

## Reaktif Enerji Nedir, Ne Değildir? - 1

Elk. Müh. Muammer Argün  
[muammer.argun@emo.org.tr](mailto:muammer.argun@emo.org.tr)



Yakın dönemde önce İzmir EMO Şubede "Reaktif Enerji Fiziksel Bir Gerçeklik mi, Yoksa Kurgu mu?" başlıklı bir seminer düzenlendi. Aynı sunum 10 EMO Şubesinde (Kocaeli, Gaziantep, Trabzon, vb.) tekrarlandı. Seminerlerde özetle;

*"-Tesla elektriğinde tek fiziksel gerçek aktif güçtür. Yani sobanızdan ısı verdiren, odanızı aydınlatan bu güçtür. Enerjinin sakınımı yasasına uyar.*

*-Reaktif güç, tamamen sanaldır. Bu yüzden kompleks düzlemlerde imajiner ek-sende gösterilir. Uyduruk olsa da enerjinin korunumu yasasına uyar.*

*-Hiçbir fiziksel anlamı olmayan reaktif güç neden tanımlanmıştır o zaman? Yanıtı basit. Hayatı kolaylaştırmak için. Yoksa reaktif güç/görünen güç tanımları olmasaydı Tesla elektriğinin hesap kitabı çok zor olacaktı" görüşleri ileriye sürülmüştür. Gerekçe olarak da alternatif akımda ani değerlerle ifade edilen güç formülünde, reaktif enerjiyi veren ikinci teriminin ortalamasının "sıfır" sonuç vermesi gösterilmiştir.*

Reaktif güç, yaygın söylentide belirtildiği gibi, ne biranın köpüğü ne de treni ray dışına çekmeye çalışan kuvvettir. Alternatif akımda reaktif güç elektrik mühendisliğinin en temel kavramlarından biridir. Mutlaka doğru

olarak öğrenilmeli, özümsemelidir. Konuyu iki bölümde ele alacağız. İlk bölümde çalışma hayatımızda reaktif enerji ile hangi alanlarda karşılaştığımız ve nasıl etkileri olduğu kısaca incelenecektir. İkinci bölümde konunun teorik yönü ve felsefi yorumu işlenecek, reaktif enerjinin fiziki analogisi anlatılacaktır.

Çalıştığımız alana bağlı olarak "Reaktif Enerji" konusunda gözlemimiz, bilgimiz ve yargımız farklı olabilecektir. Çalışma konumuz reaktif enerjinin hangi etkileri ve buna bağlı sonuçları ile ilgili acaba?

Örneğin AG ağırlıklı bir alanda çalışan ya da trafolu tüketicilerde İşletme Sorumluluğu yüklenen üyelerimiz için, işletmede tüketilen reaktif enerjinin izlenmesi önemli bir faaliyet alanıdır. Bu tesislerdeki motorlar, senkron generatörler, trafolar, flüoresan ampuller vb.. Şebekeden reaktif endüktif enerji çekerler. Tesisteki kablo hatları ve kondansatörler de kapasitif enerji üretirler Enerji faturasında reaktif enerji cezası ödememek için tesisteki reaktif enerji dengesinin limitler içinde tutulması ve kompanzasyon sisteminin doğru çalışması gereklidir. (Seminerde belirtildiği gibi, sadece bu halde EMO Teknik Cetvel'de

verilen Cos  $\phi$  değerleri ile bu hesaplamaları kolayca yapabiliriz.)

Nonlineer yüklerin yoğun olduğu tel çekme, kağıt sanayi, arıtma, isale sistemleri, enerji santralleri vb.. alanlarda çalışan üyelerimiz için ise konu bir adım daha önem kazanır. Enerji verimliliği ve proses akış diyagramındaki algoritmayı sağlayabilmek için, frekans sürücülü motorlar kullanan işletmelerde, reaktif enerji dengesini tutmak ilk örnekten daha farklı gerçekleşecektir.

Bu halde nonlineer yüklerin oluşturduğu akım harmonikleri (genellikle 5-7.), yüksek frekanslarda düşük direnç gösteren kondansatörlere akacak, çok kısa sürede aşırı akım nedeniyle kondansatörler ısınacak, sıcaklığın karesiyle yaşanan kondansatörler, kısa sürede patlayacaktır. Muhtemelen de pano yanabilecektir.

