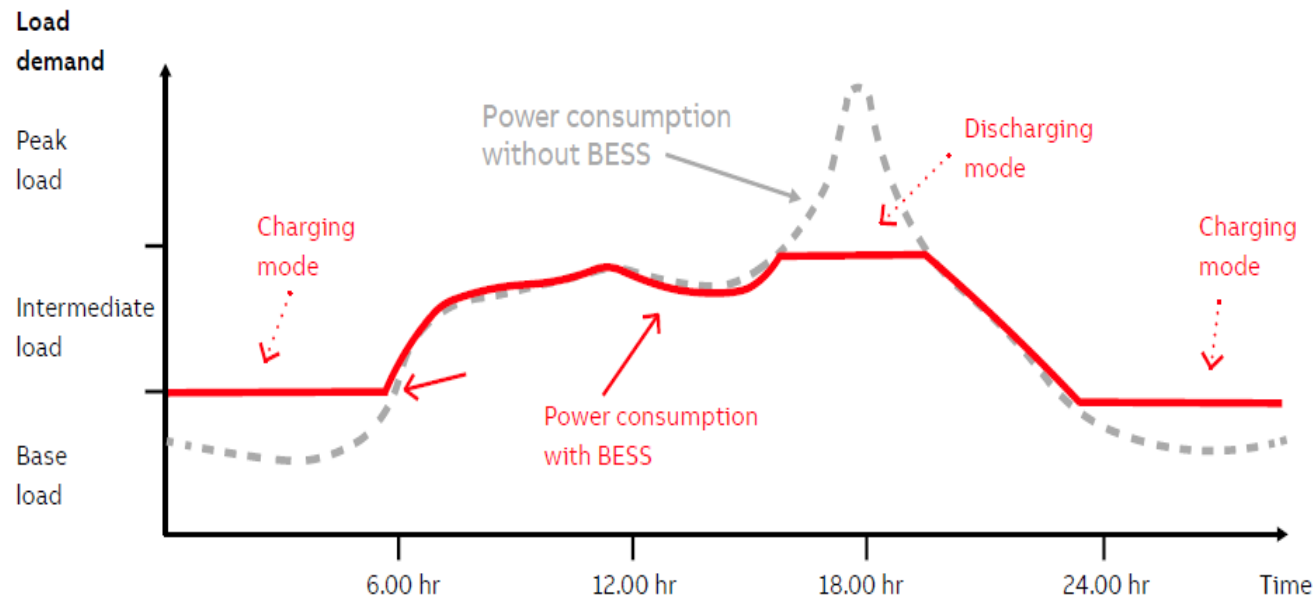




# **Enerji Depolama Sistemi Eđitimi**

## Peak Shaving

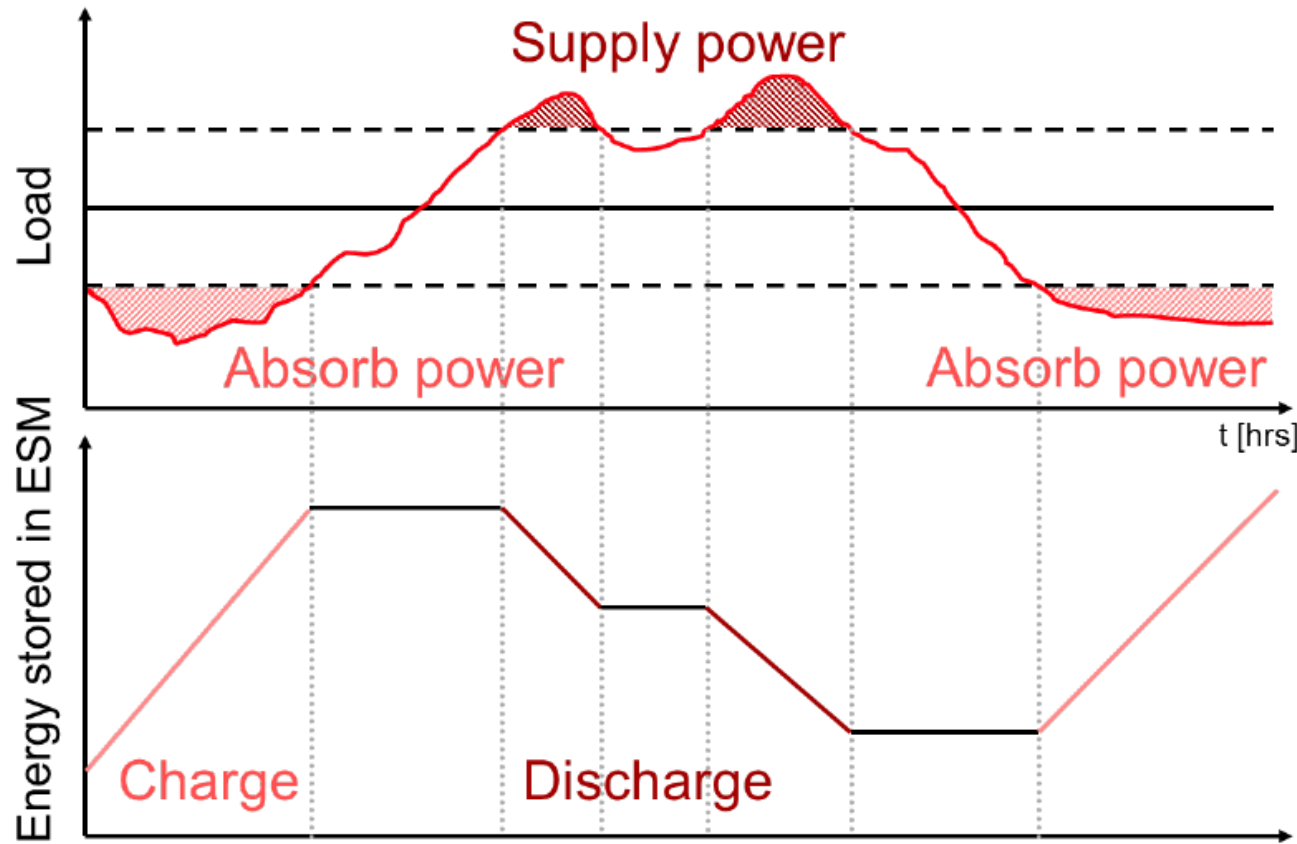


**Peak shaving**, bazen **yük atma (load shedding)** olarak adlandırılır, elektrik talebindeki zirve noktalarını azaltarak talep ücretlerini düşürmeyi içerir. Bu teknik, enerji kullanımındaki ani artışları önlemeye yardımcı olmak amacıyla şebekeden enerji çekimini geçici olarak azaltmayı hedefleyen ticari ve endüstriyel elektrik tüketicileri tarafından sıkça kullanılır. **Peak shaving, batarya enerji depolama sistemi (BESS)** kullanılarak gerçekleştirilebilir.

