

Elektrik Enerjisinin Fiyatı: Kaynak Bedeli mi, Modern Şebeke Hizmetlerinin Bedeli mi?

Barış Sanlı, Uluslar arası Enerji Ekonomisi Derneği üyesi, barissanli2@gmail.com

Bu makaledeki görüşler yazarın kendi şahsi görüşleri olup, çalıştığı, ilişkili olduğu veya ilişkilendirildiği Kurumların görüşleri değildir.

Makale ABD’de son dönemde yaşanan tartışmalarda, elektrik hizmet bedellerinin daha da ayrıştırılması gerektiği konusundaki tartışmalara değinerek, sosyal bilimciler için modern şebeke hizmetlerini ve neden ihtiyaç duyulduğunu örneklerle anlatmaktadır. Tüketicinin şebekeye sattığı elektrik ile, şebekeden aldığı elektriğin farklı hizmet bütünlükleri olduğunu iddia ederek, modern elektrik enerjisi hizmetlerinin bir elektron transferi değil, aslında bir servis paketi olduğunu uluslar arası örnek ve fizik kuralları ile savunmaktadır.

“Keban’daki elektron ne zaman evimizdeki ampüle gelir?” sorusu aslında elektriğin karmaşıklığını anlatmak için yeterli olacaktır. Tıpkı Albert Einstein’ın “Işık hızında giderken aynada yüzümüzü görebilir miyiz?” sorusu gibi bilimsel içeriği olan sorulardan biridir. Bu sorular aslında diğer enerji kaynaklarına göre elektriğin doğası gereği çok farklı bir enerji kaynağı olduğu ve geliştirilen elektrik sisteminin ise bir çok yardımcı sistem sayesinde modern bir hizmet olduğu gerçeğini gözler önüne seriyor.

Bu makale üç bölümden oluşmaktadır:

1. ABD Yüksek Mahkemesinin (Supreme Court) bir karar esnasında müşavirlerden görüş alması ve ABD’de ki elektrik konusundaki hukuki kararlarda olayın bilimsel ve fiziksel olgularına bakış açısını,
2. ABD’de son dönemde yaşanan Net Metering (Net Ölçüm) tartışması üzerinden modern şebekeden alınan hizmet ile şebekeye bağlı bir güneş panelinden alınan hizmetin karşılaştırıldığı,
3. Bu farklılıkların metaforik örneklerle açıklandığı

kısımlardan oluşmaktadır.

İlk kısımdaki mahkeme müşavirleri raporundan elektriğin doğası ve karar alınırken elektriğin nasıl anlaşılması gerektiği, ikinci kısımdaki elektrik üretiminin tek başına modern şebeke hizmetlerine denk olup olmayacağı, üçüncü kısımda bu hukuki konulara açıklayıcı analogiler sunulmaktadır.

İlk Tartışma: Eyaletler Arası Elektrik Ticareti – Elektron Akışı mı?

Bu tartışmanın burada yer almasının sebebi, ABD Yüksek Mahkemesine sunulan elektrik konusundaki raporun elektrik sistemini nasıl tanımladığına değinmektir.

ABD’de eyaletlerdeki düzenleme görevi Kamu Hizmetleri Komisyonlarına (Public Utility Commission) verilmiş iken, eyaletler arası ticaret konusundaki yetki ise eskiden Federal Power Commission(FPC) (23 Haziran 1930-1 Ekim 1977) daha sonra da Federal Energy Regulatory Commission (1 Ekim 1977 - ..) tarafından kullanılmaktadır.

Bu makale ile ilgili olarak, FERC döneminde tartışılan konulardan dikkat çeken, iki eyaletin sınırında veya sınırına yakın olan bir tüketicinin pratikte hangi eyaletten elektrik aldığı olmuştur. Bu konudaki düzenleme yetkisi konusunda bir çok görüş oluşmuş, fakat daha da önemlisi teknik olarak hukukçuların anlayabileceği şekilde elektrik üretimi ve iletimi ile ilgili bazı dökümanlar ilgili taraflara sunulmuştur.

Tartışmada kısaca elektrik iletim hatlarına bağlı her hangi bir jeneratörün üretiminin iletim hatları üzerindeki her noktaya enerji sağladığı değinilmektedir. Yani elektrik fiziksel sınırları değil, hatları takip etmektedir.

Geleneksel elektrik sistemine bakışta, su sistemi şeklinde örnekler verilir. “Bir taraftan bir elektron girer diğer taraftan bir elektron çıkar” vs. gibi örnekler çokça yer alır. Fakat elektrik enerjisini daha dikkatli inceler isek aslında olayın bu kadar basit olmadığı anlaşılır.

ABD Yüksek Mahkemesi(Supreme Court)’nde görülen bir davada, bir grup uzman, Amicus Curiae(mahkemenin dostları-Türkçe’de mahkeme müşaviri) olarak mahkemeyi bilgilendirmişlerdir. Bu bilgi notu önemli detaylar içermektedir¹.

31 Mayıs 2011 tarihli belgenin hemen başında düzenlemenin “elektrik üretim, iletim ve dağıtımının bilimsel ve mühendislik gerçekler” göz önüne alınarak yapılması gerektiği belirtilmiştir. Müşavirlerin elektrik mühendisi olmaları hasebi ile düzenlemenin teknik kriterlere uygun yapılması hususunda çıkarları bulunduğu da beyan edilmektedir.

Federal Güç Yasasını çıkaran kongre, federal kuralların hukuksal veya idari kurallar yerine elektrik enerjisinin akışını takip etmesini emretmektedir. Bu müşavir dökümanında ise eyaletlerin Kamu Hizmetleri Komisyonlarının (PUC) elektrik enerjisi fiziğini ve nasıl iletildiğini yanlış anladığı iddia edilmiştir.

