

İBERİA YARIMADASINDAKİ 28.04.2025 GÜNÜ ELEKTRİK KESİLMESİNDE NEWTON FİZİĞİNDEKİ 'ATALET'in ÖNEMİ!

Hazırlayan: Yüksel Atakan, Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com, 04.05.2025 (5. yazı. Bu yazı aşağıdaki /1/ Kaynaklar'dan hazırlanmıştır).

Atalet (Inertia) Nedir ve Neden Önemlidir?

Elektrik şebekelerinde **Atalet (İnertia)**, frekanstaki ani değişimlere karşı gösterilen dirençtir. Bu direnç, **gaz, kömür ve nükleer gibi senkron türbinlerin, jeneratörlerin dönen kütleleri** sayesinde oluşur. Bu ağır türbinler dönerken büyük miktarda kinetik enerji depolar ve şebekede bir bozulma (örneğin bir santralin aniden devreden çıkması) olduğunda bu enerjiyle frekanstaki ani düşüşleri yavaşlatır. Böylece operatörlere müdahale edebilmek için **hayati birkaç saniye kazandırır**.

Bir anlamda, bu sistem bir **volan** (dönen tekerlek) gibi çalışır: Ne kadar büyükse ve hızlı dönüyorsa, dış etkiler onu o kadar zor bozar. İşte bu direnç, yani atalet, şebekenin "sessiz koruyucusu"dur.

Yenilenebilir Enerji Neden Atalet Sağlamaz?

Güneş panelleri ve rüzgar türbinlerinin çoğu, şebekeye doğrudan değil, **invertör** adı verilen elektronik cihazlar aracılığıyla bağlanır. Bu sistemler, **asenkron jeneratörler** olarak adlandırılır ve:

- Şebeke frekansında doğal olarak dönmezler.
- Frekansta küçük bir sapma olursa bile **aniden kapanırlar** (kendi korumaları için).
- Şebekeye **herhangi bir döner kütle enerjisi (atalet)** sağlamazlar.

Bu da demektir ki, yenilenebilir enerji ağırlıklı sistemlerde, bir arıza olduğunda bu bozulma **çok daha hızlı yayılır** ve müdahale süresi kalmaz.

Düşük Ataletin Sonuçları

1. **Daha Hızlı Frekans Düşüşleri** – Atalet olmadığında, frekans **saniyenin küçük bir kesitinde düşer**. Müdahale etmek için yeterli zaman kalmaz.
2. **Daha Geniş Kapsamlı Elektrik Kesintileri** – Yerel bir sorun, hızla yayılır ve **bölgesel kesintilere** yol açabilir.
3. **Reaksiyon Süresi Azalır** – Eskiden operatörlerin müdahale edebilmesi için **1-2 saniyelik bir pencere** olurdu. Şimdi bu süre yok.
4. **Daha Karmaşık Şebeke Yönetimi** – Kararlılığı korumak için **hızlı tepki veren bataryalar, yapay atalet ve ileri düzey yazılımlar** gerekir. Bunlar hâlâ sınırlı ölçekte kullanılıyor.

Ne Yapılabilir?

Şebeke mühendisliğinde çözüm yolları şunlardır:

