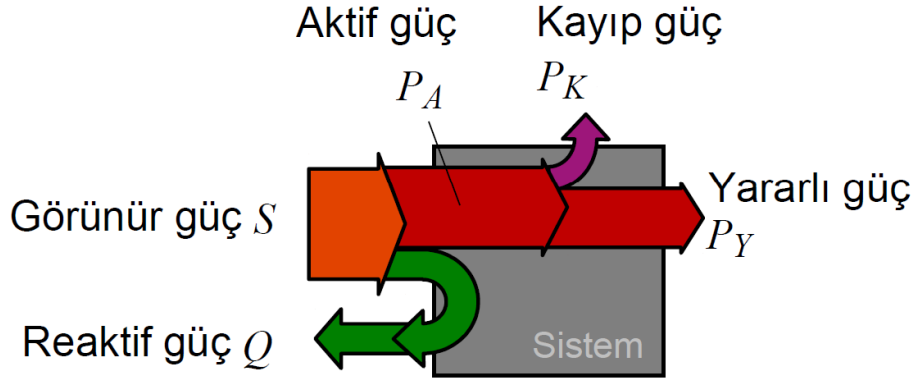


**ELEKTROTEKNİK, FİZİKSEL İLKELER,
REAKTİF GÜÇ, GÖRÜNEN GÜÇ VE AKTİF GÜÇ**



Prof. Dr. İsmail Kaşıkçı

Elektroteknik nedir? Devre teorisi nedir?

Çok basit bir soru bu. Ancak meslek okulları ve meslek liselerinde, tabii ki üniversitelerde verilen eğitime baktığımızda soru içinden çıkılmaz bir hal alıyor. Şüphesiz devre teorisi, elektroteknik dersinden çok farklı değildir. AC ve DC devre analizleri, elektrik ve manyetik alan teorisi, bir faz ve üç fazlı sistemler, güçler aynıdır. Ancak anlatım tekniği değişiktir. Biz bunu derslerde ve pratikte yaşadığımız durumlarda anlıyoruz. Bologna kararlarına uyan ülkelerde devre teorisi elektrotekniğin yerine verilmez. Elektronik ve enformasyon teknolojisi bölümünü okuyanlar 3. dönemde bu dersi alırlar. Ancak temel ders elektrotekniktir. Kaldığı elektronik günümüzde kendi başına bir meslek değildir.

Yine tespitlerimize göre tek ve üç fazlı sistemlerin, elektrik güç sistemlerinde ortaya çıkan değişik güç tanımlarının anlaşılmadığını, hatta internet ortamında ve bazı seminerlerde sanki bu güçler hiç yokmuş gibi anlatılması Amerika'yı yeniden keşfetmeye benziyor.

Elektroteknik biliminde ve diğer bilim dallarında ve mesleklerde olduğu gibi, yüklerin (alıcıların) etkilerini daha iyi anlamak için birimler ve tanımlar uluslararası alanda karar altına alınmış, böylelikle bilgi kirliliğine ve karmaşıklığa son verilmiştir.

Bu yazıda bazı çok basit konuları Özellikle elektrik güç sistemlerinde **güç tanımlarını** detaylı bir şekilde ele alacağız.

Anahtar kelimeler:

Elektron, akım, gerilim, aktif güç, sanal güç, reaktif güç, faz kayması, güç katsayısı

Elektrik (Yunanca ἤλεκτρον ēlektron "kehribar" dan), statik veya hareketli elektrik yüklerinin neden olduğu tüm olgular için fiziksel bir terimdir. Bu, yıldırım veya manyetizmanın kuvvet etkisi gibi günlük yaşamdan bilinen birçok olguları içerir. Elektrik kavramı yükün elektrik ve manyetik etkisinden dolayı, doğa bilimlerinde fiziksel olarak geniş bir şekilde açıklanmıştır.

Elektrik yükü; yük taşıyıcıları olarak bilinen negatif yüklü elektronlar ve pozitif yüklü protonlar gibi belirli atomik parçacıkların bir özelliğidir ve Coulomb birimleri cinsinden ölçülür. Pozitif veya negatif olgu keyfi olarak seçilir. Önemli bir özellik, aynı isimdeki elektrik yüklerinin birbirini itmesi, aksine yüklerin birbirini çekmesidir.

Elektrik akımı; elektrik yükü taşıyıcılarının hareketini tanımlar, amper biriminde ölçülür ve diğer büyüklüklerin yanı sıra manyetik alanların sebebidir. Elektrik yüklerinin hızlandırılmış hareketi, elektrodinamik alanında tanımlanan ve elektrik iletkenlerinden bağımsız olarak uzayda yayılabilen elektromanyetik alanlar oluşturur.

Elektrik alanı; elektrik alan kuvveti ve elektrik potansiyeli olarak adlandırılan elektrik yüklerinin neden olduğu uzayın durum değişkenlerini tanımlar. Potansiyel fark olarak tanımlanan elektrik gerilimi genellikle Volt olarak ölçülür.

Zaman içinde hiçbir değişikliğin veya önemli bir değişikliğin olmadığı elektrostatik, zaman içindeki değişimin önemli bir etkiye sahip olduğu süreçler elektrodinamik olarak isimlendirilir.

Elektriksel ve manyetik olayların tanımı, hayal gücümüzü mekanik algılardan daha farklı bir anlayış yükler. Vücudun hareketleri görülebiliyor, kuvvetlerin etkilerini hissedebiliyoruz. Öte yandan, elektrik ve manyetizma genel olarak doğrudan duyu organlarımıza etki etmez.

Elektrik akım devrelerinin açıkta bulunan uçlarına parmaklarımızla dokunduğumuzda derin bir elektrik deneyimi kazanırız, buna elektrik çarpması diyoruz, ancak bu elektrik devrelerini incelemenin ve algılamanın pek kullanışlı bir yolu değildir.

