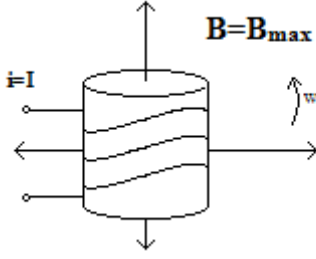


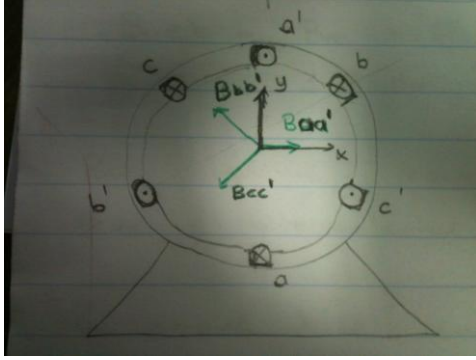
## Döner Alanlar

### 1. Doğru Akım İle Oluşturulan Döner Alan



Demir bir çelik üzerine sarılmış bir bobinden doğru akım geçirildiğinde oluşan manyetik alan; sabit genlikli ve bobin eksenine yerleştirilmiş bir vektör ile gösterilen bir alandır. Şayet bu bobin sıfır noktası etrafında  $\omega$  açısal hızı ile döndürülür ise meydana gelen alan döner alandır ve  $B=B_{\max} \cdot e^{j\omega t}$  ile gösterilir.

### 2. Alternatif Akım İle Döner Alan



Döner manyetik alan kavramı en basit şekilde birbirine  $120^\circ$  açı ile yerleştirilmiş 3 bobin içeren içi boş bir stator yapısı ile anlaşılabilir.

Uygulanan akımlar;

$$i_{aa'}(t) = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$i_{ab'}(t) = I_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) \angle 120^\circ$$

$$i_{ac'}(t) = I_m \cdot \sin(\omega t - 240^\circ) \angle 240^\circ$$

Oluşan manyetik alanlar;

$$B_{aa'}(t) = B_m \cdot \sin \omega t \angle 0^\circ$$

$$B_{bb'}(t) = B_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) \angle 120^\circ$$

$$B_{cc'}(t) = B_m \cdot \sin(\omega t - 240^\circ) \angle 240^\circ$$

$B_m = \mu \times H_m$  konu istenirse manyetik alan şiddeti olarak da incelenebilir. Akımlar ve bu akımlara karşılık gelen manyetik akı yoğunlukları, statordaki bileşke manyetik alanı belirlemek için incelenebilir:

$\omega(t) = 0$  iken;

$$\begin{aligned} B_{net} &= 0 + B_m \cdot \sin(-120^\circ) \angle 120^\circ + B_m \cdot \sin(-240^\circ) \angle 240^\circ \\ &= 1,5B_m \angle -90 \end{aligned}$$

$\omega(t) = 90$  iken;

$$\begin{aligned} B_{net} &= B_m + B_m \cdot \sin(-30^\circ) \angle 120^\circ + B_m \cdot \sin(-150^\circ) \angle 240^\circ \\ &= 1,5B_m \angle 0 \end{aligned}$$

İnceleme manyetik alan yoğunluklarını x ve y bileşenlerine ayrıştırarak da yapılabilir.

Bu sonuç bize manyetik alanın genliğinin sabit olduğunu, açısının  $\omega$  açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönünde sürekli değiştiğini göstermektedir.

### **Manyetik Alanın Dönüş Yönünün Değiştirilmesi**

Üç bobindeki akımlardan herhangi ikisinin yeri (fazları) değiştirilir ise manyetik alanın yönü de değişecektir. bb' ve cc' fazlarını değiştirdiğimizi kabul edelim.

$$\begin{aligned} B_{net} &= B_{aa'}(t) + B_{bb'}(t) + B_{cc'}(t) \\ &= B_m \cdot \sin(\omega t) + B_m \cdot \sin(\omega t - 240^\circ) \angle 120^\circ + B_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) \angle 240^\circ \end{aligned}$$

Genlik aynı kalır, manyetik alanın yönü saat yönü ile aynı yönde olur. Manyetik alanın yönü değişince motor yönü de değişir.

