

# Günümüzün ve Geleceğin Elektrik Şebekeleri

Gündelik hayatımız için vazgeçilmez bir unsur olan enerji ülke ölçeğinde başlı başına bir bakanlık gerektirecek kadar hayati bir konu haline alıyor. Artan nüfus ve büyüyen sanayi, talep edilen enerji miktarını artırıyor, bu artışa paralel olarak da elektrik şebekesinin sürekli genişletilmesi gerekiyor. Genelde elektrik güç üretimi ülkelerin belli bölgelerinde yapılır ve üretilen bu elektrik, ülkenin dört bir yanına aktarılır. Bu tür bölgeler ara-

sı elektrik güç aktarımının mümkün olabilmesi için elektrik şebekelerinin birbirleriyle bağlantılı olması gerekiyor. Günümüzde elektrik şebekeleri dünyanın her yeriyle bağlantılı. Bu tür bağlantılı elektrik şebekelerinden bahsettiğimiz zaman temin edilen elektriğin kalitesi diye bir kavram ortaya çıkıyor, şebekede voltaj dalgalanmaları ve elektrik kesintileri gibi kötü senaryoların önüne geçebilmek için bu kaliteyi devamlı olarak belli bir seviyede tutmak gerekiyor.



## Elektrik Şebekesinin Yapıtaşları

Günümüzde elektrik şebekesi üç temel kısımdan oluşur: Üretim, iletim ve dağıtım. Üretim kısmı, adı üzerinde çeşitli yapılardaki santrallerde elektrik gücün üretildiği kısmı oluşturur. Üretilen elektriğin santrallerden asıl kullanılacağı yerleşim ya da sanayi bölgelerindeki dağıtım trafolarına kadar iletiildiği kısma iletim sistemi, dağıtım trafolarından son kullanıcılara dağıtıldığı kısma ise dağıtım sistemi denir. Bu üçlü sistemi anlamak için elektrik şebekesine ve elektriğin geçmişi-ne biraz bakmamız gerekiyor. Son 30-40 yılda gerçekleşen birçok teknolojik ilerlemeye rağmen günümüzde elektrik şebekeleri birçok açıdan 1900'lerin başlarında kuruldukları halleriyle çalışmaya devam ediyor.

1870'lerde ilk defa ekonomik olarak üretilebilen ampulü keşfetmesinden sonra Thomas Edison 1880'lerde de ilk elektrik aktarım şebekesini hayata geçirmişti. Bu ilk şebekeler doğru akımı (DA) iletiyor ve yalnızca aydınlatma için kullanılıyordu. O zamanlar elektrik güç üretimi çok kısıtlıydı ve sadece toplumun zengin kesimi tarafından kullanılabilirdi, sanayide bile elektrik enerjisi pek kullanılmıyordu. Durum böyle olunca elektrik günümüzdekine aksine sadece 3-5 km gibi kısa mesafelere ulaştırılıyordu.

Bu mesefe kısıtından dolayı üretilen elektrik, ancak üretildiği bölge içinde iletilip son kullanıcılara dağılıyordu. İlk DA temelli şebekeler kullanılmaya başlandıktan bir süre sonra popülerlikleri arttı ve artan talep elektrik gücünün daha uzak mesafelere iletilmesini zorunlu kıldı. Ancak DA temelli şebekelerde şebekenin yapısından dolayı elektriğin uzak mesafelere iletiminde ciddi kayıplarla karşılaşıldı. Bu kayıpların çözümü Nikola Tesla'nın keşfettiği alternatif akım (AA) ile geldi. Bu teknikle çalışan sistemler sayesinde iletim kayıpları büyük ölçüde azaltılmış, elektrik güç dağıtım şebekesinin üretim merkezlerinden hayli uzaklarda kurulmasına olanak sağlanmıştı. AA'nın keşfi ve kullanımının yaygınlaşması ile birlikte şehirlerde ve endüstride elektrik kullanı-



mı ciddi miktarda arttı. AA tabanlı elektrik şebekelerinin yaygınlaşmasından bir süre sonra bölgelerin birbirlerine elektrik aktarması gibi yeni bir ihtiyaç doğdu. Ancak her bölgedeki elektrik şebekelerinin çalışma frekansı (26 Hz, 138 Hz) ve gerilim değeri birbirinden farklı olduğundan bu şebekelerin birleşmesi mümkün olmuyordu. Bu yeni ihtiyaca çözüm bu defa yeni bir teknoloji ile değil de ülkelerin enerji politikaları ve standardizasyon kurumlarından geldi. ABD 1970'lerde ülke genelinde elektrik şebeke frekansını 60Hz, gerilim değerini de 120 Volt olarak standart hale getirdi. Avrupada ise günümüzde Türkiye'de de kullandığımız 50Hz-230 Volt'luk standart kullanıma geçildi. Enterkonnekte sistem adı verilen bu iletim sistemleri temel olarak üç konuda büyük yenilik ve ilerleme getirdi: Elektrik maliyeti, güvenilirlik ve kararlılık.