Elektroteknik, elektriğin teknik uygulamasının bilimidir.

Elektrik, sırasıyla, elektrik yükleri ve akımları ile bunlarla ilişkili elektriksel ve manyetik alanların neden olduğu tüm olayları içerir ve ancak matematiksel denklemler ile açıklanabilir. AC şebekesinde elektriğin tamamen akması için, saniyede 50 kez bir manyetik alanın oluşturulması gerekir.

1924 yılında güç tanımları DIN 40110-2 ve IEEE 1459 de açıklanmıştır. Elektroteknik fizik ötesi kurallara bağlı bir bilim değildir. Tamamen elektrik yüklerinin etkilerini açıklayan ve tanımlayan bir bilim dalıdır [1].

Güç:

Anlık ve ortalama değeri dikkate alarak gücü tanımlayabiliriz. Genel olarak bilindiği gibi elektrik gücü gerilim ile akımın çarpımıdır.

Bununla birlikte, alternatif akım ile işler daha karmaşık hale gelir çünkü akım akışının ve gerilimin gücü ve yönü düzenli olarak değişir.

Elektrik şebekesinde, akım ve gerilim 50 Hz frekanslı sinüzoidal bir eğriye sahiptir.

Doğru akımda $P = U I$ elde ederiz.

Bu ilişkiyi zamanla değişen gerilimlere ve akımlara uygularsak, anlık gücü elde ederiz [2]

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \quad (1)$$

Anlık güç zamanla değişkendir. Sinüzoidal dönüşüm süreçlerinde geçici olarak pozitif, sıfır veya negatif olabilir. Bu nedenle çok anlamlı değildir. Pek işe de yaramaz.

İki kapılı bir sisteme gerilim uygulanırsa

$$u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_U) \quad (2)$$

Sistemdeki akım ise başka bir sıfır faz açısı ile

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_I) \quad (3)$$

Bu iki ifadeyi (1) numaralı aşağıdaki denkleme uygularsak

$$\begin{aligned} p(t) &= u(t) \cdot i(t) \\ &= 2 \cdot U \cdot I \cdot \sin(\omega t + \varphi_u) \sin(\omega t + \varphi_i) \end{aligned} \quad (4)$$

Matematikte bilinen toplama teoremi

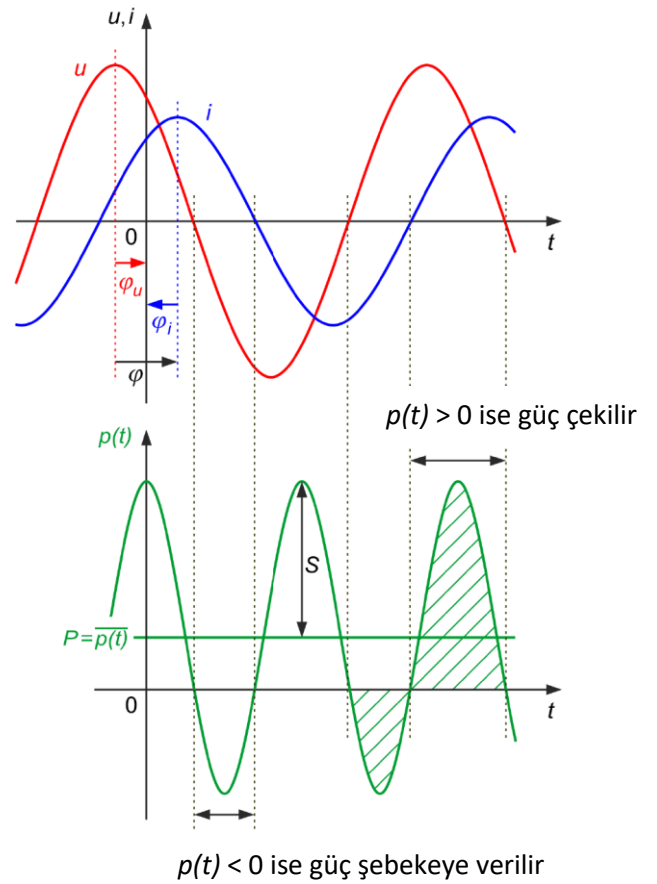
$$\sin x \cdot \sin y = 0,5 [\cos(x - y) - \cos(x + y)] \quad (5)$$

ile

$$\begin{aligned} p(t) &= -U \cdot I \cdot \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i) \quad (6) \\ &\quad + U \cdot I \cdot \cos(\varphi_u - \varphi_i) \end{aligned}$$

Görülebileceği gibi, anlık güç zamana bağlı değişen bir bileşen $p \sim(t)$ ve zamandan bağımsız bir terimden oluşur. $p(t) > 0$ ise, iki terminalli ağ tarafından güç tüketilir (alınır), $p(t) < 0$ ise, güç şebekeye verilir.

Akım, gerilim ve gücün zaman eğrileri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: AA'da akım, gerilim ve gücün zaman eğrileri

Anlık güç, karmaşık hesaplama (kompleks) ile de belirlenemez. Elde edilen sonucun fiziksel gerçeklikle hiçbir ilgisi yoktur.

Elektrik enerjisinin alternatif akımla etkisi için, bir periyottaki enerji dönüşümünü incelememiz gerekir.

Bu enerji dönüşümünü periyod ile ilişkilendirirsek, bir periyod boyunca gücün ortalama değerini elde edersiniz. Buna gerçek güç denir. Güç, enerjinin zaman içinde türetilmesidir.

