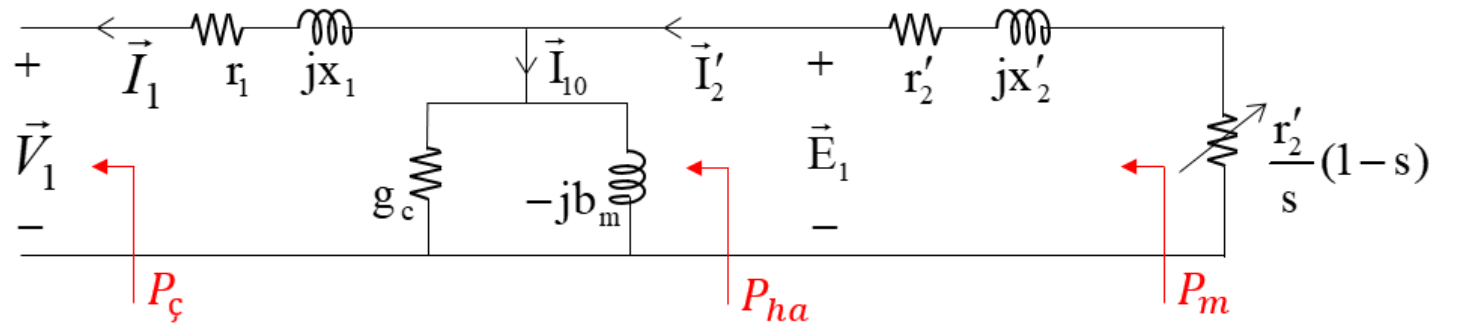


## ASENKRON JENERATÖR

Asenkron makinenin statorunda ac kaynak varken, rotoru dışarıdan türbin gibi mekanik bir destekle senkron hızın üzerinde döndürülürse ( $n_r > n_s$ ), kayma eksi ( $s < 0$ ) olur. Bu durumda, mekanik çıkış gücüne karşılık gelen direnç  $\frac{r'_2}{s}(1-s) < 0$  olur. Dolayısıyla motor moduna göre tanımlanmış elektromekanik güç eksi olur. Bunun anlamı, aslında mutlak değerce mekanik gücün elektriksel güce dönüştüğüdür. Bu güç, makinenin demir ve bakır kayıplarından fazlaysa, fazlalık kısım statoru besleyen kaynağa (birçok durumda şebekeye) aktarılır. Bu yüzden buna jeneratör modunda çalışma deriz.

Jeneratör durumunda güç ve güç faktörünü daha iyi anlamlandırmak için  $P_m$ ,  $\vec{I}'_2$  ve  $\vec{I}'_1$  tanımlarını motor modundakinin tersi yapmayı tercih ederiz.



Giriş gücü şafttaki mekanik güç (brüt), çıkış gücü ise stator kaynağı üzerindeki elektriksel güçtür.  $P_m$  ise net giriş gücüdür, ancak aksi söylenmedikçe “giriş gücü” denilince “brüt” anlaşılır ve verim bununla hesaplanır. Şekilde güçler tek faz eşdeğer devresi üzerinde gösterilmiş ise de aslında buradan hesaplananlar 3 ile çarpılarak 3 fazın toplam güçleri bulunur, dengeli çalışma varsayılarak. Burada motor modundakinden farklı olarak

$$\vec{I}'_1 = \vec{I}'_2 - \vec{I}_{10}$$

olduğuna dikkat edilmelidir. Çıkış güç faktörü (dikkat, giriş değil çıkış) buradaki yön tanımlarına göre  $\vec{V}_1$  ile  $\vec{I}'_1$  açılarından hesaplanır.

