.5 \times 10^3 \text{ W} & R_{eq2} &:= \frac{P_{k1faz}}{I_{2n}^2} & R_{eq2} &= 5.04 \times 10^{-3} \Omega \\ Z_{eq2} &:= \frac{V_{2k}}{I_{2n}} & Z_{eq2} &= 0.029 \Omega & X_{eq2} &:= \sqrt{Z_{eq2}^2 - R_{eq2}^2} & X_{eq2} &= 0.028 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos(0.8) &= 0.644 \quad \text{rad geri} & \Phi_{I2} &:= \frac{0.644}{\pi} \cdot 180 = 36.898 \text{ derece (ileri)} & i &:= \sqrt{-1} \\ \sin(0.644) &= 0.6 & I_2 &:= \alpha \cdot I_{2n} \cdot (0.8 + i \cdot 0.6) \\ a &:= \frac{V_{1n}}{V_{2n}} & a &= 15.155 & I_2 &= (600 + 450i) \text{ A} & |I_2| &= 750 \text{ A} \end{aligned}$$



**Basitleştirilmiş eşdeğer devre çevre denkleminde**

$$\begin{aligned} V_{1üssü} &:= V_{2n} + I_2 \cdot (R_{eq2} + i \cdot X_{eq2}) & V_{1üssü} &= (390.264 + 19.281i) \text{ V} \\ |V_{1üssü}| &= 390.74 \text{ V} \\ V_1 &:= a \cdot |V_{1üssü}| & V_1 &= 5.922 \times 10^3 \text{ V} \\ \text{Primer yıldız bağlı olduğundan} & & V_{1L} &:= \sqrt{3} \cdot V_1 & V_{1L} &= 10.257 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

**Yol 2:** Soru, eşdeğer devre parametreleri primere indirgenerek de çözülebilir idi. Bu durumda yükün primere indirgenmesi gerekir idi. Fakat yine, çözümde bu kez  $V_2'$  referans alınarak çevre denklemini çözülmeliydi (Zira bilinen şey  $V_2'$  ile  $I_2'$  arasındaki faz farkını yükün getirmesi idi).

**(5) <ÖÇ5,8>** 380V, 50Hz şebekeden beslenen 1450 rpm'lik yıldız bağlı sincap kafesli bir asenkron motorun devrilme momenti 500 Nm'dir. Motora enerji verilip yol aldıktan sonra (*yaklaşık eşdeğer devreyi kullanınız, çözümleri eşitlikleri kurarak veriniz!*),

**<20>a)** Motor, değeri hızdan bağımsız olan 200 Nm'lik bir yükü sürmektedir. Gerilim düşüyor. Motorun hangi gerilim değerine kadar yükü hareket ettirmeye devam eder. Bu şebeke geriliminin fazlarsaı değerini belirleyiniz.

**<10>b)** Motorun fazlar arası 380 V ve 220 V'luk gerilim uygulanması hallerinde çekilecek yol verme akımlarının oranını bulunuz ( $I_{yv\_@380V}/I_{yv\_@220V} = ?$ ).

**<10>c)** Motorun fazlar arası 380 V ve 220 V'luk gerilim uygulanması hallerinde motorun üreteceği yol verme momentlerinin oranını bulunuz ( $T_{yv\_@380V}/T_{yv\_@220V} = ?$ ).

**Çözüm:**

**a)**

*$s_d$  motorparametrelerine (ve frekansa)bağılıdır.Dolayısı ile işlemler süresince değişmez.*

$$\text{yaklaşık eşdeğer devre } T_d = 500 = \frac{3 \cdot p \cdot \frac{R'_2}{s_d} \cdot V_1^2}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s_d} \right)^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2 \right]} = \beta \cdot V_1^2$$

*$\beta$  işlemler süresince sabit kalır. Dolayısı ile devrilme momenti sargı geriliminin karesi ile orantılıdır.*

$$\text{Motor yıldız bağlı; } V_1 = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V}$$

$$T_d = 500 = \beta \cdot V_1^2 = \beta \cdot 220^2 ; \beta = \frac{500}{220^2} = 1,033 \cdot 10^{-2} \left[ \frac{Nm}{V^2} \right] \text{ olur.}$$

Gerilim düşerken, karesiyle orantılı üretilen moment düşecektir. Motor devrilme noktasına kadar yükü sürebilir.

$$T_{d\_yeni} = 200 = \beta \cdot V_{1yeni}^2 ; V_{1yeni} = \sqrt{\frac{200}{1,033 \cdot 10^{-2}}} = 139.14V \text{ ve } V_{1Lyeni} = \sqrt{3} \cdot V_{1yeni} = 241 \text{ V}$$

*Yani fazlalararası 380V uygulandığında 500Nm de devrilen motor,*

*fazlarsaı 241 V uygulandığında 200Nm de devrilmektedir. Gerilim azalıp, fazlarsaı 241V'a erişene kadar motor yükü hareket ettirmeye devam eder, 241V a eriştiğinde motor devrilir ve hızı sıfıra gider, artık yükü hareket ettiremez.*

$$V_1 = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ V} ; T_{yük} = 400 = \frac{3 \cdot p \cdot \frac{R'_2}{s} \cdot V_1^2}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2 \right]}$$

**b) Yol verme anında makinenin şebeke tarafından görünen empedansı sabittir; Z diyelim.**

Sargı akımlarını ele alırsak;

$$I_{yv} = \frac{V_{1L}}{\sqrt{3} \cdot Z} \text{ olacaktır.}$$

$$\frac{I_{yv\_@380V}}{I_{yv\_@220V}} = \left( \frac{380}{\sqrt{3} \cdot Z} \right) \cdot \left( \frac{\sqrt{3} \cdot Z}{220} \right) = \sqrt{3} = 1,73 \text{ olacaktır.}$$

**b) Yol verme anında;**

$$T_{yv} = \frac{3 \cdot p \cdot \frac{R'_2}{1} \cdot V_1^2}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{1} \right)^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2 \right]} \text{ dır. Bunu } T_{yv} = \zeta \cdot V_1^2 \text{ olarak tanımlayabiliriz.}$$

$$\frac{T_{yv\_@380V}}{T_{yv\_@220V}} = \frac{\zeta \cdot V_1^2}{\zeta \cdot V_{1yeni}^2} = \frac{380^2}{220^2} = 3 \text{ olur.}$$