SHURA
ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ MERKEZİ

07
26
Sayı: 16

SHURA GÜNDEM

Dağıtım Şebekelerinin Dönüşümü

Elektrik sistemleri geleneksel olarak merkezi üretime ve tek yönlü enerji akışına dayalı olarak tasarlandı. Büyük ölçekli santrallerde üretilen elektrik, iletim ve dağıtım şebekeleri aracılığıyla son kullanıcıya ulaştırıldı.

Ancak enerji dönüşümüyle birlikte bu yapı artık değişiyor. Çatı tipi güneş enerjisi sistemleri, enerji depolama teknolojileri, elektrikli araçlar ve ısı pompaları gibi dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla tüketiciler artık yalnızca elektrik tüketmiyor; aynı zamanda üretiyor, depoluyor ve gerektiğinde şebekeye geri verebiliyor.

Bu dönüşüm, dağıtım şebekelerini pasif bir altyapı olmaktan çıkararak dijital, esnek ve aktif şekilde yönetilen enerji sistemlerinin merkezine yerleştiriyor. SHURA GÜNDEM'in 16'ncı sayısında, enerji dönüşümüyle birlikte değişen dağıtım şebekelerinin rolünü, ortaya çıkan yeni ihtiyaçları ve Türkiye açısından öncelikli dönüşüm alanlarını ele alıyoruz.

"Dağıtım şebekeleri, elektriği tüketiciye ulaştıran pasif bir altyapı olmaktan çıkarak, tüketimi gerçek zamanlı yöneten dijital, esnek ve aktif enerji sistemlerinin merkezine yerleşiyor."

Dağıtım şebekeleri neden dönüşmeli?

Yüzyıl ortasına kadar net sıfır emisyonlu ekonomilere ulaşılması hedefi, temiz enerji kaynaklarının elektrik sistemine entegrasyonunu ve temiz elektrifikasyonun hızla artırılmasını gerektiriyor. Geçmişte daha öngörülebilir yük profillerine göre planlanan dağıtım şebekeleri ise dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarının ve elektrifikasyonun artmasıyla birlikte değişken ve çift yönlü hale gelen elektrik akışlarına adapte olmak zorunda.

Bu dönüşüm;
- gerilim yönetimini zorlaştırıyor,
- şebeke esnekliği ihtiyacını artırıyor,
- gerçek zamanlı izleme ve kontrol sistemlerini zorunlu hale getiriyor.

Bu nedenle artık yalnızca yeni hat yatırımları değil, mevcut dağıtım sistemlerinin dijitalleşmesi ve modernizasyonu da enerji dönüşümü yatırımlarının temel unsurları olarak öne çıkıyor. Dağıtım sistemleri giderek veri, dijital teknolojiler ve akıllı sistemlerle entegre çalışan bir yapıya dönüşüyor. Bu kapsamda sistemin aktif olarak yönetilebilmesi ve piyasa mekanizmalarıyla uyumlu hale getirilmesi önem kazanıyor.

Geleneksel sistemden yeni enerji sistemine

Geleneksel Sistem	Yeni Enerji Sistemi
Tek yönlü enerji akışı	Çift yönlü enerji akışı
Pasif tüketici	Üreten tüketici (prosumer)
Merkezi üretim	Dağıtık üretim
Geleneksel işletme	Dijital işletme
Sabit yük	Esnek yük

Dağıtım sistemi operatörlerinin rolü değişiyor

Dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla birlikte dağıtım sistemi operatörlerinin (DSO) rolü de önemli ölçüde değişiyor. Geleneksel olarak şebekenin planlanması, işletilmesi, bakımının yapılması ve yeni bağlantıların sağlanmasından sorumlu olan DSO'lar, artık dağıtık enerji kaynaklarının sisteme güvenli ve verimli entegrasyonunu sağlayan aktif sistem işletmecileri haline geliyor.