Asenkron jeneratörde statora aktarılan akım frekansı, dönüş hızından bağımsız olarak stator kaynağı veya şebeke tarafından belirlenir. Elektriksel güç ve gerilim üretmek istenmesine rağmen gerilim kaynağı veya şebeke gerektirdiği için, bağımsız kurulacak bir santralde asenkron jeneratörler tercih edilmez. O durumlarda senkron alternatörler tercih edilir. Ancak dönüş hızının istatistiksel olduğu rüzgar türbinlerinde, frekansın dönüş hızından bağımsız olması bir avantaj olduğundan tercih edilirler.

Asenkron jeneratörün asıl avantajı, sargılı rotorlu ve rotorunda bir güç elektroniği çeviricisiyle kullanıldığında, yönetilen toplam gücün %30 kadarı anma gücünde bir çeviricinin yeterli olabilmesidir. Yani rotordan hem bir miktar elektriksel güç hem de mekanik güç verilerek toplamından kayıplar kadar eksiği statordan alınmaktadır.

Yukarıdaki tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış tam eşdeğer devrede paralel kol, stator kaynağına (çıkışa) doğrudan paralel olacak şekilde sola kaydırılırsa, tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış **yaklaşık** eşdeğer devre elde edilir. Bu durumda  $\vec{E}_1 \approx \vec{V}_1$  varsayılır ve demir kaybı  $V_1$  ile hesaplanır. Ayrıca  $\vec{I}'_2$  hesabı da kolaylaşır. Bir sonraki konumuz olan güç akışı ise tam eşdeğer devreye göre anlatılmıştır.

# Asenkron Jeneratörde Güç Akışı

$$P_g = T_g \cdot \omega_r$$

Brüt giriş gücü (mekanik)  
( $T_g$ : Brüt giriş torku)

$$P_{sür} = T_{sür} \cdot \omega_r$$

( $P_{sür}$ : sürtünme güç kaybı)  
( $T_{sür}$ : sürtünme torku)

$$P_m = -3 \frac{r_2'}{s} (1-s) I_2'^2$$

$$= (1-s) P_{ha}$$

$$= T_m \omega_r$$

Elektromekanik burada mekanik biçimden elektriksel biçime dönüşen anlamında

$P_m$ : elektromekanik güç  
 $T_m$ : elektromekanik tork  
 $P_m$  ve  $T_m$  net giriş

$$T_m = P_{ha} / \omega_s$$

Dikkat!  $\omega_r$  değil.

$$P_{CuRot} = 3 r_2' I_2'^2$$

Rotor bakır kaybı

$$P_{ha} = -3 \frac{r_2'}{s} I_2'^2$$

Hava aralığı gücü, yani  $P_{Fe}$  tamamen statorlarda varsayılırsa, hava aralığından statora akan güç

Demir kaybı

$$P_{Fe} = 3 g_c E_1^2$$

$$P_{st} = 3 \operatorname{Re} \{ \vec{E}_1 \vec{I}_1^* \}$$

Stator elektriksel devresinin e aktarılan güç

Stator bakır kaybı

$$P_{CuSt} = 3 r_1 I_1^2$$

$$P_a = \operatorname{Re} \{ 3 \vec{V}_1 \vec{I}_1^* \}$$

$$= 3 V_1 I_1 \cos \phi_1$$

Net çıkış gücü (elektriksel)

$$\text{Verim} = \eta = \frac{P_a}{P_g}$$

$$T_m = \frac{P_{ha}}{\omega_s}$$

Bunu  $P_a = P_m - P_{Fe} - P_{Cu}$   
(St + Rot)

Dikkat!  $P_g$  değil!!!

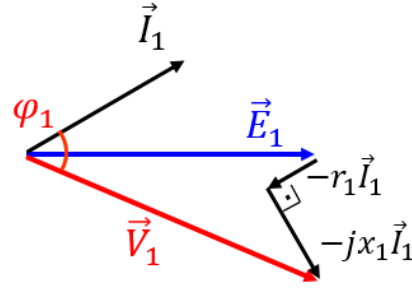
ile hesaplamak daha kolay

## Asenkron Jeneratörde Vektör Şemaları

Stator için:

$$\vec{V}_1 = \vec{E}_1 - (r_1 + jx_1)\vec{I}_1$$

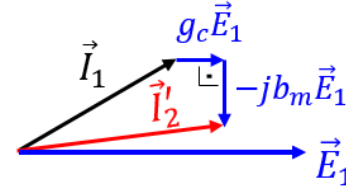
denkleme göre yandaki şema çizilir.