PUC’lar elektronun iletim kablosunun bir ucundan girdiği ve diğer ucundan çıktığı şeklinde yanlış bir metafora göre karar vermektedirler. “Oysa iletilen enerjidir, elektronlar değil. Enerji iletimi ise elektromanyetik dalga yayımı şeklinde olmaktadır. Elektronlar sadece yerlerinde titreşmektedirler, fakat enerji –elektromanyetik radyasyon- ışık hızında ilerlemektedir. ... Elektrik şebekesindeki enerji şebekenin tamamını enerjilendirmektedir.”

Aynı şekilde bir başka davadaki Yüksek Mahkeme’nin “enterkonnekte (birbirine bağlantılandırılmış) elektrik sistemlerinde tepkinin elektromanyetik birliğinde” (the electromagnetic unity of response of interconnected electrical system): “Elektrik sistemi, temelde birbiri ile elektromanyetik olarak kilitlenmiş işletmedeki jeneratörlerin birlikteliğinden oluşan bir elektro mekanik sistemdir. ... Hiçbir işletmedeki jeneratör, şebekeye bağlı olduğu sürece kendi hızını bağımsız olarak belirleyemez. Eğer bir ev hanımı Atlanta’da ışığını açarsa, Florida’daki her bir jeneratör anlık olarak az bir miktar fazla elektrik üreterek bu enterkonnekte sistemdeki üretim ve tüketim arasındaki dengeyi korumaya çalışır.” denmektedir.

Elektrikle ilgili verilen bir diğer bilgi de “Elektrik enerjisi en az dirençli güzergahı takip eder. [Enerji akışı başka iletim döngülerini takip etse de amaçlanan güzergaha yakın bir yol takip eder.] Dolayısıyla, güç alışverişi planlanabilir ama enerjinin akışı buna uymayabilir.”

Bu durum Almanya’nın güneyi ve kuzey arasında da sıkça yaşanan bir durum olup, kağıt üstünde elektrik enerjisi kuzey güney istikametinde ve Almanya sınırlarında hareket ediyor farzedilirken, gerçekte Polonya- Çek Cumhuriyeti-İsviçre iletim şebekesini kullanarak güneye inmektedirⁱⁱ. Yani piyasa sisteminde A noktasından B noktasına giden bir elektrik enerjisi, eş zamanlı olarak A ve B’nin komşu ülkeleri üzerinden farklı bir güzergahtan ilerleyebilmektedir (“loop flow”).

Bu tartışma şundan çok önemlidir; elektrik sistemi normal bir su şebekesi gibi düşünülerek kurallar konabilecek bir şebeke değildir. Kuralları mekanik değildir, aynı şekilde sistem kendisine bağlanan tüm üretim ünitelerini elektromanyetik olarak kendi senkronizasyonuna kilitlemektedir. Yani bir üretim ünitesi ile şebekenin kalanı arasında fark vardır. Şebekeyi binlerce üretim noktası olarak düşünürsek, tüm bu üretim noktalarının ortak kurallarla hareket etmesi gerekir ki, “şebeke” her noktaya eşit hizmet verebilsin. Bu da bizi ikinci tartışma noktasına getirmektedir.

Net Metering-Net Ölçüm Savaşı

Türkiye’de yaşanan gelişmelerin aksine ABD’de elektrik fiyatlarının özellikle perakende fiyatlarının çok daha fazla detaylandırılması ve ayrıştırılması (unbundling) konusunda oldukça sıcak bir tartışma devam etmektedir.

1978 tarihli PURPA(US Public Utility Regulatory Policies Act)ⁱⁱⁱ’den sonra herhangi bir elektrik şirketine ait olmayan üretilere “Yetkin Tesisler” (Qualifying Facilities – QF)^{iv} denilerek, bir tesisin QF olması durumunda elektrik şirketine elektrik satabilmesine imkan verilmiştir. Bu tesisler iki şekilde tanımlanmıştır: 80 MW altı küçük üretim tesisleri ve kojenerasyon tesisleri.

Bir tüketim noktası QF adlandırılan tesise sahip ise, Türkiye’de olduğu gibi, bir aylık net elektrik akışına bakılarak bir fiyatlandırma yapılıyor. Buna “Net Metering(“NEM”)” – Net Ölçüm deniyor. Peki net ölçüm gerçekten de iki yöne hareket eden elma veya armutların net hareketini mi veriyor? Yoksa bir taraftan elma verilirken diğer taraftan armutlar mı veriliyor ki net hesap düşünüldüğü gibi olmuyor. Yani iki tarafın birbirine sağladıkları hizmetler farklı mı?

Konuya daha detaylıca girmeden önce, tartışmanın temelinde inmekte fayda vardır. ABD ve tüm dünyada evlere güneş paneli koymak çok mantıklı hale geldi. Bu paneller üzerinden üretilen elektrik ihtiyaç olduğunda şebekeye verilmekte, evdeki ihtiyacı karşılamadığında da(geceleyin mesela), ev şebekeden beslenmektedir. Net ölçümleme bu iki yönlü akışı aynı birim kabul ederek birbirinden çıkararak netini hesaplamaktadır. Peki güneş panellerinin şebekeye verdiği ürün ile, bir ev tüketicisinin şebekeden aldığı ürün aynı ürün müdür?

Harvard Üniversitesi Elektrik Politikası Grubunun 12 Haziran 2014 tarihli 75 inci toplantısında tüketicilerin güneş paneli ile ürettikleri elektriğin hangi bedel üzerinden alınması gerektiğine dair görüşler tartışılmıştır. Bu görüşleri kısaca özetleyen Jan Smutny-Jones^v, 2 görüşe yer vermiştir.