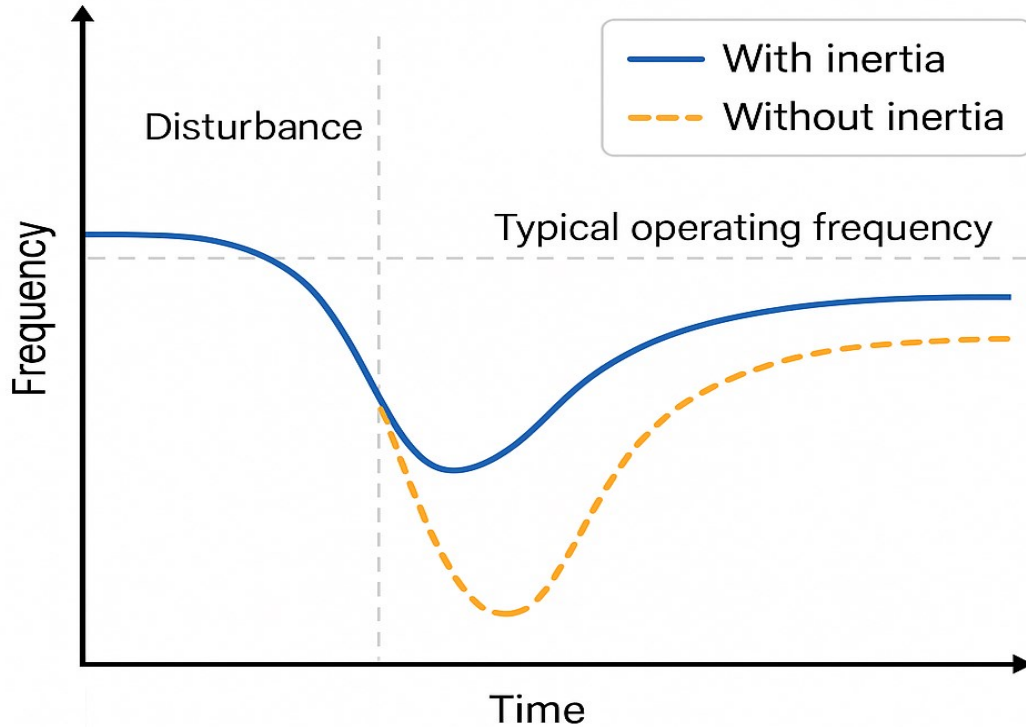
- **Senkron Kondansatörler:** Elektrik üretmeyen, sadece dönen kütle sağlayan makineler.
- **Yapay Atalet (Synthetic Inertia):** İnvertörlerin ve bataryaların birlikte çalışarak atalet etkisini taklit etmesi.
- **Şebeke Oluşturan İnvertörler (Grid-forming Inverters):** Voltaj ve frekansı kontrol etmeyi öğrenmiş akıllı invertörler.
- **Hızlı Tepkili Batarya Sistemleri:** Milisaniyeler içinde devreye girerek frekans düşüşünü önleyen sistemler.
- **Politikalar ve Standartlar:** Yeni santrallerin atalet desteği sunması zorunlu hale getirilmeli. Şebeke piyasalarında atalet teşvik edilmeli.

Neden Önemli?

Mesaj şu: **Enerji dönüşümü sadece çevreci değil, mühendislik açısından da sağlam olmalı.**

Yenilenebilir enerji, iklim değişikliğiyle mücadelede şart. Ama bu sistemler **şebeke kararlılığı** gözetilerek entegre edilmezse, **İberya'daki gibi sistem genelinde ani çökmeler** yaşanabilir. Bu çöküşlerin nedeni "elektrik üretiminin yetersizliği" değil, **zamanın olmamasıdır**.

Effect of Inertia on Frequency Stability



Şekildeki "**with inertia**" (ataletli) ve "**without inertia**" (ataletsiz) sistemler arasındaki frekans tepkisi genellikle çok daha **farklı** şekillerde görünür. Grafik üzerinde bu farkın

yeterince belirgin olmaması, ya grafik ölçeğinin dar olmasından ya da örnek eğrilerin basitleştirilmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Gerçekte Ne Olur?

Ataletsiz bir sistemde (without inertia):

- Şebeke frekansı bir arıza durumunda **çok hızlı ve dik bir şekilde düşer** (milisaniyeler – 1-2 saniye).
- Operatörlerin veya otomatik sistemlerin müdahale edecek **zamanı neredeyse yoktur**.
- Bu ani düşüş sistemin geri kalanında zincirleme kesintilere yol açabilir → **blackout**.

Ataletli bir sistemde (with inertia):

- Dönmekte olan türbinlerin depoladığı kinetik enerji frekans düşüşünü **yavaşlatır**.
- Şebekeye tepki verecek zaman tanır (genellikle **4–10 saniyelik bir pencere**).
- Otomatik sistemler devreye girerek dengeyi yeniden sağlar, blackout riski azalır.

Grafiksel Olarak Nasıl Görünür?

Gerçekçi bir grafik şu şekildedir:

- **Ataletli sistem** eğrisi: Frekans düşüşü daha **yavaş** ve daha **az derin** (yani toparlama şansı daha yüksek).
- **Ataletsiz sistem** eğrisi: Frekans **ani ve derin** bir şekilde düşer, belki de **kritik eşiklerin altına inerek** koruma sistemlerinin kapanmasına yol açar.

“**Atalet olmadan**” ifadesi, bir elektrik şebekesinde **dönen kütlelerin** (örneğin geleneksel santrallerdeki türbinlerin) bulunmadığı anlamına gelir. Bu kütleler, şebeke frekansındaki ani değişimlere karşı direnç sağlar.

Atalet yoksa:

- Şebekede bir arıza olduğunda (örneğin bir santral aniden devre dışı kaldığında), **frekans çok hızlı düşer**.
- Bu düşüşü yavaşlatacak **depolanmış kinetik enerji** (yani dönen ağırlıklar) mevcut değildir.
- **Güneş panelleri ve rüzgar türbinleri** gibi yenilenebilir enerji kaynakları, çoğunlukla inverterlerle bağlandıkları için **doğal atalet sağlamazlar**.
- Sonuç olarak, operatörlerin müdahale etmesi için **hiç zaman kalmaz** ve bu da **geniş çaplı kesinti (blackout)** riskini artırır.