DSO'ların değişen rolü

Geleneksel Sorumluluklar	Yeni Sorumluluklar
Dağıtım şebekesinin işletilmesi	Şebeke kısıtlarının aktif yönetimi
Bakım ve yatırım planlaması	Dağıtık enerji kaynaklarının koordinasyonu
Yeni bağlantıların sağlanması	İletim sistemine gerilim ve reaktif güç desteği sağlanması

Dönüşümün başarısı, yalnızca bu yeni görevlerin tanımlanmasına değil, aynı zamanda dağıtım sistemlerinin dijitalleşmeyi merkeze alan yeni bir anlayışla planlanmasına da bağlı. Dağıtım sisteminin dönüşümü, net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçiş için ihtiyaç duyulan dağıtık enerji kaynaklarının sisteme etkin şekilde entegre edilmesini mümkün kılacak.

Dağıtım sisteminin modernizasyonu neden gerekli?

Geleneksel dağıtım şebekeleri, büyük ölçüde öngörülebilir tüketim profillerine göre tasarlandı. Bu nedenle gerilim yönetimi ve kompanzasyon sistemlerinin planlanması, yük akış analizleri, gerilim profili simülasyonları ve optimizasyon çalışmalarıyla etkin şekilde gerçekleştirilebiliyor.

Ancak elektrikli araç şarj istasyonları, çatı ve arazi tipi güneş enerjisi santralleri ile dağıtım seviyesine bağlanan yenilenebilir enerji santrallerinin hızla yaygınlaşması, gerilim regülasyonunu çok daha dinamik hale getiriyor.

Bu değişimi tetikleyen başlıca unsurlar:
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının değişken üretim karakteristikleri,
- Ani aktif güç dalgalanmaları,
- Şebeke geriliminde hızlı değişimlere yol açabilen üretim yapısı.

İnvertör tabanlı yenilenebilir enerji kapasitesinin artması ve elektrifikasyon, gün içindeki tüketim profilini değiştiriyor. Bu durum, arz ve talep dengesini çift yönlü hale getiriyor.

Bu yeni yapı;
- değişken bir arz-talep profili oluşturuyor,
- şebeke işletmeciliğinde esneklik ihtiyacını artırıyor, ve
- tahmin, izleme ve kontrol yetkinliklerinin güçlendirilmesini gerektiriyor.

Bu nedenle dağıtım sistemlerinin eş zamanlı olarak genişletilmesi, modernize edilmesi ve dijitalleştirilmesi, enerji dönüşümünün temel gereklilikleri arasında yer alıyor.

Dağıtık üretimin sunduğu yeni fırsatlar

Dağıtık enerji kaynakları, invertör sistemleri, enerji depolama teknolojileri, elektrikli araçlar, akıllı sayaçlar ve dijitalleşme sayesinde enerji sistemlerine sadece yeni zorluklar değil, önemli fırsatlar da sunuyor.

Özellikle dağıtık üretim tesislerinde kullanılan invertör ve senkron jeneratörlerin aktif güç üretimini sürdürürken aynı zamanda dağıtım sistemine reaktif güç desteği sağlayabilmesi, sistem işletmesi açısından önemli avantajlar yaratıyor.

DSO'lar açısından bu kabiliyetin etkin kullanımının sağlayabileceği faydalar:

- İlave kapasitör ve reaktör yatırımı ihtiyacının azaltılması,
- Mevcut dağıtık üretim kaynaklarından reaktif güç desteği alınması,
- Yatırım verimliliğinin artırılması,
- Şebeke kayıplarının azaltılması,
- Mevcut ekipmanın daha etkin kullanılması,
- Şebeke esnekliğinin artırılması.

Bu sayede uzun vadeli yatırım planlamaları daha verimli hale gelirken, dağıtım sistemlerinin işletme performansı ve sürdürülebilirliği de güçlenebilir. Aynı zamanda DSO'ların yatırım stratejileri daha yenilikçi, maliyet etkin ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir yapıya kavuşabilir.

Enerji dönüşümüyle birlikte dağıtım şebekeleri giderek küçük ölçekli bir iletim sistemine benzer özellikler kazanmaya başlıyor. Gerilim yönetimi de tek merkezden yürütülen bir süreç olmaktan çıkarak, şebekenin farklı noktalarındaki dağıtık kaynakların koordineli katkısıyla gerçekleştirilen daha dinamik bir yapıya dönüşüyor.

