

ELEKTRİK JENERATÖRLERİ

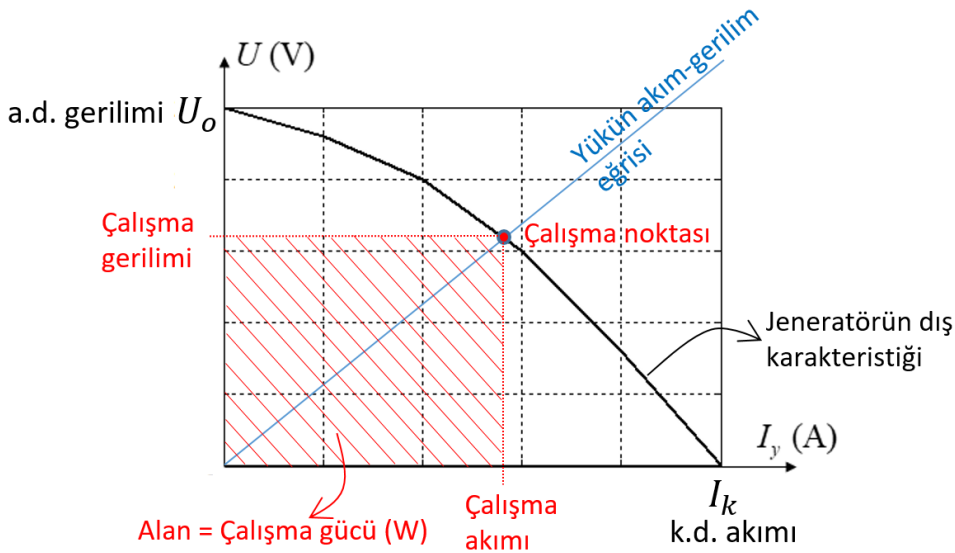
Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren makinelerdir. Jeneratörlerin girişi mekanik, çıkışı elektriktir. Yani elektriksiz çıkış uçlarına direnç vb yük bağlanarak elektriksiz güç alınır. Hemen hepsi mekanik enerjiyi dönüş hareketi olarak milinden alan silindirik yapıdadır. Başlıca çalışma ilkesi Faraday indüksiyon ilkesidir:

$$e = -\frac{d\Psi}{dt}$$

Burada Ψ , sargıda zincirlenen toplam manyetik akı, e ise sargıda endüklenen elektromotor kuvvet (emk), yani gerilimdir. Manyetik akı ya sabit mıknatıslarla ya da elektrik akımıyla beslenen sargılarla sağlanır. Dönüş hareketinin de etkisiyle sargılardaki akı değiştiği için e gerilimi endüklenir. e gerilimi sinüzoidaldir. AC jeneratörlerde bu gerilim sinüzoidal haliyle kullanılır. DC jeneratörlerde ise öyle bir yapı vardır ki, dönen her sargıda endüklenen sinüzoidal e gerilimi tam işaret değiştirirken, durgun ortama çıkartılan gerilime katılan o sargının bağlantı uçları yer değiştirir. Böylece mekanik yolla doğrultulmuş gerilim elde edilir.

AC jeneratörlere *alternatör* de denir. DC jeneratörlere *dinamo* da denir.

Jeneratörlerde başlıca eğri *dış karakteristik*dir. Sabit hızda döndürülen jeneratörün hangi yük akımında hangi gerilimi vereceğini gösterir. Dış karakteristik genellikle negatif eğimlidir, akım arttıkça sargı direnç ve reaktanslarındaki gerilim düşümünden dolayı çıkış gerilimi azalır. Bir dönüş hızındaki eğriden başka bir dönüş hızındaki eğriyi elde etmek için, gerilimin hızla yaklaşık doğru orantılı olmasından faydalanırız.



