

Kesintili Yenilenebilir Enerji Kaynakları (KYEK) ve Enerji Depolama Tesislerinin Elektrik Güç Sistemiyle Bütünleşmesi

Elk. Müh. Ersin Aras

EMO İzmir Şube 34. Dönem Enerji Komisyonu

İklim değişikliği olgusu ve enerji teminindeki güçlük ve pahalı olması son 20 yıldan bu yana yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Odun çağı-Petrol çağı-Doğalgaz derken fosil yakıtlar devrinin öneminin azaldığı ve bıkırtıcı enerji savaşlarını sonlandıracağına benzeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetlerinin giderek düşmesi kullanım sahalarını artırmıştır.

Neden Yenilenebilir Enerji?

- Fosil yakıtlar yakarak elde edilen elektrik enerjisi atmosferdeki sera etkisinin ana nedenlerinden biridir. Dolayısı ile yenilenebilir enerjinin artan oranlarda kullanımı Türkiye'nin 2053 yılında "0" karbon hedefi için gereklidir. (NSK)

- Yenilenebilir enerji kaynağı (YEK) tükenmeyecek bir kaynaktan elde edilen enerjidir ve çoğunlukla düşük veya sıfır karbon izi bırakır.

Örnek: Rüzgâr, güneş, biyoenerji (yakılabilen organik maddeler) ve hidroelektrik (gel-git dahil) gibi.

- 2035 hedefinde elektrik tüketimi 510.4 TWh, elektrik kurulu gücü 189,700- MW. Yenilenebilir enerjinin üretimdeki payı %54,7, kesintili yenilenebilir enerjinin (KYEK) payı ise %34,2 olarak öngörülmüştür.

Yenilenebilir Enerji – Türkiye Hedefleri

YILLAR (**)	YEK %	KYEK %
2020	42.4	11.7
2025	43.7	17.5
2030	47.3	23.4
2035	54.7	34.2

Türkiye 2035

Güneş	52,900 MW
Rüzgâr	29,600 MW
Nükleer	7,200 MW
Toplam	189,700 MW

ESNEKLİK

Batarya	7,500 MW; 15,000 MWh
Elektrolizör	5,000 MW

'Jeneratör ağırlıklı' güç sisteminden 'Evirici ağırlıklı' güç sistemine geçiş (*)

Geleneksel sistemler başta termik, hidrolik ve diğerleri olmak üzere enerjinin jeneratörler tarafından üretilip şebekeye bağlanması ve hesaplarının enterkonnekte sistem ve dağıtımda da tek hat şemasına göre yapılabildiği bir şebeke yapısıdır. Büyüklü küçüklü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji ise eviriciler vasıtasıyla sisteme aktarılmaktadır.

Bu değişimle birlikte yüksek ataletli (high İnertia) şebekeler düşük ataletli (low inertia) doğru gidecektir. Dolayısıyla değişen şebeke yapısıyla birlikte hesaplamalar ve işletme ko-

şulları da değişecek yük ve üretim tahminleri önem kazanacaktır.

Kesintili YEK'İN güç sistemiyle bütünleşme sorunları

Geleneksel termik santrallara göre rüzgâr ve güneş santrallerinin dikkate alınması gereken özellikleri (i):

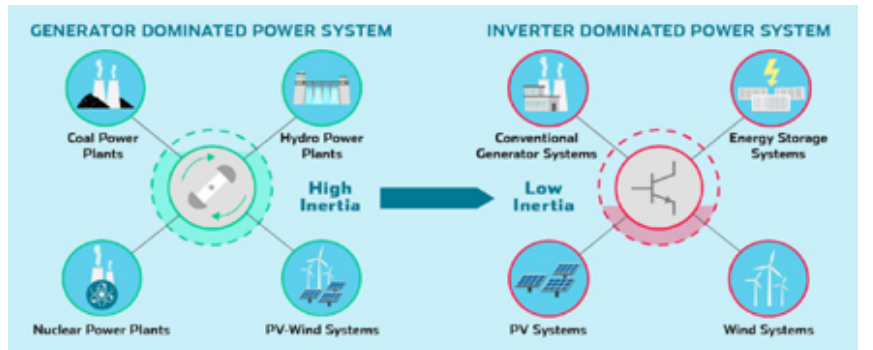
1. Değişkenliği
2. Belirsizliği
3. Konuma bağımlılığı
4. Düşük kapasite kullanımı
5. Düşük ataletli olmasıdır

RES ve GES'lerin hızla devreye girmesi nedeniyle güç sistemlerinin plânlanması ve işletilmesi değişmiştir. Konu hem ulusal hem de uluslararası araştırma ve işbirliği gerektirmektedir.