1. NEM (Net Ölçüm) Federal Kanunla uyumlu değildir diyenler: NEM yüzünden mevcut bütünlük perakende fiyatlar şebeke maliyetlerini diğer tüketicilerin üzerine yıkıyorlar. PURPA’ya göre dağıtım şirketi veya elektrik şirketi, “önlenilmiş maliyeti”(piyasadan alınmak zorunda kalınacak enerji) fiyat tavanı olarak kabul eder. Önlenilmiş maliyet ise şebeke alım maliyetinin çok altındadır, çünkü şebeke elektriği aslında bir çok hizmetin bütünlüştürülmüş (bundle edilmiş) halidir.
2. Eyaletler karar verir: Bu elektrik dağıtım sisteminden çıkmadığı için eyaletler arası ticarete dolayısıyla federal kanunlara konu değildir. Eyaletler kendi alım garantilerini ve mikro-grid gelişmelerini belirleyebilirler. Dolayısıyla yetki eyaletlerdedir.

Birinci görüşü savunan Dave Raskin^{vi}, şebekeden alınan elektrik hizmetlerine bütünlüştürülmüş hizmetler olarak değerlendirmektedir. Güneş panelinden sisteme elektrik satan bir tüketim noktasının sunduğu hizmetlerin farklı olduğunu dile getirmiştir.

Raskin, temelde enerji ve perakende hizmet arasında bir fark yapmaktadır. Ona göre perakende hizmet, enerji ve sağlanan diğer hizmetlerdir. Yani bir güneş paneli sahibinin şebekeye sağladığı enerji “güvenilir olmayan”(non-firm) enerjidir. Fakat perakende hizmet şekline getirilmiş hizmette elektriğe bir güvenilirlik, servis ve diğer yan hizmetler getirilerek enerjinin güvenilirliği arttırılmıştır.

Dolayısıyla kendisi, elektrikte, enerji, iletim-dağıtım, güvenilirlik (düzgünlük ve dengeleme) ve kamu politikaları gereğince ödenen bedellerin ayrıştırılmasını savunmaktadır. Kendi elektriklerini üretenlerin şebekeye verdikleri elektriğin ise sadece enerji olarak değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır.

Yine bir diğer makalesinde Raskin ilginç bir noktaya işaret etmektedir^{vii}. Bir dağıtım şirketinin(Türkiye de perakende ayrıştırmadan sonra durum değişti ama dağıtım şirketi 2010’daki dağıtım şirketleri gibi perakende ile bütünlük düşünülmedir) daha fazla güneş paneli vs. gibi dağıtım üretimi sistemine

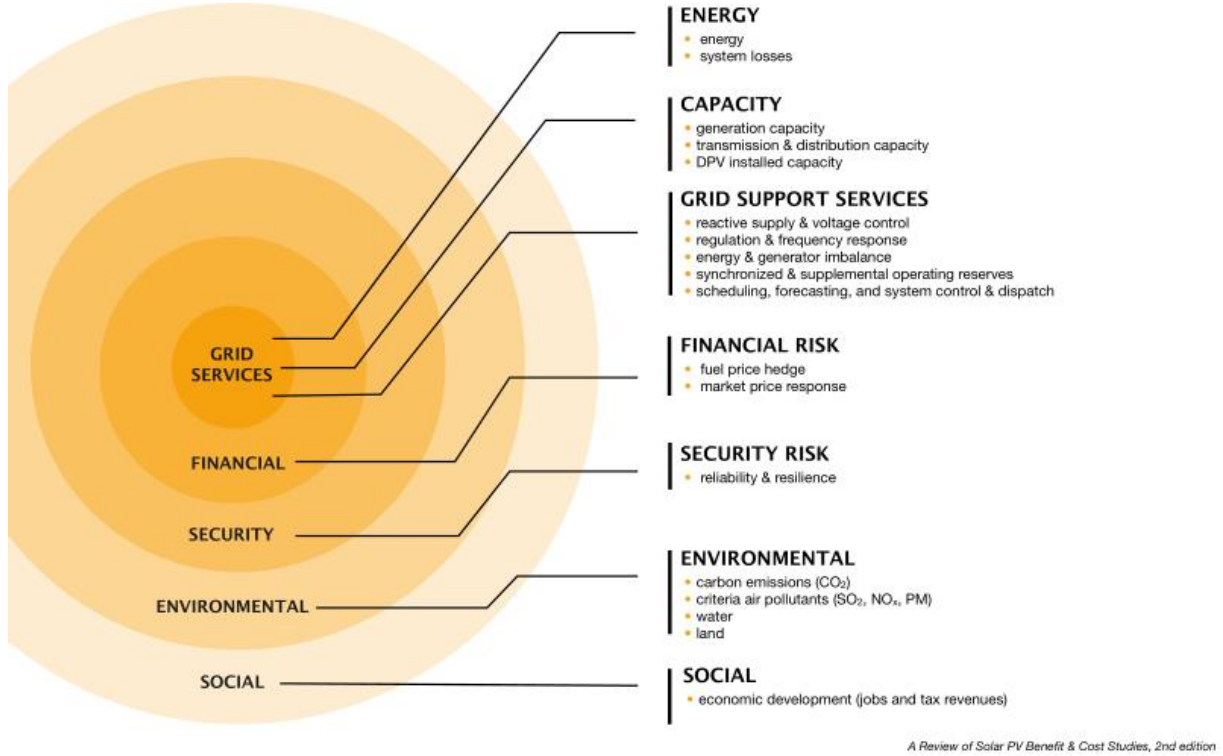
bağlaması için daha fazla yatırım yapması gerekmektedir. Fakat dağıtım şirketi sistemine daha fazla güneş paneli bağladıkça, net elektrik geçişi/satışı düşeceği için geliri düşecektir. Dolayısıyla daha fazla güneş paneli devreye almak için yaptığı tüm o fazla yatırımları değil geri alabilmek, aldığı bedellerde de bir düşüş görecektir.

