

3. Bölüm: Asenkron Motorlar

Doç. Dr. Ersan KABALCI

3.1. Asenkron Makinelere Giri

- Dü ük ve orta güç aralı ında günümüzde en yaygın kullanılan motor tipidir.
- Yapısal olarak çe itli çalı ma ko ullarında çok dayanıklıdır
- Hız kontrolü V/f veya *Alan Yönlendirmeli Kontrol* teknikleri kullanılarak kolayca gerçekleştirilebilir
- Maden ocakları veya patlayıcı ortamlar gibi klasik DA motorlarının kullanılmadığı yerlerde kullanılmaktadır
- Yapısına bağlı olarak asenkron motorun 2 tipi vardır : Sincap Kafesli veya bilezikli
- Tek dezavantajı, ço u asenkron motorun geri güç katsayısında çalışmasıdır.

3.1. Asenkron Makinelere Giri

- Klasik DA makinesinde uyartım sabitlenmi tir, akım ta ıyan iletkenler dönerler.
- Benzer sonuçlar, akım ta ıyan iletkenler sabit tutulur ve uyartım döner duruma getirilirse, alınabilir.
- Asenkron motorda klasik 3-faz sargıları döner manyetik alanı meydana getirirler, rotor ise içinden akım geçen iletkenleri ta ırlar.
- DA motorlarına benzer olarak, döner MMK ile rotor arasındaki hız farkından dolayı rotorda bir EMK ve dolayısıyla bir akım endüklenecektir.
- Bu akım, döner MMK ile rotor arasındaki hız farkını azaltacak ekilde bir tork üretecektir.

3.1. Asenkron Makinelere Giri

- Alternatif akım makinelerinin isimlendirilmesi ürettikleri döner manyetik alanın (stator manyetik alanı), döner mekanik kısım (rotor) ile e zamanlı olu u ya da olmayı ına göredir.
- **Senkron Makine:** Stator manyetik alanı döner kısım devrine e it olan makinedir.
- **Asenkron Makine:** Stator manyetik alanı döner kısım devrinden büyük olan makinedir.

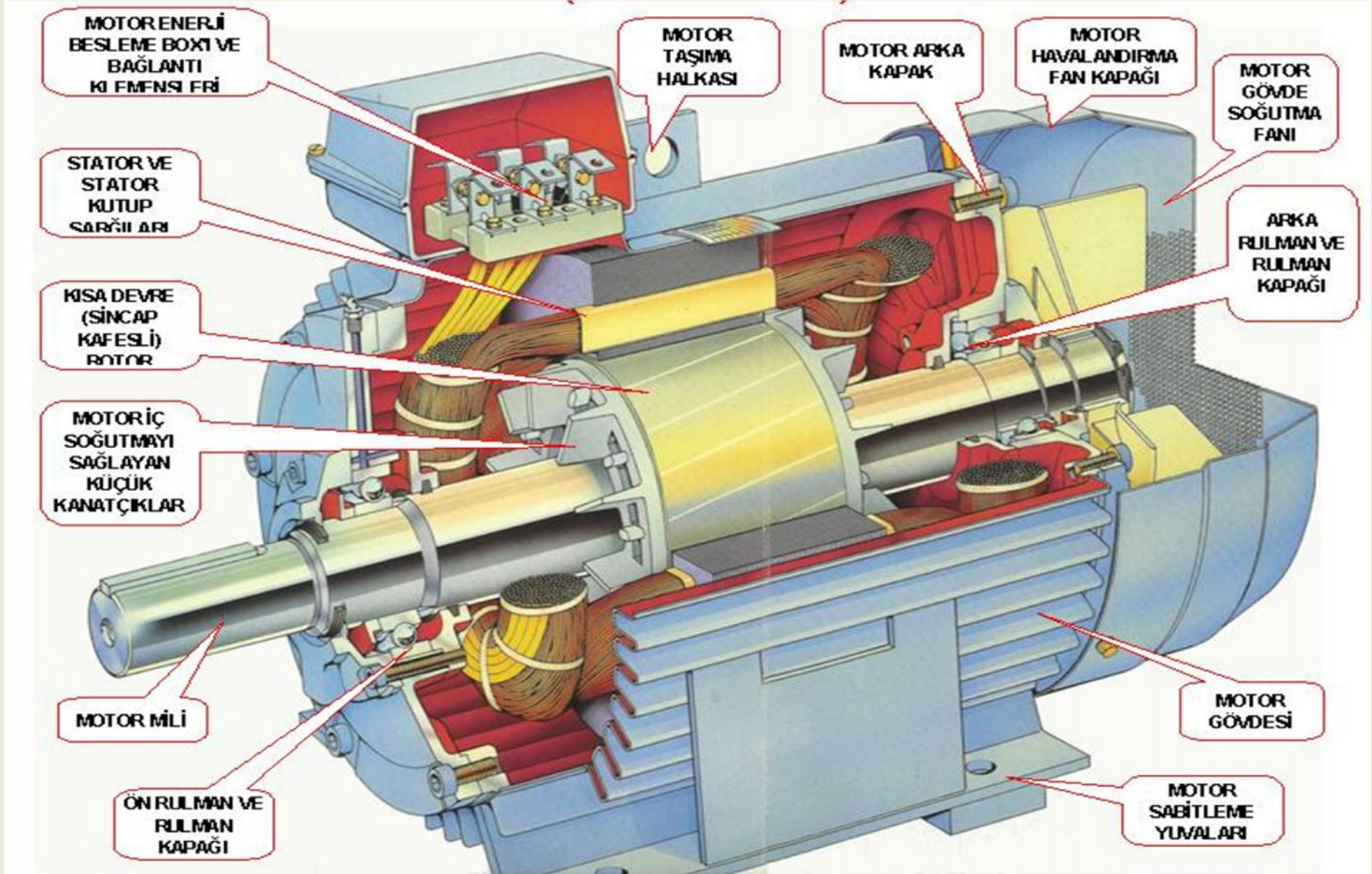
3.2. Asenkron Makinenin Yapısı

- Asenkron motorlar genel olarak stator ve rotor olmak üzere iki kısımdan yapılır.
- *Stator*, asenkron motorun duran kısmıdır. *Rotor* ise dönen kısmıdır.
- Asenkron motorun rotoru,
 - kısa devreli rotor (sincap kafesli rotor) ve
 - sargılı rotor (bilezikli rotor) olmak üzere iki çeşittir.
- Asenkron motor, rotorun yapım biçimine göre bilezikli ve kafesli asenkron motor olarak tanımlanır.

3.2. Asenkron Makinenin Yapısı

- Rotoru sincap kafesli asenkron motorun ve bilezikli asenkron motorun statoru aynı şekilde yapılmıştır.
- Asenkron motorun statoru; gövde, stator-sac paketleri ve stator sargılarından oluşur.
- Rotoru bilezikli asenkron motorun rotoru stator içinde yataklanmıştır.
- Rotor mili üzerinde rotor sac paketi ve döner bilezikler bulunur. Rotor sac paketi üzerine açılmış oluklara rotor sargıları döşenmiştir. Hemen hemen bütün rotorlarda uç sargı (üç faz sargısı) bulunmaktadır.

