

BATARYA ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN GÜÇ SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONU

Atakan Ata
Akdeniz Üniversitesi Elektrik
Elektronik Mühendisliği 4.sınıf
Öğrencisi

Bildiri ID Numarası:0142

Giriş

BESS'in Temel Bileşenleri ve Şebeke Entegrasyon
Stratejileri

Türkiye ENTSO-E Enterkonnekte Sistemine
Entegrasyonun Teknik ve Operasyonel Etkileri

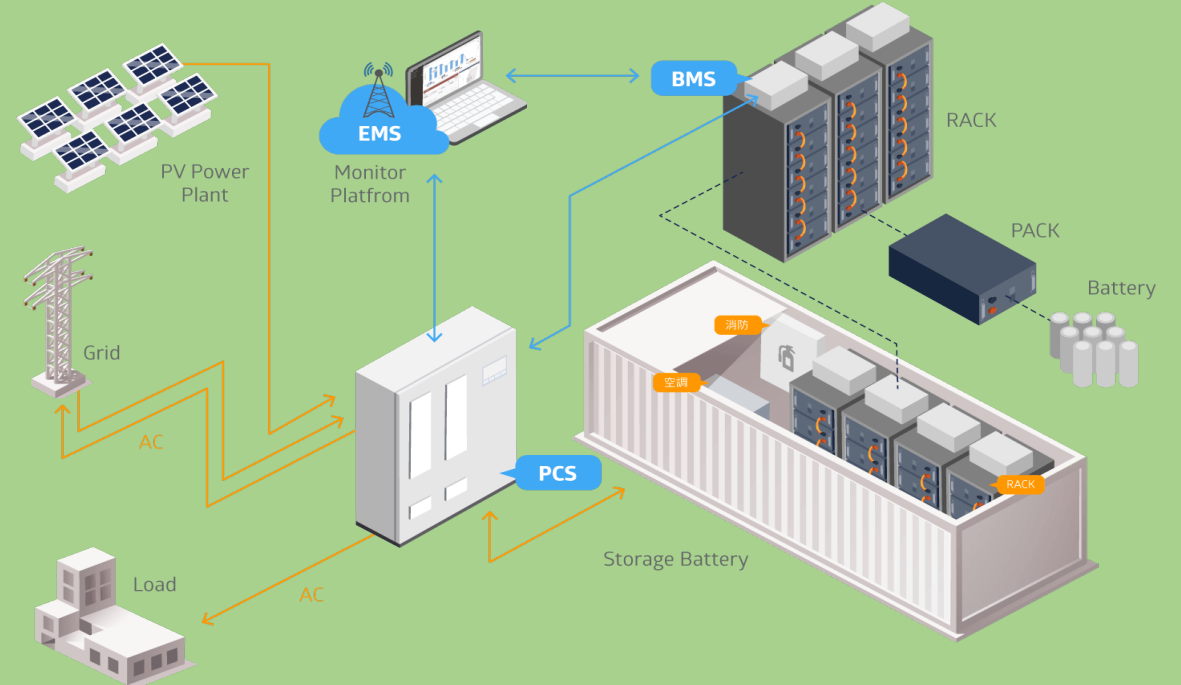
Giriş

- Batarya Enerji Depolama Sistemleri (BESS), modern güç sistemlerinde arz-talep dengesinin korunması, frekans ve gerilim kararlılığının sağlanması, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve acil durumlarda yedek güç temini açısından kritik bir teknolojidir.
- Bu çalışma, BESS'in güç sistemlerine entegrasyonunu inceleyerek; sistem güvenilirliği, black start yeteneği ve yenilenebilir kaynaklardan gelen dengesizliklerin giderilmesi konularında sağladığı katkıları değerlendirmektedir.