### Faydalar

- Müşteriler, zirve talep ücretlerini azaltarak elektrik faturalarında tasarruf edebilirler.
- Şebeke sağlayıcıları, zirve talebi karşılamanın operasyonel maliyetlerini azaltabilirler.

## Load Levelling

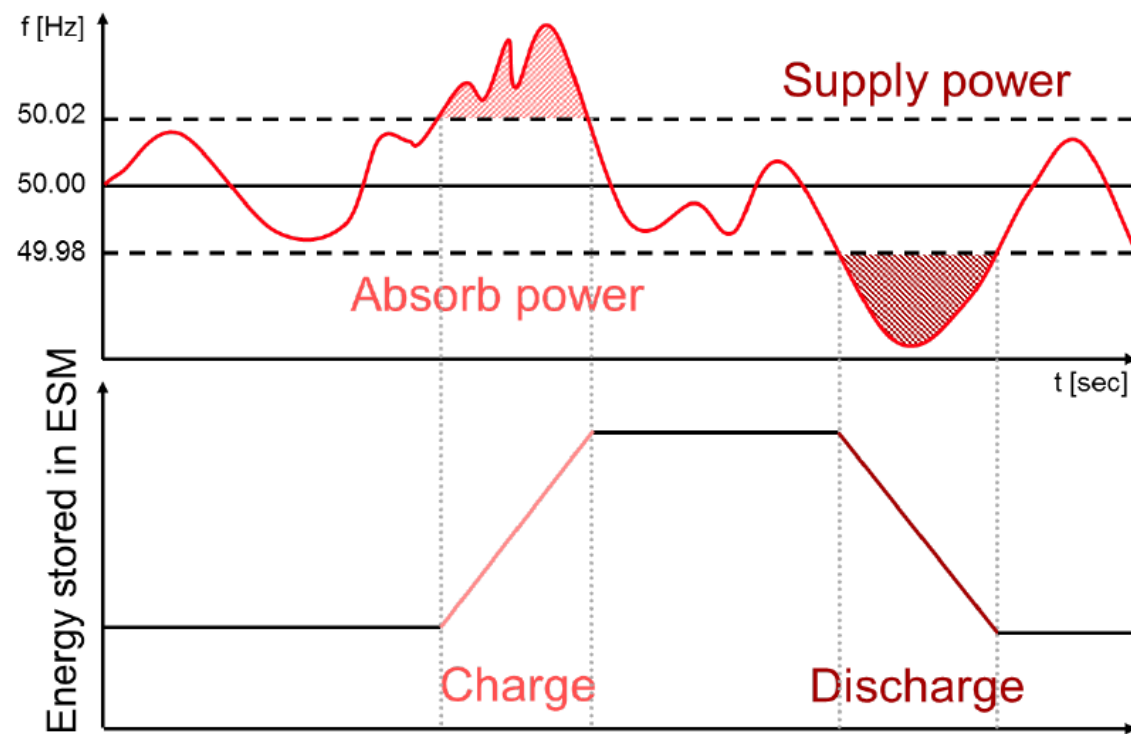


Yük dengeleme (load leveling), sistem üzerindeki düşük yükleme dönemlerinde enerjinin depolanmasını ve yüksek talep dönemlerinde bu enerjinin geri verilmesini içerir. Bu yüksek zirve talep dönemlerinde, enerji depolama sistemi şebekeye güç sağlar, böylece dağıtım şebekesindeki yük ve daha az ekonomik olan zirve üretim tesislerindeki talep azaltılır. Bu süreç, üretim yükünün yüksek zirve talep döneminden düşük talep dönemlerine kaydırılmasını sağlar.

### FAYDALARI

- Şebekeye ve üretim kapasitesine yapılacak yatırımların ertelenmesi
- İletim ve dağıtım (T&D) sıkışıklığının azaltılması
- Yenilenebilir enerji zaman kaydırma (time shifting)