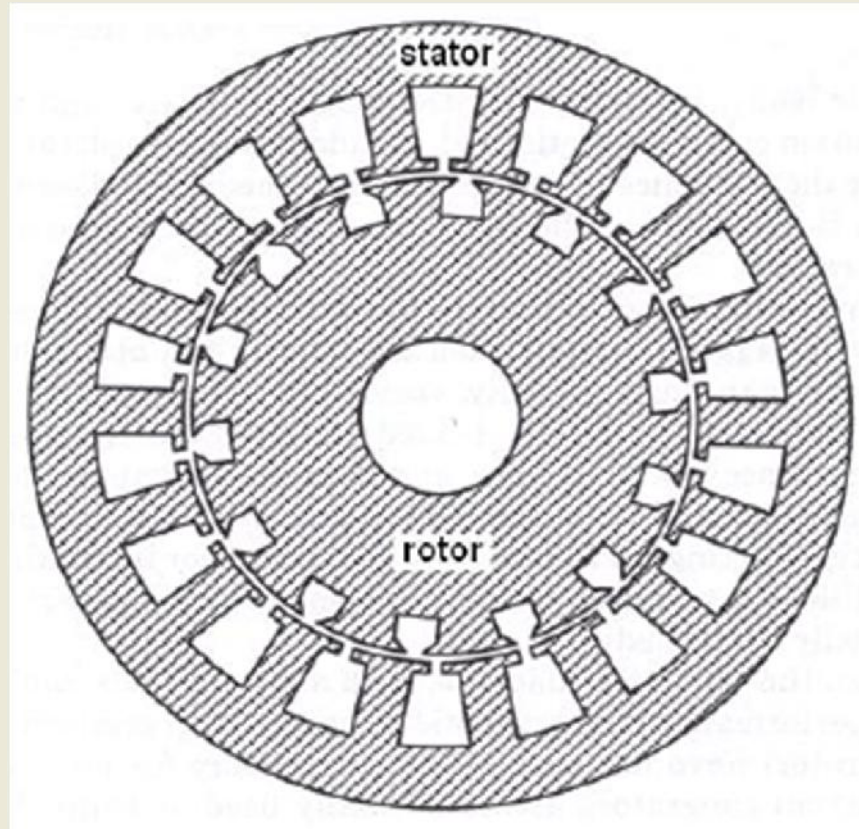
3.2. Asenkron Makinenin Yapısı



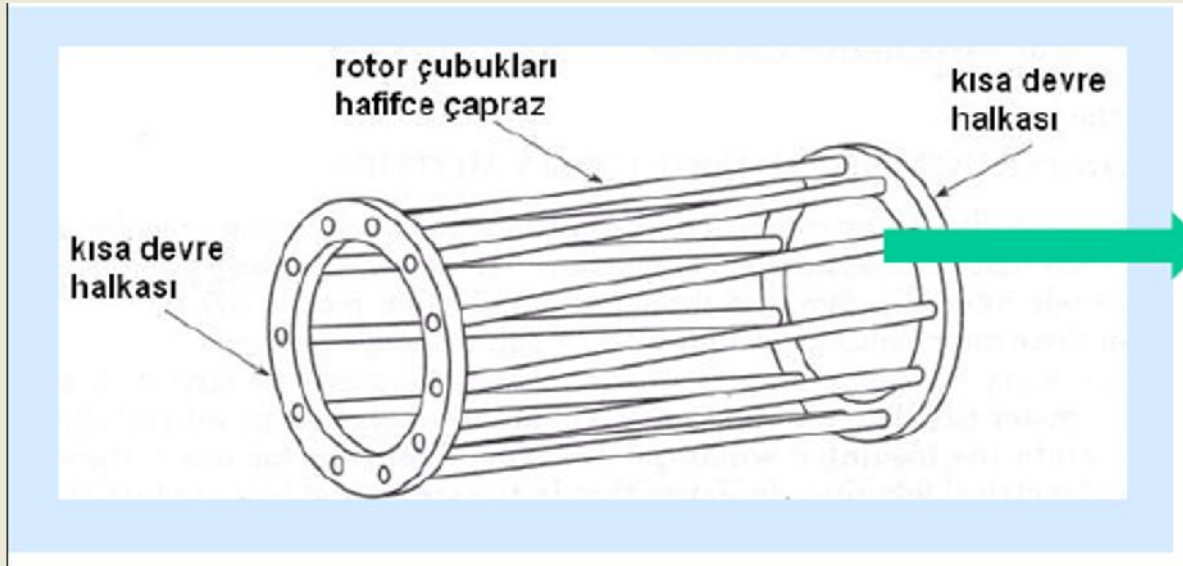
Sincap kafesli (kısa devre) rotorlu asenkron makine

3.2. Asenkron Makinenin Yapısı

- Makine stator ve rotor nüvelerinde manyetik geçirgenli i yüksek ferromanyetik malzemeler kullanılır.
- Histerisis kayıpları azaltılır
- Stator ve rotor nüveleri silisli saclar paketlenerek olu turulur.
- Eddy akımı (fuko) kayıpları azaltılır



3.2. Asenkron Makinenin Yapısı

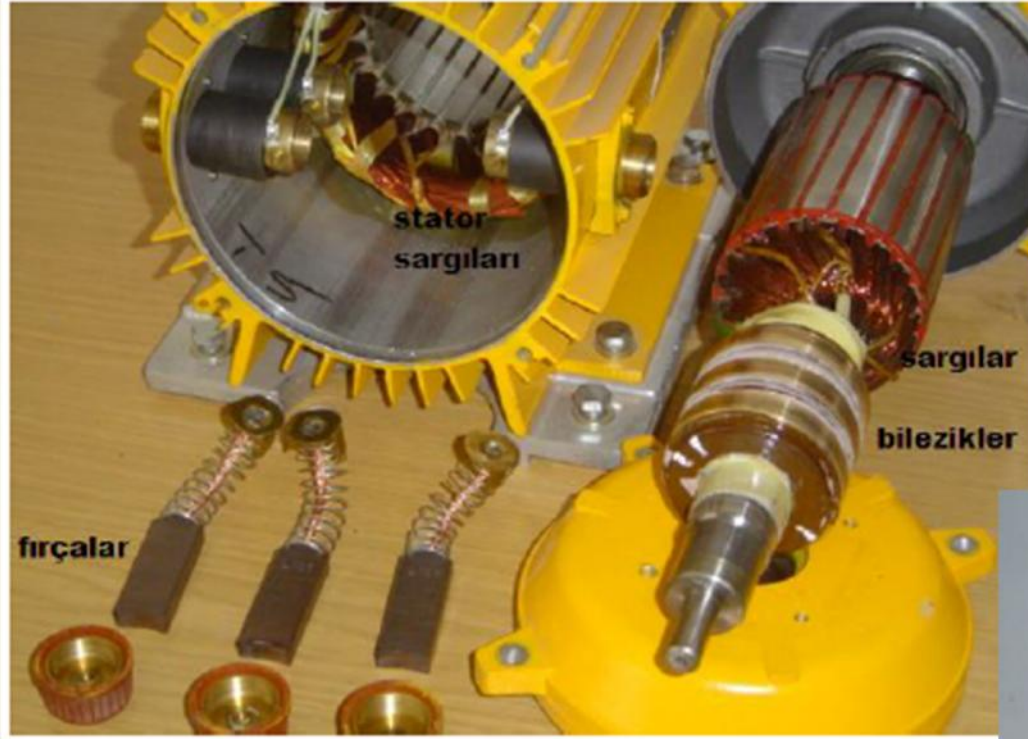


➤ Rotor çubukları çapraz yapılır:

1. Rotor direnci artırılır.
2. Motor içindeki harmonik etkileri azaltılır.
3. En az bir çubuk aralı 1 çaprazlık sa lanır, torktaki vuruntu azaltılır, daha düzgün tork üretilir.

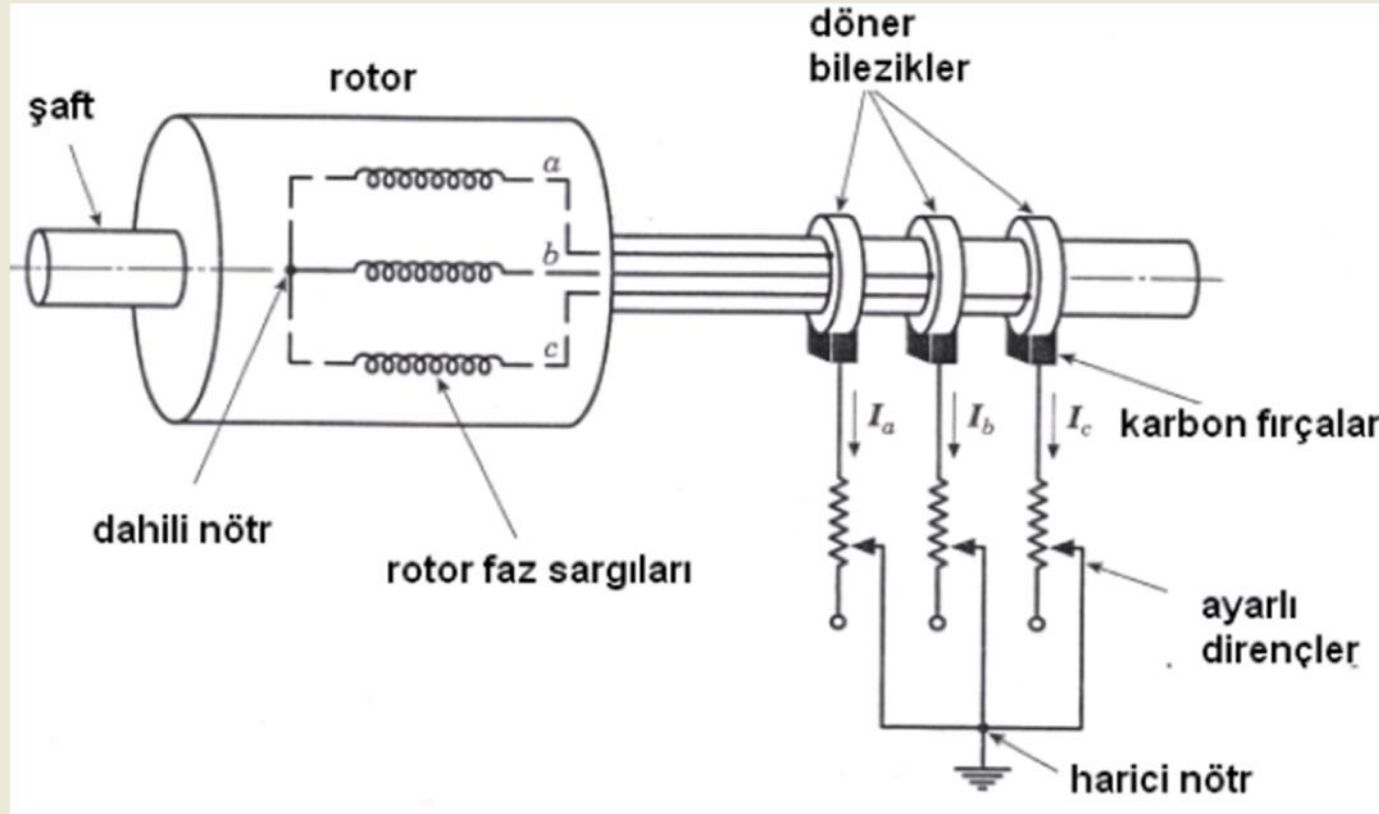
- Rotor iletkenleri alüminyum barlardandır/çubuklardandır.
- Her iki uçları da alüminyum halkalar ile kısadevre edilir.
- Rotor nüvesi silisli saclardan paketlenerek olu turulur.
- Eritilmi alüminyum rotor nüve oluklarına dökülerek rotor sargıları olu turulur.