Dış karakteristiğin önemi, jeneratörün elektriksiz bir yükü hangi akım ve gerilim değerlerinde besleyeceğini bulmamıza yararlıdır. Bunun için, yüke ait akım-gerilim eğrisi (mesela direnç doğrusu) aynı eksenler üzerinde çizilir (yükün eğrisi ise genellikle pozitif eğimlidir, çünkü ne kadar çok gerilim uygulanırsa o kadar çok akım çeker). Kesişim noktası çalışma noktasıdır. Yani hem jeneratör hem yük, bu noktadaki akım ve gerilim değerlerinde çalışır. Çalışma gücü ise şekildeki taralı dikdörtgenin alanıdır.

Eğrinin çıkartıldığı şartlarda, mesela o sabit hızda, jeneratörün verebileceği maksimum güç ise, şekildeki gibi (yani bir köşesi dış karakteristik üzerinde, iki kenarı eksenlerde olmak üzere) çizilebilecek en büyük dikdörtgen alanıdır (burada ızgaralara denk gelip gelmemesinin hiç önemi yoktur, ızgaralar keyfi çizilir). Ancak jeneratörden maksimum güç çekebilmek için, akım-gerilim eğrisi, maksimum gücün çalışma noktasından geçen bir yük kullanılmalıdır; başka bir yükle maksimum güç çekilmez.

Başka bir yükle jeneratörden maksimum güç çekebilmek için, jeneratörle yük arasında maksimum güç noktası izleyici (MPPT = *maximum power point tracker*) denilen güç elektroniği devresi kullanılır. Jeneratör ac ise uygun dönüşüm oranında bir trafo da kullanılabilir. Böylece jeneratörün gördüğü yük, yine maksimum gücün çalışma noktasından geçen yük olur, yani yükü uyumlandırmış oluruz.

ELEKTRİK MOTORLARI

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinelerdir. Hemen hemen bütün türlerde, jeneratör ve motor olarak kullanılan makine yapısı aynıdır. Yani bir makinenin motor veya jeneratör olması, hangi çalışma moduna göre kullanıldığını ifade eder. Motorların girişi elektriksel, çıkışı mekaniktir. Hemen hepsi mekanik enerjiyi dönüş hareketi olarak milinden veren silindirik yapıdadır. Başlıca iki kısımdan oluşurlar: Durgu kısım, *stator* ve dönen kısım *rotor*. Genellikle stator silindirin dışında, rotor içindedir. Ancak tam tersi de vardır (bunlara göbek (*hub*) motor denir).

Bütün elektrik motorlarının başlıca çalışma ilkesi, sargıların manyetik dipol moment vektörünün (akım yönüne bağlı bir tarafta sargı yüzeyine diktir), ortamdaki manyetik akı yoğunluğu vektörü (\vec{B}) ile hizalanmaya çalışmasıdır, yani pusulanın hizalanması ile aynı ilkedir. AC motorlarda statora uygulanan ac akım dönen \vec{B} vektörü oluşturur ve rotorun manyetik dipol moment vektörü bununla hizalanmaya çalışırken sürekli döner. DC motorlarda ise statorda sabit bir \vec{B} vektörü oluşturulur. Rotorda dc akım taşıyan sargıların manyetik dipol momentini bununla hizalanmaya çalışır. Ancak öyle bir yapı vardır ki bir sargı tam hizalandığı anda, uygulanan dc akımı tersi yönde taşıyacak şekilde bağlantı uçları yer değiştirilir. Böylece o sargı tersten hizalanmak üzere aynı dönüş yönünü devam ettirmeye çalışır.

Aynı çalışma ilkesi, " \vec{B} vektörü altında içinden akım geçen bir iletken üzerinde manyetik kuvvet oluşur" diye de ifade edilebilir. Rotor sargıları üzerinde üretilen kuvvet \vec{F} , hem silindir eksenine hem yarıçap vektörüne (\vec{r}) diktir. Yani tam silindiri döndürmeye çalışan yönde silindir yüzeyine teğettir. Bu nedenle silindir yüzeyindeki bu kuvvet ve çizgisel hız (\vec{v}) yerine döndürme torku (\vec{T}) ve açısal hız (ω) ile hesaplamalar daha kullanışlıdır. Yönleri belli olduğu için vektör işaretleri atılarak büyüklükleri ile de kullanabiliriz.

Mekanikte sonsuz küçük \vec{ds} yer değiştirmesi ile yapılan iş $\vec{F} \cdot \vec{ds}$ sonsuz küçük dt zamanına bölünerek güç bulunur. \vec{F} ile $\vec{v} = \vec{ds}/dt$ aynı yönlü olduğu için döndürme gücü:

$$P = \frac{\vec{F} \cdot \vec{ds}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = \boxed{P = Fv}$$

Tork ise $\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F} = rF$ ve çizgisel hız $v = r\omega$ olduğundan

$$P = Fr\omega = \boxed{P = T\omega}$$

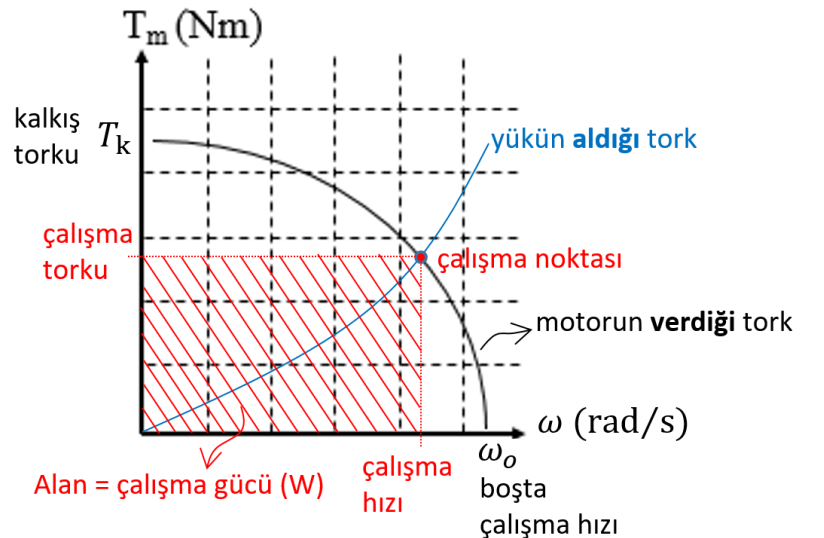
diye de yazılabilir (çizgisel hareketle hesaplamada birinci, dönme hareketleriyle hesaplamada ikinci çerçevesi denklem kullanışlıdır). Diğer bir deyişle tork şöyle bulunur:

$$\boxed{T = P/\omega}$$

P birimi W ve ω birimi rad/s alınırsa tork, Nm birimiyle bulunur. Dönüş hızını devir/dakika (rpm = *revolution per minute*) cinsinden açısal hıza şöyle çeviririz:

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60} = \frac{\pi}{30} n$$

Motorlarda başlıca eğri tork-hız karakteristiğidir. Belirli şartlarda, mesela frekansta sabit rms geriliminde motorun hangi hızda ne kadar tork ürettiğini gösterir. Genellikle negatif eğimlidir. Bunun anlamı, yük artırılıp motor zorlandıkça, ki bu hızda yavaşlamayla kendini gösterir, elektrik



motorunun daha fazla tork ürettiğidir. Bu yüzden içten yanmalı motorların aksine elektrik motorları belirli bir gerilimle çalışırken yüklenmeyle kolay kolay bayılmaz, daha çok akım çekip daha çok güç üreterek makul sınırlar içindeki yük artışını dengeleyebilir. Ancak akımın aşırı yükselmesine karşı korunması gerekir.

Tork-hız eğrisinin önemi, motorun bir yükü hangi hız ve tork ile döndüreceğini bulmamıza yararlıdır. Bunun için, yükün aldığı tork-hız eğrisi aynı eksenler üzerinde çizilir (yükün eğrisi ise genellikle pozitif eğimlidir, çünkü ne kadar çok tork alırsa o kadar hızlanır). Kesişim noktası çalışma noktasıdır. Yani aynı şaftta kenetlenmiş motor ve yük, bu noktadaki tork ve hız değerlerinde döner. Çalışma gücü ise şekildeki taralı dikdörtgenin alanıdır.