## Frequency regulation

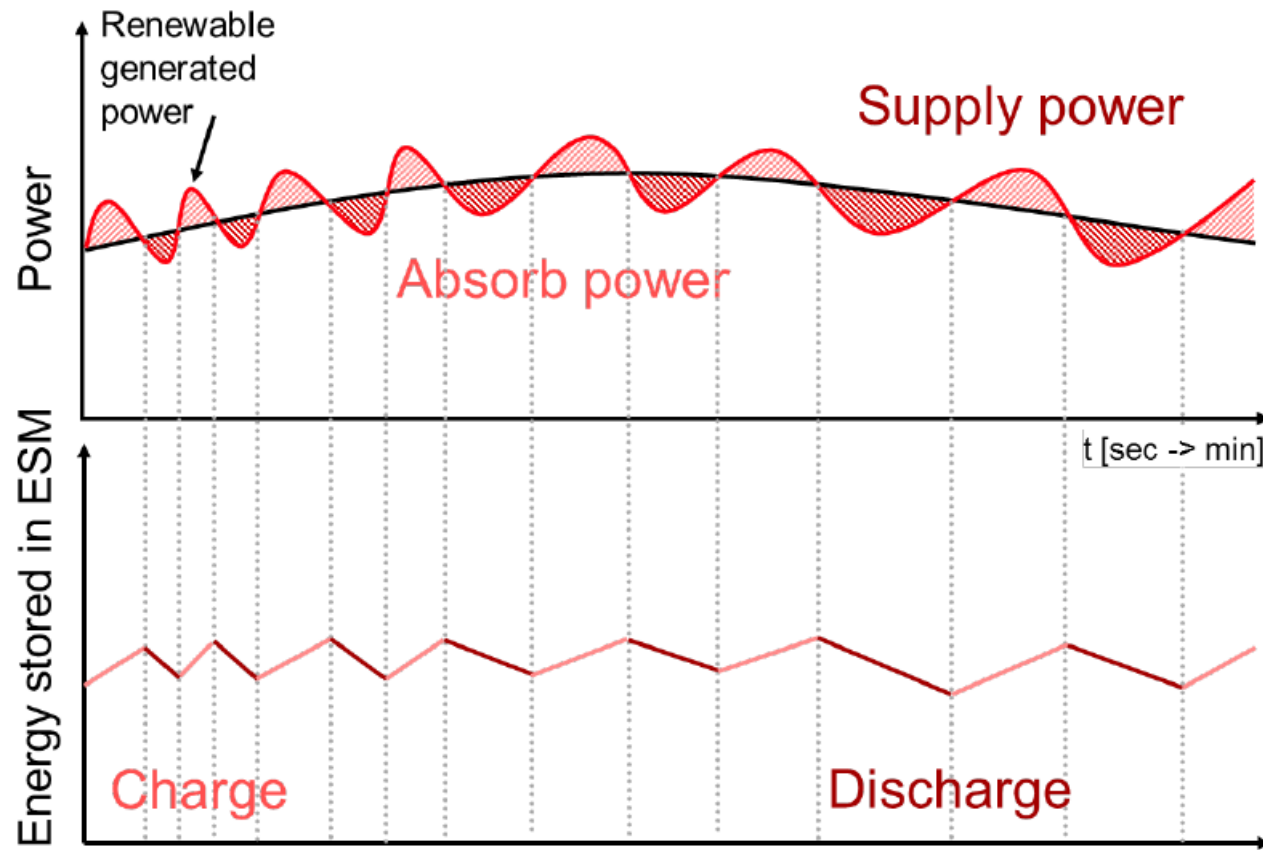


Enerji depolama sistemi, şebeke frekansındaki bir artışa veya azalışa yanıt olarak sırasıyla şarj edilir veya deşarj edilir. Bu frekans düzenleme yaklaşımı (**hızlı frekans tepkisi**) özellikle hızlı tepki süresi ve emisyonsuz çalışması nedeniyle cazip bir seçenektir.

### FAYDALARI

- Şebekenin güvenilir çalışmasını artırır.
- İşletilmesi ve bakımı pahalı olan ek üretim tesislerine olan ihtiyacı azaltır.

## Capacity firming

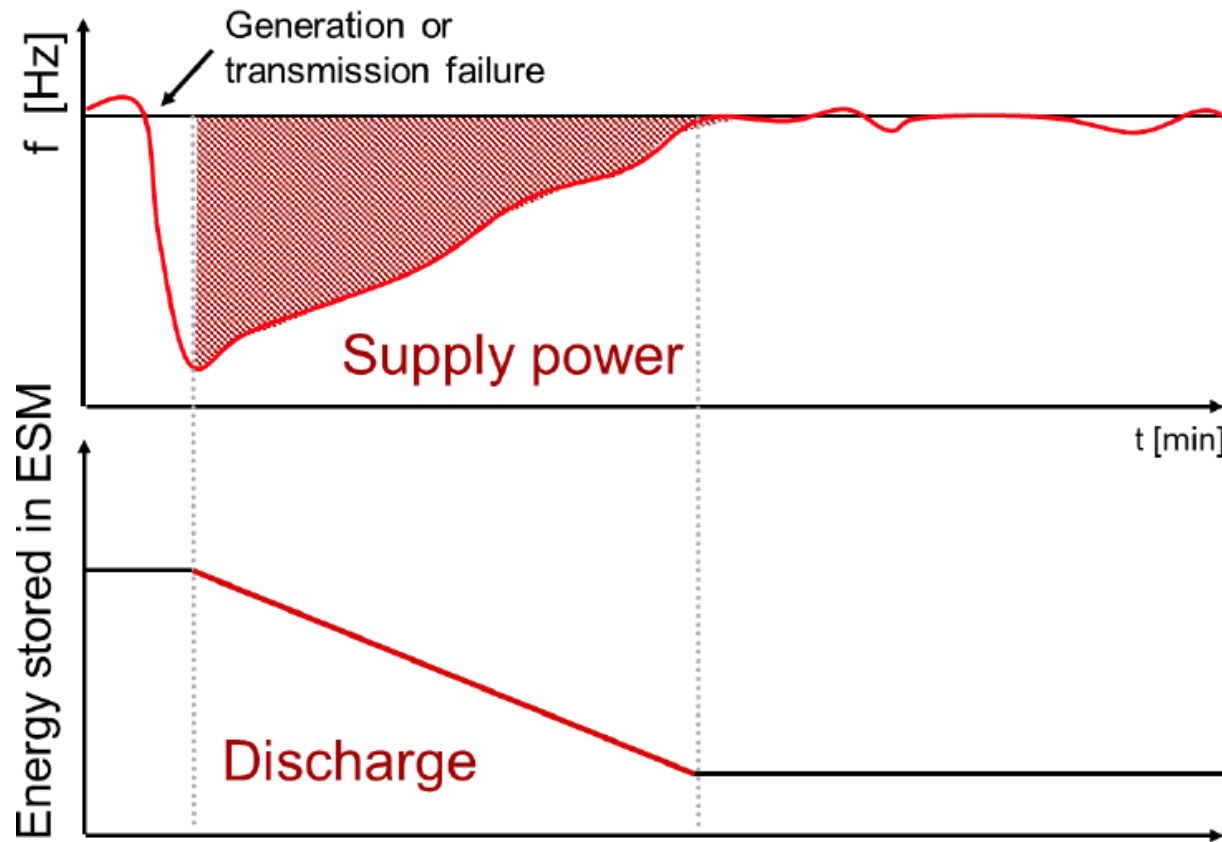


Rüzgar veya güneş gibi yenilenebilir enerji santralinden gelen değişken ve kesintili güç çıktısı, belirli bir süre boyunca taahhüt edilen bir seviyede tutulabilir. Enerji Depolama Sistemi, güç çıkışını dengeler ve şebeke üzerinde ani voltaj ve güç dalgalanmalarını ortadan kaldırmak için rampa hızını (MW/dak veya kW/dak) kontrol eder.

### FAYDALARI

- Şebekenin güvenilirliğini artırır.
- Yenilenebilir enerji santralinin verimliliğini iyileştirir.
- Şebeke kodu uyumluluğunu sağlar.

## Spinning reserve



**Enerji Depolama Sistemi**, milisaniyeler içinde yanıt vererek, yedek jeneratör devreye girip çevrimiçi olana kadar şebeke sürekliliğini sağlamak için güç sağlar. Bu, jeneratörlerin en verimli güç çıkışında çalışmasını sağlar, dönen yedekler için boşa kapasite bulundurma ihtiyacını ortadan kaldırır. Böylece, yedek jeneratörlerin boşa çalışmasına gerek kalmaz. Etkili bir dönen yedek sağlamak için enerji depolama sistemi, güç kesintisine yanıt vermeye hazır bir şarj seviyesinde tutulur.

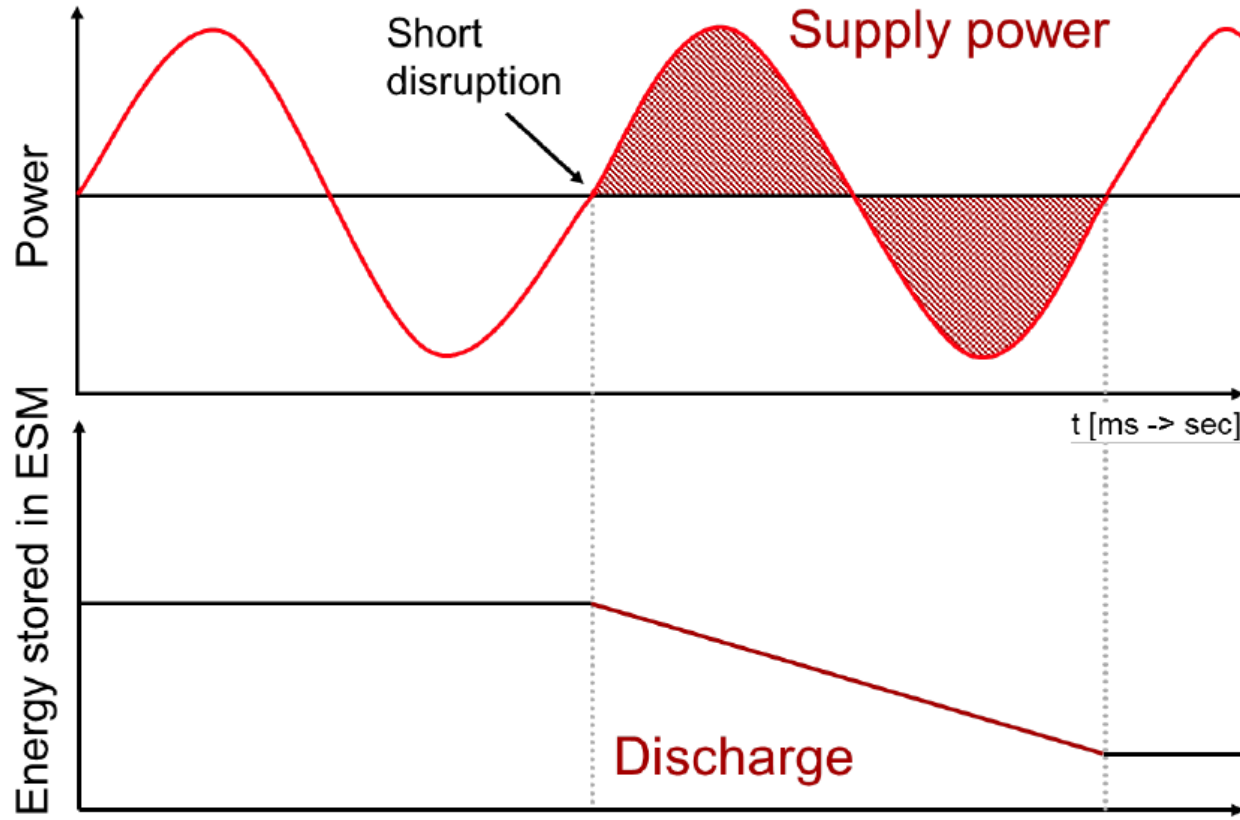
### FAYDALARI

- Elektrik kesintilerinin etkilerini en aza indirir.
- Üretim kaynaklarının çevrimiçi ve hazır durumda olma ihtiyacını azaltır.
- Yedek güç kaynağı olarak işlev görür.



**ENERJİ DEPOLAMA**  
**ENDÜSTRİLERİ DERNEĞİ**  
energy storage industries association

## Power Quality



Enerji depolama, güç kalitesi uygulamalarında, kısa süreli olaylar nedeniyle güç kalitesini etkileyen akışları koruyarak downstream yükleri korumaya yardımcı olur. Reaktif güç kapasitesine sahip enerji depolama, frekans ve voltaj desteği sağlayabilir ve voltaj kontrol sinyallerine hızla yanıt verebilir.

### FAYDALARI

– Şebeke kararsızlıkları altında yüklerin yüksek kaliteli elektrik enerjisi almasını sağlar.

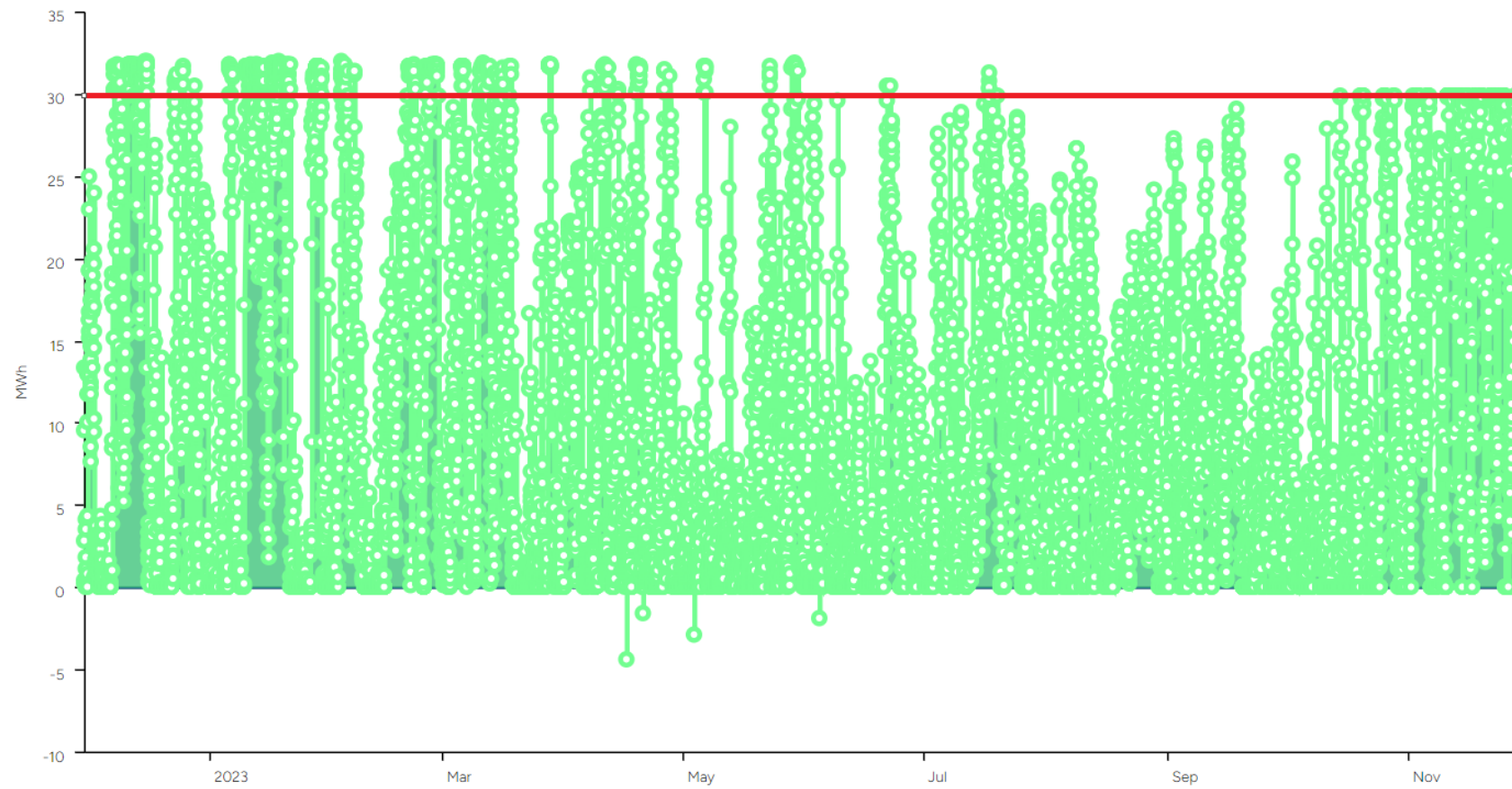
Şebeke hizmetleri:

– Şebeke stabilite koşullarında, Enerji Depolama tüm diğer yardımcı hizmetleri sağlayabilir.



**ENERJİ DEPOLAMA**  
**ENDÜSTRİLERİ DERNEĞİ**  
energy storage industries association

## Curtailment Avoidance



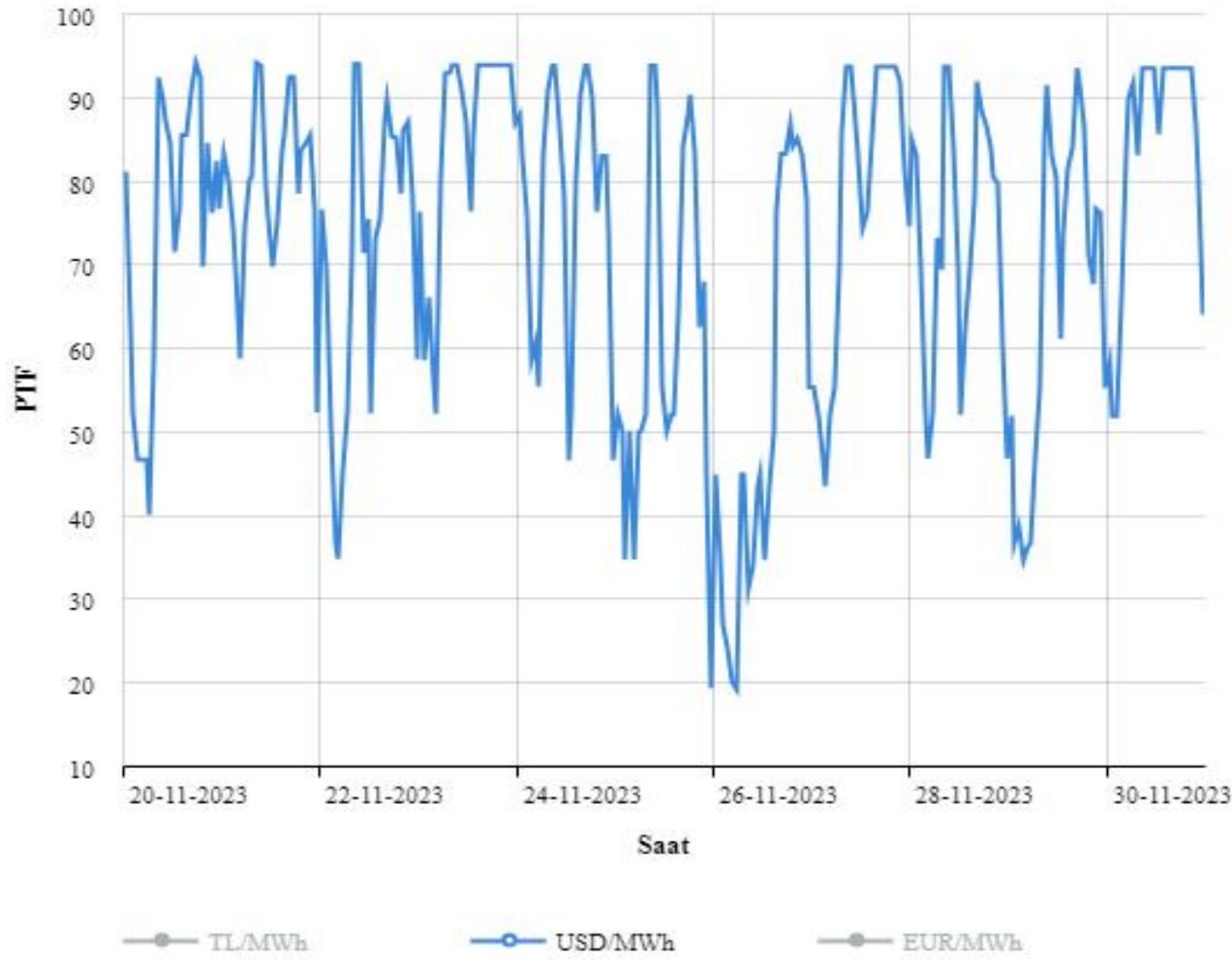
Curtailment (kısıtlama), genellikle elektrik üretim santrallerinin, özellikle yenilenebilir enerji santrallerinin, ürettikleri enerjiyi şebeke talebi, şebeke kapasitesi veya diğer operasyonel kısıtlamalar nedeniyle şebekeye verememesi durumunu ifade eder..

Enerji depolama sistemi kullanılarak şebekeye verilmeyen enerji daha sonra şebekeye satılabilir. Güneş Enerji Santralleri (GES) için genellikle öğle saatlerinde maksimum üretim gerçekleşir ve bu durum, tüketim ile üretim arasında bir dengesizliğe yol açabilir. Bu fazla enerji, enerji depolama sistemleri aracılığıyla depolanarak talebin daha yüksek olduğu saatlerde veya fiyatların daha avantajlı olduğu zamanlarda şebekeye verilebilir, böylece curtailment'in etkisi azaltılmış olur.