Statordan rotora geçiş için:

$$\vec{I}'_2 = \vec{I}_1 + \vec{I}'_{10} = \vec{I}_1 + (g_c - jb_m)\vec{E}_1$$

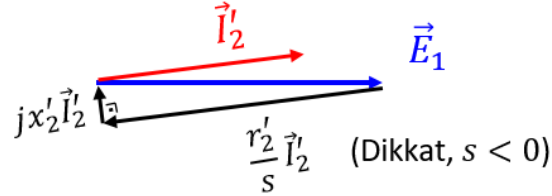
denkleme göre yandaki şema çizilir.



Rotor için:

$$\vec{E}_1 = (r'_2 + jx'_2)\vec{I}'_2$$

denkleme göre yandaki şema çizilir.



### Örnek:

Üç fazlı,  $f = 50$  Hz'lik,  $\Delta/Y$  bağlı,  $P = 8$  kutuplu bir asenkron makinenin tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 1,36 \Omega, \quad r'_2 = 2,28 \Omega, \quad x_1 = x'_2 = 5,10 \Omega, \quad g_c = 0,005 \text{ S}, \quad b_m = 0,009 \text{ S}$$

statorundan fazlar arası 220 V uygulanırken bir türbin yardımıyla 825 devir/dakika hızla döndürülüyor ve bu sırada makinenin kendisinden kaynaklanan sürtünme kaybı 290 W oluyor. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak bu çalışma için makinenin verimini, giriş torkunu, çıkış güç faktörünü ve stator hat akımı büyüklüğünü bulunuz.

Çözüm:

$$n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{8} = 750 \text{ rpm}, \quad s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{750 - 825}{750} = -0,1$$

$$r_y = \frac{r'_2}{s}(1 - s) = \frac{2,28 \Omega}{-0,1} 1,1 = -25,08 \Omega$$

$$\vec{V}_1 = 220V \angle 0^\circ \quad \vec{I}'_2 = -\frac{220 \angle 0^\circ}{(1,36 + 2,28 - 25,08) + j(5,10 + 5,10)} \text{ A} = -\frac{220}{-21,44 + j10,20} \text{ A}$$

$$\vec{I}'_2 = \frac{220}{21,44 - j10,20} \text{ A} = \frac{220}{23,743A \angle 154,6^\circ} \text{ A} = \frac{9,266A}{I'_2} \angle (-154,6^\circ) = (8,367 + j3,981) \text{ A}$$

$$P_{Cu} = 3(r_1 + r'_2)(I'_2)^2 = 3 \times 3,64 \times 9,266^2 \text{ W} = 938 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = 3g_c V_1^2 = 3 \times 0,005 \times 220^2 \text{ W} = 726 \text{ W}$$

$$P_m = -3r_y (I'_2)^2 = -3 \times (-25,08) \times 9,266^2 \text{ W} = 6460 \text{ W}$$

$$P_{\text{çıkış}} = P_m - P_{Cu} - P_{Fe} = (6460 - 938 - 726) \text{ W} = 4796 \text{ W}$$

$$P_{\text{giriş}} = P_m + P_{\text{sür}} = (6460 + 290) \text{ W} = 6750 \text{ W}$$

$$\text{Verim} = \frac{4796}{6750} = \%71,1 \quad \omega_r = \frac{\pi}{30} n_r = \frac{\pi}{30} 825 \text{ rad/s} = 86,39 \text{ rad/s}$$

