

İBERİA YARIMADASINDAKİ ELEKTRİK KESİNTİSİYLE İLGİLİ GÜNCELLEME

Hazırlayan: Yüksel Atakan, Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com, 09.05.2025 (7. Yazı).

1. NREL: National laboratory, U.S. Department of Energy Report Yönetici Özeti (Executive Summary)

Enerji sistemlerinde atalet (inertia), büyük döner jeneratörler ve bazı endüstriyel motorlarda depolanan enerjiyi ifade eder. Bu enerji, cihazların dönmeye devam etme eğiliminden kaynaklanır. Atalet, büyük bir enerji santrali arızalandığında geçici olarak devreye girerek kaybolan gücü telafi edebilir. Bu geçici tepki—genellikle birkaç saniye sürer—çoğu enerji santralini kontrol eden mekanik sistemlerin arızayı tespit edip müdahale etmesine zaman tanır.

Tarihsel olarak ABD elektrik şebekesinde, fosil yakıtlı, nükleer ve hidroelektrik santrallerden kaynaklanan atalet bol miktarda mevcuttu ve bu nedenle sistemin planlama ve işletmesinde genellikle dikkate alınmazdı. Ancak şebeke, atalet sağlamayan inverter tabanlı kaynaklar (örneğin rüzgar, güneş panelleri ve batarya depolama) ile evrim geçirdikçe, ataletin gerekliliği ve gelecekteki şebekedeki rolü konusunda soru işaretleri ortaya çıkmıştır.

Bu rapor, politika yapımcıları ve diğer ilgili paydaşları bilgilendirmeyi amaçlamakta olup, ataletin güvenilir bir enerji sistemi sürdürmedeki rolünü, rüzgar ve güneş enerjisinin artışıyla neden azalabileceğini ve sistem güvenilirliğinin gelişen şebekede nasıl sürdürülebileceğini özetlemektedir. Raporla birlikte verilen bir video (<https://youtu.be/b9JN7kl1tso>) da temel kavramları açıklamaktadır.

Raporun temel bulguları şunlardır:

1. **Şebeke frekansı**, elektrik arzı ile talep arasındaki dengeyi yansıtır ve büyük bir enerji santrali ya da iletim hattı arızalandığında düşebilir. **Atalet**, bu frekans düşüşüne direnerek şebekenin arz-talep dengesini yeniden sağlaması için zaman kazandırır.
2. **Atalet, enerji sisteminin güvenilirliğini sürdüren birçok şebeke hizmetinden sadece biridir.** Ataletin rolünü anlamak için, özellikle yavaş tepki veren mekanik sistemlerden sağlanan **birincil frekans tepkisi** ile etkileşimini de anlamak gerekir.
3. Ataletin bir enerji sistemi için önemi; şebekenin büyüklüğüne ve jeneratörlerin dengesizliklere ne kadar hızlı tepki verebildiğine bağlıdır. Yavaş tepki veren jeneratörlere sahip bir şebeke, hızlı tepki verebilen bir şebekeye göre daha fazla atalet gerektirir.
4. **Rüzgar, güneş ve depolama gibi inverter tabanlı kaynaklar, frekans sapmalarını hızla algılayıp sisteme tepki verebilir. Bu hızlı frekans tepkisi, geleneksel jeneratörlerin mekanik tepkisine kıyasla çok daha hızlı olabilir ve böylece gerekli atalet miktarını azaltabilir.**
5. Geleneksel jeneratörlerin inverter tabanlı kaynaklarla (rüzgar, güneş, belirli batarya türleri) değiştirilmesi iki zıt etki yaratır: Atalet azalır; ancak bu yeni kaynaklar, daha az ataletle çalışabilecek sistemler yaratabilir. Bu, frekans tepkisinin sağlanma biçiminde paradigmatik bir değişimi temsil eder.
6. **ABD'de Texas şebekesi (ERCOT)**, üç ana şebekeden en küçüğüdür. Küçük boyutu ve yüksek rüzgar enerjisi penetrasyonu, azalan ataletin telafisi için düşük maliyetli çözümler geliştirilmesini gerektirmiştir. Bu çözümler arasında, kritik olmayan yüklerin frekans değişikliklerine tepki vermesine izin verilmesi de vardır. ERCOT, bu

sayede 2019’da anlık rüzgar penetrasyonunda %58’lik rekor seviyelere ulaşmış ve güvenilirliği koruyabilmiştir.