**ENERJİ DEPOLAMA**  
**ENDÜSTRİLERİ DERNEĞİ**  
energy storage industries association

## Arbitrage

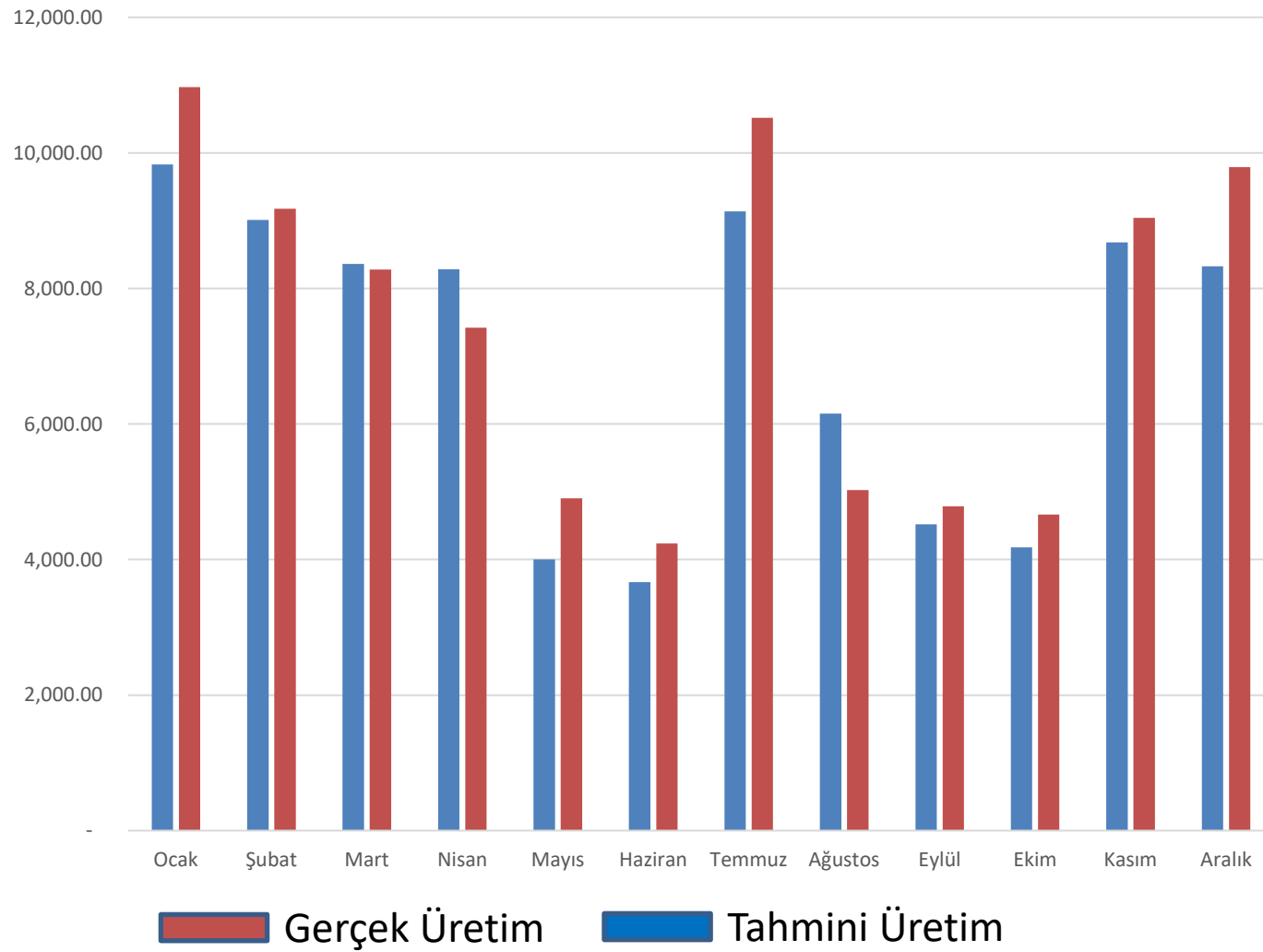


Türkiye'de enerji depolama için yasal altyapı düzenlemeler yapılmıştır, ancak hala gelişime açık noktalar bulunmaktadır.

Mevcut koşullarda elektrik üretim santralleri depolama sistemlerinden aşağıdaki şekilde kazanç sağlayabilir.

Arbitraj (elektrik fiyatlarının ucuz olduğu saatlerde enerjinin depolanması ve fiyatların yüksek olduğu saatlerde satılması) MWh başına yaklaşık 50 USD lik kazanç elde edilebilir

## Imbalance Penalty



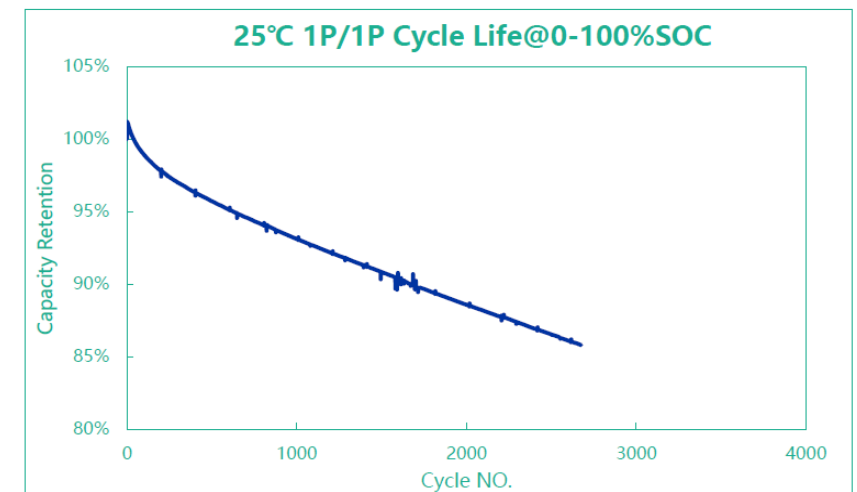
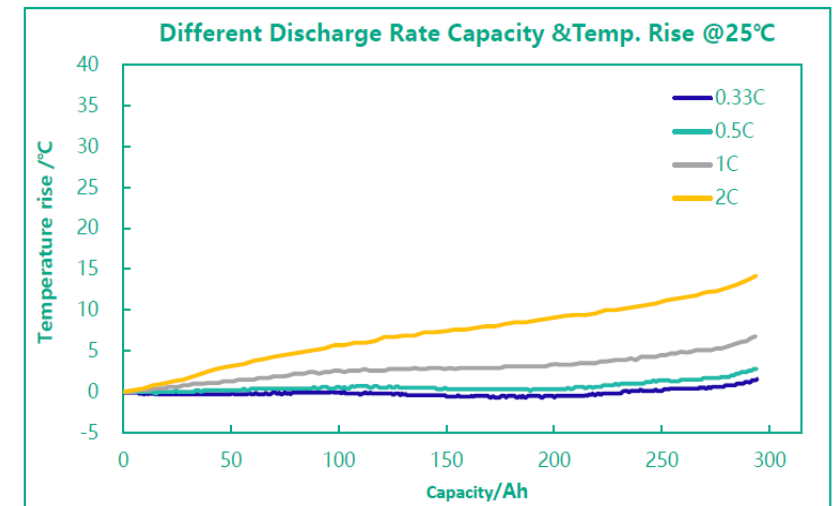
Elektrik üretim santralleri için **dengesizlik cezası**, üretim miktarının önceden belirlenmiş veya taahhüt edilmiş üretim tahminlerine uymaması durumunda uygulanır. Dengesizlik, üretim ve tüketim arasındaki farkı dengeleme sorumluluğunun bir parçasıdır ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından belirlenen kurallar çerçevesinde uygulanır.