Not: Aşağıda, National Grid ESO'nun "What is inertia?" başlıklı sayfasında yer alan atalet (inertia) kavramıyla ilgili temel bilgilerin özeti:

Atalet Nedir?

- Atalet, elektrik şebekesinin, frekansındaki ani değişimlere karşı gösterdiği dirençtir. Bu direnç, geleneksel kömür ve gaz santrallerindeki büyük döner jeneratörlerin kinetik

enerjisi sayesinde oluşur. Bu jeneratörlerin dönen parçalarında depolanan enerji, sistem frekansında ani bir değişiklik olduğunda, jeneratörün gücü kesilse bile dönmeye devam eder ve frekanstaki değişimi yavaşlatır. Bu süreç, kontrol odasının dengeyi yeniden sağlaması için zaman kazandırır. [National Energy System Operator \(NESO\)](#)

- Atalet, aracınızın süspansiyon sistemindeki amortisörlere benzetilebilir; yoldaki ani bir tümseğin etkisini sönümleyerek aracın stabil ve ilerlemeye devam etmesini sağlar.

• Atalet Nasıl Üretilir?

- Atalet, genellikle kömür ve gazla çalışan jeneratörlerin yan ürünü olarak ortaya çıkar. Ancak, sıfır karbonlu bir şebeke oluşturma planları kapsamında, ataletin alternatif yollarla üretilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları, şebekeyle senkronize olmadıkları için doğal olarak atalet sağlamazlar. Bu nedenle, eski kömür ve gaz santralleri sistemden çıktıkça, şebeke kararlılığını sağlamak için yeni yöntemler bulunması gerekmektedir. [National Energy System Operator \(NESO\)](#)

• Atalet İçin Yeni Bir Yaklaşım

- National Grid ESO, atalet sağlamanın yeni yollarını araştırmaktadır. Bu yeni yaklaşımda, yeni varlıklar veya modifiye edilmiş mevcut altyapılar, türbinlerini çalıştırmak için şebekeden enerji çekecek ve elektrik üretiminin yan ürünü olarak değil, doğrudan atalet oluşturacaklardır. Bu sayede, aynı jeneratörler sistemi için atalet sağlamaya devam edebilirken, fosil yakıtların yakılmasına olan ihtiyaç önemli ölçüde azalacaktır. [National Energy System Operator \(NESO\)](#)

.....

/1/ Bu yazının kaynakları:

Atalet ve Şebeke Kararlılığı Üzerine Referanslar

1. **National Grid ESO (UK) – Inertia Explained**
 - Web: <https://www.nationalgrideso.com>
 - Açıklama: Birleşik Krallık'ın elektrik şebekesini yöneten kurumun resmi açıklamaları. Ataletin nasıl çalıştığını, şebeke frekansını nasıl etkilediğini ve neden önemli olduğunu teknik belgelerle anlatır.
2. **IEEE Power & Energy Magazine – “The Role of Inertia in Modern Power Systems”**
 - Yazarlar: M. Amin, J. Undrill, vb.
 - Açıklama: IEEE dergilerinde yayımlanan bu makale, ataletin teknik detaylarını, inverter-tabanlı yenilenebilir enerjilerin etkisini ve yapay atalet çözümlerini kapsamlı şekilde inceler.
3. **International Energy Agency (IEA) – “Status of Power System Transformation 2023”**
 - Web: <https://www.iea.org>
 - Açıklama: Yenilenebilir enerji entegrasyonunun şebeke kararlılığı üzerindeki etkilerini anlatan küresel bir analiz. Düşük ataletli sistemlerin risklerine ve çözüm yollarına odaklanır.
4. **European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) – Frequency Stability Evaluation Criteria**

- Web: <https://www.entsoe.eu>
 - Açıklama: Avrupa'nın elektrik şebekelerini yöneten kurumun teknik kılavuzları. İberya yarımadasındaki olaylar ve düşük ataletin sistem davranışları üzerindeki etkileri örneklenmiştir.
5. **NREL (National Renewable Energy Laboratory – USA) – “Grid-forming Inverters”**
- Web: <https://www.nrel.gov>
 - Açıklama: ABD Enerji Bakanlığı'na bağlı NREL, yapay atalet ve şebeke oluşturan inverter teknolojilerinin frekans ve voltaj kararlılığı üzerindeki etkilerini araştırmaktadır.