### **Manyetik Alanın Hızı İle Elektriksel Frekans Arasındaki İlişki**

Statordaki döner alan, bir kuzey (kuvvet çizgilerinin statoru terk ettiği) bir de güney (statora tekrar girdiği) kutbu ile gösterilebilir. Bu kutuplardan çıkan çizgiler, her bir elektriksel periyotta stator etrafında bir tur mekanik dönmeyi tamamlar. Saatin tersi yönünde a - c' - b - a' - c - b' ve makine dört kutuplu olursa; a - c' - b - a' - c - b' - a - c' - b - a' - c - b' şeklinde sıralanır.

Elektriksel bir turdaki aç, mekanik açının 2 katı anlamına gelir. Ya da akımın frekansı mekanik dönme frekansının 2 katıdır denilebilir.

### **Asenkron Motorun Çalışma İlkesi**

- Alternatif akımlar ve üç fazlı sargı yapısı nedeni ile döner alan oluşur.

$$\text{Döner alan hızı; } n_s = \frac{f_s \cdot 60}{p}$$

$n_s$ : Stator döner alan hızı

$p$ : çift kutup sayısı

- Döner alanın hızı rotora göre 'v' ise;

$$e = (v \times B) \cdot l \text{ e.m.k. değeri rotor iletkenlerinde endüklenir.}$$

- Kapalı devre oluşturan rotor iletkenlerinden akımlar akar.
- Biot-Savart kanunu gereği  $F = (B \times I) \cdot l$  etkiyen kuvvet nedeni ile rotor dönmeye başlar.
- Rotor döner alan yönünde dönmeye başlayınca  $V = n_s - n$  **göreceli hız** oluşur ( $n$ : rotor hızı)
- Rotor hiçbir zaman için döner alan hızına ulaşamaz. Ulaşırsa **göreceli hız**  $V = 0$  dolayısıyla  $e = 0$  olur ve rotor akımları sıfır olur.
- Rotor hep bir kayma ile, döner alanın peşinde döner. Bu nedenle bu motorlara asenkron motorlar denir.

### **Motorun miline büyük bir yük momentini uygulansın;**

- Rotor yavaşlar
- Kayma yani göreceli hız büyür
- Rotorda endüklenen döndürme momenti büyür.
- E.m.k. büyür
- İletkenlerden akan akımlar büyür.

### **Motor hızlanırken neler olmakta**

- V hızı azalmaya başlamakta
- Manyetik alan vektörü, rotorun iletken düzlemlerinden daha seyrek geçmeye başlar
- Rotorda endüklenen e.m.k. ve akım değeri azalır
- Rotora etkiyen kuvvetler, akım ile orantılı olduğu için küçülür

- $F = m \times a$  Newton yasasına göre ivme, hızlanma oranı azalır
- Hızlanma artar (motordaki)
- Rotor hızlandıkça sürtünme kuvvetleri artar. Tahrik kuvveti azalır
- Karşıt kuvvetler birbirine eşit olunca ivme sıfır olur
- Rotor hızı senkron hıza erişse de tahrik kuvveti olmayacağı için sürtünme kuvvetleri nedeni ile yavaşlar ve sürekli çalışma noktasına gider

Senkron hız: stator döner alanının hızıdır

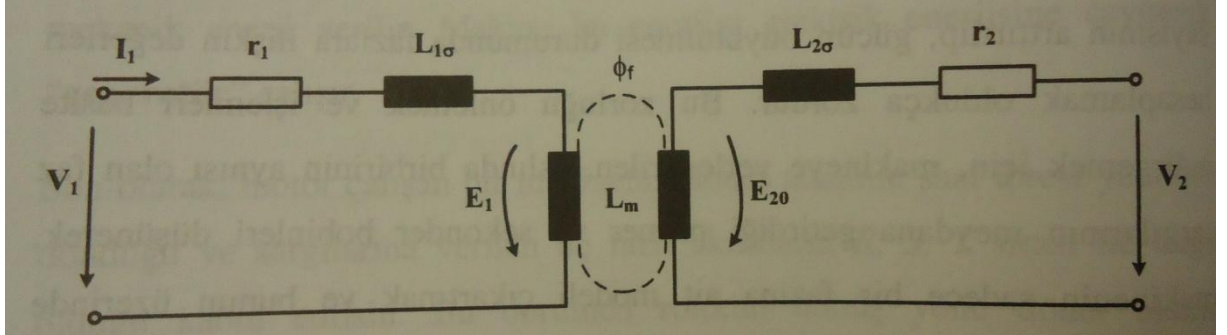
Kayma: senkron hız ile rotorun dönme hızı arasındaki farkın, senkron hıza göre oranı kaymayı verir ve 's' ile gösterilir.

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{f_s - f}{f_s} = \frac{f_r}{f_s} \quad f_r = f_s \cdot s$$

$f_r$ : Rotorda endüklenen gerilim ve akımların frekansı

$f_s$ : Stator döner alan hızı

### Asenkron Motor Eşdeğer Devresi



Rotoru hareketsiz bir asenkron motor bir transformatör gibi davranmaktadır. Primer ve sekonder tarafın yani stator ve rotorun ayrık olduğu ve sadece aralarında manyetik bağın oluştuğunu kabul edelim.

$r_1$  = Primer (stator) devresi sargı direnci,

$L_{l1}$  = Primer (stator) devresi kaçak endüktansı,

$r_2$  = Sekonder (rotor) devresi sargı direnci,

$L_{l2}$  = Sekonder (rotor) devresi kaçak endüktansı,

$L_m$  = Mıknatıslanma endüktansı,

$E_1$  = Primer sargıda (stator) endüklenen e.m.k,

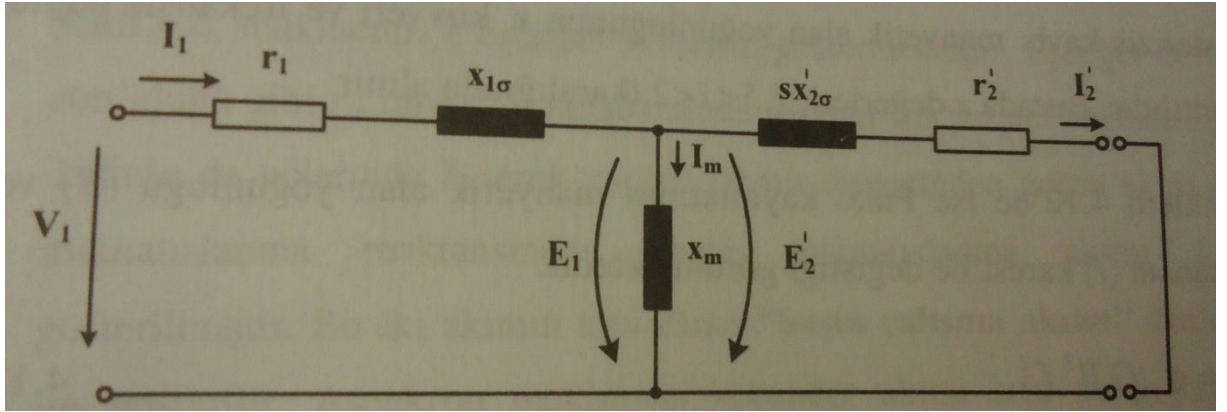
$E_{20}$  = Sekonder sargıda (rotor) endüklenen e.m.k,

$$E_1 = 4.44 \cdot N_1 \cdot k_{w1} \cdot f_s \cdot \phi$$

$$E_{20} = 4.44 \cdot N_2 \cdot k_{w2} \cdot f_s \cdot \phi$$

$$a_g = \frac{E_1}{E_{20}} : \text{Gerilim dönüşüm oranı}$$

$E'_{20} = a_g \cdot E_{20}$        $E_1 = E'_2$  eşitliğinden yararlanılarak eşdeğer devrenin orta kısmı birleştirilir.



Yeni durumda endüktansların açısız hız ile çarpımlarından elde edilen reaktans değerler kullanılmaktadır.

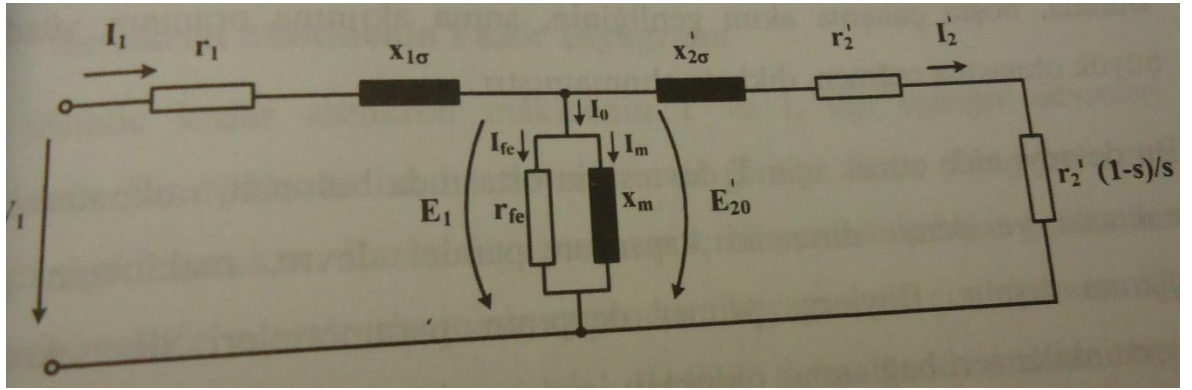
### Hareketli Asenkron Makinenin Eşdeğer Devresi