Reaktif (endüktif veya kapasitif) ve görünen gücün fiziksel gerçekliği yoktur, ancak şebekedeki etkileri yadsınamaz ve yalnızca uygun şekilde seçilmiş kaynak ve yük arasındaki hesaplama değişkenleridir. Görünen güç aktif ve reaktif gücün vektörel (aritmetik değil) toplamıdır, yani karesi alınmış ve toplanmış bireysel değerlerin kareköküdür.

Denklem (5)'deki ilk terim, akımın veya gerilimin frekansının iki katı olan bir salınımı tanımlar. Bu, $p(t)$ gücünün değişen bileşeni $p_{\sim}(t)$ 'dir.

$$p_{\sim}(t) = -U \cdot I \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t + \varphi_U + \varphi_I) \quad (6)$$

Bu salınımın genliği görünür güç (S) olarak adlandırılır:

$$S = U \cdot I \quad (7)$$

Görünen güç, iki terminalli bir ağın üretici mi yoksa tüketici mi olduğuna bakılmaksızın her zaman pozitifdir. Birimi ise VA olarak verilir.

$$[S] = 1 \text{ VA} \quad (8)$$

Elektrik gücü, elektrik dünyasında önemli bir parametredir. Tamamen matematiksel bir bakış açısından, akım gücü ve gerilimin ürününden kaynaklanır. Akım veya gerilim ne kadar yüksekse, güç o kadar büyüktür. Bu miktar, İskoç bilim adamı ve mucit James Watt'ın adını taşıyan watt cinsinden ölçülür.

Denklem (5)'teki anlık gücün ikinci, zamandan bağımsız terimi, zaman-sabit bir gücü karakterize eder. Güç salınımının $p(t)$ aritmetik ortalamasına ve dolayısıyla ortalama etkin güce karşılık gelir. Bu nedenle aktif (etkin) güç P olarak adlandırılır:

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi_U - \varphi_I) \quad (9)$$

Görünen gücün aksine, bu aktif güç faz açısına (kayma açısı da denir) (φ) bağlı olarak pozitif (yük) veya negatif (kaynak) olabilir.

Aktif gücün, görünen güce bölümü, güç katsayısı **Lambda** (λ) olarak adlandırılır:

$$\lambda = \frac{P}{S} = \cos(\varphi) \quad (10)$$

Bu değer sadece 50 Hz' de geçerlidir ve kayma katsayısı, güç katsayısına eşittir. Bu formül sinüsoidal gerilim ve akım için geçerlidir. Bu nedenle güç katsayısı "Kayma Güç Katsayısı" olarak adlandırılır.

Reaktif gücü tanımlamak için toplama teoremini kullanarak aşağıdaki denklemi yazabiliriz.

$$p(t) = P \cdot [1 - \cos(2\omega t + 2\varphi_i)] + S \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(2\omega t + 2\varphi_i) \quad (11)$$

Köşeli parantez içindeki ifade her zaman sıfırdan büyük veya sıfıra eşittir ve $P > 0$ veya $P < 0$ (tüketici ve jeneratör)

olmasına bağlı olarak her zaman aynı işarete sahip olan aktif güç salınımını temsil eder. İkinci terim, bir periyot boyunca sürekli işaret değiştiren ve bu nedenle ortalama olarak sıfır olan bir kuvveti temsil eder.

İşaret değişikliği nedeniyle, bu güç iki kutuplu ağ tarafından sürekli olarak emilir ve tekrar serbest bırakılır ve bu nedenle reaktif güç salınımı olarak adlandırılır. Dolayısıyla, endüktanslarda ve kapasitanslarda elektrik veya manyetik alanı oluşturmak için gereken güce karşılık gelir. Özellikle motor ve transformatörlerde manyetik alanın elde edilmesi için reaktif güce ihtiyaç vardır.

$$Q = S \cdot \sin(\varphi) \quad (12)$$

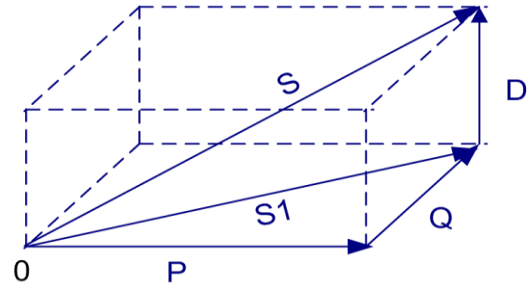
Reaktif gücün birimi var olarak verilir.

$$[Q] = 1 \text{ var} \quad (13)$$

Reaktif güç, elektrik enerjisi üretimine katkıda bulunmayan görünen gücün oranını tanımlar. Elektrik şebekelerinde güçler şekilde gösterildiği gibi aşağıdaki kısımlardan oluşur (Şekil 2):

- P Aktif güç
- S Görünen güç
- Q Temel reaktif güç / faz kayması reaktif güç,
- D Distorsiyon reaktif güç ve

Matematiksel olarak, reaktif güç, karmaşık elektriksel görünür güç S'nin hayali kısmıdır.



Şekil 2: Güç tanımları

Görünen güç ise, gerilim $\underline{U} = U \cdot e^{j\varphi_u}$ ve eşlenik karmaşık akımın $\underline{I}^* = I \cdot e^{-j\varphi_i}$ ürünü olarak tanımlanır:

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = U \cdot I \cdot e^{j(\varphi_u - \varphi_i)}$$

$$\underline{S} = U \cdot I \cdot e^{j\varphi} = S \cdot e^{j\varphi} \quad (14)$$

Faz açısı φ , gerilim U ile akım I arasındaki açı farkını veya faz kaymasını tanımlar. Görünen güç, aktif güç P ve reaktif güç Q'dan oluşur. Bu üç nicelik arasındaki ilişki şu şekildedir:

$$\underline{S} = S \cos \varphi + jS \sin \varphi = P + jQ \quad (15)$$

Reaktif güç, bir bobinin manyetik alanı içinde enerjinin depolanması esnasında periyodik olarak alan değiştirdiğinde (artı ve eksi) ve ayrıca kapasitörler şarj edilip boşaldığında elektrik enerjisinin depolanması esnasında ortaya çıkar.