Aynı zamanda bu bedellerin büyük kısmı da, diğer güneş paneli takmayan/takamayan kullanıcılardan çıkacaktır. Ayrıca, Raskin'e göre, sistem daha verimli, merkezi ve büyük ölçekli santraller yerine evlere takılan panelleri ödüllendirmektedir. Bu düşünce ekolündekilerin temel tezi de, herkese güneş paneli izni verilsin fakat aylık sabit bir bedel ile, tüketicinin görmediği ama modern şebeke hizmetleri kapsamındaki harcama/yatırım/giderler herkesten tahsil edilsin.

Peki şebekeden alınan elektrik fiyatı hangi hizmetleri içermektedir?

“Rate Design for the Distribution Edge” adlı raporda bu hizmetler ile ilgili detaylı bir grafik yer almaktadır(Şekil 1). Bu grafik, dağıtım şirketi tarafından güvenilir olarak sağlanan hizmetin parçaları hakkında da fikir vermektedir^{viii}. Bunlar:

- Enerji: Enerji ve sistem kayıpları(şirket oluşabilecek kayıpları hesaplayarak elektrik üretir ve sağlar, mesela sıcak havalarda ve talep arttıkça kayıp artar)
- Kapasite: Üretim kapasitesi, iletim ve dağıtım kapasitesi, dağıtık üretim kapasitesi,
- Şebeke Destek Hizmetleri: Reaktif ve gerilim kontrol desteği, regülasyon ve frekans tepkisi, enerji ve jeneratör dengesizliği, senkronize edilmiş ve ek işletme yedekleri, tahmin, sistem kontrolü, sıralama ve tevzileme,
- Finansal Risk: Yakıt fiyatları oynaklığına karşı hedge, piyasa fiyat tepkilerine dayanıklılık,
- Güvenlik Riski: Güvenilirlik ve sağlamlık (sistemdeki en büyük ünite devreden ansızın düşse de sistemin çalışmaya devam etmesi veya bir şehire elektrik getiren hatlardan biri devre dışı kalsa da yüklerin diğer hatlar üzerinden dağıtılarak iletilmesi),
- Çevresel: Emisyonlar, su ve çevresel emisyonlar,
- Sosyal: Ekonomik kalkınma(istihdam ve vergi gelirleri)



Şekil 1 – Modern Elektrik Hizmetlerinin Parçaları(eLAB, RMI)

Gerçekten de şebekeden alınan elektrik sadece bir enerji hizmeti değil, aynı anda onlarca yedekli sistemin bulunduğu, şehirlerin 3-4 noktadan birden beslendiği, istihdam, iş güvenliği, anlık santral giriş ve çıkışlarını ve daha bir çok hizmeti bir araya getirmiş bir hizmettir. Tartışmanın ana noktası da budur.

Şimdi yukarıdaki hizmetlerin bir kısmı çok basit bir anlatımla anlatılarak, bu hizmetlerin neden gerekli olduğuna değinilecektir.

Keban'daki Elektron

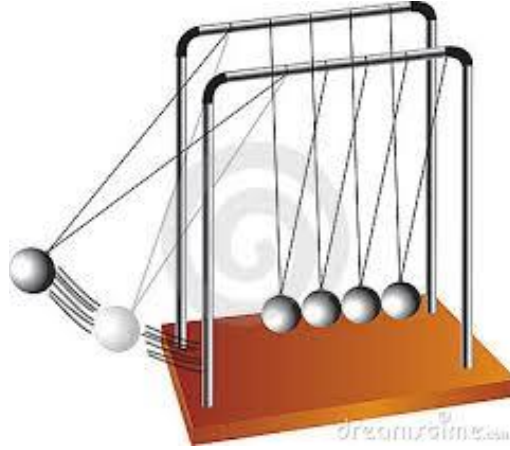
Elektrik depolanamayan ve anlık olarak üretilen ve tüketilen hatta anlık olarak dengelenen bir hizmettir. Bir örnek vermek gerekirse, evimizde bir ekmek dolabı olsa, ne zaman açarsak karşımızda hemen birkaç milisaniye önce üretilen sıcak bir ekmek bulmamız ile düğmeye her dokunduğumuzda bir enerji bulmamız hemen hemen yakın örneklerdir. Sistem bunu başarabilmek için aynı anda binlerce döner kütleli aynı hızla döndürerek sistemi senkronize tutar, bunun için sistemde boş üniteler, sistemler, hatlar tutar ve anlık dengesizliklere göre her daim bir planı vardır.

Tüm işleyişi, düzeni ile elektrik sistemi aslında gerçekten “modern” bir enerji kaynağıdır. Şu an kullandığınız elektrik neredeyse şu an da üretildi. Su örnekleri ile anlatmak her zaman doğru olmaz. O yüzden anlatıma başta sorulan sorunun cevabından başlamak daha doğru olacaktır.

Keban'daki Elektron aslında hiçbir zaman Ankara veya İstanbul'daki evinize gelmez. Fakat Keban'da oluşturulan elektrik alan (ışık hızına yakın bir hızda) hemen hemen anında evinizdeki ve diğer tüm evlerdeki lambalarda kendini gösterir. Bu elektrik alanın etkisi ile elektronlar buldukları yerlerde çok uzaklara gitmeyerek titreşirler. Elektrik enerjisi Keban ve diğer santrallerde oluşturulurken, bu enerjinin etkisi tellerle uzak mekanlara taşınır.

Verilen örneklerden biri de, bir dedikodunun bir noktadan bir noktaya yayılmasıdır. Kimse yerinden kalkmasa da, herkes diğerine haber vererek fakat mekansal olarak önemli bir değişiklik yapmadan bir dedikoduyu ülkenin bir ucundan diğer ucuna aktarabilir.

Bir başka örnek vermek gerekirse, bu iş biraz “Newton’un Beşiği”^{ix} denilen toplu sarkaca (“Newton sarkacı”na) benzemektedir.