3.2. Asenkron Makinenin Yapısı



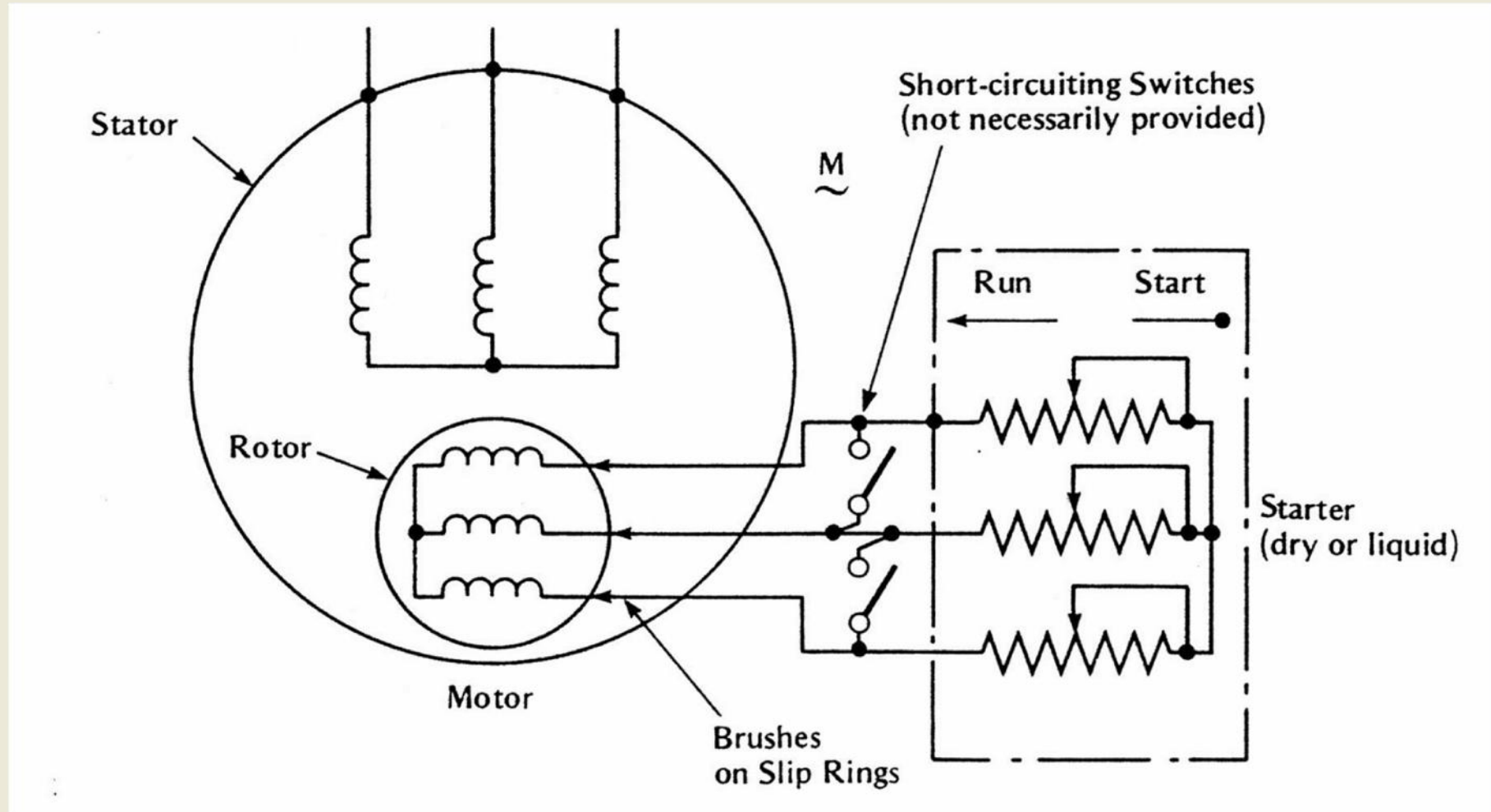
Sargılı rotorlu (bilezikli) asenkron makinenin yapısı

3.2. Asenkron Makinenin Yapısı



- Rotorda, statora benzer sargılar vardır. Rotor sargılarının uçları rotor mili üzerindeki bileziklere bağlanır.
- Karbon fırçalar stator gövdesi üzerine sabitlenir
- Fırçalar, bileziklere temas ederek rotor sargılarının uçlarının dışarı çıkarır.
- Harici dirençler fırça çıkışlarına bağlanır.

3.2. Asenkron Makinenin Yapısı

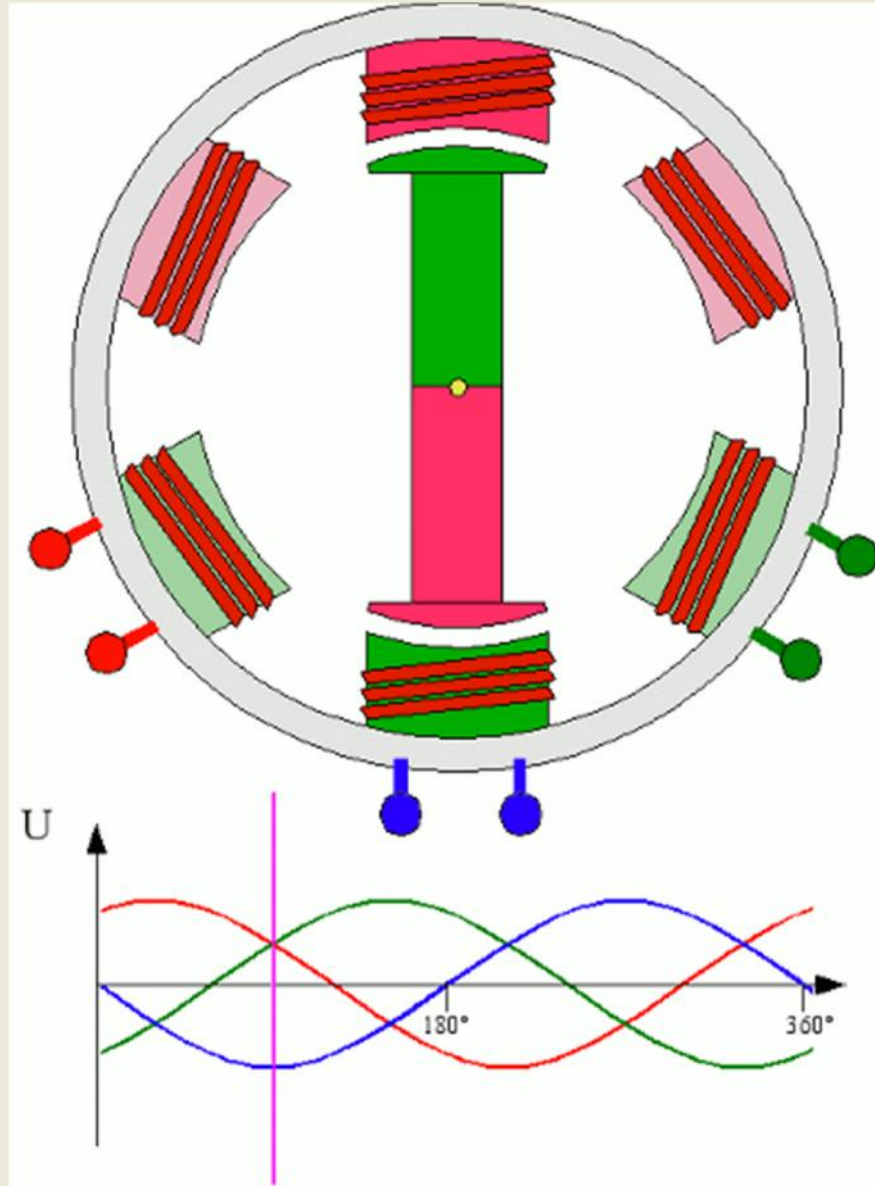


Sargılı rotorlu asenkron motorun stator ve rotor sargıları ile harici dirençlerin bağlantısı