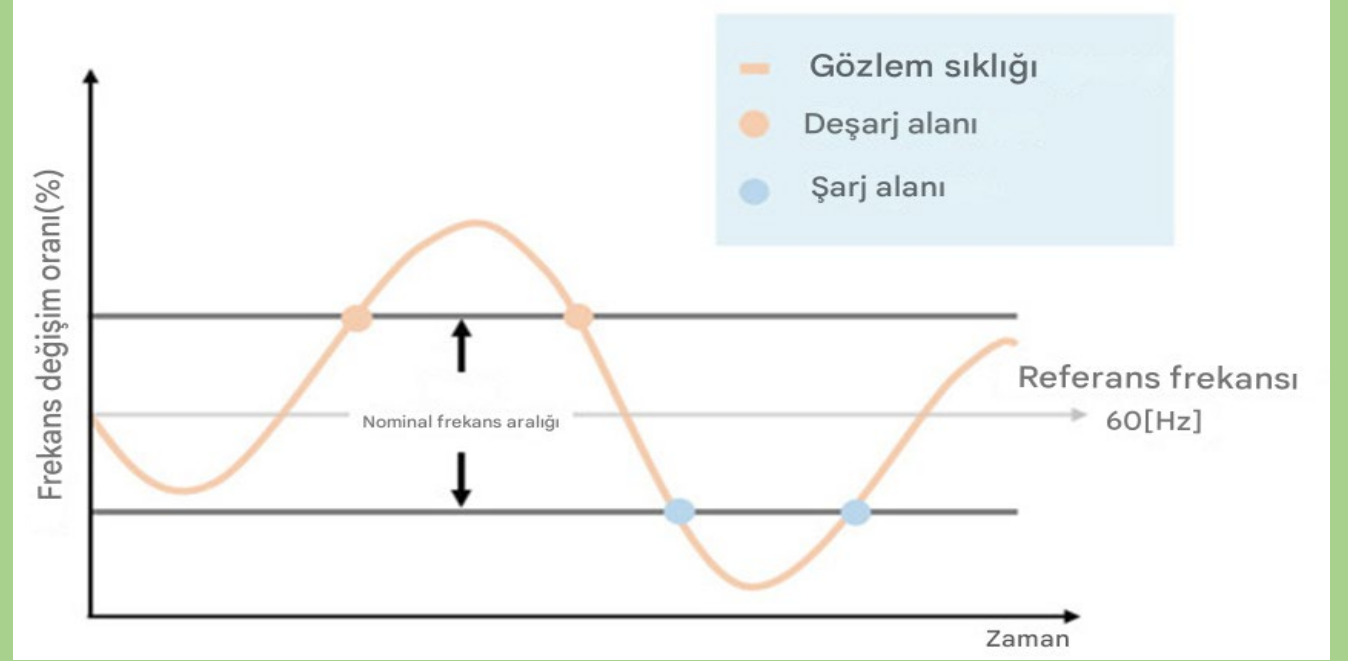
- Günümüzde elektrik güç sistemleri, artan enerji talebi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla büyüyen payı nedeniyle **kararlılık** ve **güvenilirlik** açısından yeni zorluklarla karşı karşıyadır.
- Rüzgâr ve güneş enerjisi gibi **kesintili üretim kaynakları**, arz-talep dengesinin korunmasını güçleştirirken, sistem frekansında ani sapmalara ve gerilim dalgalanmalarına yol açabilmektedir. Bu durum, özellikle yüksek yenilenebilir enerji penetrasyonuna sahip ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de şebeke esnekliğini artıracak yeni çözümler gerektirmektedir
- Bu durum, sistem kararlılığının korunması için hızlı tepki verebilen esnek çözümleri zorunlu kılar. BESS, milisaniyeler içinde devreye girebilme kabiliyetiyle aktif ve reaktif güç desteği sağlar.

BESS'in Temel Bileşenleri ve Şebeke Entegrasyon Stratejileri

- Bir BESS sistemi, şebekeye **tek hat bağlantı noktası** üzerinden entegre edilir. Bataryalarda depolanan enerji önce inverterler aracılığıyla doğru akımdan (DC) alternatif akıma (AC) çevrilir. Bu enerji, bir **transformatör** yardımıyla şebekenin gerilim seviyesine yükseltilir ve **ana bara hattına** bağlanır.
- Bağlantı noktasında; **kesici, ayırıcı, koruma röleleri ve ölçüm sistemleri** yer alır. Bu ekipmanlar, sistemin güvenli şekilde devreye alınmasını ve gerektiğinde izole edilmesini sağlar. Tüm operasyon, **SCADA sistemi** üzerinden izlenir; böylece enerji akışı, frekans ve gerilim değerleri anlık olarak kontrol edilir.