7. **Batı ve Doğu Şebekeleri**, ERCOT’tan çok daha büyüktür. Bu büyük sistemlerde, gelecek on yılda atalet azalmasına bağlı olarak frekansın korunmasına dair ciddi bir sorun öngörülmemektedir. ERCOT’ta uygulanan çözümler, bu bölgelerde de güvenilirliği koruyarak daha fazla rüzgar ve güneş enerjisi entegrasyonunu mümkün kılabilir.
8. Süregelen araştırmalar, çok düşük veya sıfır ataletli sistemlerde dahi frekansın korunabileceğini göstermektedir. **Şebeke oluşturan inverterler (grid-forming inverters)** gibi teknolojiler, inverter tabanlı kaynakların daha aktif rol almasına olanak tanır ve tamamen inverter tabanlı bir şebeke için anahtar olabilir.

Sonuç olarak, inverter tabanlı kaynaklardaki artış şebeke ataleti miktarını azaltacaktır, ancak sistem güvenilirliğini koruma veya geliştirme açısından birçok çözüm mevcuttur. Bu nedenle, ABD’nin büyük bölümünde rüzgar, güneş ve batarya kapasitesinin bugünkü seviyelerin çok ötesine çıkarılması teknik veya ekonomik olarak büyük bir engel teşkil etmemektedir.

Sonuçlar ve Araştırma Gereksinimi

Tarihsel olarak, şebeke kapasitesinin neredeyse tamamı senkron jeneratörler tarafından sağlanmıştır. Bu döner jeneratörler, kinetik enerji (atıl enerji) depolar ve bu enerji, sistem frekansındaki ani düşüşlere (kontenjanlar ve dengesizliklerden kaynaklanan) karşı şebekenin tepki vermesi için gerekli zamanı sağlar. Bu zaman aralığı önemlidir çünkü bu tür tepkiler geleneksel olarak frekanstaki değişikliklere saniyeler içinde yanıt veren bir dizi mekanik cihazla sağlanmıştır.

Rüzgar, güneş ve belirli türde enerji depolama sistemleri dahil olmak üzere invertör tabanlı kaynakların geleneksel jeneratörlerin yerine geçmesi iki zıt etkide bulunur. Birincisi, bu kaynaklar mevcut atalet (inertia) azaltır. Ancak ikincisi, bu kaynaklar geleneksel kaynaklara kıyasla çok daha hızlı yanıt verebildiği için ihtiyaç duyulan atalet miktarını da azaltır — dolayısıyla ilk etkinin etkisini dengeler. Bu iki etki birlikte değerlendirildiğinde, frekans yanıtının sağlanma biçiminde bir paradigma değişimini temsil eder.

Atalet ve mekanik frekans yanıtı kombinasyonu, invertör tabanlı kaynaklardan gelen elektronik frekans yanıtı ve yüklerin hızlı tepkisiyle büyük ölçüde değiştirilebilir ve bu da sistem güvenilirliğini koruyabilir. Bu çözümler göz önünde bulundurulduğunda, azalan atalet, rüzgar ve güneş enerjisinin artan kullanımı önünde doğal bir engel değildir. Bugüne kadarki atalet bağımlılığımız, büyük ölçüde senkron jeneratörlerin miras kullanımından kaynaklanmaktadır.

Bu yeni paradigma altında ulaşılabilecek yenilenebilir enerji penetrasyonu seviyesi henüz detaylı olarak incelenmemiştir, ancak Teksas şebekesi şimdiden enerji talebinin yarısından fazlasını rüzgarla karşılamaktadır. Diğer iki büyük ABD şebekesi ise daha büyük yapıları sayesinde daha yüksek penetrasyon seviyelerine ulaşmada daha az zorlukla karşılaşmalıdır. Halihazırda iyi anlaşılan ve kullanıma sunulmuş teknikler ve teknolojiler, ABD şebekesinde rüzgar ve güneş enerjisinin olumsuz etkiler olmaksızın büyük ölçüde artırılmasına olanak tanıyabilir.

İleri çalışmalar, rüzgar ve güneş enerjisinin çok daha yüksek seviyelerde kullanımı durumunda sistem frekansını korumak için ne zaman yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulabileceği

konusunda daha derinlemesine içgörüler sağlayacaktır. Batı ABD gibi bazı bölgelerde, hızlı yanıt veren invertör tabanlı jeneratörlerin kullanımı ile senkron jeneratör kullanan yenilenebilir kaynakların birleşimi, temel olarak yeni yaklaşımlar gerektirmeksizin son derece yüksek düzeyde yenilenebilir üretimi mümkün kılabilir. Öte yandan, çoğunlukla invertör tabanlı yenilenebilir kaynaklara dayanan daha küçük şebekeler, sistem güvenilirliğini sağlamak adına ataletle olan bağımlılıktan uzaklaşan kaynaklara ihtiyaç duyabilir.