$$T_{\text{giriş}} = \frac{P_{\text{giriş}}}{\omega_r} = \frac{6750}{86,39} \text{ Nm} = 78,1 \text{ Nm}$$

$$\vec{I}_{10} = (g_c - jb_m)\vec{V}_1 = (0,005 - j0,009) \times (220 + j0) \text{ A} = (1,100 - j1,980) \text{ A}$$

$$\vec{I}_1 = \vec{I}'_2 - \vec{I}_{10} = (8,367 + j3,981) \text{ A} - (1,100 - j1,980) \text{ A} = (7,267 + j5,961) \text{ A} = \frac{9,40 \text{ A}}{I_1} \angle (39,4^\circ) = \vec{I}_1$$

Stator  $\Delta$  bağlı olduğu için  $I_h = \sqrt{3} \cdot I_1 = \sqrt{3} \times 9,40 \text{ A} = 16,28 \text{ A}$ .

$\varphi_1 = \angle \vec{V}_1 - \angle \vec{I}_1 = 0^\circ - 39,4^\circ = -39,4^\circ$  çıkış güç faktörü =  $\cos \varphi_1 = \cos(-39,4^\circ) = 0,773$  ileri.

### Örnek:

Üç fazlı,  $f = 50 \text{ Hz}$ 'lik, Y/Y bağlı,  $P = 12$  kutuplu bir asenkron makinenin tek faza indirgenmiş ve statora yansıtılmış eşdeğer devre parametreleri şöyledir:

$$r_1 = 3,9 \Omega, \quad r'_2 = 6,6 \Omega, \quad x_1 = x'_2 = 10,5 \Omega, \quad g_c = 0,004 \text{ S}, \quad b_m = 0,008 \text{ S}$$

statorundan fazlar arası 1000 V uygulanırken bir türbin yardımıyla 570 devir/dakika hızla döndürülüyor ve bu sırada makinenin kendisinden kaynaklanan sürtünme kaybı 400 W oluyor. Yaklaşık eşdeğer devre kullanarak bu çalışma için makinenin verimini ve giriş torkunu bulunuz.

Çözüm:

$$n_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{12} = 500 \text{ rpm}, \quad s = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{500 - 570}{500} = -0,14$$

$$r_y = \frac{r'_2}{s} (1 - s) = \frac{6,6 \Omega}{-0,14} 1,14 = -53,74 \Omega$$

Çıkış güç faktörü veya stator akımı sorulmadığı için vektörel ( karmaşık ) işlemlere gerek yoktur.

$$V_1 = \frac{1000 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 577,4 \text{ V} \quad I'_2 = \frac{577,4}{\sqrt{(3,9 + 6,6 - 53,74)^2 + (10,5 + 10,5)^2}} \text{ A} = 12,01 \text{ A}$$

$$P_{Cu} = 3(r_1 + r'_2)(I'_2)^2 = 3 \times (3,9 + 6,6) \times 12,01^2 \text{ W} = 4544 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = 3g_c V_1^2 = 3 \times 0,004 \times 577,4^2 \text{ W} = 4000 \text{ W}$$

$$P_m = -3r_y (I'_2)^2 = -3 \times (-53,74) \times 12,01^2 \text{ W} = 23256 \text{ W}$$

$$P_{\text{çıkış}} = P_m - P_{Cu} - P_{Fe} = (23256 - 4544 - 4000) \text{ W} = 14712 \text{ W}$$

$$P_{\text{giriş}} = P_m + P_{\text{sür}} = (23256 + 400) \text{ W} = 23656 \text{ W}$$

$$\text{Verim} = \frac{14712}{23656} = \%62,2 \quad \omega_r = \frac{\pi}{30} n_r = \frac{\pi}{30} 570 \text{ rad/s} = 59,69 \text{ rad/s}$$

$$T_{\text{giriş}} = \frac{P_{\text{giriş}}}{\omega_r} = \frac{23656}{59,69} \text{ Nm} = 396 \text{ Nm}$$