(i) *Grid integration and the carrying capacity of the <u.s. Grid to incorporate variable Renewable Energy (Grid Integration and the Carrying Capacity of the U.S. Grid to Incorporate Variable Renewable Energy)*

DEĞİŞKENLİK

Şebekelerde, şebekeyi besleyen santral güçleri kaynak güçleri dalgalandıkça üretim de dalgalanır. Bu nedenle esnek bir yönetim gerekir.



(*) Wind turbine inertia - supporting the grid with active power (skeletontech.com)

Üretim, iletim, dağıtım ve tüketim arasında iş birliği yapılmalıdır. Şebekede dalgalanma teorik olarak depolama ile bir miktar dengelenebilir. Özetle;

- Kaynak gücü dalgalandıkça üretim de dalgalanır
- Üretim ve yükü dengelemek daha esnek bir üretim ve şebeke gerektirir.
- Çoğu güç sisteminde yeterli esneklik vardır. Bu esnekliği kullanabilmek için üretim, iletim ve pazarlar arasında işbirliği gerekir. Jeneratörlerin daha hızlı yüklenebilmesi, eşgüdüm, fiyatlandırma gibi.

• Batarya ve hidrojen depolu güneş santralleri, pompaj depolaması, ısı depolama, akıllı şebekeler gibi tesislerin plânlı bir şekilde karışımı hedeflenmelidir.

• Depolama tesislerin sayısı ve kapasiteleri çevresinde bulunan RES, GES'lere ve iletim şebekesine bağlıdır.

BELİRSİZLİK

- Ertesi gün için üretilecek güç tam saptanamaz
- Operatörler ek rezerv ve daha güvenilir bir üretim tahsisine gereksinim duyar
- Hava durumu tahminlerinin ilerlemesi belirsizliği bir miktar gidermiştir.

KONUMA BAĞIMLILIK – DEPOLAMA

- Ekonomik üretim yapan santraller uzakta bulunabilir.
- Pompaj santralleri, basınçlı hava, termik depolama ve batarya sistemleri KYEK'nın sistemle bütünleşmesini artıran tesislerdir.

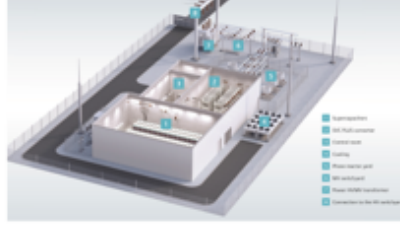
DÜŞÜK KAPASİTE KULLANIMI

- Rüzgâr ve güneş devamlı olmadıklarından kapasite kullanımı düşüktür.

- Şebeke yeterli değilse KYEK'ler tam kapasiteye çıkamaz.

FREKANS DEĞİŞİMİ / ATALET

- Termik, hidrolik ve nükleer enerji santrallerinin yüksek ataleti olduğun-



ENERJİ DEPOLAMA ve Kullanım Alanları



PR2018080282EMEN.pdf (siemens.com) Siemens launches Frequency Stabilizer to support power grids in milliseconds | Press | Company | Siemens

dan frekans değişimlerini gidermekte etkilidirler.

- Evirici egemen sistemlerde ise düşük ataletten dolayı frekans değişimleri sorun yaratabilir, şebeke daha zayıf ve dengesizdir.

- Aşırı frekans değişimleri, yük atma ve şebeke çökme olasılığını yükseltir.

ŞEBEKESİNİN YEK KAPASİTESİ (*)

- YEK'lerin şebekeyle bütünleşme oranı büyük oranda ekonomiktir.
- Etmenler; iletim hatlarının kapasiteleri ve işletme esnekliğidir,
- İşletme esnekliği şebekenin üretimi ve tüketimi dengeleyebilme kabiliyetidir.