Formül 14'e Euler formülünü uygularsak

$$\underline{S} = S \cdot \cos \varphi + j S \cdot \sin \varphi$$

$$= U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \varphi + j U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin \varphi = P + jQ \quad (16)$$

Aktif güç:

$$P = U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \varphi \quad P = I_{ef}^2 R \quad R = \frac{U_{eff}^2}{R} \quad (17)$$

Reaktif güç:

$$Q = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin\phi, P = I_{eff}^2 X, X = \frac{U_{eff}^2}{X} \quad (18)$$

Her periyot içinde, enerji depolama ve geri depolama sırasında iletilen aktif güç akışları birbirini iptal eder, böylece iletilen aktif enerji sıfır olur.

Enerji yalnızca gerilim kaynağı ile reaktanslar arasında veya tamamlayıcı reaktanslar arasında gidip gelir.

Bazen kondansatörlerin elektrik alanında, bazen de manyetik alanında depolanır.

Manyetik alan enerjisinin elektrik alan enerjisine sabit, periyodik bir dönüşümü vardır ve bunun tersi de geçerlidir. Bobinler ve kapasitörler, alan oluştuğu enerjiyi emer ve alan dağıldığında tekrar serbest bırakır.

Enerji sadece kaynaklar ve yükler arasında salsalınım halindedir.

Motorlar ve transformatörler gibi endüktif yüklerin tarihsel hakimiyeti nedeniyle, endüktif tüketicilerin reaktif güç tükettiğini ve kapasitörlerin bunu ürettiğini söylemek yaygın bir uygulama haline geldi.

Burada işletme için reaktif güç gereklidir, ancak bir önceki tanıma göre bir jeneratör olması gereken kapasitif bir işletme kaynağı olmalıdır.

Bu nedenle, reaktif güçle uğraşırken, net bir açıklama yapabilmek için ilgili reaktif güç türünü, yani endüktif veya kapasitif olarak belirtmenin gerekli olduğu söylenebilir.

Ayrıca, üretim ve tüketim terimlerinin açık bir tanımını bulmak mantıklıdır:

Özellikle endüktif veya kapasitif reaktif gücü alan veya yayan ekipman söz konusu olduğunda, mevcut çalışma modunun tanımlanmasında sorunlar vardır. Bir olasılık, ilgili reaktif güç tipini bir türe özgü olarak belirtmektir. Bununla birlikte, senkron jeneratörlerin davranışına bağlı olarak, burada genellikle aşırı uyarılmış (tüketiciler tarafından endüktif reaktif güç tüketimi veya jeneratörler tarafından kapasitif reaktif güç çıkışı) veya düşük uyarılmış (tüketiciler için kapasitif reaktif güç tüketimi veya endüktif jeneratörlerde reaktif güç çıkışı) işlemi belirtilir. Günümüz şebekelerinde reaktif güç yönetimi aynı zamanda birçok başka jeneratör tarafından da yönetilmektedir.

Çoğunlukla güç elektroniği ekipmanı, reaktif güç yönetimine önemli bir katkı sağlar, mevcut çalışma modunun bir açıklaması olarak ağdaki karşılık gelen geri beslemeyi kullanmak daha mantıklıdır: Endüktif reaktif güç emilir veya kapasitif reaktif güç verilirse (yayılsa), o zaman bu, ilgili ekipmanın bağlantı noktasındaki gerilimi düşürme etkisine sahiptir. **Kapasitif reaktif güç emilirse veya endüktif reaktif güç yayılırsa, bu durum cihazın bağlantı noktasındaki gerilimi yükseltir.**

Tüketici mi, jeneratör mü diye bir ayırım yapılır ve buna göre reaktif güç çıkışı veya reaktif güç tüketiminden bahsederiz. Bir tüketici mi yoksa bir jeneratör mü olduğuna dair karar, aktif güçle ilgili davranışa göre verilir.

Ekipman her iki tipte reaktif güç yayabilir veya emebilirse, çalışma modu her durumda ekipmanın bağlantı noktasındaki gerilime verilen

tepki aracılığıyla tanımlanır: tüketiciler tarafından endüktif reaktif güç tüketimi ve jeneratörler tarafından kapasitif reaktif güç tüketimi ifade edilir.

İşleyen bir iletim ağı, üretilen gücün mümkün olan en yüksek oranının tüketicilere sunulmasını sağlar. Sonunda tüketicilere fiilen ulaşan elektrik gücüne aktif güç denir. Örneğin, lambaların yanmasını sağlar, yani fiziksel açıdan işe yarar. Bununla birlikte, fiziksel nedenlerden dolayı, elektrik gücü taşınırken gücün kaybolması tamamen önlenemez.

Temel olarak, ağlar, aktif güce ek olarak salınan reaktif gücü de taşıyabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Şebekede artan reaktif güç oranıyla, aktif güç için kalan kapasite azalır. Bu şekilde daha az elektrik yükü taşınır.

Şebeke operatörünün görevi reaktif gücü doğru seviyede tutmaktır: Çok düşük olursa, gerilim düşer ve elektrik akışı kesilir.

Çok yüksekse, şebeke yoluyla daha az (kullanılabilir) aktif güç taşınabilir. Bu nedenle şebekede seçilen noktalarda faz değiştiriciler, bobinler ve kapasitörler şeklinde kompanzasyon sistemleri, gerektiği gibi reaktif güç tüketmek veya üretmek için kullanılır.

Yüzeysel olarak, reaktif güç asalak bir fenomen gibi görünür. Bununla birlikte, enerji besleme şebekelerinde ve motorlarda ve trafolarla manyetik alanların yapısı ve hedeflenen üretim ve bireysel şebeke düşümlerine reaktif güç besleme gerilim kararlılığı gerektirir.

Endüktif reaktif güçte besleme gerilimi artırır.

Bağlantı noktasında kapasitif reaktif güç beslemesi bağlantı noktasındaki gerilimi düşürür.

Sonuç olarak bir şebekede reaktif güç dengesi, gerilim kalitesi ve gerilim kararlılığı için gereklidir.

Pasif elemanlardaki güçleri kısaca inceleyelim (R, L, C)

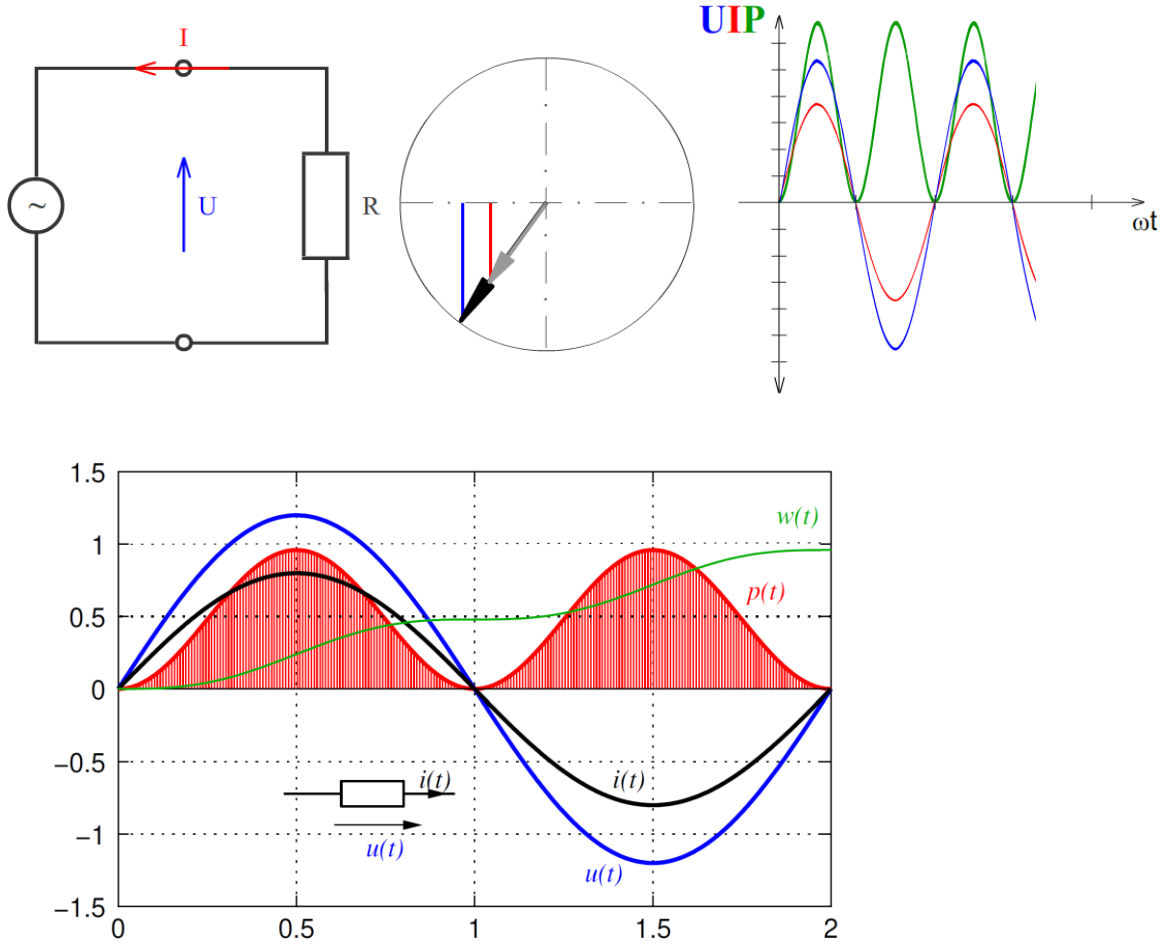
Burada amacımız elektroteknikte verilen bilgileri kısa ve öz açıklamaktır. Reaktif, görünür ve aktif gücü anlamak daha kolay olacaktır.

Güçler ideal elementler R, L ve C için hesaplanacaktır. Hesaplama yapmadan bile, sadece bileşenlerin fiziksel olarak anlaşılmasından, omik direncin herhangi bir reaktif güç salınımı gerçekleştirmediğini varsayacağız.

Tersine, bir enerji deposu olarak ideal bobin ve ideal kapasitör, emilen enerjiyi tekrar serbest bırakacak, böylece bu iki eleman L ve C saf bir reaktif güç salınımı gerçekleştirecektir. Alternatif akımda, güç ve enerjinin zamana bağlı bir davranışı varsayılır. Aşağıdaki hususlar, doğrusal eşdeğer iki uçlu bir ağın hesaplanabileceği doğrusal iki uçlu ağlara sahip sinüzoidal olarak uyarılmış bir ağ ile verilir. Tamamen omik iki terminalli bir ağın gücü zaten aktif güçtür. Şebekede ayrıca kapasitörler ve indüktörler varsa, akım ve gerilim farklı faz açılara sahip olacak ve bu da performansı etkileyecektir.

Aşağıdaki şekillerde omik, endüktif ve kapasitif devrelerde akım, gerilim ve güç eğrileri gösterilmiştir. Burada güçlerini salınımına dikkat ediniz.