Eğrinin çıkartıldığı şartlarda, mesela o sabit gerilimde, motorun verebileceği maksimum güç ise, şekildeki gibi (yani bir köşesi dış karakteristik üzerinde, iki kenarı eksenlerde olmak üzere) çizilebilecek en büyük dikdörtgen alanıdır (burada ızgaralara denk gelip gelmemesinin hiç önemi yoktur, ızgaralar keyfi çizilir). Ancak motordan maksimum gücü çekebilmek için, tork-hız eğrisi eğrisi, maksimum gücün çalışma noktasından geçen bir yük kullanılmalıdır; başka bir yükle maksimum güç çekilmez.

Başka bir yükle motordan maksimum güç çekebilmek için, motorla yük arasında dişli, kayış vb bir aktarım organı kullanılır. Böylece motorun gördüğü yük, yine maksimum gücün çalışma noktasından geçen yük olur, yani yükü uyumlandırmış oluruz.

İhtiyaca Göre Motor Seçimi

Başlıca motor seçim kriterleri hız ve güçtür. Ayrıca gerilim imkanı dikkate alınarak çalışma gerilimi de uygun olmalıdır. Güç ve buna göre belirlenecek akım için sürekli çalışma ve kısa süreli olmak üzere farklı sınırlar vardır, bunlara ayrı ayrı uyulmalıdır. Herhangi bir şarttaki çıkış gücünü, az önce verilen $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$ veya $P = T\omega$ formülüyle hesaplamalıyız. Buradaki kuvvet veya tork, motorun üreteceği olup dış kaynaklı sürtünme ve ivme gibi o şartlardaki değerler de hesaba katılmalıdır. Ancak bu çıkış gücüdür. Giriş gücü ise çıkış gücünü verime bölerek bulunur. Verim için katalogdaki hıza bağlı verilen grafik veya değerlerden faydalanılır.

Aksi söylenmedikçe bütün makine ve cihazlarda, giriş gücü denilince brüt giriş gücü (P_{giris}), çıkış gücü denilince net çıkış gücü ($P_{çıkış}$) anlaşılır ve verim buna göre hesaplanır:

$$\text{Verim} = \frac{P_{çıkış}}{P_{giris}}$$

Örnek:

$m = 500 \text{ kg}$ 'lık yükü $v = 2 \text{ m/s}$ hızla yukarı çeken %80 verimli motorun giriş gücü ne olmalıdır? (Sürtünme ihmal) (Yerçekimi ivmesi $g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

Çözüm: Motorun uygulayacağı kuvvet ile hız aynı yönlü olacağı için $P_{çıkış} = Fv$.

$$F = mg = 500 \times 9,81 \text{ N} = 4905 \text{ N}$$

$$P_{çıkış} = Fv = 4905 \times 2 \text{ W} = 9810 \text{ W}$$

$$P_{giris} = P_{çıkış}/\text{Verim} = 9810\text{W}/0,80 = 12,26 \text{ kW}$$

Örnek:

$m = 1000 \text{ kg}$ 'lık bir otomobil, $v = 30 \text{ m/s}$ hız civarındayken sürtünmesi $F_{sür} = 350 \text{ N}$. Bu hız civarında $a = 2 \text{ m/s}^2$ kadarlık ivme altında motorun çıkış gücü nedir? Sabit hızda motorun çıkış gücü nedir?

Çözüm: İvmeli durumda motorun ürettiği gereken kuvvet $F = F_{sür} + ma = (350 + 1000 \times 2)\text{N} = 2350 \text{ N}$. Yönler hep aynı olduğu için $P_{çıkış} = Fv = 2350 \times 30 \text{ W} = 70,5 \text{ kW}$ olur.

Sabit hızda ise $P_{çıkış} = Fv = 350 \times 30 \text{ W} = 10,5 \text{ kW}$ olur.

Dikkat: Burada motorun maruz kaldığı bütün sürtünmenin otomobil üzerindeki eşdeğeri ile kabaca hesap yapılmıştır. Hassas hesaplamalarda her aktarım kademesindeki sürtünme ve verim ayrı ayrı hesaba katılmalıdır.