- Ekonomik taşıma kapasite sınırı; bir birim daha YEK'in eklenmesi ile mevcut şebekenin zor duruma düşmesi veya çökmesidir.

- Örnek, sistemin arızalardan sonra atalet yetmezliğinden çökmesi gibi.

- BD'de kullanılan kriterlerden biri YEK santrali + yapılacak ek yatırımlardan sonra enerji maliyetinin 10 \$/MWh'i geçmemesidir.

(*) Grid Integration and the Carrying Capacity of the U.S. Grid to Incorporate Variable Renewable Energy (nrel.gov)

ENERJİ DEPOLAMA ve Kullanım Alanları

DEPOLAMANIN FAYDALARI (*)

Şebeke esnekliği açısından kesintili kaynakların dengelenmesi depolama tekniklerinin geliştirilmesiyle çözülecek gibi görünmektedir. Bununla beraber arge çalışmaları, kapasitelerinin büyütülmesi ve şebeke entegrasyonu ile ilgili teknik sorunların çözülmesi gerekmektedir.

- Şebeke açısından: Elektrik gücünün dengelenmesi. Fazla üretilen enerjinin depolanması ve gerektiğinde sisteme verilmesi,

Güneş bulutlanmalarında veya rüzgâr hızının değişiminde depolama ile eksik/fazla gücü kompanse ederek şebekeyi güvenli kılması,

- YEK açısından: Üretilen enerjinin devamlılığının sağlanması/dengeli (stabil) olması, üretim kısıtlamasının azalması,

- Acil Güç: Şebeke çökmelerinde kritik tesislere güç verebilmesi ve sisteme destek sağlaması,

- Yerel kullanım: Enerjinin bölgede kullanılarak transfer ücretlerinden sakınılması,

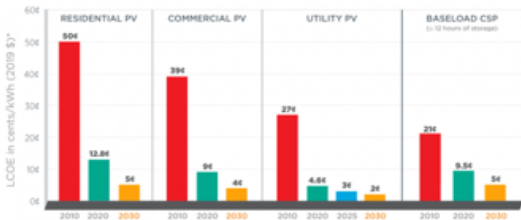
(*) Solar Integration: Solar Energy and Storage Basics | Department of Energy

ABD Enerji Departmanı hedefleri (2030)*

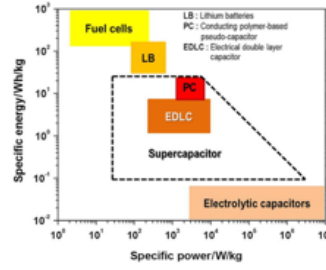
ABD Enerji Departmanı enerji depolama tekniklerini araştırmak ve geliştirmek için son altı yıldır yılda

ABD Güneş Enerjisi Teknolojileri Ofisinin Hedefleri

Solar Energy Technologies Office Progress and Goals Photovoltaics (PV) and Concentrating Solar-Thermal Power (CSP)



Süper kapasitör ve bataryalar

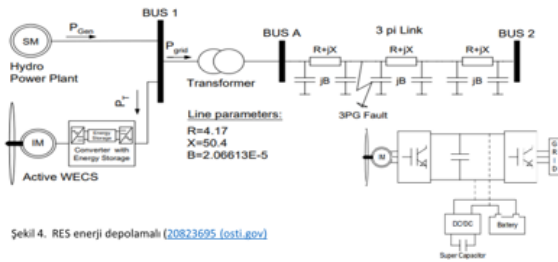


Şekil 2. Çeşitli depolama türlerinin özgül güç ve enerjileri

- Süper kapasitörler en verimli enerji depolama cihazlarından biridir.
- Bataryaların aksine yüksek miktarda ani güç verebilirler.
- Önemli özellikleri hem özgül enerjilerinin hem de özgül güçlerinin yüksek olmalarıdır.