Şekil 4'de iki kapılı bir sistemde **dirençte** oluşan gerilim, akım, enerji ve güçler diyagramda gösterilmiştir.



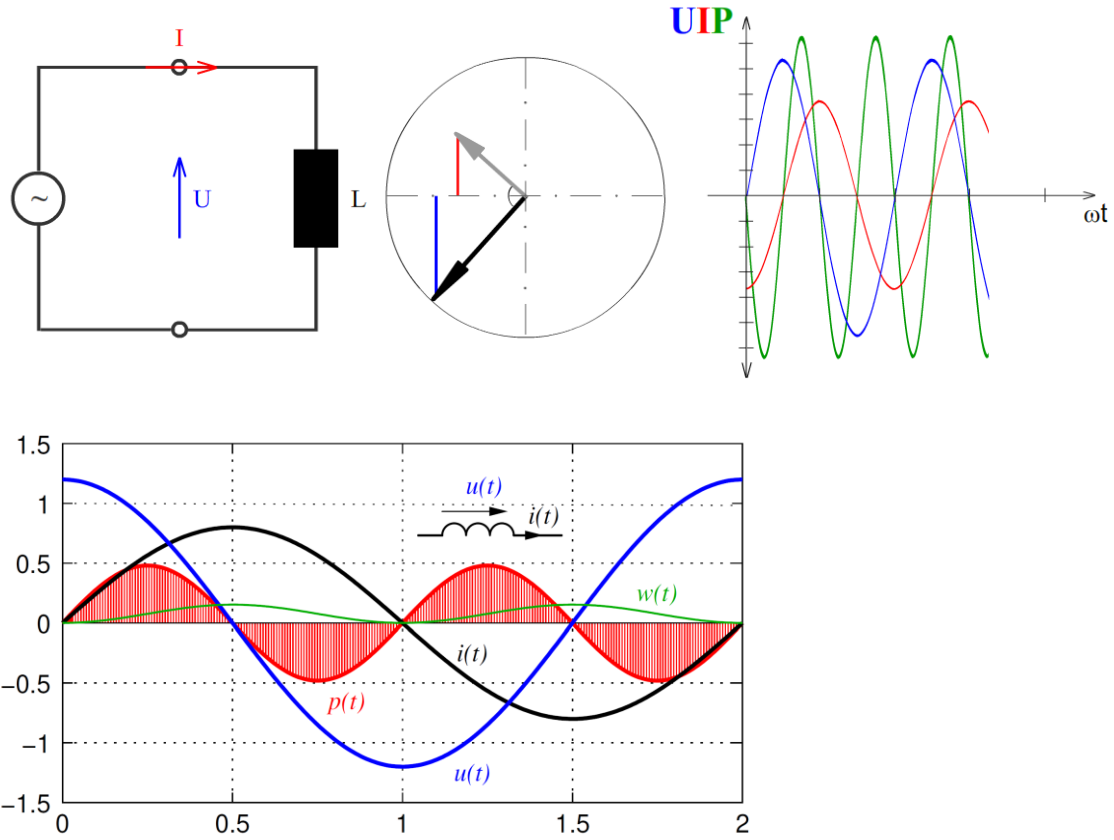
Şekil 4: Dirençte oluşan gerilim, akım, enerji ve güçler diyagramı

Aktif gücün özelliği:

- Gerilim ve akımda faz kayması yoktur.
- Güç salınım halindedir.
- Anlık güç her zaman pozitiftir.
- Her zaman tüketiciye güç akışı vardır.

Aktif gücün formülü $p(t) = P \cdot [1 + \cos(2\omega t + \varphi)]$

Şekil 5'de iki kapalı bir sistemde **endüktif** dirençte oluşan gerilim, akım, enerji ve güçler diyagramda gösterilmiştir.



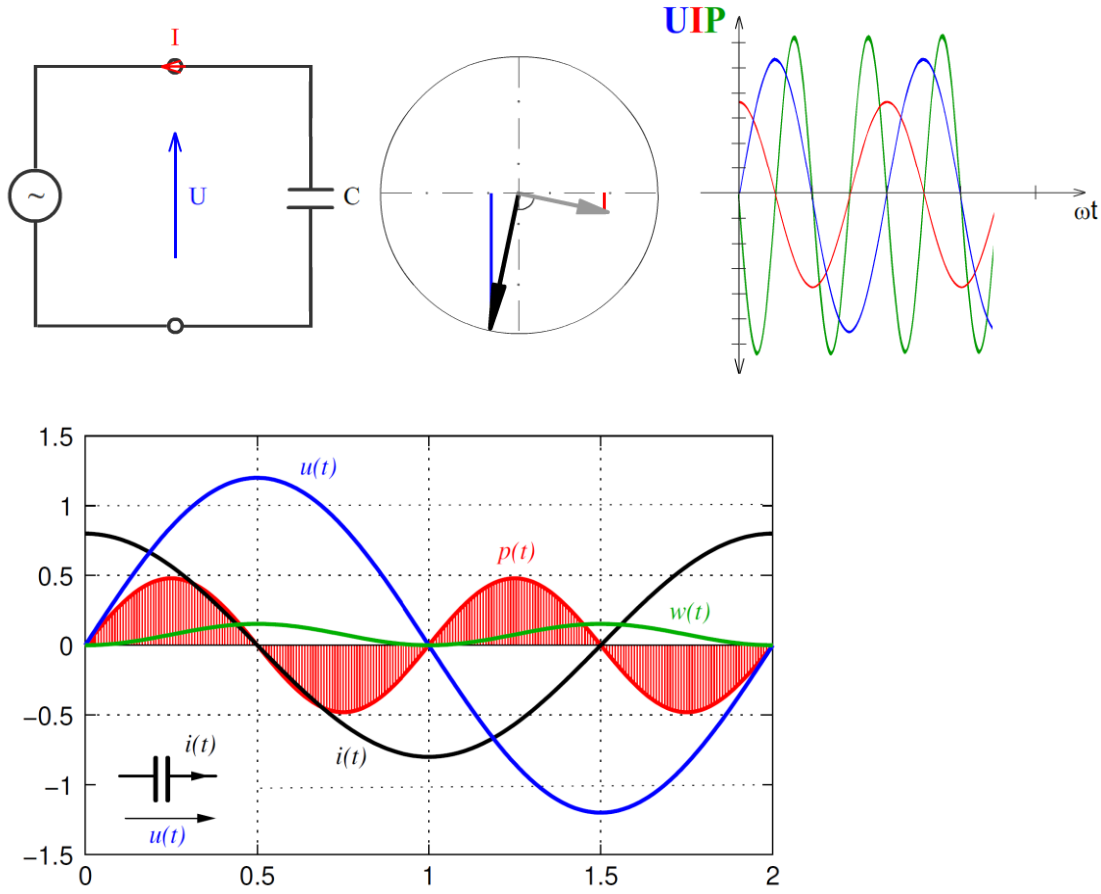
Şekil 5: Endüktif dirençte oluşan gerilim, akım, enerji ve güçler diyagramı