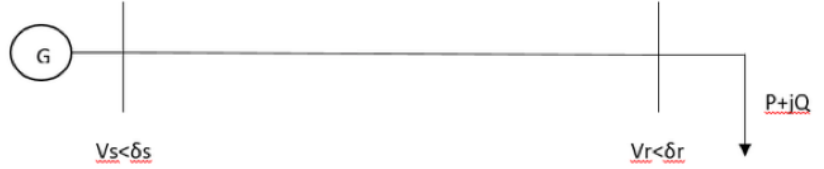
Bunu önlemek için bu tür tesislerde pasif filtre dediğimiz, L,C reaktif devre elemanlarından oluşan; hem kısmen harmonikleri emen, hem de tesisin kompanzasyon ihtiyacını karşılayan kondansatör bankları tesis edilmesi gerekecektir. Bu halde Seminerde "kurgu" diye nitelenen reaktif enerjiyi teknik cetvelden Cos  $\phi$  değeri olarak hesaplamak mümkün

olmayacaktır. Bu durumda oluşan harmonikleri önce ölçmeniz, tesisin kısadevre hesabından başlayarak kurulacak kondansatör bankının reaktör ve kapasitans değerlerini tayin edip, tesis edilecek bankı planlamamız gerekecektir. Ayrıca bir bilgisayar programında bankı simüle ederek, sonuçtan emin olmanız gerekir.

Bu da yeterli değildir. Yoğun frekans konvertörlerinin kullanıldığı ve değişken akım çekilen tesislerde yaşanabilecek en olumsuz durum; oluşan harmoniklerin tesiste rezonans riski yaratabilmesi, enerji kalitesini iyice bozup, mikroişlemcilerde arızalara neden olmasıdır. Bu halde pasif filtre yerine sinüs eğrisindeki değişimleri çok daha sık izleyip bir periyottan kısa anlarda L, C dengesi sağlayacak aktif filtre tesisine geçmek gerekebilecektir.

Eğer bir elektrik üretim santrali projelendirme alanında çalışıyorsanız, bu defa öncelikleriniz değişecektir. Üretimde ana konu \*Güvenlik ve \*Sürdürülebilirlik olduğundan reaktif güç dengesini sağlamak için kondansatör bankı tesisi 2. plana düşecektir. Zira bir santralda çok sayıda VFD (değişken hızlı sürücü) olacağından, çok değişik harmonikler (3 ve 3'ün katları vb..) doğabilecektir. Bu halde trafo sargılarında aşırı stres, hatlarda yüksek gerilimler oluşabilecektir. Bu halde güvenli bir statcom (statik senkron kompansatör) tesisi kuruncaya kadar; generatör çalışma modunu "power" dan "voltage"a alıp ikaz ayarı ile reaktif tarife koşullarının sağlanması daha güvenli bir yöntem olacaktır.

Eğer rüzgar ya da güneş enerjisi ile üretim yapılan bir santralde çalışıyorsanız, bu halde kaynak değişken olduğundan, üretilen enerji de değişken olacaktır. Buna karşılık ŞEBEKE YÖNETMELİĞİ bu üretim tesislerine uyulacak enerji kalitesi koşullarını belirlemiştir. Buna göre bu sant-



rallerin gerilim salınımı, fliker, akım harmonikleri, şebekeye reaktif enerji katkısı, frekans kararlılığı vb. hususlara uyum sağlanması gerekmektedir. Gerçekte özellikle rüzgar santralleri bu sınır değerlere uyum gösteremediğinden, Bakanlık kurulu gücü 10 MW'ın altındaki RES'leri kapsam dışı bırakmıştır. Bu halde ya STATCOM tipi reaktif güç desteği ve harmonik düzenleyici üniteler ya da KATI HAL TRANSFORMATÖRLERİ (Solid state Transformer) kullanılarak Yönetmelik koşulları sağlanabilecektir.