2. YENİ BİLGİLER (Aşağıdaki Kaynaklar, Y.Atakan)

28 Nisan 2025'te İber Yarımadası'nda meydana gelen büyük çaplı elektrik kesintisi, İspanya ve Portekiz genelinde ciddi aksamalara yol açtı. Kesintinin nedeni hâlâ netleşmemiş olsa da, olayın ardından çeşitli raporlar ve açıklamalar yayımlandı. İşte bu raporların özetleri:

Olayın Nedeni ve Araştırmalar

- Kesintinin Nedeni:** İspanya ve Portekiz'de 28 Nisan'da meydana gelen büyük çaplı elektrik kesintisinin nedeni hâlâ belirlenemedi. **İspanyol elektrik operatörü Red Eléctrica, siber saldırı, insan hatası veya olağandışı hava koşullarını dışladı. Kesintinin, elektrik üretimi ve talebi arasındaki ani dengesizlik nedeniyle otomatik koruma sistemlerinin devreye girmesi sonucu gerçekleştiği düşünülüyor. BURADAN OTOMATİK SİSTEMLERİN OLUMSUZ ETKİSİNİ Mİ ANLAYACAĞIZ?**
- Araştırmalar:** İspanya ve Portekiz, kesintinin nedenini belirlemek için ortak bir çalışma grubu kurdu. Bu grup, olayın kökenini tespit etmek, teknik iş birliğini sağlamak ve benzer olayların tekrarını önlemek amacıyla çalışıyor.

Etkiler ve Sonuçlar

- Elektrik Kesintisi:** Kesinti, İspanya ve Portekiz'in yanı sıra Andorra ve güneybatı Fransa'nın bazı bölgelerini etkiledi. İspanya'da elektrik üretimi ve talebi, 12:30'dan sonra **25 GW'tan 10 GW'a düştü**. Kesinti, telekomünikasyon, ulaşım sistemleri ve acil hizmetler gibi temel sektörlerde ciddi aksamalara yol açtı.
- Can Kayıpları:** İspanya'da yedi, Portekiz'de ise bir kişinin kesintiyle ilişkili nedenlerle hayatını kaybettiği bildirildi. Ölümler, jeneratör dumanı zehirlenmesi ve mum kaynaklı yangınlar gibi nedenlerle gerçekleşti.
- Ekonomik Kayıplar:** İspanya İşverenler Konfederasyonu (CEOE), kesintinin ekonomik kaybını **1,6 milyar Avro olarak tahmin etti**.

Yenilenebilir Enerji ve Şebeke İstikrarı

- Yenilenebilir Enerji:** İspanya Başbakanı Pedro Sánchez, kesintiye rağmen yenilenebilir enerjiye olan bağlılığını sürdürdü. Ancak, bazı uzmanlar, yüksek yenilenebilir enerji oranının (yaklaşık %58,95) şebeke istikrarını etkileyebileceğini belirtti.
- Şebeke İyileştirmeleri:** Uzmanlar, şebeke stabilizatörleri, enerji depolama sistemleri ve uluslararası bağlantıların artırılması gibi önlemlerin alınması gerektiğini vurguladı. **İspanya'nın Avrupa şebekesiyle olan bağlantısının sadece %3 olduğu ve bu oranın AB hedefi olan %15'in oldukça altında olduğu belirtildi.**

Alınan Önlemler ve Gelecek Planları

- **Elektrik İthalatı:** Portekiz, kesintinin ardından İspanya'dan sınırlı miktarda elektrik ithalatına yeniden başladı. **İthalat kapasitesi, 8-12 Mayıs tarihleri arasında 1 GigaWatt ile sınırlandırıldı.** Bu, kesinti öncesi ithalatın yaklaşık üçte biri seviyesinde. [Reuters](#)
- **Şebeke İyileştirmeleri:** İspanya, şebeke altyapısını güçlendirmek ve benzer kesintilerin önüne geçmek için yatırımlar yapmayı planlıyor. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu destekleyecek teknolojilerin geliştirilmesi hedefleniyor.

Bu bilgiler, İber Yarımadası'ndaki elektrik kesintisinin nedenleri, etkileri ve alınan önlemler hakkında genel bir bakış sunmaktadır. Kesintinin teknik detayları ve gelecekte benzer olayların önlenmesi için yapılması gerekenler hakkında daha fazla bilgi edinmek için aşağıdaki ilgili kaynaklara başvurulabilir.