Bobinin manyetik alan enerjisini depolama yeteneği, denklem'de verilen endüktansı L ile tanımlanır.

Endüktans genellikle bir manyetik bobin akısı $\Psi = N \cdot \Phi$ ile onu oluşturan elektrik akımı I arasındaki oran olarak tanımlanır. Böylece endüktans, elektrik akış alanının integral alan değişkeni I ile manyetik alanın integral alan değişkeni Ψ arasında bir bağlantı kurar.

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I}$$

Şekil 6'da iki kapılı bir sistemde **kapasitif** bir dirençte oluşan gerilim, akım, enerji ve güçler diyagramda gösterilmiştir



Şekil 6: Kapasitif bir dirençte oluşan gerilim, akım, enerji ve güçler diyagramı

Kapasitif gücün özelliği:

- Akım ve gerilim arasında 90° faz kayması vardır.
- Anlık güç pozitif ve negatiftir.
- Ortalama güç $P=0$ 'dır.
- Gerçek güç yoktur.
- Güç, generatör ve tüketici arasında salınır.

Reaktif gücün formülü: $p(t) = -Q \cdot \sin(2\omega t + \varphi)$

Faz kayması neden olur?

Bobinler ve kapasitörler söz konusu olduğunda, hem alan oluşumu hem de alan dağılımı belirli bir süre gerektirdiğinden, akım akışı ve gerilim

eğrisi zamanla birbirine göre değişir.

Endüktif yüklerde (bobinler) akım, gerilimin gerisinde kalır, kapasitif yüklerde (kapasitör) gerilim, akımın gerisinde kalır.

Bu faz kaymaları (φ), açılal derecelere ifade edilir.

Fazda olan devrelere kıyasla aktif gücün ortalama değeriin düşmesine neden olur. 90° faz kayması ile aktif güç sıfırdır; tüm enerji, reaktif gücün oluşturulmasına ve azaltılmasına harcanır.

Tüketici bir yükte çalıştırılır çalıştırılmaz, sistem artık saf reaktif güçle (boşta yük) çalıştırılmaz (φ artık tam olarak 90° değildir). Saf reaktif güç işleminin zıt kutbu, saf aktif güçte çalışmadır.

Bir bobinde indüksiyon, akımdaki değışikliğin, uygulanan gerilime karşı **zıt bir** gerilimi temsil eden bir elektrik girdap alanı oluşturur. Bu duruma kendi kendine indüksiyon denir. Ters gerilim (veya kendi kendine endüksiyon), akım akışını çeyrek periyot kadar geciktirir (veya $\varphi = 90^\circ$). İndüksiyon, akımdaki değışiklik maksimumda olduğunda en büyüktür. Tepe noktalarında akımdaki değışiklik sıfırdır.

Devrede bir kondansatör varsa, gerilim çeyrek periyot kadar geciktirilir. Elektronlar kondansatörün bir tarafında birikir.

Gerilimin oluşabilmesi için önce akımın akması gerekir, veya yukarıda anlatıldığı gibi tersi olur.

Daha düşük faz kaymalarında, güç salınımı sıfır çizgisinin hemen altındadır.

Bu durumda sistemde, reaktif ve aktif güç kaymalarının bir karışımı vardır.

Sonuç olarak:

Görünen (sanal) güç:

1. Görünen güç (S), faz kaymalarını hesaba katmadan gerilim ve akımın etkin değeriinin çarpımıdır.
2. Görünen güç S ayrıca herhangi bir fiziksel anlamı olmayan işlemdir.
3. Öte yandan, cihazların ve sistemlerin tasarımı genellikle görünür güce dayanmaktadır. Bu nedenle cihazların hacmini, ağırlığını ve fiyatını belirler. Bu nedenle büyük teknik ve ekonomik öneme sahiptir.

Reaktif güç:

1. Reaktif güç, gerçek gücü artırmadan görünen gücü artıran bir niceliktir. Önemlidir, çünkü işletmede hiç bir fayda sağlamadan maliyet üretir.
2. Reaktif akım ortalama olarak herhangi bir güç iletmez. Ancak toplam akım miktarını artırır. Bu da iletim kayıplarını yükseltir. Ayrıca tüm ekipmanlar toplam akım için

tasarlanmalıdır. Reaktif akım bu nedenle maliyetleri artırır.