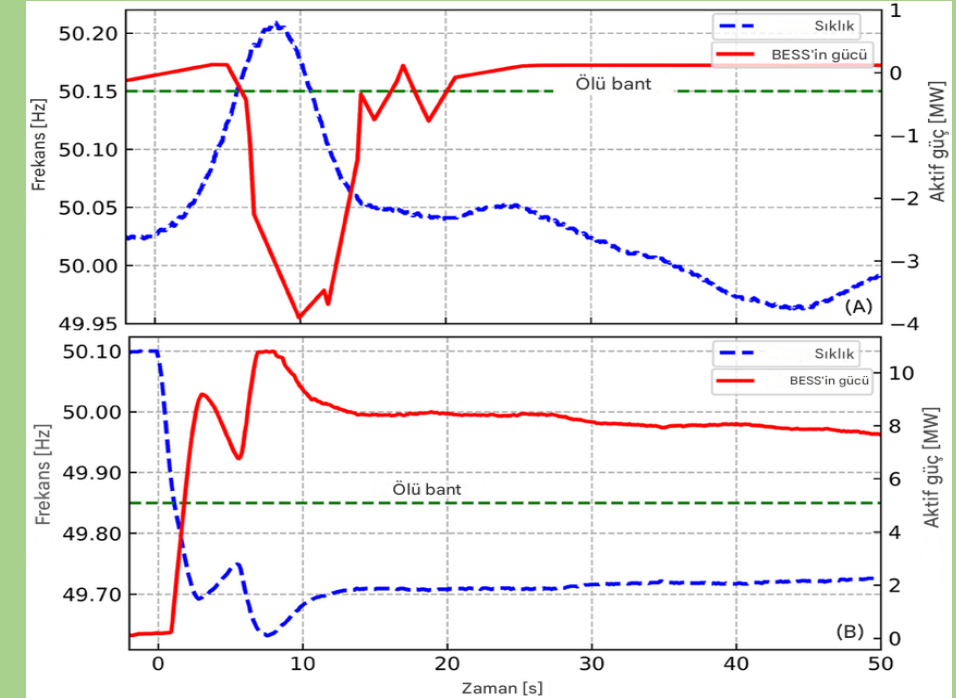
- Frekans üretim ve tüketim dengesini gösterir. Üretim azaldığında frekans düşer ve BESS deşarj olarak enerji sağlar; üretim arttığında frekans yükselir ve BESS şarj moduna geçerek fazla enerjiyi depolar, böylece sistem frekansını dengede tutar.



- BESS, inverter tabanlı yapısı sayesinde şebekedeki reaktif güç ihtiyacına anında yanıt verir. Gerektiğinde reaktif güç üreterek gerilimi destekler, gerekirse absorbe ederek aşırı gerilim artışlarını bastırır. Bu sayede uzun iletim hatları ve yenilenebilir yoğun bölgelerdeki gerilim dalgalanmalarını dengeleyerek sistem kararlılığını artırır.

Türkiye ENTSO-E Enterkonnekte Sistemine Entegrasyonun Teknik ve Operasyonel Etkileri

- Batarya Enerji Depolama Sistemlerinin (BESS) Türkiye ENTSO-E enterkonnekte şebekesine entegrasyonu, **şebeke esnekliğini arttırarak** primer ve sekonder frekans kontrol tepkilerini 250–500ms seviyelerine düşürür. Bu sayede ani arz-talep dengesizliklerinden kaynaklanan **frekans saptmaları %30'a kadar azalabilir**.
- Ayrıca inverterler anlık aktif ve reaktif güç değişimi sağlayarak **gerilim regülasyonunu iyileştirir** ve kritik hatlarda dalgalanmaları %15–20 oranında düşürür. **Pik talep yönetimi** ile zirve saatlerde ek kapasite gereksinimi %10–15 azalır; bu durum TEİAŞ'ın yedekleme ihtiyacını azaltır ve işletme maliyetlerini düşürür.



- Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunda üretim kesintileri azaltılarak yılda yaklaşık 6–7 TWh ek temiz enerji sağlanabilir. Kesinti durumlarında BESS, black-start desteğiyle şebekenin yeniden devreye alma süresini %40'a kadar kısaltabilir ve konvansiyonel black-start santrallerinin başlangıç gücünü sağlayarak baz yük santrallerinin daha hızlı senkronize olmasını mümkün kılar.
- Türkiye'de yüksek yenilenebilir enerji oranı ve yardımcı güç ihtiyacı nedeniyle BESS, dizel jeneratörlere alternatif bir çözüm sunar. Ada modunda hastaneler, veri merkezleri ve haberleşme altyapıları gibi kritik yükler şebekeden bağımsız beslenebilir. Ayrıca piyasa fiyat oynaklığı %20–25 azalırken doğal gaz tüketiminde %5–7 tasarruf sağlanabilir.

- Şebekeye entegre edilecek BESS'in sağladığı yararların yanı sıra, nereye kurulacağı ve kapasitesinin doğru belirlenebilmesi de büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle TEİAŞ'ın yük akış analizleri, bölgesel yenilenebilir enerji yoğunluğu ve iletim hattı kısıtları dikkate alınarak, BESS tesislerinin en uygun konum ve güç seviyelerinde planlanması gerekmektedir.
- Genel olarak, BESS entegrasyonu ile **Türkiye elektrik şebekesi** daha esnek, kararlı ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşur. TEİAŞ'ın yan hizmet kriterlerine uyumlu sistemler primer frekans rezervlerinin %10–15'ini tek başına karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Uygun ölçeklendirme ve lokasyon seçimi ile BESS, ülkenin **enerji arz güvenliği, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve sürdürülebilirlik hedeflerine** stratejik katkı sunacaktır.

TEŞEKKÜRLER