KAYNAKLAR

[Reuters](#)

[Portugal allows limited power imports from Spain after blackout](#)

[Today — Portuguese grid operator REN \(RENE.LS\) will allow utilities to resume imports of electricity from Spain, but the transmission capacity will be limited to around one-third of the levels seen before th...](#)

[Fraunhofer IWES](#)

[Assessing the stability of power grids with high levels of renewable energy: project launch TenSyGrid](#)

[ASSESSING THE STABILITY OF POWER GRIDS WITH HIGH LEVELS OF RENEWABLE ENERGY Press release / February 03, 2025 The demand of the power grid in Europe is undergoing profound changes: An increasing num...](#)

[ScienceDirect](#)

[Large-scale penetration of renewables in the Iberian power system: Evolution, challenges and flexibility options - ScienceDirect](#)

[JavaScript is disabled on your browser. Please enable JavaScript to use all the features on this page. Skip to main contentSkip to article * View PDF * Download full issue RENEWABLE AND SUSTAINABLE...](#)

[Enode](#)

[The Iberian blackout: why activating flexibility is now critical infrastructure | Enode](#)

[Skip to content Back to blog Share this Evolving energyMay 7, 2025 THE IBERIAN](#)

[BLACKOUT: WHY ACTIVATING FLEXIBILITY IS NOW CRITICAL](#)

[INFRASTRUCTURE On April 28, 2025, the unthinkable happened. In...](#)

[MDPI](#)

[Renewables and Advanced Storage in Power Systems: The Iberian Case](#)

[4. STUDY CASE: THE IBERIAN SYSTEM IN 2030 ACCORDING TO THE NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLANS \(NECPS\) 4.1. CONSUMPTION AND COST DATA](#)

[Following the request of the European Commission within the Clean...](#)

[MDPI](#)

[Carbon Emissions and Renewables's Share in the Future Iberian Power System](#)
[* A 20% \(2020\) and 32.5% \(2030\) improvement in energy efficiency. The European Union \(EU\) has recently agreed to a new RES share target of 80% by 2050, with electricity providing for half of the fina...](#)

[International Energy Agency](#)

[Spain Electricity Security Policy – Analysis - IEA](#)

[The challenges are twofold - on the infrastructure side it is about ensuring sufficient system adequacy, be it through domestic capacities or interconnections. On the policies and operability side, it...](#)

[Fedarene](#)

[Electricity interconnections in the EU: The challenge of the Iberian peninsula - Fedarene](#)

[News ELECTRICITY INTERCONNECTIONS IN THE EU: THE CHALLENGE OF THE IBERIAN PENINSULA Check out this Editorial by Alfonso Arroyo Gonzalez, FEDARENE Vice-President for Renewable Energy Sources and EREN...](#)

[ifisc.uib-csic.es](#)

[Reducing blackout risk by segmenting the European power grid with HVDC lines |](#)

[Publications](#)

[Reducing blackout risk by segmenting the European power grid with HVDC lines Gomila, D; Carreras, B.A.; Reynolds-Barredo, J.M.; Martínez-Barbeito, M.; Colet, P.; Gomis-Bellmunt, O. Submitted \(2024\)...](#)

[five-e.net](#)

[Challenges of the Electricity Infrastructure in Spain – five-e.net/en](#)

[Red Eléctrica de España \(REE\), as the electricity system operator, has the crucial responsibility to ensure safety at all nodes of the electricity grid. To fulfil this duty, REE sometimes takes the de...](#)

[Earth Observatory](#)

[Blackout in Andalusia](#)

[BLACKOUT IN ANDALUSIA April 28, 2025JPEG April 29, 2025JPEG April 28, 2025 April 29, 2025 April 28, 2025JPEG April 29, 2025JPEG View Image Comparison View Both Images A widespread power outage...](#)

[IET Research Journals](#)

[Expanding interconnection capacity to integrate intermittent generation in the Iberian Peninsula - Fernandes - 2013 - IET Renewable Power Generation - Wiley Online Library](#)
[2 IBERIAN POWER SYSTEM AND STUDY SCENARIOS 2.1 CHARACTERISATION OF THE IBERIAN POWER SYSTEM The Iberian Peninsula is characterised by a quite flexible generation mix \[7\]. In 2010, the Iberian system...](#)

[Home](#)

[Outage Planning Coordination \(OPC\) and Short-Term Adequacy \(STA\)](#)

[OPCSTA IT TOOL ACHIEVEMENTS AND MILESTONES Outage Planning Coordination \(OPC\) and Short-Term](#)