Uzun bir enerji iletim hattı projelendirme işinde çalışıyorsanız, reaktif enerji ile çok daha yoğun uğraşacaksınız demektir. İletim hattı R, L, C devre elemanlarını birlikte ihtiva eder. Bu defa güç faktörü  $\cos \phi$  açısı yanında,

Faz Açısı ( $\Theta$ ): Güç sistemi bir noktasındaki akım ve gerilim arasında oluşan açığı,

Güç Açısı ( $\delta$ ) : Güç sistemi içinde iki ayrı noktada akım ve gerilim arasında oluşan açığı, ve

Generatör Yük (tork) Açısı ( $\delta$ ) : Bir generatörde rotor magnetik alanı ile stator döner alanı arasındaki açığı ifade eder. Başlangıçta bu açı sıfırdır. Generatör yük aldıkça bir tork açısı oluşur ve şebekeye akış başlar.

Uzun EİH proje yapımında maksimum gücü iletebilmek için hattın L ve C değerlerini optimize etmek gerekir. Bu amaçla hat başına faz kaydırıcı trafo ya da hat ortasına kapasite ilave edildiğinde daha çok güç iletebilmektedir. İdeal kayıpsız bir hattın karakteristik empedansı,  $Z_0 = \sqrt{L/C}$

olarak tanımlanır ve reeldir. [1]

Şimdi reaktif gücün bir güç sistemindeki etkisini tartışalım. Hattın kaynak tarafı gerilimini  $V_s$ , güç açısını  $\delta_s$ ; alıcı uçtakini  $V_r$  ve  $\delta_r$  dersek; üç olasılık söz konusu olur.

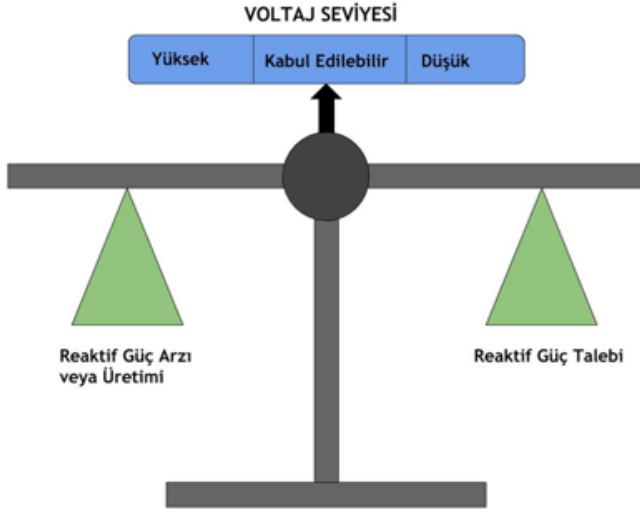
Reaktif güç talebi (Q) pozitif olduğunda, yani  $Q > 0$ , Alma uç Gerilimi ( $V_r$ ) Gönderme Son Geriliminden ( $V_s$ ) daha az olur, yani  $V_r < V_s$ . Reaktif güç talebi (Q) arttıkça, Alma Son Gerilimi ( $V_r$ ) daha da düşer.

Reaktif güç talebi (Q) sıfır olduğunda, yani  $Q = 0$ , Alma uç Gerilimi ( $V_r$ ) Gönderme Son Gerilimine ( $V_s$ ), yani  $V_r = V_s$ 'ye eşittir. Bu durum, Surge (dalgalanma) Empedans Yükleme (SIL) olarak da bilinir.

Reaktif Güç talebi (Q) negatif olduğunda, yani  $Q < 0$  (Yük tarafı, kaynak tarafına reaktif güç sağlar), Alıcı Uç Voltajı ( $V_r$ ) Gönderme Uç Voltajından ( $V_s$ ), yani  $V_r > V_s$ 'den daha fazla olur. Bu etki, orta veya uzun iletim hattında, yük olmaması veya az yük olması durumunda gerçekleşir. Bu etki, Ferranti etkisi olarak bilinir.