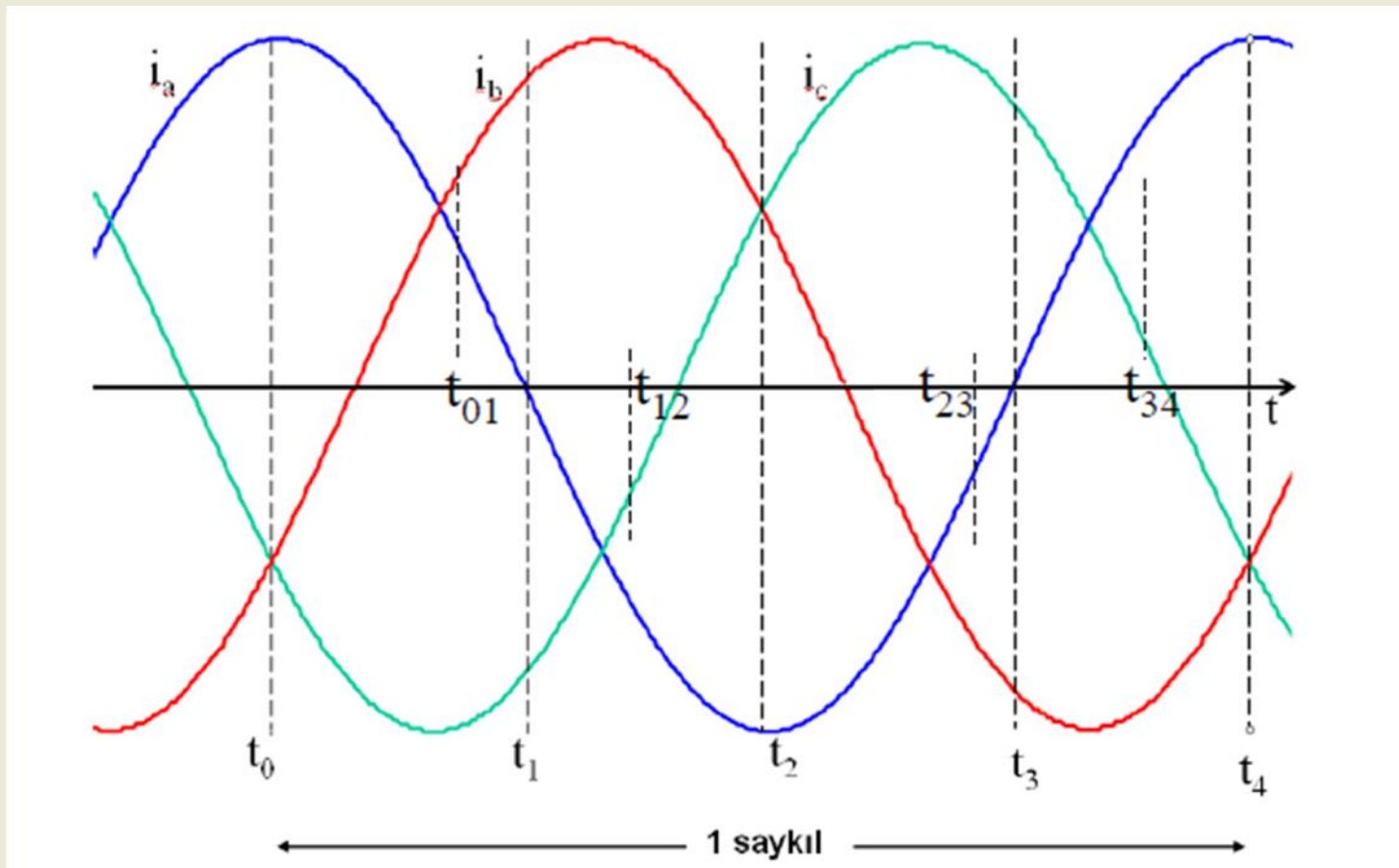
3.3. Döner Manyetik Alan

- Üç-faz sargıları, her birisi için ayrı ayrı olmak üzere üç-faz gerilim ile beslenir. Dolayısıyla sargılardan üç-faz akımları geçer.
- Stator akımları, 2-kutuplu bir makinede, birbirlerinden 120° elektriksel açı farkı ile geçer. Her bir stator sargısı akımı kendi pulsating (aynı ekseninde salınan) mmk dalgasını üretir.
- Üç-faz akımları birlikte, motor hava aralı 1 (stator yüzeyi yörüngesi) etrafında hareket eden bir bile ke mmk üretirler. Bile ke mmk sabit bir hıza sahiptir.
- Bile ke mmk, döner manyetik alan olarak adlandırılan bir bile ke manyetik alan üretir.

3.3. Döner Manyetik Alan



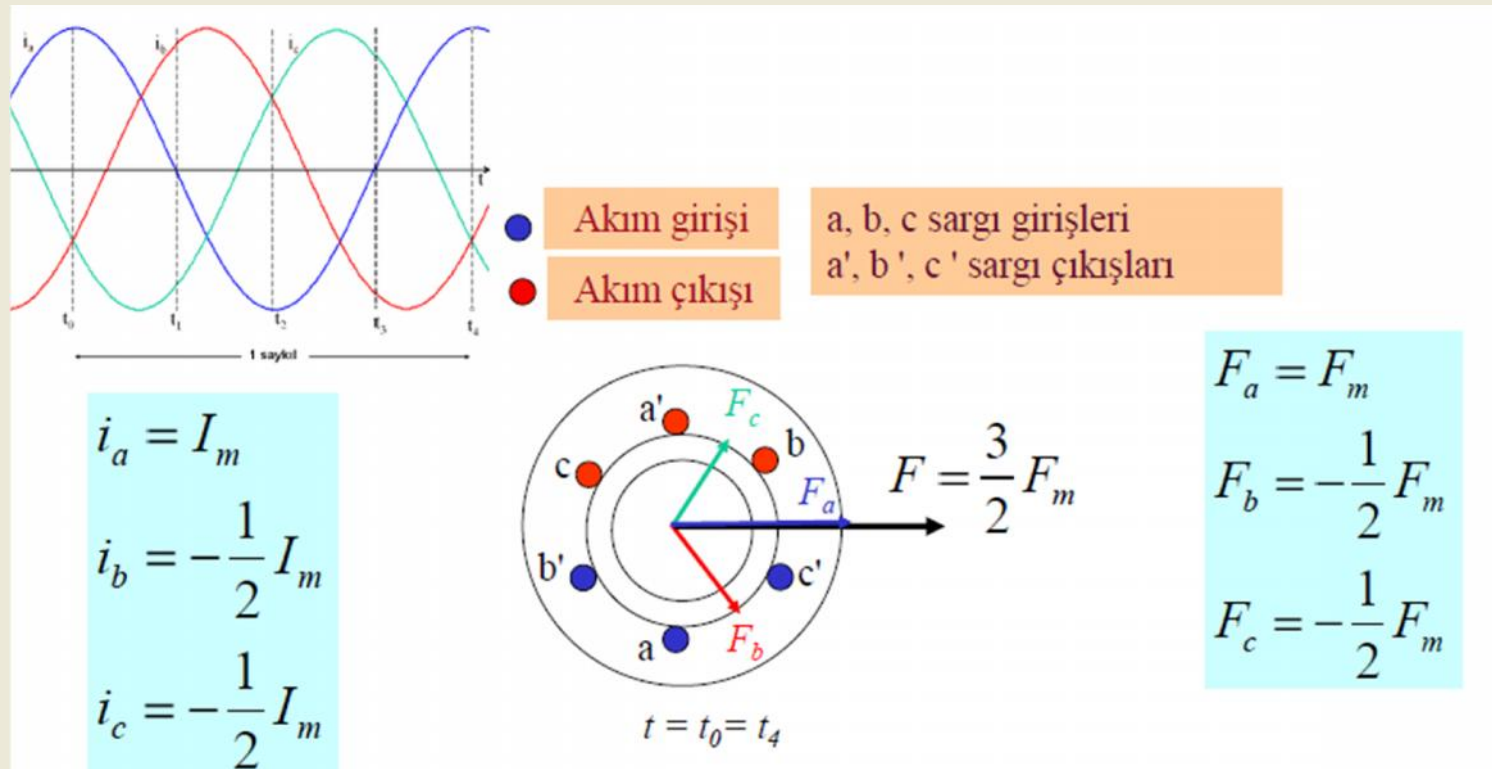
3.3. Döner Manyetik Alan



$$i_a = I_m \cos \omega_t \quad i_b = I_m \cos(\omega_t - 120^\circ) \quad i_c = I_m \cos(\omega_t - 240^\circ)$$

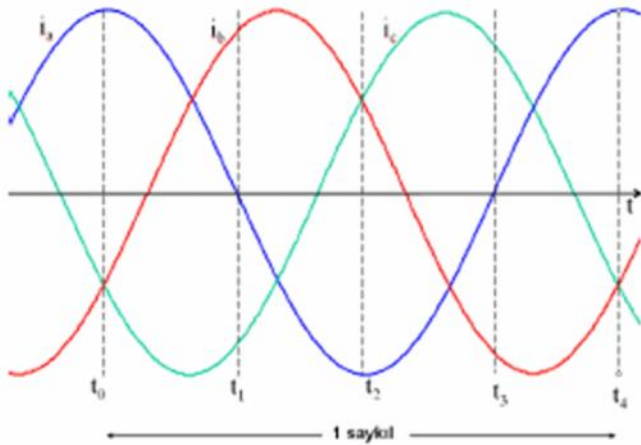
3.3. Döner Manyetik Alan

- Stator döner manyetik alanı stator akımları tarafından meydana getirildi i için stator akımlarının belirli zamanlardaki yön ve genlikleri dikkate alınarak mmk'in yön ve genli i belirlenebilir.
- Üç-faz akım e rilerinde $t = t_0$ için a,b ve c fazı akımları ve mmk'leri:

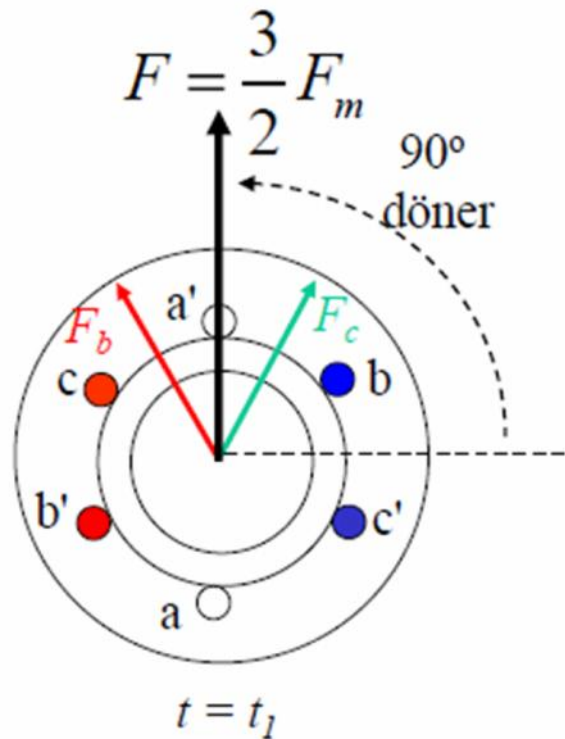


3.3. Döner Manyetik Alan

Üç-faz akım eğrilerinde, $t = t_1$ için a, b ve c fazı akımları ve mmk'leri:



$$\begin{aligned} i_a &= 0 \\ i_b &= \frac{\sqrt{3}}{2} I_m \\ i_c &= -\frac{\sqrt{3}}{2} I_m \end{aligned}$$



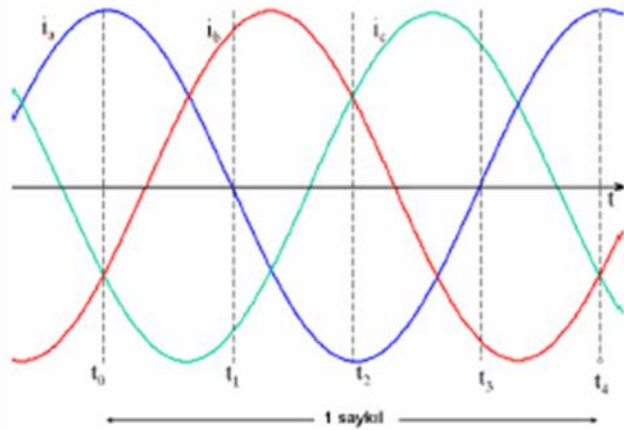
$$F_a = 0$$

$$F_b = \frac{\sqrt{3}}{2} F_m$$

$$F_c = -\frac{\sqrt{3}}{2} F_m$$

3.3. Döner Manyetik Alan

Üç-faz akım eğrilerinde, $t = t_2$ için a, b ve c fazı akımları:



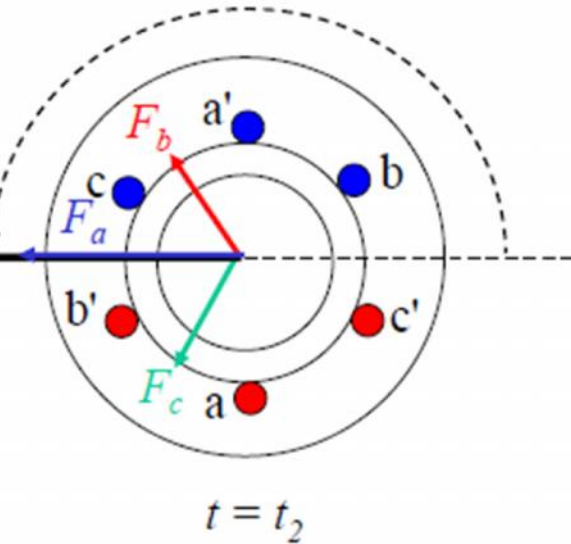
$$i_a = -I_m$$

$$i_b = \frac{1}{2} I_m$$

$$i_c = \frac{1}{2} I_m$$

$$F = \frac{3}{2} F_m$$

180°
döner



$t = t_2$

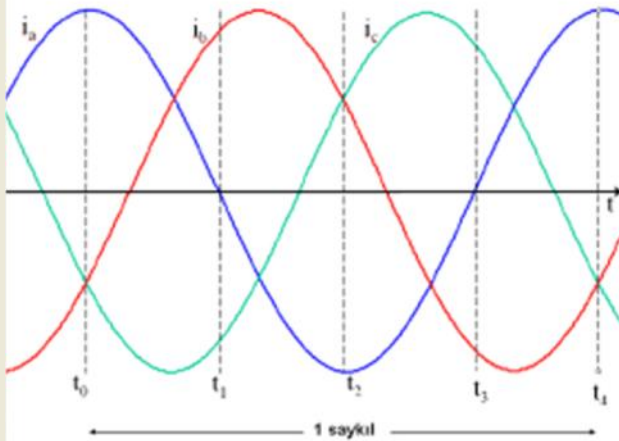
$$F_a = -F_m$$

$$F_b = \frac{1}{2} F_m$$

$$F_c = \frac{1}{2} F_m$$

3.3. Döner Manyetik Alan

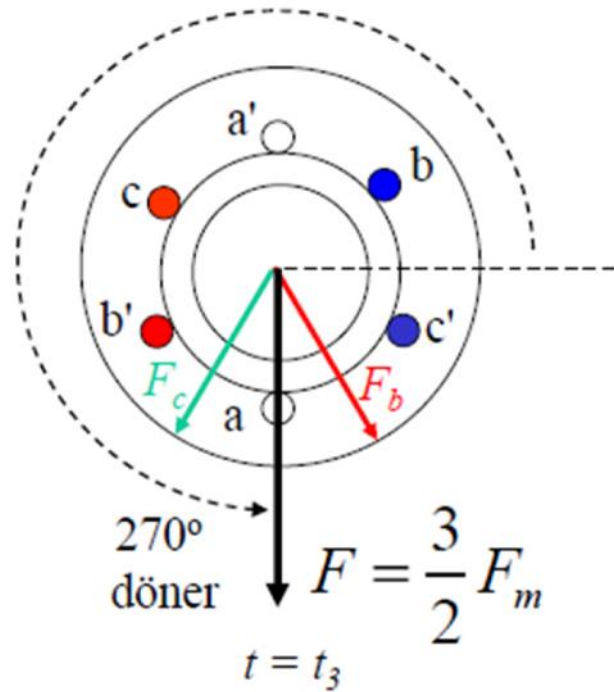
Üç-faz akım eğrilerinde, $t = t_3$ için a, b ve c fazı akımları ve mmk'leri:



$$i_a = 0$$

$$i_b = -\frac{\sqrt{3}}{2} I_m$$

$$i_c = \frac{\sqrt{3}}{2} I_m$$

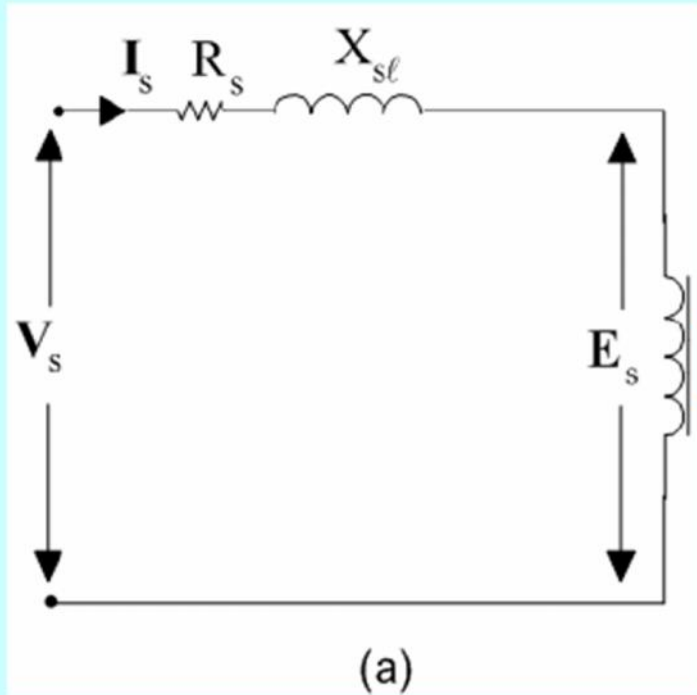


$$F_a = 0$$

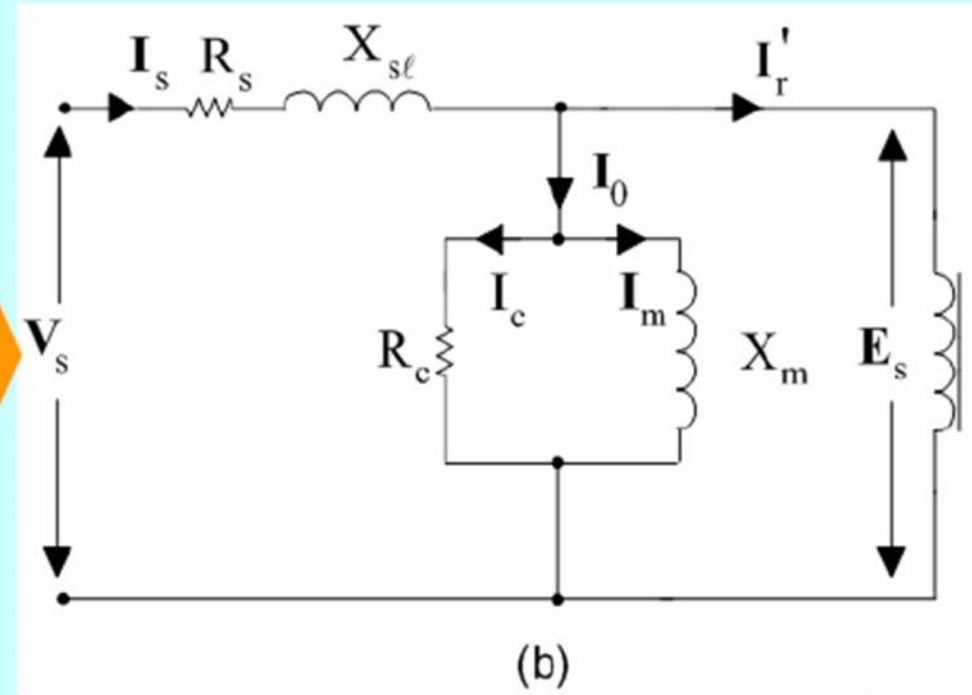
$$F_b = -\frac{\sqrt{3}}{2} F_m$$

$$F_c = \frac{\sqrt{3}}{2} F_m$$

3.4. Asenkron Makine Tek Faz Eşdeğer Devresi

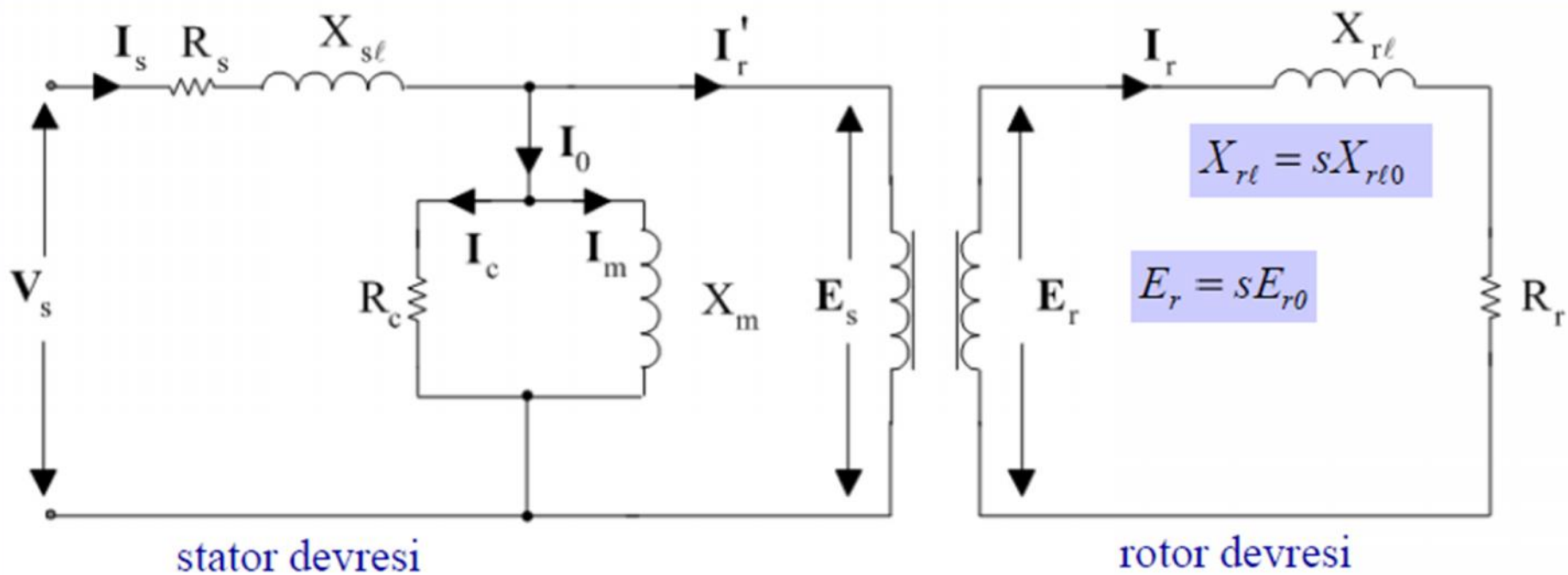


Stator bir-faz eşdeğer devresi



Stator bir-faz eşdeğer devresi ve uyartım devresi

3.4. Asenkron Makine Tek Faz E de er Devresi



Kayma “s” bağıl hız farkının bir ölçüsüdür :

$$S = \frac{n_s - n_m}{n_s} = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s}$$

Rotorda endüklenen gerilimin;