Dağıtım şebekelerinin dönüşümünü hızlandıracak uygulama ve yatırımlar

Dijitalleşmenin artırılması ve akıllı şebeke kurulumlarını destekleyici akıllı sayaçların kurulumu ve yaygınlaştırılması,
Şebekenin izlenebilirliği, kontrol edilebilirliği ve arıza yönetimi kapasitesi artırılarak, daha esnek ve dayanıklı bir dağıtım altyapısı oluşturulmasında, SCADA, DMS (Dağıtım Yönetim Sistemleri), OMS (Kesinti Yönetim Sistemleri), akıllı sensörler ve entegre ölçüm sistemleri gibi dijital teknolojilerin dağıtım sistemlerinde yaygınlaştırılması,
Dağıtım şebekesinin modernizasyonunu desteklemek, şebeke esnekliğini artırmak, gündelik işletme kısıtlarını azaltmak ve dinamik gerilim desteği sağlamak amacıyla, güç elektroniği tabanlı STATCOM (Statik Senkron Kompansatör), SVC (Statik VAR Kompansatörü) gibi gelişmiş gerilim kontrol sistemlerinin yanı sıra yük altında kademe değiştiricili (OLTC) dağıtım trafoları ve dinamik hat kapasitesi (DLR) izleme sistemleri gibi akıllı şebeke bileşenlerinin kurulumu,
Ani üretim artış ya da azalışlarının (üretim ve tüketim dengesizlikleri) etkin şekilde yönetilebilmesi ve şebeke esnekliğinin artırılabilmesi için, yenilikçi tahmin ve öngörü araçlarının kullanımı,
Şebekenin dijitalleşmesine paralel olarak siber saldırılara karşı önlemlerin (yeni yazılımlar vb) alınması,
Yapay zeka, blokzincir (blockchain) ve nesnelerin interneti (IoT) gibi yenilikçi teknolojilerin etkinleştirilmesi sağlanarak, talep tarafı katılımı kapsamında üreten tüketicilerin (prosumer) ve toplayıcıların şebeke esnekliğine katkılarının artırılması,
Şebeke esnekliğini artırıcı enerji depolama teknolojilerinin (örneğin bataryalar) kurulumu.

Bölgesel planlama önem kazanıyor

Dağıtım sistemlerinin etkin şekilde dönüştürülebilmesi için DSO'ların gelecekte oluşacak yatırım ihtiyaçlarını önceden öngörebilmesi gerekiyor. Bunun sağlanabilmesi ise yenilenebilir ve dağıtık enerji kaynaklarının bölgesel gelişim hedeflerinin önceden belirlenmesine bağlı.

Bölgesel hedeflerin netleşmesi sayesinde DSO'lar;

- ileri veri analitiğiyle daha doğru talep tahminleri yapabilir,
- öncelikli yatırım alanlarını belirleyebilir,
- altyapı yatırımlarını daha etkin planlayabilir.

Bu yaklaşım, yatırım maliyetlerinin optimize edilmesine ve şebeke gelişiminin daha planlı ilerlemesine katkı sağlayacaktır.

İletim ve dağıtım sistemlerinde koordinasyon artırılmalı

Enerji dönüşümüyle birlikte iletim ve dağıtım sistemleri arasındaki etkileşim giderek artıyor. Bu nedenle sistem dönüşümünün istikrarlı, güvenilir ve maliyet etkin şekilde yönetilebilmesi için iletim ve dağıtım sistemi operatörleri arasında daha güçlü ve sürekli bir koordinasyon gerekiyor.

Bunun yanında değişen enerji sistemine uyum sağlanabilmesi için kurumların görev, yetki ve sorumluluklarının yeni ihtiyaçlara göre güncellenmesi de önem taşıyor.

COP31 sürecinde dağıtım şebekelerinin artan önemi

Elektrifikasyon ve yenilenebilir enerji hedeflerinin hız kazanmasıyla birlikte elektrik şebekeleri, enerji dönüşümünün en kritik bileşenlerinden biri haline geliyor. Bu nedenle son üç COP toplantısında şebekelerin geliştirilmesi, küresel enerji gündeminde giderek daha görünür bir yer edinmeye başladı.