Enterkonnekte sistemde frekansın sabitlenmesi ile bölgelerde üretilen elektriğin diğer bölgelere iletilmesi ve dağıtılması mümkün olurken, şebekenin bu yeteneği merkezi enerji pazarlarının oluşmasını sağladı. Üretilen güç bir havuzda toplanıp iletim hatları yardımıyla ülkenin her yerine merkezi kontrol ile iletilen bir hale gelmiş oldu. Böylece A şehrindeki bir fabrika, kendine yakın bir santralden pahalıya elektrik alacağına, daha uzaktaki B şehrinden, fiyatı daha ucuz olan ve başka bir firmaya ait bir santralden kolaylıkla elektrik temin edebilir hale geldi.

Elektrik şebekesinde güvenilirlik dediğimizde ise sistemin hataya karşı dayanıklılığı anlaşılır. Mesela tek başlarına çalışıp birbirinden ayrı olan sistemlerde, bölgenizin elektrikleri kesildiğinde evinizden yan ilçenin ışıklarını görmekteyken tek yapabileceğiniz kendi şebekeniz ayağa kalkıncaya kadar karanlıkta beklemektir. Enterkonnekte bir sistemde ise yerel şebekeyi besleyen bir hat koptuğu ya da hata verdiği zaman, şebeke diğer bölgelerden gelen iletim hattı ile beslenerek elektrik kesintilerinin kolaylıkla önüne geçilebilir.

Kararlılık ise elektrik sistemlerinde sistem frekansının ve geriliminin sabitlenmesidir. Sistemde meydana gelen ani değişiklikler sistemin kararlılığını olumsuz yönde etkiler. Sürekli değişen frekans ve gerilim değerleri, şebekeye bağlı elektrikli aletlerin ya arızalanmasına ya da ömürlerinin kısılmasına sebep olur. Enterkonnekte sistemler belli bir frekans ve gerilim değerini korumak üzere tasarlandığı için bu tür arızaların ve yıpranmaların önüne geçilmiş olur.

Enterkonnekte sistemlerin bir diğer özelliği de döngü özelliğine, yani çift yönlü elektrik aktarımı özelliğine sahip olmalarıdır. Hattın bir kısmında bir kopma ya da arızalanma olduğunda, bu yapı sayesinde hattın diğer yönünden elektrik iletimi devam eder. Bu esneklik iletim hatlarına güvenilirlik ve kararlılık konusunda büyük avantajlar sağlar.

## Mevcut Enterkonnekte Sistemler ve Büyük Çaplı Elektrik Kesintileri

Enterkonnekte sistemler ilk devreye girdiklerinde zamanın şebeke yapılarına göre birçok avantaj getirmiş olmalarına rağmen güvenilirlik ve kararlılık konularında tüm problemlere aynı anda cevap verebildiklerini söylemek çok güçtür. Elektrik sisteminin yapısı gereği, talep ortalama talebin çok üzerinde olunca ek yükü kaldırabilmek için ek güç üretilir. Ek talep çok fazla olduğunda ilk başta jeneratörlere aşırı yüklenme olur. Aşırı yüklenen bazı jeneratörler arızalanabilir. Bu arızaların ardından talep edilen gücün sağlanabilmesi için diğer bölgelerdeki jeneratörler de devreye sokulur, dolayısıyla iletim hatları da aşırı yüklenmeye maruz kalır. Zincirleme olarak devam eden bu aşırı yüklenmeler bir süre sonra sistemin tümünü kilitleyip herkesin elektriksiz kalmasına sebep olabilir. Bazı durumlarda bu tür büyük çaplı elektrik kesintileri günler, haftalar ya da aylar süren çalışmalar ile ancak giderilebilir. Kesintinin tamir süresi uzadıkça dağıtım şirketlerinin ve ülkenin maddi zararı da o çapta büyür. Bu maliyet hasarın büyüklüğüne göre milyonlarca liradan milyarca liraya kadar çıkabilir.

ABD’de 2003 yılında Ohio eyaletinde başlayan bir hata, enterkonnekte sistemdeki operatörler ve dağıtım şirketleri arasındaki iletişimin zayıflığından dolayı Kuzey Amerika kıtasında Kanada’yı ve ABD’nin bir çok eyaletini etkileyecek kadar büyük bir elektrik kesintisine sebep oldu. Ülkemizde de Mart 2015’te benzer bir büyük çaplı elektrik kesintisi ile karşılaşıldı. Kesinti aynı gün içinde giderilmişse de ülke ekonomisine yadsınamaz bir hasar verdiği de bir gerçek. Bu tipteki büyük hataların sebebi net olarak bulunamasa da, bu kesintilerin sebebi sistemin düzenli izlenmemesi sebebiyle sistemde hata veren iletim hatları veya jeneratörlerin yeterince çabuk saptanamaması ya da saptandıktan sonra anında müdahale edilememesi ve ardından düşen arzın talebi karşılayamaması olarak kabul edilir.



## Akıllı Şebekeler

Son yıllarda daha verimli ve güvenilir güç sistemlerinin oluşturulmasının önemi artmış, klasik yöntemlere ek olarak bilgi ve telekomünikasyon yöntemlerinin de kullanılacağı yeni şebeke mimarileri tasarlanmaya başlanmıştır. Güç sistemlerindeki bu yeni hareketlenme ve sonucunda ortaya çıkacak olan yeni şebeke yapısına “akıllı şebekeler” ismi verilir. Akıllı şebekeler, en basit haliyle, günümüz güç sistemlerini, yeni bilgi ve telekomünikasyon teknolojileri kullanarak daha kolay idare edilen, daha akıllı yapılara çevirme çabasıdır. Akıllı şebekelerin sunduğu bu teknolojilerle güç sistemleri ve sistem değerleri devamlı olarak izlenebilir. Bu izlemenin sağladığı bilgiler ışığında operatörler sistem hakkında daha fazla bilgi sahibi olacak ve gerektiğinde diğer operatörlerle kolaylıkla haberleşerek sistemin güvenilirliği ve kararlılığı için en uygun müdahaleyi çok daha kolaylıkla yapabileceklerdir.

Akıllı şebeke yapısını kısaca izleme, iletişim ve kontrol olarak üç temel kısma ayırabiliriz. İzleme kısmı şebekenin kritik noktalarına yerleştirilecek ölçüm aletleri ile sistemin durumuna etki eden faktörlerin (voltaj, faz açısı, vb.) devamlı olarak izlenmesini sağlar. Bu kısımda şebekenin genel durumunu izleyen araçların yanı sıra, şebeke elemanlarının çalışma ve

arıza durumlarını tespit eden araçlar ve müşterilere ait hangi cihazlarının ne kadar elektrik sarf ettiği bilgisini de saptayan akıllı elektrik sayaçları bulunur.

İkinci kısım olan iletişim kısmı, şebeke ile merkezdeki operatörler arasında çift yönlü bir haberleşme altyapısının kurulması ve idaresidir. Bu kısım bir taraftan, şebekeden izleme kısmında toplanan verilerin merkeze iletiminden sorumluyken, diğer taraftan da merkezden alınan kararların komutlara dönüştürülerek şebeke elemanlarına iletilmesini ve bu elemanların uzaktan yönetilmesini de sağlar. İletişim kısmı için 3G, 4G gibi kablosuz haberleşme sistemlerinin yanı sıra WiFi, ZigBee gibi kablosuz veri sistemlerinin ve enerji kablosu üzerinden haberleşme sistemlerinin de kullanılması düşünülmüyor.

Üçüncü ve son kısım olan kontrol kısmı ise iletişim kısmı üzerinden merkeze ulaştırılan bilgilerin işlenip bir karar mekanizmasının yardımıyla şebekenin idaresi için karar alınmasıdır. Kontrol kısmı akıllı şebekelerin karar kısmını oluşturur. Merkeze iletilen bilgilerin akıllı sistemler ve algoritmalarla geçirilip sistemin istenen çalışma durumundan ne kadar saptığının belirlenmesi ve eğer bir sapma varsa bu sapmanın giderilmesi için sistem elemanlarına komutlar iletilmesi de kontrol kısmının ana görevlerindedir.



Akıllı şebeke mimarisinin bir diğer kritik özelliği de dağıtık üretim ve mikro şebekelerdir. Mevcut elektrik şebeke yapısında elektriğin üretimi merkezi, büyük elektrik santrallerinde gerçekleşir. Geçtiğimiz yıllarda geliştirilen yeni elektrik üretim teknolojileri (örneğin güneş panelleri) dağıtık üretim dediğimiz küçük ve orta çaplı elektrik üretim merkezlerinin doğmasına sebep oldu. Akıllı şebeke yapısı bu küçük ve orta çaplı üretim santrallerinin de şebekeye elektrik temin ederek elektrik üretimine katkıda bulunmasına olanak sağlar. Güneş panelleri ile kendi elektriğini üretirken üretim fazlası elektriği de şebekeye vererek ufak elektrik santralleri olarak da iş görebilen orta ve büyük ölçekli alışveriş merkezleri, dağıtık üretim yapısına basit bir örnektir.