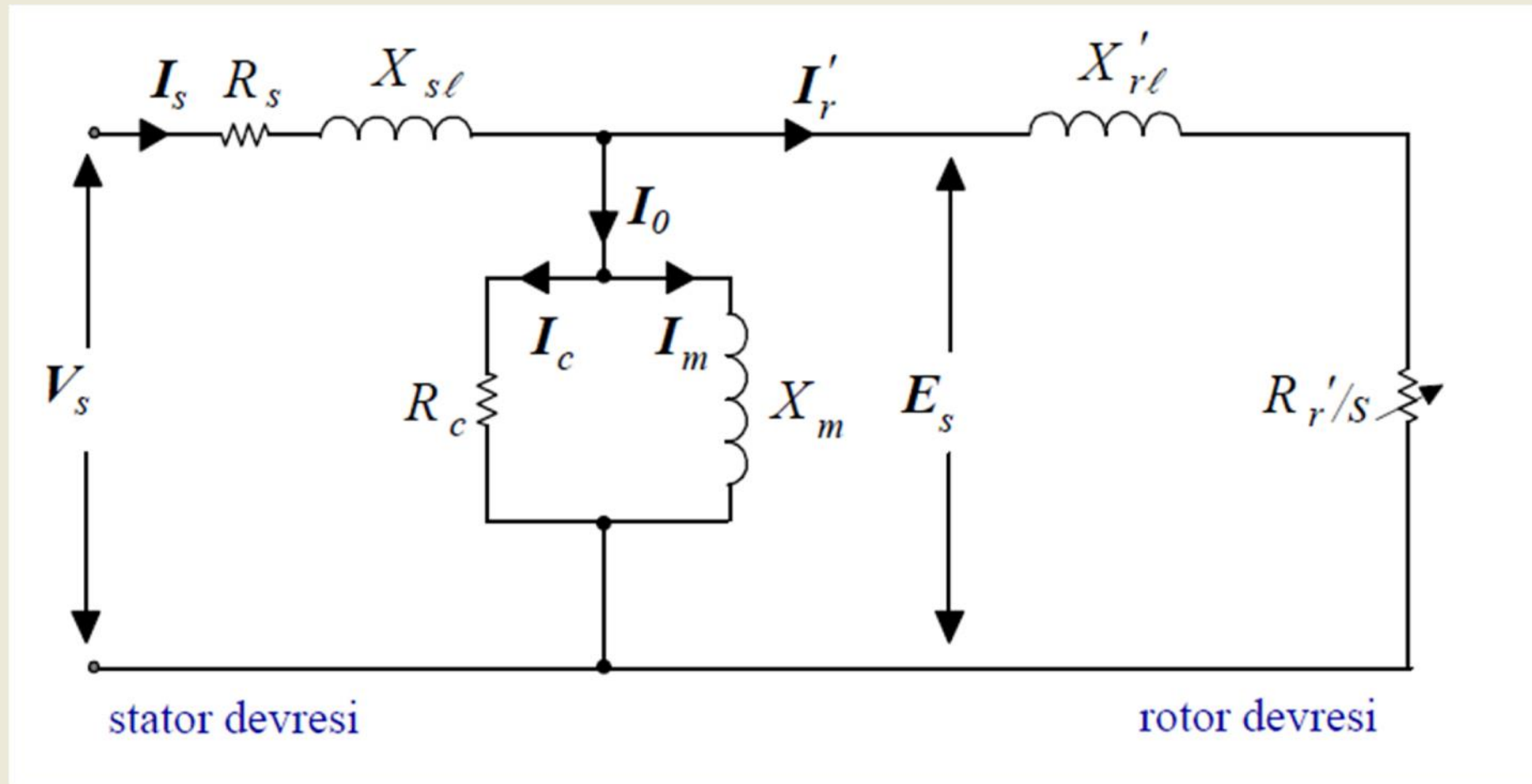
açısal kayma frekansı

$$\omega_{slip} = S\omega$$

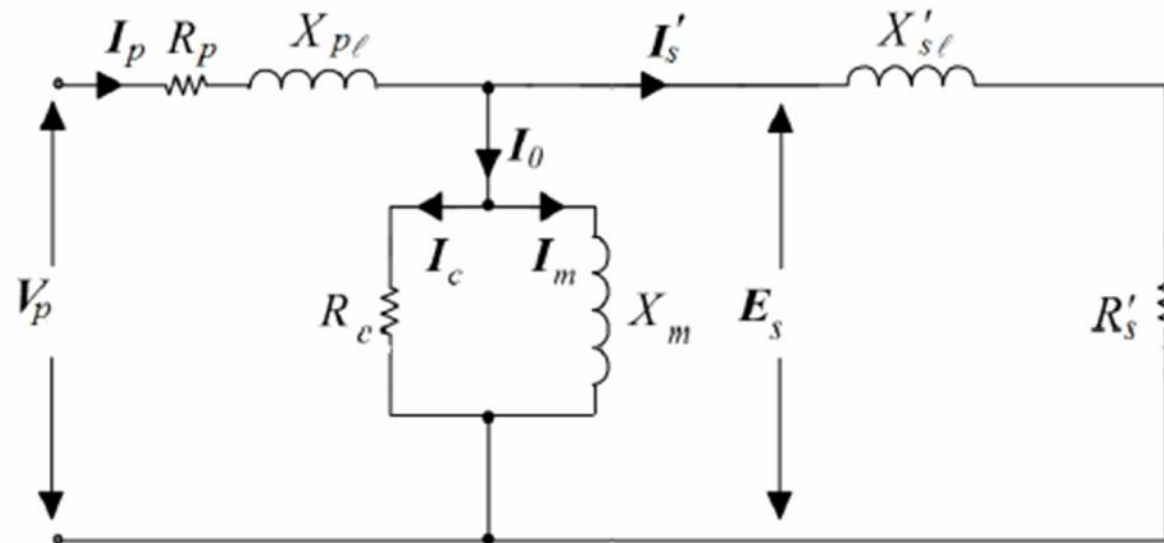
kayma frekansı

$$f_{slip} = Sf_s$$

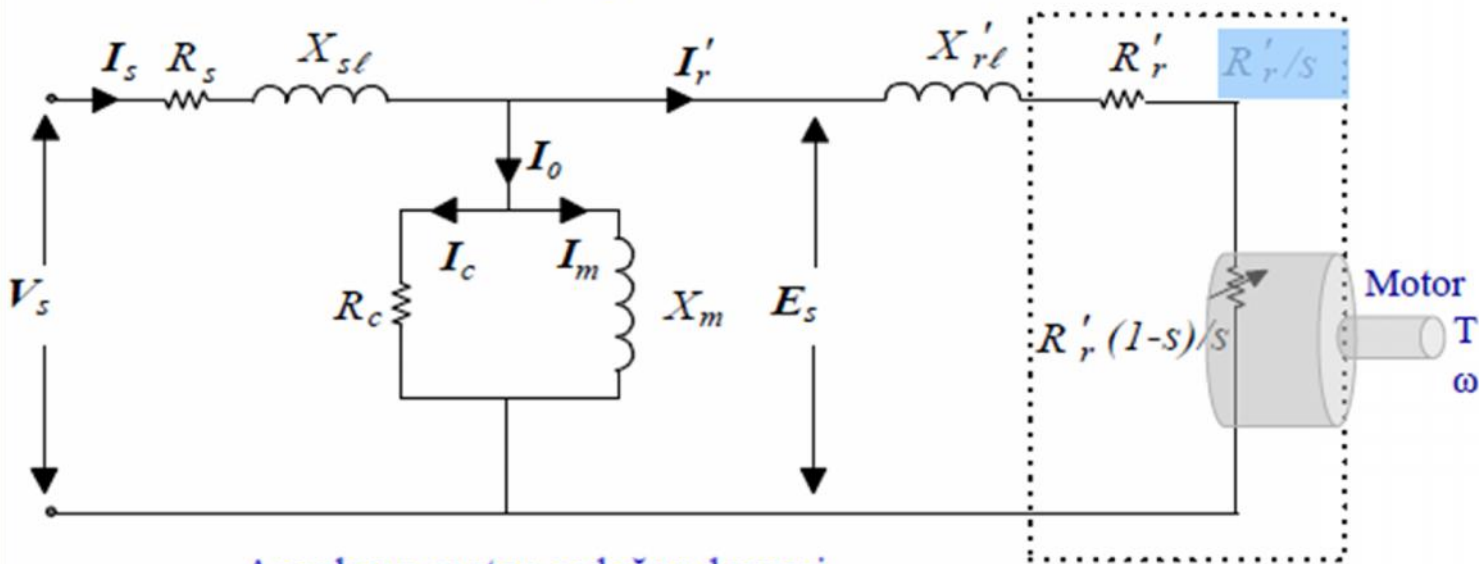
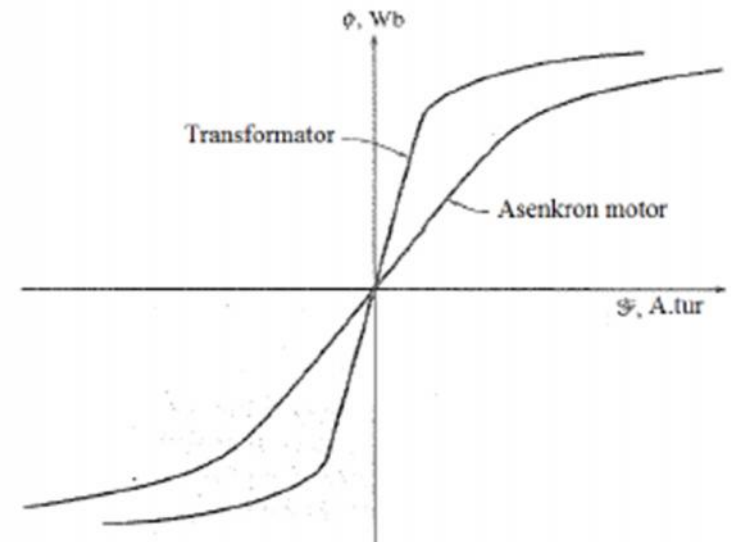
3.4. Asenkron Makine Tek Faz E de er Devresi



3.4. Asenkron Makine Tek Faz Eşdeğer Devresi



Transformator eşdeğer devresi



Asenkron motor eşdeğer devresi

3.5. Asenkron Makinede Güç ve Güç Kayıpları

Asenkron motordaki güç kayıpları :

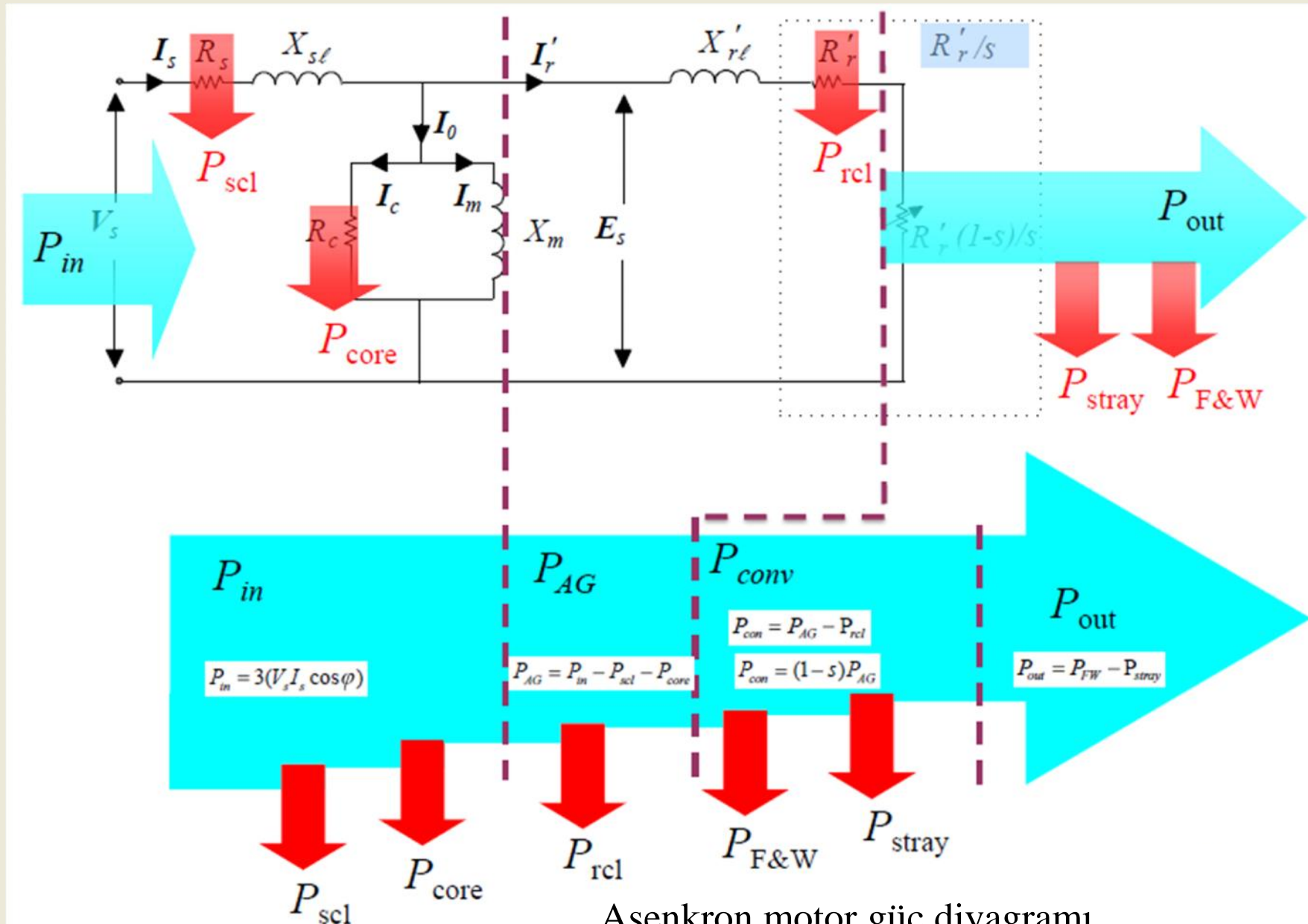
1. Elektrik güç kayıpları

- *Stator bakır kayıpları (P_{sc1})*
- *Demir kayıpları (P_{core})*
- *Rotor bakır kayıpları (P_{rc1})*