Eğer bir üretim santrali, bir gün öncesinde belirttiği üretim tahminlerinden saparsa, yani üretimi fazla veya eksik olursa, bu sapma dengesizlik olarak kabul edilir. Dengesizlikler için piyasa fiyatı bazında bir ceza uygulanır. Bu fiyat, enerji piyasasında arz ve talep dengesine göre belirlenen dengeleme güç piyasasındaki dengesizlik fiyatı olabilir. Sapmalar çok olduğunda cezalar ciddi boyutlara ulaşabilir.



- Batarya Kapasitesi (Ah) / Battery Capacity (Ah)
- Deşarj Derinliği (DoD) yüzdesi? Depth of Discharge (DoD)
- Çevrim Ömrü / Cycle Life
- C Oranı? / C Rate
- Şarj Durumu (SoC) aralığı? / State of Charge (SoC) range
- Kapasite Sağlığı (SOH) / State of Health (SOH)
- Çevrim Verimliliği / Round Trip Efficiency
- Kendi Kendine Deşarj Yüzdesi (Aylık)? / Self Discharge
- Rampa Hızı/ Ramp rate

## Battery Features



## Tests

### 1. OCV (Open Circuit Voltage) Test Prosedürü

•**Amacı:** Bataryanın açık devre voltajını (şarj ya da deşarj edilmeden) belirlemek için yapılan testtir. Bataryanın şarj durumu (SoC) ile voltaj arasındaki ilişkiyi anlamak için kullanılır. Bu ilişki, bataryanın sağlık durumunu ve kapasitesini değerlendirmek için önemlidir.

•**Kullanımı:** Batarya kontrol algoritmalarını geliştirmek, şarj durumunu izlemek ve bataryanın genel durumunu değerlendirmek.

### 2. DCIR (Direct Current Internal Resistance) Test Prosedürü

•**Amacı:** Bataryanın iç direncini belirlemek için yapılan testtir. İç direnç, bataryanın yaşlanmasıyla artar ve performansını etkiler. Bu testle bataryanın zamanla ne kadar enerji kaybettiği ve verimliliği ölçülür.

•**Kullanımı:** Batarya ömrünü tahmin etmek ve performansını optimize etmek.

### 3. GITT (Galvanostatic Intermittent Titration Technique) Testi

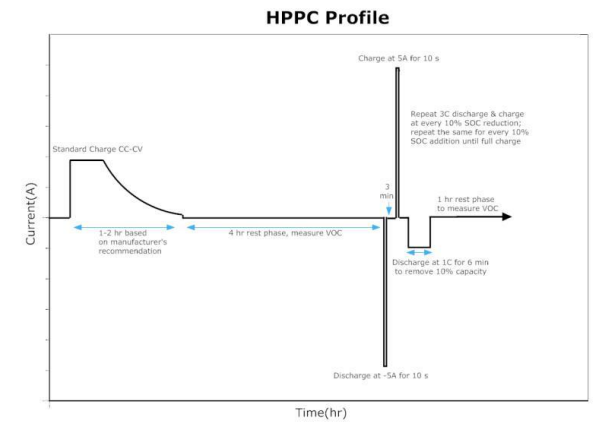
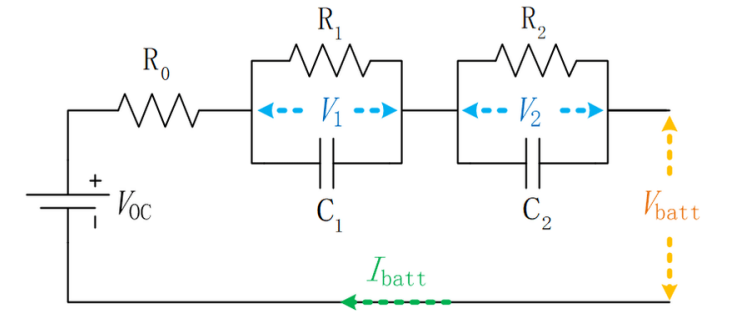
•**Amacı:** Bataryanın içindeki iyon hareketlerini ve difüzyon katsayısını belirlemek için kullanılan bir testtir. Bu test, bataryanın şarj/deşarj sırasında nasıl tepki verdiğini ve kinetik özelliklerini ölçer.

•**Kullanımı:** Bataryanın hızlı şarj/deşarj koşullarında performansını incelemek.

### 4. HPPC (Hybrid Pulse Power Characterization) Testi

•**Amacı:** Bataryanın kısa süreli güç çekişi sırasında nasıl performans gösterdiğini değerlendirmek için kullanılır. Bu test, bataryanın yüksek ve düşük akım çekişlerine nasıl tepki verdiğini gösterir.

•**Kullanımı:** Yüksek güç gereksinimi olan uygulamalarda bataryanın uygunluğunu test etmek





## Tests

### 5. Capacity Ratio Test (Kapasite Oran Testi)

•**Amacı:** Bataryanın farklı şarj/deşarj hızlarında (C oranı) ne kadar enerji depolayabildiğini ve boşaltabildiğini belirlemek için kullanılır. Bu test, bataryanın farklı yük ve boşaltma koşullarında kapasitesini ölçer.

•**Kullanımı:** Farklı şarj vedeşarj hızlarına bataryanın dayanıklılığını değerlendirmek.

### 6. Accelerated Battery Cell Aging Test (Hızlandırılmış Batarya Hücre Yaşlanma Testi)

•**Amacı:** Bataryanın yüksek sıcaklık ve farklı C oranlarında hızlandırılmış bir şekilde yaşlanmasını simüle ederek, uzun vadeli dayanıklılığını test eder. Bu testle, bataryanın kapasite kaybı ve performans düşüşü hızlandırılmış koşullarda gözlemlenir.

•**Kullanımı:** Bataryanın ömrünü ve uzun vadeli güvenilirliğini tahmin etmek.

### 7. Thermal Capacity Test (Isı Kapasitesi Testi)

•**Amacı:** Bataryanın şarj vedeşarj sırasında ürettiği ısıyı ve bu ısıyı ne kadar hızlı dağıtabildiğini belirlemek için kullanılır. Bataryanın termal yönetimi için önemli bir testtir.