Sekonder sargının kısa devre edilmesi ile akacak olan  $I_2$  akımı rotoru harekete geçirecektir. Rotor hızlanarak bir süre sonra kararlı çalışma noktasına erişecektir. Bu çalışma noktasında rotor " $n$ " hızında, " $s$ " kayması ile dönmektedir. Bu sırada rotorda, stator döner alanı tarafından endüklenen gerilimin, akımın ve dolayısı ile oluşan döner alanın frekansı  $f_r$  dir.

$$f_r = f_s \cdot s$$

$$E_2 = 4,44 \cdot N_2 \cdot k_{w2} \cdot f_s \cdot \phi \Rightarrow E_2 = E_{20} \cdot s \Rightarrow E'_2 = E'_{20} \cdot s$$

Demir kayıplarını temsil eden  $r_{fe}$  direncini, boşa çalışma akımını eşdeğer devreye dahil ettiğimizde ve makineden alınan gücü temsil eden direnci eklediğimizde nihai eşdeğer devre aşağıdaki gibi bulunur. Dirençlerin bu şekilde alınması durumunda, mıknatıslanma reaktansı uçlarındaki gerilimin  $E'_{20}$  olarak alınması gerekmektedir.



$$I'_2 = I_2 \cdot \frac{m_2 N_2 \cdot k_{w2}}{m_1 N_1 \cdot k_{w1}} = I_2 \cdot a_a$$

$$r'_2 = r_2 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot a_g^2$$

$m_1$ : Stator faz sayısı

$m_2$ : Rotor faz sayısı

$a_g$ : Gerilim dönüştürme oranı

$a_a$ : Akım dönüştürme oranı

$$X_{\ell 2} = 2\pi f_r \cdot L_{\ell 2}$$

$$X_{\ell 2} = 2\pi \cdot s \cdot f_s \cdot L_{\ell 2}$$

$$X_{\ell 2}' = X_{\ell 2} \cdot \frac{m_1}{m_2} a_g^2$$

$$I_1 = I_0 + I_2' \quad (\text{Akımlar vektörel olarak toplanacaktır})$$

$$I_0 = I_{fe} + jI_m \quad (\text{Akımlar vektörel olarak toplanacaktır})$$

$$V_1 = E_1 + I_1 \cdot (r_1 + jX_{\ell 1})$$

$$E_2' = E_{20}' \cdot s = I_2' \cdot \left( \frac{r_2'}{s} + j \cdot X_{\ell 2}' \right)$$

### Asenkron Motor Boşta Çalışma

Asenkron motorun boşta çalışması eşdeğer devir parametrelerinin bulunması için yapılan önemli bir deneydir. Bu deneyin yapılması ile demir kayıplarının yanı sıra sürtünme ve vantilasyon kayıpları da bulunmuş olunur.

$$P_0 = V_1 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0$$

$$I_{fe} = I_0 \cdot \cos \varphi_0$$

$$Q_0 = V_1 \cdot I_0 \cdot \sin \varphi_0$$

$$I_m = I_0 \cdot \sin \varphi_0$$

$$P_0 = P_{cu} + P_{fe} + P_{st} + P_v$$

Sürtünme kayıp gücü  $P_{st}$  ve soğutma (vantilasyon) kayıp gücü  $P_v$  anma gücünün % 0.5-1'i arasındadır.  $I_0$  akımı nominal akıma göre küçük olduğundan meydana getirdiği bakır kayıpları ihmal edilebilir. Başta çalışma gücü tamamen demir kaybı olarak alınabilir.

Benzer şekilde  $V_1 = E_{10}$  alınabilir.

$$P_0 = P_{fe} \Rightarrow r_{fe} = \frac{P_0}{I_{fe}^2} = \frac{V_1^2}{r_{fe}} \quad X_m = \frac{Q_0}{I_m^2}$$

- Boşta çekilen güç, nominal gücün % 5'i mertebesindedir.