• Supercapacitors: The Innovation of Energy Storage, J. IntechOpen

Süper kapasitör ve batarya kullanımı

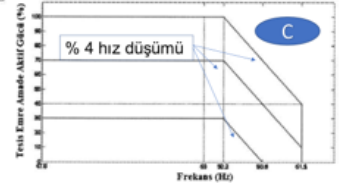


Frekans Aralığı	Minimum Çalışma Süresi
51,5 Hz ≤ f ≤ 52,5 Hz	10 dakika
50,5 Hz ≤ f ≤ 51,5 Hz	1 saat
49 Hz ≤ f ≤ 50,5 Hz	Sürekli
48,5 Hz ≤ f ≤ 49 Hz	1 saat
48 Hz ≤ f ≤ 48,5 Hz	20 dakika
47,5 Hz ≤ f ≤ 48 Hz	10 dakika

Üretim Santralleri çalışma sınırları

- A- Geleneksel santraller
- B- RES – GES
- C- RES-GES Ek istekler

Frekans Aralığı	Minimum Çalışma Süresi
50,5 Hz ≤ f ≤ 51,5 Hz	1 saat
49 Hz ≤ f ≤ 50,5 Hz	Sürekli
48,5 Hz ≤ f ≤ 49 Hz	1 saat
48 Hz ≤ f ≤ 48,5 Hz	20 dakika
47,5 Hz ≤ f ≤ 48 Hz	10 dakika



ortalama 400 milyon dolar destek sağlamaktadır. Ana hedefleri:

- Uzun dönemde enerji maliyetini evler için 5 cent/kWh'e indirmek
- Elektrikli arabaların rekabet edebilmesi için batarya maliyetini \$80/kWh'e indirmek (2020'de 143 \$/kWh)
- Elektrik iletim ve dağıtım şebekelerini elektrikli araçlar için hazır hale getirmek
- Haberleşme ve bilişim (information) altyapılarını daha güvenilir hale getirmek.

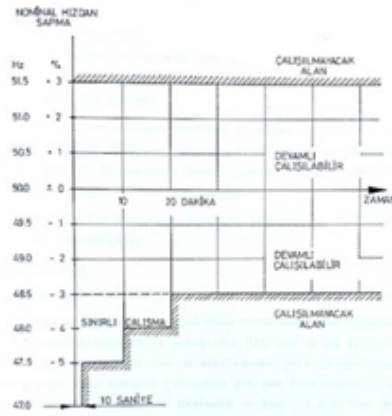
(*) Energy Storage Grand Challenge Roadmap)

GÜNÜMÜZ ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİ

Yüksek oranda YEK'in sisteme girmesi tabi olarak aşılması gereken yeni teknik sorunlar çıkarmıştır.

- Bu tip üretim daha esnek üretim, iletim ve dağıtım ağı gerektirmektedir.
- Senkron jeneratörlerin güç elektroniği temelli YEK'lerle değişimi sistem ataletini düşürmektedir.
- Çoğu şebeke işletmecileri YEK'lerden frekans kontrolü için güç rezervi istemektedir.

TİPİK BİR ENDÜSTRİYEL TURBO-ALTERNATÖRÜN ÇALIŞMA EĞRİSİ



Türbin nominal hızından sapmalar

- 51.5-48.5 Hz Sürekli çalışabilir
- 48.5-48.0 Hz arası: Sürekli 20 dk
- 12 ayda toplam 2 saat
- 48.0-47.5 Hz. Arası: Sürekli 10 dk
- 12 ayda toplam 1 saat
- 47.5 Hz den düşük an fazla 10 sn
- 47.Hz devre dışı

• YEK'ler ve Depolama Sistemleri artık senkron jeneratörlerden daha hızlı yüklenebilmektedir (*). Bu onları birincil ve ikincil frekans kontrolünde oldukça etkili kılmaktadır.

(*) Microsoft Word - Review Paper on Frequency Control-Final-r5-final.docx (ucd.ie)

SONUÇ (*)

- Halkı yenilenebilir enerji hakkında bilgilendirme
- Ülke çapında plânlamayı koordine etme ve geliştirme

• Pazarın gelişmesi, güç sisteminin esnekliği ve verimliliği için kurallar geliştirmek

- Sistemin çeşitliliğinin artması, coğrafyaya uyan yatırımları teşvik et
- Sistemin verimliliğini artıracak kurallar getir, uygula/uygulat
- YEK üretim ve depolaması ile ilgili alanlarda araştırmaları teşvik et.

(*) Integrating Variable Renewable Energy in Electric Power Markets: Best Practices from International Experience (nrel.gov)