Dağıtık üretim yapısı üzerine düşünülmüş bir yapı olan mikro şebekeler, bir miktar da olsa elektrik üretebilen bölgesel, yerel şebekelerin gerektiğinde enterkonnekte sistemden çıkıp kendi başlarına çalışabilmelerine, kendi ürettikleri elektrikle kendi ihtiyaçlarını karşılayabilir hale gelmelerine otomatik olarak olanak sağlar. Bu tür dağıtık yapılar, şebekelerde oluşacak genel arızalarda ya da doğal afetler sırasında şebekelere büyük esneklik sağlayarak kurasal olarak bu tür kriz anlarında semtlerin kendi ürettikleri elektrik ile bir süre ayakta kalmasına olanak sağlayacaktır.

Yüz küsur yıllık bir ömrü devirmiş ve çoktan hayatımızın ve uygarlığımızın vazgeçilmez bir parçası olan elektrik şebekeleri, öngörülen bu eklemeler ile bilgi ve telekomünikasyon çağına ayak uydurmağa çalışıyor. Tabii ki bu tür büyük dönüşümler ve geçişler hiç de kolay olmaz. Bir taraftan inanılmaz bü-

yük ve kritik bir sistemin güncellenmesinin zorluğu, diğer taraftan da böyle bir uğraşın gerektirdiği ekonomik maliyetler göz önüne alındığında akıllı şebekelerin yeni elektrik şebeke standardı haline gelmesi muhtemelen epey bir zaman alacak.

Ülkemiz özeline bakacak olursak özellikle yeni inşa edilen binalarda akıllı elektrik sayaçlarının kullanımı hiç de küçümsenmeyecek bir hızda artıyor. Akıllı ev projeleriyle uzaktan yönetimi mümkün olan evler artık çok da şaşırmadığımız gerçekçi projeler olarak çoktan hayatımıza girdi. Türkiye Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı ve TÜBİTAK, akıllı şebekeler yönünde yapılmakta olan ve yapılacak bilimsel araştırma geliştirme projelerine büyük önem vermekte, çeşitli üniversitelerimiz ve sanayi firmaları bu yönde aktif olarak çalışmalar yürütmektedir.



#### Kaynaklar

- Gönen, T., *Electric Power Distribution System Engineering*, 2. Basım, Boca Raton, CRC Press, 2008.
- Cheng, D., Önen, A., Jung, J., Arghandeh, R., Broadwater, R., "Model Centric Approach for Monte Carlo Assessment of Storm Restoration and Smart Grid Automation", ASME Power 2014 Konferansı, Baltimore, Maryland, ABD, pp 1-6, Ağustos 2014.
- Cheng, D., Önen, A., Zhu, D., Kleppinger, D., Arghandeh, R., Broadwater, R. P., Scirbona, C., "Automation Effects on Reliability and Operation Costs in Storm Restoration", *Electric Power System Component and System*, Cilt 43, s. 569-583, Mart 2015.
- Andersson, G., Donalek, P., Farmer, R., Hatziargyriou, N., Kamwa, I., Kundur, P., Martins, N., Paserba, J., Pourbeik, P., Sanchez-Gasca, J., Schulz, R., Stankovic, A., Taylor, C. ve Vittal, V., "Causes of the 2003 Major Grid Blackouts in North America and Europe, and Recommended Means to Improve System Dynamic Performance", *IEEE Transactions on Power Systems*, Cilt 20, Sayı 4, Kasım 2005.
- Fang, X., Misra, S., Xue, G., Yang, D., "Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Cilt 14, Sayı 4, s. 944-980, 2012.
- Güngör, V. Ç., Şahin, D., Koçak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., Hancke, G. P., "A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Cilt 9, Sayı 1, s. 28-42, Şubat 2013.
- Zhong, F., Kulkarni, P., Görmüş, S., Efthymiou, C., Kalogridis, G., Sooriyabandara, M., Zhu, Z., Lambotaran, S., Chin, W. H., "Smart Grid Communications: Overview of Research Challenges, Solutions, and Standardization Activities", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Cilt 15, Sayı 1, s. 21-38, 2013.