- Boşta çalışmadaki kayıp gücün % 7-10'u bakır kayıpları, % 10-15'i sürtünme kayıpları, % 80'i ise demir kayıplarıdır.

### **Kısa Devre Çalışma (Anma Akımında)**

$$V_k = I_n \cdot Z_k$$

Kısa devre akımı rotorun dönmesi engellenip stator sargılarından anma akımı geçirilerek yapılır. Uygulanan gerilim anma geriliminden 4-7 kat küçüktür. Demir kayıpları gerilimin karesi ile azaldığından dolayı ihmal edilebilir. Sürtünme ve vantilasyon kayıpları yoktur.

$$P_k = I_n^2 \cdot r_k = V_k \cdot I_n \cdot \cos\phi_k$$

$r_1 + r_2' = r_k$  anma akımında meydana gelen bakır kayıpları:

$P_k = P_{cu} = I_n^2 (r_1 + r_2')$  dirençler yaklaşık eşit alınır;

$$r_1 + r_2' = \frac{P_{cu}}{2 \cdot I_n^2}$$

$$Q_k = I_n^2 X_k = I_n^2 (X_{l1} + X'_{l2})$$

### **Asenkron Motorun Sürekli Çalışması ve Kayma**

Asenkron motorun sürekli dönebilmesi veya elektromekanik enerji dönüşümü yapabilmesi için ortalama moment sıfırdan farklı olmalıdır. Asenkron motorun momentinin sıfırdan farklı olabilmesi için;

$$W_s - W_r = W$$

$W_s$  = Stator sargısı döner alanının rotor sargılarına nazaran yaptığı bağıl hareketin açışal hızıdır.



$W_r$  = Stator döner alanının rotorda oluşturduğu akımların meydana getirdiği alanın açısal hızı.

$W$  = Rotorun açısal hızı (milin dönme hızı)

$$W_s = 2\pi \cdot f_s = 2\pi \frac{p \cdot n_s}{60}$$

$$W_r = 2\pi f_r = 2\pi \frac{p \cdot n_r}{60}$$

$$n = n_s - n_r$$

Yukarıdaki ifadede “ p ” makinenin çift kutup sayısıdır. Motor etiketinde verilen hız değeri bir kutup çifti başına verilen değerdir. Dolayısı ile stator döner alan hızı  $n_s$  ‘nin de hesaplanırken bir kutup çifti başına hesaplanması gerekmektedir. Stator döner alan hızı bir kutup çifti başına alınmış ise kayma yardımı ile bulunan rotor devir sayısı da bir kutup çifti başına rotor hızıdır.

Rotorun dakikadaki dönme sayısı  $n$ ,  $n_s$  ve  $n_r$  ise sırasıyla stator ve rotordaki döner alanların dakikadaki dönme sayısıdır.  $n = n_s$  olur ise stator döner alanı rotor sargılarını kesemez. Rotor sargılarında gerilim ve akım endüklenmez ve moment sıfır olur.

Motorun dönme hızının senkron hızına ulaşamamasını açıklayan büyüklüğe **kayma** denilir. **Kayma** rotor döner alan hızının, stator döner alan hızına oranıdır.

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{n_r}{n_s} \Rightarrow s = \frac{f_r}{f_s}$$

$n = 0$  iken  $s = 1$  'dir.  $n = n_s$  iken  $s = 0$  'dır.

$n > n_s$  ise  $s < 0$  olur ki generatör çalışmadır.

$n_s$	$n$	$S$	Çalışma Şekli
$n_s$	$n < n_s$	$0 < s < 1$	Motor Çalışma
$n_s$	$n > n_s$	$s < 0$	Generatör Çalışma
$-n_s$	$n$	$s > +1$	Fren Çalışma
$n_s$	$n = n_s$	$s = 0$	Boşta Çalışma
$n_s$	$n = 0$	$s = 1$	Transformatör Çalışma -Kısa Devre Çalışma

İlk rotorun hareketsiz durumunda asenkron makine, sekonderi kısa devre olan bir transformatör gibi çalışır. Hareketin başlaması ile motor çalışmaya geçilir ve sürekli çalışma noktasına kadar hızlanma devam eder.

Rotor dışarıdan bir kuvvet ile  $n > n_s$  şeklinde döndürülür ise makineye dışarıdan mekanik bir kuvvet uygulanmış olunur ve asenkron motor generatör olarak çalışır.