Şekil 2 – Newton Sarkacı (Newton’s Cradle)

Yani en soldaki topu çekip bıraktığınızda hiçbir top hareket etmemekte fakat en sondaki top hareket etmektedir. Yani bir anlamda toplar değil, hareket iletilmektedir. Aynı şekilde Keban’daki bir elektronu çekip bıraktığımızda, bu etki hemen hemen ışık hızında iletilerek, evimizdeki lambada titreşime ve enerjiye dönüşmektedir. Yani bir elektron telin ucundan giriyor, bir elektron telin ucundan çıkıyor örneği doğru değildir.

Bu hareket esnasında, top sırasının bir ucundan diğer ucuna taşınırken diğer bilyeler de bir nebze hareket eder, yani ilk verilen hareketi bir parça emer. Çarpışma enerjisi ve ses enerjisi kayıp enerjiyi meydana getirir. Dolayısıyla hareket sonsuza kadar devam edemez. Buna da kısaca hat kayıpları diyebiliriz. Yani hareketi(elektrik alanı) bir uçtan diğer uca taşırken bir kısım hareket(elektrik alan) topların yapısından dolayı soğurulur. İlk verilen itme gücünün ancak bir kısmı en sonda hissedilebilir. Bu bir fizik kuralıdır. Toplar titreştikçe ısı olarak enerjinin bir kısmını kaybederler.

Türkiye iletim sistemi de işte bu şekilde her bir uçtan verilen hareket enerjilerinin bir kısmını(elektrik alanları), metal kablolar süper iletken olmadığı için, diğer uca aktarabilmektedir. Aslında elektrik sistemi yapısı gereği bir çok teknik verimsizlik içerir. Mesela, Keban’ın en tepesinden düşen bir su tanesinin enerjisinin ancak bir kısmı türbine geçmekte(gerisi ısı ve ses olmakta), türbinde oluşturduğu dönme etkisinin de ancak bir kısmı elektriğe dönüşmektedir. Aynı şekilde üretilen enerji şehirden şehire taşındıkça trafodan trafoya geçtikçe enerjisinden birşeyler kaybeder. Ne kadar çok trafo ve ne kadar uzun kablodan geçerse o kadar güç kaybeder ve zayıflar. Fizik kurallarının gereği olarak bu bir sistem kaybıdır.

Peki trafo ne için kullanılır? Enerjiyi uzun mesafelerde taşımak için bir yükseklik farkı(kaldıraç oranı) verilmesi gerekir, bu yükseklik farkı gerilimdir. Gerilim ne kadar yüksek olursa enerjinizi o kadar uzağa daha az kayıpla taşımak mümkün olur. Trafo kullanımı ve elektriğin bu şekilde yüksek gerilim(Keban hatları) ve düşük gerilim(evimizdeki kablolar) hatları ile taşınması, bugün ki elektrik sistemimizin ayrılmaz bir parçasıdır.

Bugünkü elektrik sistemimiz, alternatif akım dediğimiz, saniyede 50 defa (ABD’de 60 defa) elektrik alanı tur atması/yön değiştirmesi sonucu oluşmaktadır. Pillerde ise bir alternatif akım yoktur. Gerilim sabittir, pil kullandıkça gerilim düşer. Alternatif akımın kullanılma gerekçesi ise enerjinin alternatif akımla daha kolay dönüştürülmesi, taşınması ve tarihsel gelişimdir.

Kısaca, diğer enerji kaynaklarından farklı olarak elektrik enerjisinin kaynağı ile hizmet verdiği yer farklıdır. Arabada petrol motorda yanar ve güç oluşturur, ama elektrik kabloda yanarak ışık vermez. Elektrik ve elektrik alan her an santrallerde ve dönüşüm trafolarındadır. Bunların oluşturduğu elektrik alan cihaza geldiği zaman elektronları titreştirir ve enerjiyi dönüştürür. Bu durum olurken, enerji kaynağı hala Keban'da ve diğer Türkiye'de çalışan santrallerdedir. Yani elektrik diğer enerji kaynaklarından farklıdır.

Bu sebeple, ABD düzenleyicisine ve mahkemelere sunulan raporlarda herhangi bir evde tüketilen elektriğin fizik yasaları gereğince her hangi bir santralde üretilmiş olabileceği iddia edilmektedir. Çünkü elektrik alan bakır/alüminyum kablonun ulaştığı her yere ulaşmaktadır.

Türkiye gibi coğrafyası çok geniş olup, tek bir enterkonekte hat çalıştıran ülkelerde üretim ve tüketim noktaları arasında çok daha fazla top(bilye) olduğundan, bu toplardan bir çoğu birbirine vurduğundan (trafolar, hatlar vs), diğer OECD ülkelerinden farklı olarak elektrik kayıpları çok yüksektir. İlk hareketle son hareket arasında ne kadar az top varsa hareket o kadar az soğurur. Aynı şekilde nüfus yoğunluğu da önemlidir.

Modern Şebeke Sistemi

Aslında bir elektrik jeneratörü ve bir tüketim noktası var iken, sistemin çalışması gayet basit gözüküyorken, binlerce jeneratör ve milyonlarca tüketim noktasını bir araya getirdiğinizde bazı basit kurallar koyulması gerekmektedir. Bunlardan birincisi, hizmet uyumluluğudur. Mesela TV'nizi Türkiye'nin hangi noktasında bir prize takarsanız takın çalışır, hem de üretim noktasına uzaklığına bakmadan. Veya herhangi bir noktadaki trafo istenilen her hangi bir başka noktada da hizmet verebilir. Her noktaya özel trafo tasarlanmaz, gerilim giriş/çıkışına göre trafo tasarımları vardır.

Peki bu hizmet uyumluluğu nasıl sağlanıyor? Temelde her gerilim seviyesinin voltaj aralığı bellidir. Ayrıca her noktada frekansın ve gerilimin ne olması gerektiği nettir. Mesela evlerde, Ankara'yı Keban'a bağlayan hatların gerilimi olsaydı evdeki herşey bir anda alev alacaktır. Aynı şekilde Keban hatlarına evdeki gerilim verilseydi, Ankara'da kimse elektrik göremeyecekti. Tüm bu hizmet uyumluluğu için binlerce standart, yüzlerce kural ve düzenleme vardır.

Gerilim bir anlamda Newton'un sarkacında ilk bilyeyi ne kadar yukarı kaldırdığımız, frekans ise bilyenin saniyede kaç defa ikinci bilyeye vurduğudur. Ülkemizde frekans 50 Hertz (Saniyede 50 kere)dir.

Dolayısıyla modern şebekede yukarıda anlatılan iki hizmet(frekans ve gerilim kontrolü) çok önemlidir. Evde ürettiğiniz elektrik ise, dış sisteme bağlı değilken, bu iki hizmeti veremediği an kendini kapatır, devreden çıkar. Mesela bir küçük jeneratörle TV izlerken, bir de elektrik süpürgesini çalıştırmak istediğinizde sistem kendini kapatacaktır. Mikro ölçekte, sistem aslında her noktada sigortalar ve kesiciler ile donatılmıştır ki, sistem her hangi bir noktada bu iki hizmet parametresinin dışına çıkamasın. Örneğin bir tüketici elektrik fişini kısa devre yaptığında, Kebandaki elektrik jeneratörü yanmasını istenir ve sistem ona göre desteklenir.

Peki Frekans Ne?

Frekans kontrolü, elektrik özelinde, şebekenin salınımlarını standart olarak 50 Hertz'in hemen yakınında tutmaktır. Bunu bisiklete binen bir çocuğun bisikletini dengede tutabilmek için birim zamanda 50 pedal çevirmesine benzetebiliriz. Biraz altında veya üstünde olsa, çocuk bisikletin dengesini kaybedip devirmektedir.

Elektrik konusunda uzman kişileri ziyaret edenler, masalarında frekans ölçerler görmüşlerdir. Eskiden bu frekans ölçerler bir 49.5'lara düşer bir 50.5'lere çıkardı. Frekansın 49'a doğru hareket etmesi

şebekenin ağır bir yük altında kaldığını, 51'e doğru çıkması ise şebeke yükünün jeneratörlerin üretiminden düşük olduğunu gösterir.

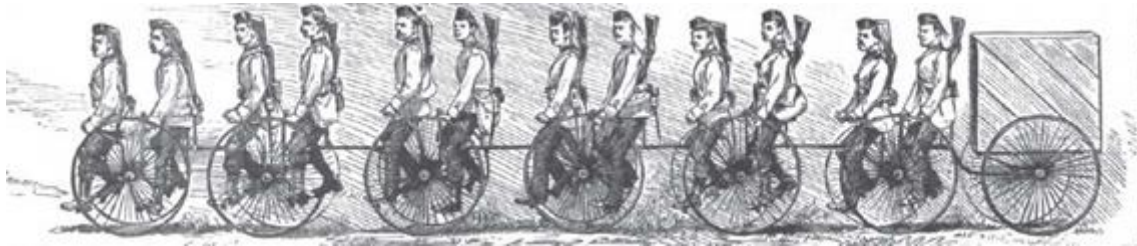
Bisiklete binen bir çocuk örneğinden hareket edersek, bisikleti kullanan çocuk metaforik olarak Keban'daki bir jeneratördür. Eğer çocuk yokuş yukarı çıkarsa, her ne kadar birim zamanda 50 pedal basmak da istese biraz altında kalacaktır. Çocuk yokuş aşağı giderken de pedal çevirmesi onu daha da hızlandıracak belki de birim zamanda 51 kez pedal çevirmiş olacaktır.

Kayıp enerji olmasa idi, bu çocuk pedala birkez basacak ve o güç sistemi sürekli hareket ettirecekti. Ama bisiklet tekeri yer ile sürtündükçe, pedallar zincirler arasında dönem dönem kaydıka, vites değiştirdikçe, çocuğun enerjisinin bir kısmı kaybolacaktır. Bu tamamen teknik sebeplerden ve fizik kurallarından olmaktadır. Bu da kayıp enerjidir.

Bu çocuğun ileri gitmek için harcadığı enerjiye aktif enerji, dışarıdan bakan bir gözlemcinin görmediği fakat bisikleti dengede tutmak için harcadığı enerjiye de reaktif enerji denir. Reaktif enerji düz yolda sıfır'a yakın iken, bir dağ yolunda(sıcak yaz günü) enerjinin önemli bir kısmını alabilir. Düz yolda, tüm enerjisini aktif enerjiye aktarırken taşlı ve yokuş bir yolda önemli kısmını bisikleti dengede tutmaya ayırır.

Eğer bu hizmet aralıkları tutturulamazsa ne olur?

Şimdi tek çocuk örneğinden Şekil 2'deki çoklu pedallı bir sistemin yük çektiğini farzedelim. Bisikletteki her bir bisikletçi birer santral ünitesi, en sondaki yükte elektrik talebi olsun. Bu noktadan sonra bisikletçiler dendiğinde Şekil 2'deki bisikletçiler kastedilmektedir.



Şekil 2 – Çoklu seleli ve pedallı bisiklet yük sepetini çekiyor^x.

Şebekeye bağlı tüm jeneratörler (döner kütleler), hep benzer gerilimlerde ve aynı frekans ve fazda (bu da tüm bisiklet binenlerin pedallarının aynı anda aynı noktada olması demek varsayabiliriz) olması gerekir. Bir jeneratör devreye girerken kendi hareketi ile şebekenin hareketini karşılaştırır ve pedallar aynı nokta ve hızda iken şebekeye bağlanır.