3. Aktif güç:

1. Aktif güç, enerji teknolojisinde fiziksel bir niceliktir.
2. Aktif güç, bir güç iletim sistemindeki enerji transferini belirler.
3. Aktif güç, diğer güç biçimlerine dönüştürülebilen elektrik gücünün oranını tanımlar. Elektrik makinelerinde, aktif elektrik gücünün özelliği, kayıplar da dahil olmak üzere mevcut mekanik güce eşdeğerdir.
4. Ev tipi tüketiciler için aktif güç, omik dirençteki ısı çıkışına eşdeğerdir.

5. Aktif güç, başka bir güce (örneğin mekanik, termal veya kimyasal) dönüştürülmek üzere mevcut olan elektrik gücüdür.

Aşağıdaki tüm bilgiler DIN 40110-1'den alınmıştır [3].

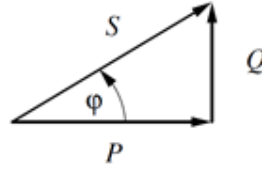
Tanım	Büyükük	Uygulama
Güç katsayısı	$\lambda = \frac{ P }{S}$	Genel
Kayma katsayısı	$ \cos\varphi = \frac{ P }{S}$	Sinüs büyüklükleri ile
Etkin katsayı	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$	Sinüs büyüklükleri ile
Reaktif (kör) katsayı	$\sin = \frac{Q}{S}$	Kondansatör ve bobinlerde sinüs büyüklükleri ile
Güç katsayısı tan ile	$\tan\varphi = \frac{Q}{P}$	Tesislerde

Güçler arasındaki bağıntıları verelim:

Aktif güç: $P = U I \cos \varphi$

Reaktif güç $Q = U I \sin \varphi$

Görünen güç: $S = U I$



$\cos^2 x + \sin^2 x = 1$ ile

$P^2 + Q^2 = S^2$ veya $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

$\frac{P}{S} = \cos \varphi$ Güç katsayısı

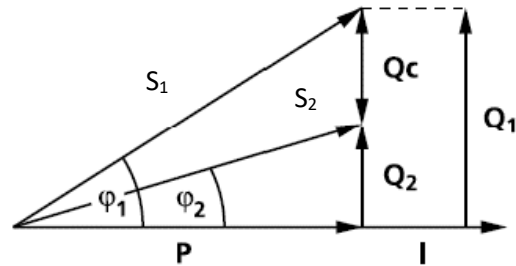
$\frac{Q}{S} = \sin \varphi$ Reaktif katsayı

Birimler:

$[P] = 1 \text{ W}$

$[S] = 1 \text{ VA}$

$[Q] = 1 \text{ VAR}$



$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$

Örnekler:

A) Tek faz bir motorun plakasında 2 kW, $\cos \varphi = 0,8$, gerilim $U = 230 \text{ V}$ yazılıdır.

1. Motor parametrelerini hesaplayınız.
2. Reaktif gücü Q hesaplayınız.
3. Görünen gücü S hesaplayınız.

1. $Z = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{2000 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,8} = 10,87 \text{ A}$

$Z = \frac{U}{I} = \frac{230 \text{ V}}{10,87 \text{ A}} = 21,16 \Omega$

$R = Z \cdot \cos \varphi = 21,16 \Omega \cdot 0,8 = 16,93 \Omega$

$X = Z \cdot \sin \varphi = 21,16 \Omega \cdot 0,6 = 12,7 \Omega$

2. $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 230 \text{ V} \cdot 10,87 \text{ A} \cdot 0,6 = 1,5 \text{ kVAR}$

3. $S = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 10,87 \text{ A} = 2,5 \text{ kVA}$

Test: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2^2 + 1,5^2} = 2,5 \text{ kVA}$

B) Omik endüktif bir yük $\cos\varphi = 0,9$ 'a kompanse edilmek isteniyor. Aktif gücü $P=700$ W, $\cos\varphi = 0,5$, $f = 50$ Hz, gerilim $U = 230$ V olarak verilmiştir (Şekil).

1. Kompanze edilmeden önceki çekilen yük akımını hesaplayınız.
2. Kondansatör gücünü hesaplayınız.
3. Kompanze edildikten sonraki çekilen yük akımını hesaplayınız.

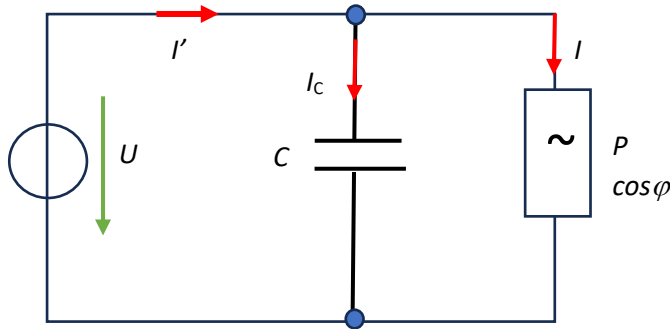
$$1. \quad I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{700 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,5} = 6,09 \text{ A}$$

$$Q_C = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) = 700 \text{ W} \cdot (\tan 60^\circ - \tan 25,84^\circ) = 873 \text{ VAR}$$

$$2. \quad C = \frac{Q_C}{\omega \cdot U^2} = \frac{873 \text{ var}}{2\pi f \cdot (230 \text{ V})^2} = 52,5 \mu\text{F}$$

$$3. \quad I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{700 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,9} = 3,38 \text{ A}$$

Yük kompanze edildikten sonra akım 6,09 A'den 3,38 A' e düşüyor.



Kaynaklar:

1. İsmail Kaşıkçı, Elektroteknik ders notları
2. Helmut Späth, Leistungsbegriffe für Ein- und Mehrphasensysteme, VDE Schriftenreihe 103, ISBN 3-8007-2499-5, 2000
3. DIN 40110-1:1994-03 AC büyüklükleri, akım devreleri