•**Kullanımı:** Bataryaların termal davranışlarını anlamak ve ısınmaya karşı ne kadar dayanıklı olduklarını değerlendirmek.

### 8. ECM (Equivalent Circuit Model) Performans Değerlendirme Testi

•**Amacı:** Bataryanın elektriksel özelliklerini simüle eden eşdeğer devre modelinin doğruluğunu test eder. Gerçek deneysel verilerle model karşılaştırılarak bataryanın çalışma performansı değerlendirilir.

•**Kullanımı:** Batarya yönetim sistemlerini geliştirmek ve bataryanın elektriksel davranışını daha iyi simüle etmek.

### 9. ECM RC Model Kalibrasyonu

•**Amacı:** Deneysel veriler kullanılarak bataryanın direnç ve kapasitans (RC) modelinin kalibrasyonu yapılır. Bu model, bataryanın elektriksel performansını ve şarj-deşarj davranışlarını simüle eder.

•**Kullanımı:** Batarya performansını daha doğru bir şekilde tahmin eden modeller geliştirmek ve bu modelleri sistemlerde kullanmak.



- **Combustion Testing Machine (Yanma Test Cihazı)**
- **High Altitude Low Pressure Test Chamber (Yüksek İrtifa Düşük Basınç Testi)**
- **Battery Abnormal Charge Explosion Proof Test (Batarya Aşırı Şarj Patlamaya Dayanıklı Test)**
- **Heavy Impact Test Chamber (Ağır Darbe Testi)**
- **Battery Crash Nail Test (Batarya Çarpma Çivi Testi)**
- **Battery Drop Test (Batarya Düşme Testi)**
- **Short Circuit Test (Kısa Devre Testi)**

## Site Test

### 1. Nominal Energy Capacity / Nominal Enerji Kapasitesi

1. Bataryanın belirli koşullar altında sağlayabileceği toplam enerji miktarıdır. Bu değer, sistemin enerji depolama kapasitesini ifade eder.

### 2. Active - Reactive Power Measurement / Aktif - Reaktif Güç Ölçümü

1. Aktif güç, gerçek enerji akışını ifade ederken, reaktif güç sistemdeki manyetik ve elektriksel yükleri destekler. Bu ölçüm, enerji sisteminin verimliliğini ve performansını belirler.

### 3. Roundtrip Efficiency / Çevrim Verimliliği

1. Enerji depolama sistemine giren enerji ile çıkan enerji arasındaki farkı belirten verimlilik oranıdır. Bu oran, ne kadar enerjinin kaybedildiğini veya geri kazanıldığını gösterir.

### 4. System Response / Sistem Tepkisi

1. Bir enerji depolama sisteminin, yük taleplerine veya şebeke koşullarındaki değişimlere ne kadar hızlı yanıt verebildiğini gösterir. Yüksek sistem tepkisi, ani taleplere daha hızlı yanıt anlamına gelir.

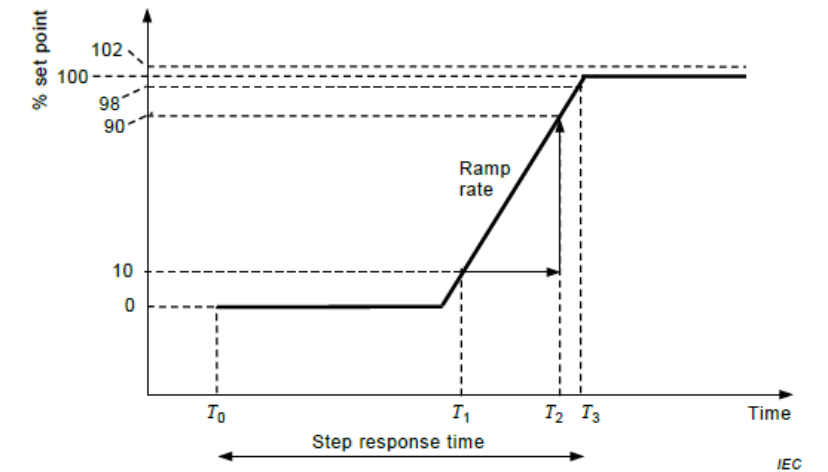


Figure 5 – Step response time and ramp rate of EES system



## Site Test

### 5. Auxiliary Power Consumption / Yardımcı Güç Tüketimi

1. Enerji depolama sisteminin çalışması için gerekli olan ek ekipmanların (soğutma, izleme sistemleri vb.) harcadığı elektrik miktarıdır. Yardımcı güç tüketimi, sistemin genel verimliliğini etkileyebilir.

### 6. Self-discharge of EES System / EES Sisteminin Kendi Kendine Deşarjı

1. Enerji depolama sisteminin kullanılmadığı sürede kendi kendine kaybettiği enerji oranıdır. Düşük kendi kendine deşarj, sistemin enerjiyi uzun süre koruma yeteneğini gösterir.

### 7. Rated Voltage Range / Nominal Gerilim Aralığı

1. Enerji depolama sisteminin güvenli ve verimli bir şekilde çalışabileceği gerilim aralığıdır. Bu aralık, sistemin bağlı olduğu şebeke veya yük ile uyumluluğunu belirler.

### 8. Rated Frequency Range / Nominal Frekans Aralığı

- Enerji depolama sisteminin çalışabileceği frekans aralığıdır. Genellikle şebeke frekansı ile uyumlu olmalıdır, örneğin 50 Hz veya 60 Hz gibi değerlerdedir.

- VISUAL INSPECTIONS / GÖRSEL KONTROLLER
- CONDUCTIVITY TESTS / İLETKENLİK TESTLERİ
- GROUNDING TESTS / TOPRAKLAMA TESTLERİ
- INSULATION TESTS / İZOLASYON TESTLERİ
- PROTECTION AND SWITCHING TESTS / KORUMA VE ANAHTARLAMA TESTLERİ
- BASIC FUNCTION/OPERATION TESTS / TEMEL FONKSİYON/ÇALIŞTIRMA TESTLERİ
- MEASUREMENT, PROTECTION, AND CONTROL TESTS / ÖLÇME, KORUMA VE KONTROL TESTLERİ
- VOLTAGE SAG RIDE-THROUGH TEST / GEÇİCİ VOLTAJ DÜŞÜŞÜNE KARŞI DOĞRULAMA TESTİ



**ENERJİ DEPOLAMA**  
**ENDÜSTRİLERİ DERNEĞİ**  
energy storage industries association





**ENERJİ DEPOLAMA**  
**ENDÜSTRİLERİ DERNEĞİ**  
energy storage industries association

**Engin ORUÇ**  
**Pomega Mühendislik Şefi**  
**+90 536 243 5733**  
**[engin.oruc@pomega.com](mailto:engin.oruc@pomega.com)**