Fazlardan iki tanesinin yeri değiştirilirse döner olanın yönü değişir, rotor yavaşlar ve durur. Fazların yer değiştirme uygulaması devam ettirilirse motor ters yönde dönmeye başlar. Bu duruma **fren çalışma** denilir. Rotor hızı  $n = n_s$  olursa, rotorda gerilim endüklenmez. Akım oluşmaz ve güç üretilmez ve boşta çalışma gibi davranır.

### Asenkron Makinelerde Güç ve Moment

Çıkış gücünü temsil eden bileşenlerdeki joule kaybı makinenin milindeki çıkış gücüdür.  $P_a$  veya  $P_m$  olarak ta literatürde gösterilebilmektedir. Motor çalışmada çıkış gücü mildeki güç, giriş gücü ise motorun şebekeden çektiği güçtür. Motorun etiketinde verilen güç mil gücüdür.

$$P_m = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot r_2' \frac{(1-s)}{s}$$

Şebekeden çekilen güç yani giriş gücü;

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{bir fazlı sistemlerde})$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (\text{üç fazlı sistemlerde})$$

$$M = \frac{P_m}{\omega} = \frac{m_1 \cdot I_2'^2 \cdot r_2' \cdot (1-s)}{2\pi \frac{n \cdot p}{60}} \quad n = n_s (1-s) \text{ idi.}$$

$$M = \frac{60}{2\pi \cdot n_s} \cdot m_1 \cdot I_2' \cdot \frac{r_2'}{s}$$

Eğer demir kayıpları ihmal edilmez ise, statora indirgenmiş rotor akımı, rotor devresi tarafından aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_2' = \frac{E'_{20}}{\sqrt{\left(\frac{r_2'}{s}\right)^2 + X'_{l2}{}^2}}$$

Aynı akım boşta çalışma akımının yani demir kayıplarının ihmal ile ve  $V_1$  şebeke gerilimini kullanarak

$$I_2' = \frac{V_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (X_{l1} + X'_{l2})^2}} \quad \text{ve} \quad n_s = \frac{f_s \cdot 60}{p} \text{ yazarsak;}$$

şeklinde bulunabilir. Bu durumda moment aşağıdaki gibi olur.

$$M = \frac{m_1 \cdot p}{2\pi f_s} \cdot \frac{r_2'}{s} \cdot \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (X_{l1} + X'_{l2})^2}$$

Eğer asenkron motor 3~'lı ise ve sargıları Y bağlı ise fazlar arası gerilimden faz gerilimine geçiş için gerilim değeri  $\sqrt{3}$  ile bölünecektir.  $\Delta$  bağlı ise gerilim  $\sqrt{3}$ 'e bölünmeyecektir.

### **Yol Verme Momenti:**

Hızın sıfıra kaymanın 1'e eşit olduğu yerde makinenin ürettiği momente denilir. Motor çalışmada makine bu momenti üreterek hızlanmaya başlar.

### **Devrilme Momenti:**

Momentin maksimum olduğu değere denir. Bu moment değerine karşılık gelen kaymaya **devrilme kayması**, devir sayısına ise, **devrilme devir sayısı** denilir.

$$\frac{dM}{ds} = 0$$

Momentin sıfır olduğu nokta ise kaymanın sıfır olduğu yani rotor devir sayısının senkron devir sayısına eşit olduğu noktadır.

$$I_{yv} = \frac{V_1}{\sqrt{(r_1 + \frac{r_2'}{s})^2 + (X_{\ell 1} + X_{\ell 2}')^2}} \quad s = 1 \quad \text{yazarsak yol verme akımını bulmuş oluruz.}$$

Durmakta olan rotorun statoruna uygulanan gerilimin ilk anında, rotor hareketsiz olduğu için zıt e.m.k sıfırdır. Dolayısıyla çekilen akım yüksektir. Rotor hareketi arttıkça zıt e.m.k artar ve polaritesi şebekeye ters yönlü olduğundan dolayı akımı azaltmaya başlar.

### **Asenkron Motor Verimi**

Asenkron motorda verim, çıkış gücünün (mil gücü), giriş gücüne (şebekeden çekilen güç) oranıdır.  $\eta = \frac{P_c}{P_g} \cdot 100$

### **Yüksek Kalkış Akımının Zararları:**

- Enerji kaybına yol ağar.
- Isınmaya yol ağar.
- Motorlar güçlü, sayısı çok ise, gerilimde dalgalanma oluşturur.

### **Yüksek Kalkış Akımını Önleme Yöntemleri**

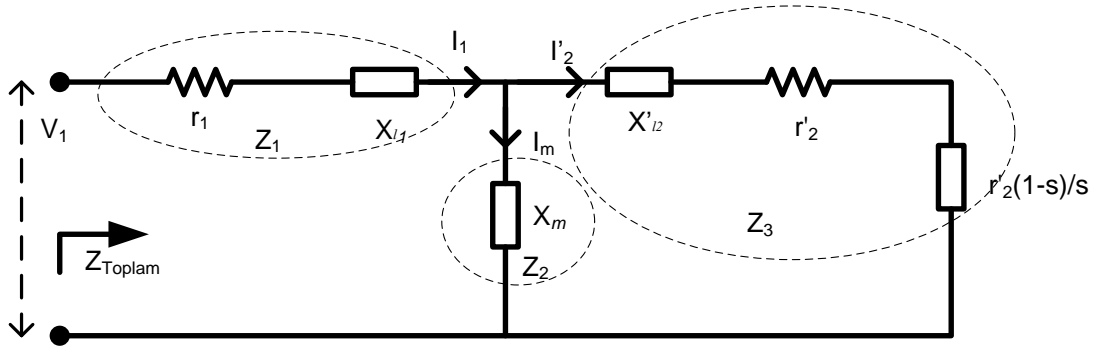
1. Oto transformatörü kullanmak,
2. Sargılarda Y/A bağlantı yapmak,
3. Güç elektroniği devreleri ile gerilimi denetlemek,

4. Bilezikli yapıya ilave direnç bağlamak,

## Çözümlü Örnekler

1. 7,3 kW gücünde, 380 V'lık altı kutuplu sincap kafesli asenkron motorda  $R_1=0,294 \Omega/\text{faz}$ ,  $R_2'=0,144 \Omega/\text{faz}$ ,  $X_{l1}=0,503 \Omega/\text{faz}$ ,  $X_{l2}'=0,209 \Omega/\text{faz}$ ,  $X_M=13,25 \Omega/\text{faz}$ 'dır. %2 kayma ile çalışan asenkron motorun;

- i) Eşdeğer devresini,
- ii) Stator akımını,
- iii) Güç Faktörünü,
- iv)  $f_r$  frekansını,
- v) Rotor hızını hesaplayınız.



$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= R_1 + jX_{l1} \\ Z_2 &= jX_M \\ Z_3 &= \frac{r_2'}{s} + jX_{l2}' \end{aligned} \right\} \begin{aligned} Z_{Toplam} &= Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3} \\ Z_{Toplam} &= R_1 + jX_{l1} + \frac{jX_M \left( \frac{r_2'}{s} + jX_{l2}' \right)}{\frac{r_2'}{s} + j(X_M + X_{l2}')} \end{aligned}$$

$$Z_{Toplam} = 0,294 + j0,503 + \frac{j13,25 \left( \frac{0,144}{0,02} + j0,209 \right)}{\frac{0,144}{0,02} + j(13,25 + 0,209)}$$

$$Z_{Toplam} = 5,724 + j3,61$$

$$I = \frac{380 / \sqrt{3}}{5,724 + j3,61} = 32,4546 \angle -32,23^\circ$$

$$\cos \varphi = \cos(32,23) = 0,84$$

$$\text{Kutup sayısı 6 ise } p=3 \text{ tür. } \Rightarrow f_r = f_s s = 60 * 0,02 = 1,2 \text{ Hz}$$

$$f_s = \frac{n_s p}{60} \Rightarrow n_s = \frac{60 * 60}{3} = 1200 \text{ d / dk}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \Rightarrow n = n_s (1 - s) = 1200 * (1 - 0,02) = 1176 \text{ d / dk}$$

2. 8 kutuplu üç fazlı bir asenkron motorda şu katalog değerleri verilmiştir. 280 kW, 380V, 565A,  $\cos \varphi = 0,79$ , 740 d/dk, 50Hz,  $I_k/I_n = 7$  ( $I_k$ , kalkış akımı),  $M_k/M_n = 2,2$  ( $M_k$  kalkış momenti, yol verme momenti)'dir. Motorun nominal yükünde çalışması durumunda aktif ve reaktif güçlerini, mil momentini, verimini, rotor frekansını, yol verme akımını, ve kalkış momentini bulunuz.