2. Mekanik güç kayıpları

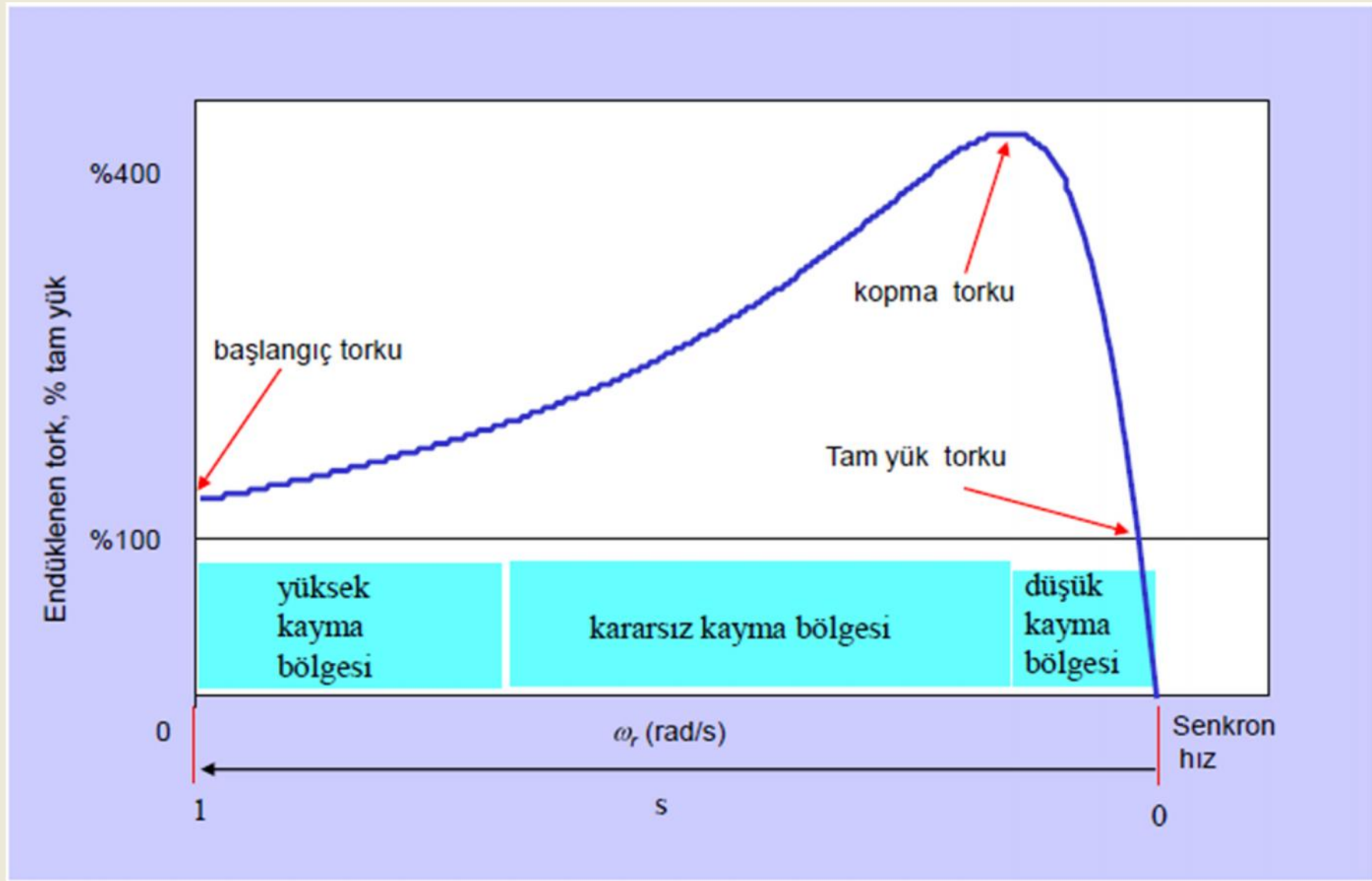
- *Sürtünme ve rüzgar kayıpları ($P_{F\&W}$)*
- *Kaçak yük kayıpları (P_{stray})*

3.5. Asenkron Makinede Güç ve Güç Kayıpları

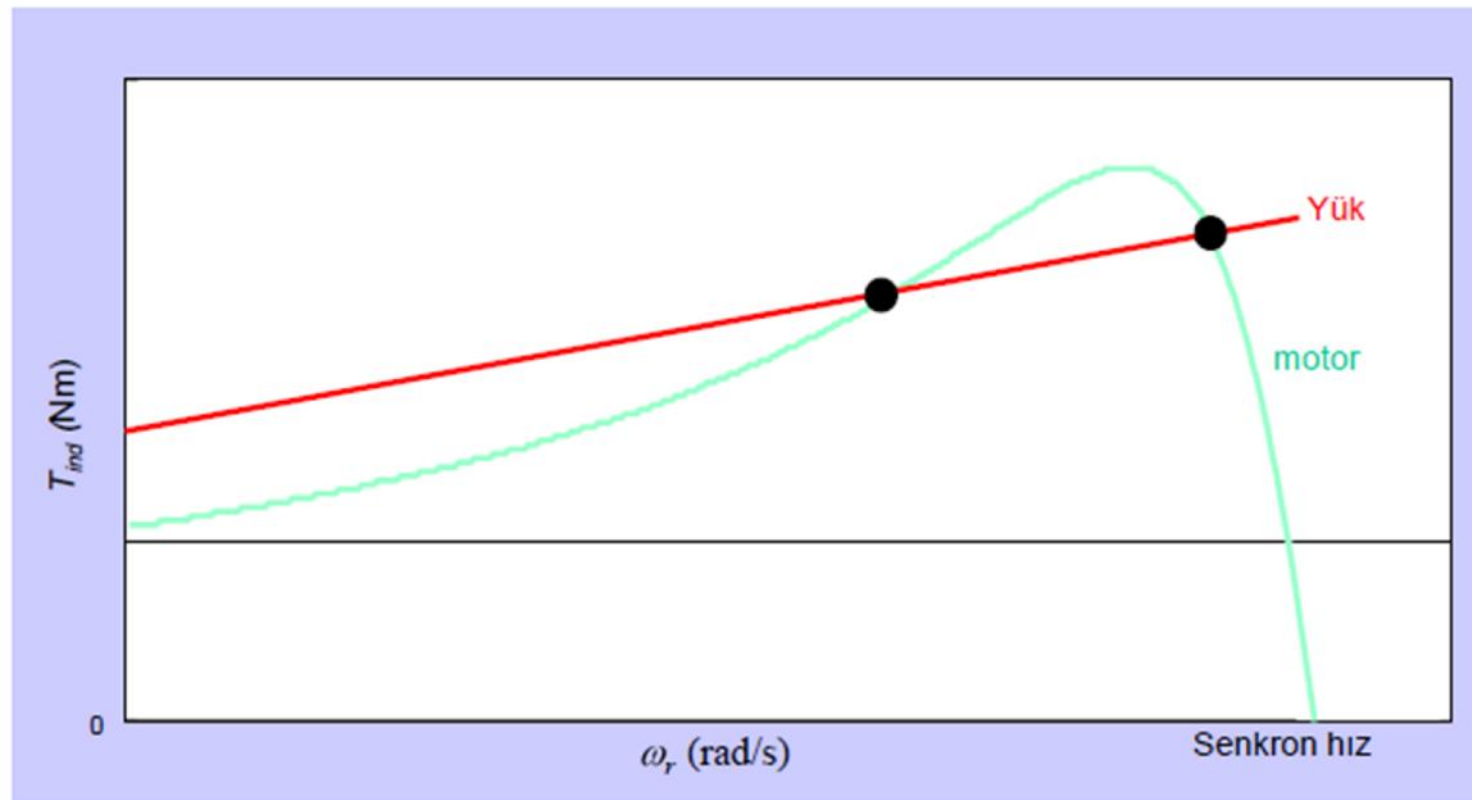


Asenkron motor güç diyagramı

3.6. Asenkron Motorun Hız-Tork E rileri



3.6. Asenkron Motorun Hız-Tork E rileri



Motor – yük eşleşmesi

$$T_{ind} = T_L + T_{f\&w} + J \frac{d\omega_r}{dt}$$

T_{ind} = Motorun ürettiği tork

T_L = Yük torku

$T_{f\&w}$ = Sürtünme ve rüzgar kayıpları

J = Eylemsizlik / atalet) momenti $\frac{d\omega_r}{dt}$

3.6. Asenkron Motorun Hız-Tork E rileri