Eğer şebekenin her hangi bir noktasındaki bisikletçi çocuklardan birinin ayağına kramp girerse, o devreden düşer. Yine bir metafor olarak 4 kişinin aynı bisikletteki dört arka arkaya gelen pedalı çeviren kişiler olduklarını düşünelim. Bunlardan herhangi biri bisikleti çevirirken ayağına kramp girerse bisikletin hızı düşecek ve diğer pedalları çevirmek zorlaşacaktır. Diğerleri daha fazla güç harcamak zorunda kalacaklardır, belki de saniyede 50 pedal kriterini tutturamayarak bisikletin dengesini bozacaklardır. Aynı şekilde az sonra ayağına kramp girmiş olan kişi iyileştiği zaman pedala basmaya başladığı anda diğerlerinin yükünün bir kısmını alacaktır.

Elektrik sistemi de bu şekilde tasarlanır (N-1). Sistem en büyük ünitenin (en güçlü bisikletçinin) sistemden düşmesinde bile standart hizmet verecek şekilde yedeklenir, bu yedekleme her bir saat ve işletim süresi boyunca yapılır. Aynı şekilde yük noktaları da sadece bir noktadan değil birkaç noktadan

beslenir. Bu bisikletin arkasına da bir yük sepeti eklendiğini düşünelim, sepet de genelde 2 noktadan öndeki bisikletçilere bağlıdır.

Yan Hizmetler Nedir

Şimdi elektrik sistemini çok seveli bir bisiklet olarak düşünelim. Bisikletçilerimiz eş zamanlı olarak birim zamanda 50 pedal çevirmektedir. Burada en güçlü olan bisikletçiler güçlerini sonuna kadar kullanmaz, mümkün mertebe bir kısmını kullanırlar. Olur da acil durumda lazım olursa diye, pedallara tam asılmazlar. Şu anda Türkiye’de bir çok büyük santral üretim kapasitesinin bir miktar altında çalıştırılır. Bu eksik kapasiteler, santraller için kayıp maliyettir. Bu yüzden bu santrallere hizmet bedeli ödenir.

Niye böyle bir şey yapılır? Elektrik sistemi makineler üzerine kuruludur ve hemen hemen hiç durmadan çalışacak şekilde tasarlanan makinelerdir. Çoğu binlerce parçadan, onlarca ünitelerden oluşur. Aynı şekilde bunları birbirine binlerce tel ve mekanik ekipman bağlar. Daima bir sorun çıkma ihtimali vardır. Anlık bir sorun yaşandığında bu sorunun etkisi bu boş bırakılan kapasiteler otomatik devreye alınarak giderilir.

PMUM(www.pmum.gov.tr) sayfasındaki arıza bildirimlerine girenler ne çok arıza verildiğini görünce bazen hayret ederler. Binlerce ünite çalıştıran bu sistemde günlük olarak bu arıza oranları düşüktür. İşte elektrik sistemi tüm bu arızalara rağmen çalışacak şekilde tasarlanmaktadır. Tüm dünyada elektrik piyasalarında sistemdeki bu arızalar anlık olarak piyasa katılımcılarına bildirilir. Tıpkı bisiklet yarışı gibi, anlık olarak kimin pedala basmayı bıraktığı, kimin ne zaman ara vereceği tüm katılımcılara bildirilir. Çünkü bu hareketler fiyatı belirler.

Bisikletçilerimiz aslında üç aşağı beş yukarı benzer yollardan geçmekte ise de(haftalık, günlük periyotlar), bazen yolda ani bir engel çıkabilir (kış fırtınası, hat kaybı vs). Bu tip durumlar için sistem daima yedekleme yapar. Bu yedeklemeler birkaç kısımdır^{xi}:

1. Bisikletçiler birim zamanda 50 defa pedal çevirirken hafif bir rampaya denk geldiklerinde, kendiliklerinden pedallara biraz daha yüklenerek rampa boyunca da birim zamanda 50 pedal basmaya devam ederler. Buna primer yedek denir. Sekonder (ikincil) yedekte buna benzer ama 15 dakikaya kadar devrede kalır, primer daha anlıktır.
2. “Destek lazım arkadaşlar” denildiğinde ise, yedekte veya dinlenmede olan bisikletçiler de hazır duruma geçerek kısa bir sürede pedallara yüklenmeye başlarlar. Buna da tersiyer yedek diyebiliriz.

Primer ve sekonder yedekler otomatik girerken, tersiyerde bir komut gerekir.

Bisikletçilerin hangi sıra ile ne kadar güçle pedallara yükleneceğini belirleyen birim, tevzi birimidir. Tevzi birimi tüm bisikletçileri anlık olarak izler. İzne ayrılmak isteyen, bacağına kramp girenleri anında belirleyerek, yedekte bırakır veya sırası gelen bisikletçilerin pedallara yüklenmelerini ister.

Dengeleme ise:

- Bisikletçileri aynı pedal ritminde tutma (frekans hizmeti)
- Bisikletçilerin devrilmemesi/kaza yapmaması için planların yapılması (sistem güvenliği)
- Bisikletçilerin toplu olarak harekete dik yönde (sağ-sol) dengelemelerini sağlamak (reaktif)
- Bisikletçilerin tamamının birlikte çalışması değilde, duruma ve şarta göre bir grup bisikletçinin ayağı pedalda, bir kısmının da ayağını pedaldan çekmiş olarak yedekte tutulmasıdır. (rezerv)

Bisikletçilerin hareketlerini birbirine bağlayan zincirler iletim ve dağıtım hatlarıdır.

Eğer bisikletçiler, saniyede 50 pedalın altına az bir miktar düşseler veya çıksalar, hemen yalpalayarak topluca bisikletten düşebilirler. Onlar yalpalamaya başladıkları anda, önce arkalarına taktıkları yükler devrilmeye başlar. Mesela bir zincir teli çıksa bisiklet zorlanarak, yedek bisikletçilerle harekete devam edebilir. Ama iki zincir birden kopsa, sistem büyük ihtimalle durur ve bisikletçiler devrilir. Buna da elektrik kesintisi diyoruz.