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi = \sqrt{3} * 380 * 565 * 0,79 = 293,43 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi = \sqrt{3} * 380 * 565 * 0,61 = 222,858 \text{ kW}$$

$$M = \frac{P_m}{W_{geo}} = \frac{P_{etiket}}{2\pi \frac{740 * 4}{60}} = 903,77$$

$$\% \eta = \frac{P_c * 100}{P_g} = \frac{P_m * 100}{P} = \frac{280000}{293430} = \%95$$

$$f_s = \frac{n_s p}{60} \Rightarrow n_s = \frac{60 * 50}{4} = 750 \text{ d / dk}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{750 - 740}{750} = \%1,33$$

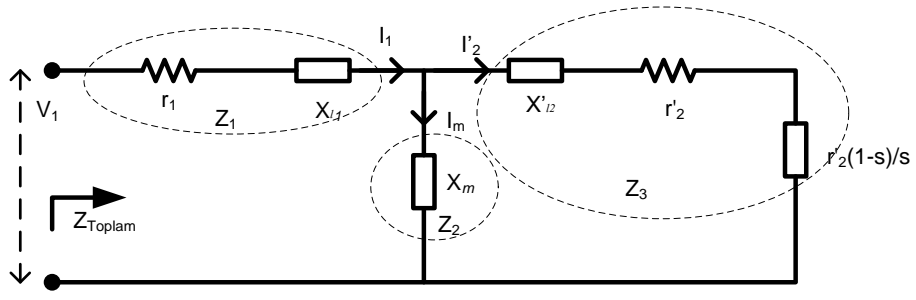
$$f_r = f_s s = 50 * 0,0133 = 0,66 \text{ Hz}$$

$$I_k = I_{yv} = 7 * I_n = 7,365 = 7953 \text{ Nm}$$

$$M_k = M_{yv} = 2,2 * M = 1988,3$$

3. 10 BG, 50 Hz, 380 V, 6 kutuplu, 3 fazlı, sincap kafesli bir asenkron motorda  $R_1=0,294 \Omega$ ,  $R_2'=0,144 \Omega$ ,  $X_{l1}=0,503 \Omega$ ,  $X_{l2}'=0,209 \Omega$ ,  $X_M=13,25 \Omega$ 'dır. %2 kayma ile çalışan asenkron motorun eşdeğer devresini çizerek stator akımını, statora indirgenmiş rotor akımını, güç katsayısını, rotor frekansını ve rotor hızını bulunuz.





$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= R_1 + jX_{l1} \\ Z_2 &= jX_M \\ Z_3 &= \frac{r_2'}{s} + jX_{l2}' \end{aligned} \right\}$$

$$Z_{Toplam} = Z_1 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3}$$

$$Z_{Toplam} = R_1 + jX_{l1} + \frac{jX_M \left( \frac{r_2'}{s} + jX_{l2}' \right)}{\frac{r_2'}{s} + j(X_M + X_{l2}')}$$

$$Z_{Toplam} = 0,294 + j0,503 + \frac{j13,25 \left( \frac{0,144}{0,02} + j0,209 \right)}{\frac{0,144}{0,02} + j(13,25 + 0,209)}$$

$$Z_{Toplam} = 5,724 + j3,61$$

$$\vec{I}_1 = \frac{380 / \sqrt{3}}{5,724 + j3,61} = 32,4546 \angle -32,23^\circ = 27,2 - j17,36$$

$$V_1 = +E_{20}' + I_1(r_1 + jX_{l1})$$

$$E_{20}' = V_1 - I_1(r_1 + jX_{l1}) = \frac{380}{\sqrt{3}} - [(27,2 - j17,36)(0,294 + j0,503)]$$

$$E_{20}' = 203,18 - j8,73 = 203,37 \angle -2,46^\circ$$

$$\vec{I}_m = \frac{E_{20}'}{jX_m} = \frac{203,18 - j8,73}{j13,25} = \frac{203,37 \angle -2,46^\circ}{13,25 \angle 9^\circ} = -0,66 - j15,33A$$

$$I_2' = \vec{I}_1 - \vec{I}_m = 27,2 - j17,36 - (-0,66 - j15,33) = 27,86 - j2,03A$$

$$f_s = \frac{n_s p}{60} \Rightarrow n_s = \frac{60 * 50}{3} = 1000 \text{ d / dk}$$

$$f_r = f_s * s = 20 * 0,02 = 1Hz$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \Rightarrow n = 1000 - 1000 * 0,02 = 920 \text{ d / dk}$$