Sonuç olarak Reaktif Güç talebi, generatör reaktif üretiminden fazla olduğunda ( $Q > 0$ ), Alma uç gerilimi düşer. Yük tarafı Reaktif Güç talebi, kaynağın ürettiğinden düşük olduğunda, güç sisteminde fazla reaktif güç vardır ( $Q > 0$ ). Bu halde Alıcı uç Gerilim yükselir. [2]

Bir Yük Tevzi Merkezinde (dispanger centre) çalışıyorsak reaktif enerji daha da önem kazanır. Günümüzde rüzgar ve güneş gibi değişken kaynaklardan üretim yapan santrallerin



yoğun olarak elektrik sistemine katılması, yeni teknolojilerin kullanıma girmesi; buna karşılık talep tarafı yönetimiyle tüketimin de değişken oluşu sonucu elektrik sisteminde stabilite sorunu doğmaktadır.

Güç iletiminde sistem operatörünü sınırlayan temel limitler a) Termal limit, b) Açık stabilite limiti, ve c) Gerilim limitidir. Termal limit iletilen akımı sınırlayan ekipmanlara bağlıdır. Açık stabilite limiti ise sistemin Güç Açısı ( $\delta$ ) limiti ile Generatör Yük Açısı ( $\delta$ ) limitlerinin kontrol edilebilir sınırları içinde olmasıdır. [3]

#### GERİLİM KONTROLÜ

Gerilim limiti ise doğrudan dağıtım ve tüketim ekipmanlarının gerilim karakteristiklerine bağlı ve kesin sınır değerler içinde kalması gereken bir limitir. Enerji sisteminin stabil çalışmasında tayin edici olan gerilim limiti-

dir. Bu sınırlama da sistemde yeterli REAKTİF ENERJİ üreten generatör ve diğer kapasitelerin varlığı ile sağlanabilmektedir.

Özetle sistem çökmesinin nedeni aktif enerji yetmezliği değil, yeterli reaktif enerji sağlanamamasıdır. TEİAŞ sistem operatörü olarak gerektiği anlarda yeterli reaktif enerji satın alabilmek için YAN HİZMET ALIMI YÖNETMELİĞİ'ne uygun olarak büyük santrallerden aktif enerjinin çok üstünde bedellerle reaktif enerji tedarik sözleşmeleri yapmıştır. [4]

Son olarak kuvvetli akım dışında, iletişim dalında çalışıyorsak, pek tabii yine reaktif devre elemanları ile içi içe olacağız. Canlıların yaşamında haberleşme vazgeçilmez bir eylem. Gelişen teknoloji ile dünya ve uzayın her noktasından veri alışverişi yapabiliyoruz. Bu olanak elektro manyetik bir dalga

olan yüksek frekanslı radyo dalgaları ile gerçekleşiyor. Bu teknolojinin başlangıcı da bir rezonans devresi. Yani R, L, C elemanları ve dipol antenden oluşan bir titreşim devresi.

Biyomedikalde bir emar cihazı da, aynı şekilde, çok güçlü bir bobinle (L) oluşturulan ve vücudumuzdaki hücrelerin tabii frekansı ile rezonansa girebilen bir elektromanyetik dalga dönüş verilerinin Fourier analiziyle çözülmesi sonucu çalışan bir cihaz.

Yukarıda kısaca değindiğimiz ve her biri ayrı makale konusu olabilecek konulardan reaktif enerjinin; "bir kurgu "olmadığı, bir fiziksel gerçeklik olduğu" açıktır. Reaktif enerji kavramını doğru anlamadan Alternatif Akım tekniğini anlamamanın mümkün olmayacağı yadsınamaz bir gerçektir.

Yazımızın İkinci bölümünde Reaktif Enerjiyi teorik açıdan incelemeye çalışacağız. Elektrik Enerjisi Sistem Teorisi açısından reaktif enerji nasıl tanımlanıyor, ve reaktif enerjinin fiziksel metaforu nasıl açıklanabilir... sorularına yanıtlar arayacağız.

#### REFERANSLAR:

- [1]- EPRI Licensed Material-Active&Reactive Power
- [2]- www.quora.com , Umang Karki
- [3]- EPRI Lisansed Material, Dr.Atalay Kaya, Uzun ENH İle Enerji İletimi.. Alınan Önlemler
- [4]- EPDK Yan Hizmetler Yönetmeliği, Md.:39-46, Reaktif güç kontrolü hizmeti tedarik esasları