Yukarıda her an hazır ve bir düğmeye dokunmanız ile Keban'daki ve binlerce jeneratörün dönüş enerjisini odanıza getiren elektrik sisteminin ne kadar ilginç bir sistem olduğu anlatılmaya çalışıldı. Gerek Newton Sarkaçı ile, gerek bisikletçi metaforu ile tüm bir sistemin ve hizmetlerinin ne kadar karışık olduğunu örnekledirildi. Tüm bu örneklendirmedeki amaç, modern elektrik hizmetinin aslında bir hizmet bütünlüğü olduğudur. Yani sadece üretilen elektrik alan değildir. Bunun sürdürülebilirliğini garanti altına alan hizmetler ile bir bütündür.

Türkiye elektrik sistemi de aslında binlerce pedal çeviren bisikletçinin arkalarından gelen bir yük sepeti ile dengeli vaziyette saniyede 50 kere pedal çevirdikleri bir sistemdir. Hemde gece gündüz. Hem de arkalarındaki yük sepetindeki ağırlıklar değişir vaziyette iken. Bazen sepette bir fil olur(yaz günü öğlen sıcağı), bazen bir fil yavrusu (dini bayramların ikinci günü sabahı), fakat sistem saniyede 50 pedal çevrilmesinden taviz vermez, verdiği an peşindeki yük sepetindeki yük devrilir.

Sonuç

Elektrik enerjisi üreten bir güneş paneli bir bisikletçi ise, enterkonnekte şebeke yukarıda anlatılan hizmetlerin tamamıdır. Bu makalede çok seleli-pedallı bisiklet örneği ile bu hizmetler örnekendirilmiştir. Bir yıl öncesinden bisikletçilerin programları belirlenir, günler öncesinden üretimleri, gün öncesinde hangi pedalcının ne zaman pedala yükleneceği, eğer yol umulandan daha rampalı ise kimlerin destek vereceği, daha yumuşak ise kimlerin dinleneceği, zincirlerin bakımı, yüklerin tahmini; Bu elektriği sürekli gözleyen ve arıza olduğunda sahaya giden, sistemleri, süreleri belirleyen insanların maliyeti; Sürekli değişen yakıt giderlerine rağmen sabit fiyatla verilmeye çalışılan hizmet riski vs gibi bir çok hizmet aslında elektrik fiyatlarının içine gömülmüştür.

Dağıtık üretim arttıkça, ABD gibi ülkelerde elektrik hizmet bedellerinin daha da ayrıştırılması bunun için tartışılmaktadır. Bir bisikletçinin birim bedeli ile yukarıda anlatılan bisikletçiler ordusundan kurulu "elektrik şebekesi" bedeli aynı olamaz. Türkiye'de yaşadığımız sürecin aksine, önümüzdeki dönemde elektrik bedeli de daha çok ayrılmak zorunda kalabilir. Mesela evinde güneş paneli olan ve evinde güneş paneli ve elektrik depolama sistemi (pil) olan kişiler aynı hizmeti vermemektedir.

Aynı şekilde, bugün Türkiye'de çok görmesek de, şebeke de daha fazla dağıtık üretim olduğu sürece birinin şebeke bedellerini karşılaması gerekmektedir. Bu dağıtık üretim kaynaklarının ürettiği elektriğin bedeli ile tüketicinin elektrik dağıtım sisteminden aldığı elektriğin bedeli ile aynı olamaz. Çünkü şebeke elektriği çokca planlama ve yedekleme stratejileri ile insanlar tarafından her an kontrol edilen bir sistemdir. Ama dağıtık üretim kaynakları genellikle şebekeye sadece "pedal çevirebilen bisikletçi" sağlamaktadır.

¹ Brief Amicus Curiae of Electrical Engineers, Energy Economists and Physicists in Support of Respondents in No 00-568, Supreme Court of the United States, <http://findlawimages.com/efile/supreme/briefs/00-568/00-568.mer.ami.engineers.pdf>

- ⁱⁱ Morris, Craig. The German Energy Transition and its Neighbors – Part 1, The German Energy Transition, <http://energytransition.de/2013/02/german-energy-transition-and-its-neighbors-part-1/>
- ⁱⁱⁱ Wikipedia, Independent Power Producers, http://en.wikipedia.org/wiki/Independent_Power_Producer
- ^{iv} FERC, What is Qualifying Facility, <http://www.ferc.gov/industries/electric/gen-info/qual-fac/what-is.asp>
- ^v Smutny-Jones, Jan. "*Regulating Generation: When Do Wholesale and Retail Generation Become Part of the Same Whole? - How Very Zen.*" Presentation to the Harvard Electricity Policy Group, 75th Plenary Session, Cambridge, MA. June 12, 2014. 14 pages.
- ^{vi} Raskin, Dave. "*Jurisdiction Over Net Metering.*" Presentation to the Harvard Electricity Policy Group, 75th Plenary Session, Cambridge, MA. June 12, 2014. 13 pages.
- ^{vii} Raskin, Dave . "Getting Distributed Generation Right: A Response to "Does Disruptive Competition mean a Death Spiral for Electric Utilities", Energy Law Journal, Volume 35, No 2. 2014
- ^{viii} Electricity Innovation Lab, A Review of Solar PV Benefit & Cost Studies, http://www.rmi.org/cms/Download.aspx?id=10793&file=eLab_DERBenefitCostDeck_2nd_Edition&title=A+Review+of+Solar+PV+Benefit+and+Cost+Studies
- ^{ix} Wikipedia, Newton'un Beşiği, http://tr.wikipedia.org/wiki/Newton%27un_be%C5%9Fi%C4%9Fi
- ^x <http://crowdstory.files.wordpress.com/2012/07/multicycle.jpg>
- ^{xi} National Renewable Energy Laboratory, Operating Reserves and Variable Generation, <http://apps1.eere.energy.gov/wind/newsletter/pdfs/51978.pdf>