COP28'de kabul edilen yenilenebilir enerji kapasitesinin üç katına çıkarılması hedefi, değişken üretimli kaynakların sisteme güvenli biçimde entegre edilmesini zorunlu kılıyor. Bu nedenle şebekelerin genişletilmesi ve modernizasyonu, enerji dönüşümünün ayrılmaz bir parçası olarak kabul ediliyor.

COP29 ise bu yaklaşımı somut bir hedefle destekledi. İlk kez küresel ölçekte elektrik şebekelerine yönelik bir hedef belirlenerek, 2030 yılına kadar 25 milyon kilometre elektrik şebekesinin yenilenmesi veya yeni hatların eklenmesi kararlaştırıldı. Aynı zamanda Green Energy Zones and Corridors Pledge kapsamında bölgesel enterkonneksiyonların güçlendirilmesi, sınır ötesi iletim hatlarının geliştirilmesi ve büyük ölçekli yeşil enerji koridorlarının oluşturulması hedeflendi.

COP31 sürecinde ise ev sahibi ülke ve COP31 Başkanı olan Türkiye, nihai enerji tüketiminde elektriğin payını 2035 yılına kadar yaklaşık %20'den %35'e çıkarmayı hedefleyen küresel bir iş birliği çağrısı yaptı. Bu hedef doğrultusunda, önümüzdeki dönemde özellikle enerji yoğun ulaşım, sanayi ve binalar sektörlerinde elektirifikasyonun artması bekleniyor. Bunun doğal sonucu olarak elektrik dağıtım sistemleri üzerindeki yükün de önemli ölçüde artacağı öngörülüyor.

Küresel gündem şebekelere odaklanıyor

Öne çıkan kararlar	
COP28	2030 yılına kadar küresel yenilenebilir enerji kapasitesinin üç katına çıkarılması
COP29	2030 yılına kadar 25 milyon km elektrik şebekesinin yenilenmesi veya yeni hatların eklenmesi
COP31	Elektriğin nihai enerji tüketimindeki payının 2035 yılına kadar %35'e çıkarılması

Bu kapsamda öncelik, bugüne kadar ortaya konulan bu hedeflerin uygulanmasını hızlandıracak finansman mekanizmalarının güçlendirilmesi, yatırımların artırılması ve sistem entegrasyonunun desteklenmesi olacak.

Türkiye için öncelikler

Enerji dönüşümünün hızlanmasıyla birlikte Türkiye'de de dağıtım sistemi operatörlerinin daha pasif bir işletme anlayışından aktif sistem işletmeciliğine geçmeleri gerekiyor. Dağıtım seviyesine bağlanan dağıtık üretim kaynaklarının artması, değişen yük eğrileri ve çift yönlü elektrik akışları, dağıtım sistemlerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve daha etkin yönetilmesini zorunlu hale getiriyor.

Bu dönüşümü hızlandırmak amacıyla kısa vadede aşağıdaki adımlar öncelik taşıyor.

Akıllı sayaç entegrasyonunun hızlandırılması,
Dijital şebeke uygulamalarının yaygınlaştırılması,
Otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi,
İletim ve dağıtım sistemi operatörleri arasındaki koordinasyonun güçlendirilmesi,
Esneklik odaklı tarife ve piyasa yapılarının geliştirilmesi,
Siber güvenlik altyapısının güçlendirilmesi.

COP31 kapsamında öne çıkan elektrifikasyon hedefleri ile önceki COP kararlarında belirlenen yenilenebilir enerji ve şebeke hedefleri birlikte değerlendirildiğinde, dağıtım şebekelerinin modernizasyonunun enerji dönüşümünün temel önceliklerinden biri olduğu görülüyor.

Önümüzdeki dönemde dağıtım sistemlerinin daha dijital, daha esnek ve daha akıllı hale getirilmesi, hem Türkiye'nin enerji dönüşümünün hızlanmasına, hem de küresel iklim hedeflerinin gerçekleştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır.