



**Avrupa Birliği / Katılım Öncesi Mali
Yardıı Aracı**
Enerji Sektörü Programı - Faz 2 Projesi

*Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti
tarafından birlikte finanse edilmektedir.*

Enerji depolama sistemlerinin analizi için danışmanlık hizmetleri

GÖREV 9: DİGSILENT PowerFactory ile batarya entegrasyonu eğitimi

DIGSILENT POWERFACTORY İLE BATARYA ENTEGRASYONU EĞİTİM RAPORU

Nihai Versiyon

Ocak 2020





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından birlikte finanse edilmektedir.

Enerji depolama sistemlerinin analizi için danışmanlık hizmetleri

DIGSILENT POWERFACTORY İLE BATARYA ENTEGRASYONU EĞİTİM RAPORU

Nihai versiyon

Ocak 2020

**Ekibin oluşumu:
Milan STOJANOVIĆ and Milan IVANOVIĆ**

Bu raporun telif hakkı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na aittir. Belgenin önceden izin almadan herhangi bir amaçla referans gösterilmesi veya kullanılması, herhangi bir rehber veya sair belgede içeriğinin açıklanması veya alıntı yapılması ya da önceden izin verilen taraflar dışında herhangi bir tarafa verilmesi veya tebliğ edilmesi yasaktır. Hiçbir taraf her ne sebeple olursa olsun bu belgenin doğru olduğunu farz etme hakkına sahip değildir. Dolayısıyla bu belgenin gösterildiği veya belgeye erişim sağlayan herhangi bir tarafa karşı sorumluluk alınmamaktadır. Bu yayının içeriği danışmanın münhasır sorumluluğu altındadır ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği ya da ETKB'nin görüşlerini yansıttığı şeklinde yorumlanamaz.

İçindekiler

1. EĞİTİM SUNUMU	5
1.1. EĞİTİMİN GENEL HEDEFLERİ	5
1.2. EĞİTİM GÜNDEMİ.....	5
1.3. KILIT MESAJLAR.....	8
1.4. MEMNUNİYET ANKETİ SONUÇLARI	9
1.4.1. <i>KATILANLARIN BU EĞİTİM HAKKINDAKİ GENEL MEMNUNİYETİ</i>	11

Şekiller Listesi

Şekil 1 Bu projenin 10 görevi.....	5
Şekil 15 2 Eğitime katılanların kuruluşları	9

Tablolar Listesi

Tablo 1 1. Gün - 9 Ocak 2020 eğitim gündemi.....	5
Tablo 2 2. Gün - 10 Ocak 2020 eğitim gündemi.....	7
Tablo 4 3 İşletim eğitimi ve uygulama – Her oturumun ayrıntıları	10

Belge Versiyon Tablosu

Versiyon	Versiyon Tarihi	Yorum	İbraz Edilen Nüsha
A.0	3 Ocak 2020	İlk versiyon	Elektronik Nüsha
A.1	12 Ocak 2020	ETKB yorumlarının entegrasyonu ve eğitim sırasındaki tartışmaların transkripsiyonu	Elektronik Nüsha
A.2	24 Ocak 2020	Katılımcıların isimlerinin düzeltilmesi	Elektronik Nüsha
A.nihai	30 Ocak 2020	Paydaşlar tarafından onaylandı	Elektronik Nüsha

Kısaltmalar

AC	Alternatif Akım
AVR	Otomatik Gerilim Regülatörü
BESS	Bataryayla Enerji Depolama
CAPEX	Sermaye Harcamaları
CCPP	Kombine Çevrim Santrali
CIST	EDF Elektrik Sistemi ve İletim Mühendisliği Merkezi
DC	Doğru Akım
DSL	DİGSİLENT Simülasyon Dili
DSO	Dağıtım Sistemi İşletmecileri
EC	Avrupa Komisyonu
EDF	Electricité De France
EES	Elektrik Enerjisi Depolama
ELDER	Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EMS	Enerji Yönetim Sistemi
EMT	Elektromanyetik Geçici Durumlar (Transient)
ENEDIS	Fransız Dağıtım Sistemi İşletmecisi
ENTSO-E	Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Birliği
EPRI	Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü
AB	Avrupa Birliği
FAT	Fabrika Kabul Testi
FCR	Frekans Kontrol Rezervi
FRT	Arızada Şebekede Kalabilme
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
DİUPGM	Dış İlişkiler ve Uluslararası Projeler Genel Müdürlüğü
GOV	Türbin regülatörü
HVAC	Isınma, Havalandırma ve Klima
IPA	Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı
IPP	Bağımsız Elektrik Üreticisi
IRR	İç Getiri Oranı
LCOS	Depolamanın Seviyelendirilmiş Maliyeti
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
PJM	Amerika Bölgesel İletim Kuruluşu
PQ	Aktif ve Reaktif Güç
PRAG	Prosedürler ve Uygulama Kılavuzu
PSS	Güç sistemi stabilizatörü
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu
RES	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
RMS	Ortalama Karekök
RTE	Réseau de Transport d'Electricité (Fransız İletim Sistemi İşletmecisi)
SAT	Saha Kabul Testi
SOC	Şarj Durumu
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.
TL	Türk lirası
TSO	İletim Sistemi İşletmecisi
TSR	Teknik Şartname Raporu
WECC	Western Electricity Coordinating Council (Batı Elektrik Koordinasyon Konseyi)
WB	Dünya Bankası

1.Eğitim Sunumu

1.1. Eğitimin genel hedefleri

Bu eğitim, bu projenin dokuzuncu görevinin temel çıktısıdır. 9 - 10 Ocak 2020 tarihlerinde Ankara Wyndham Hotel'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1 Bu projenin 10 görevi

Bu eğitimin hedefi şuydu:

- TEİAŞ'ın, DigSILENT PowerFactory yazılımı olan bir şebekede batarya entegrasyonu kabiliyetlerini geliştirmesine yardımcı olmak.

Bu eğitim, Milan Stojanović ve Milan Ivanović tarafından verilmiştir.

Bu belge, bu eğitimin kilit mesajlarının bir özetini sunmaktadır. Bu eğitimin tüm slaytları, paydaşlara gönderilmiştir.

1.2. Eğitim Gündemi

Eğitim, aşağıdaki oturumlarda organize edilmiştir:

Tablo 1 1. Gün - 9 Ocak 2020 eğitim gündemi

İlk gün		
Saat	Konu	Açıklama
09.30	Eğitimin tanıtımı	
09.45	DigSILENT PowerFactory yazılım aracı ile güç sistemi stabilitesi konusunun temelleri	Güç sistemi stabilitesinin incelenmesi. Dinamik modelleme konseptinin temelleri, RMS simülasyon kurulumu, olay tanımı ve DigSILENT PowerFactory yazılımında simülasyon planlarının oluşturulması.
11.00	Ara	
11.15	1. alıştırmaya: Dinamik modelleme ve stabilite analizinin test olay örneği	Alıştırma, PowerFactory yazılımında genel stabilite analizi konseptinin uygulamalı sunumudur.
12.15	Öğle arası	

13.45	DİgSILENT PowerFactory yazılımında Bataryayla Elektrik Enerjisi Depolama (BESS) modelleri	PowerFactory yazılımında mevcut BESS modellerinin açıklaması (model konumu, modelleme konsepti, kullanım amacı, FCR'ın (Frekans Kontrol Rezervi) üzerinde durulmasıyla kullanım olanakları, aktif projeye dahil edilmesi). Sunulacak modeller (seçenekler), PowerFactory Şablon Kitaplığında bulunan iki model ve çevrimiçi DİgSILENT Bilgi Tabanında mevcut olan bir modeldir.
15.15	Ara	
15.45	2. alıştırma: BESS genel modelinin (ilk seçenek), iletim şebekesine entegrasyonu	Alıştırma Genel BESS modelinin (ilk seçenek) iletim şebekesi test olayına entegrasyonunu, BESS modeli ile RMS simülasyonunun yürütülmesini, BESS modeli parametre değişiminin (düşüş, ölü bant ve benzeri) ve çeşitli senaryoların (jeneratörün kesilmesi, sistem ayrışması ve benzeri) analizini göstermeyi amaçlamaktadır.
17.00	İlk günün sonu	

Tablo 2 2. Gün - 10 Ocak 2020 eğitim gündemi

İkinci gün		
Saat	Konu	Açıklama
09.30	Günlük programın tanıtımı	İlk güne dair tamamlayıcı tartışmalar.
09.45	DigSILENT PowerFactory yazılımında WECC BESS modeli (ikinci seçenek)	PowerFactory yazılımında mevcut olan Western Electricity Coordinating Council (Batı Elektrik Koordinasyon Konseyi) (WECC) BESS genel modelinin sunumu (model yapısı, temel bileşenlerin açıklaması, FCR'ın üzerinde durulmasıyla kullanım olanakları)
11.00	Ara	
11.15	3. alıştırma: WECC BESS genel modelinin (ikinci seçenek), iletim şebekesine entegrasyonu	Alıştırma genel WECC BESS modelinin (ilk seçenek) iletim şebekesi test olayına entegrasyonunu, Santral Kontrolörünün eklenmesini, BESS modeli ile RMS simülasyonunun yürütülmesini, BESS model özelleştirmesinin analizini göstermeyi amaçlamaktadır.
12.00	Öğle arası	
13.30	DigSILENT PowerFactory yazılımında BESS genel modeli (üçüncü seçenek)	DigSILENT PowerFactory yazılım aracında (üçüncü seçenek) mevcut olan ve ayrı konvertör ve batarya sistemi modellerini içeren başka bir BESS modelinin sunumu. Sunum, bu ve diğer BESS modelleri ile mevcut model seçenekleri arasındaki farklılık ve benzerliklere odaklanacaktır (artılar ve eksiler).
14.30	4. alıştırma: BESS genel modelinin (dördüncü seçenek), iletim şebekesine entegrasyonu	Alıştırma, BESS modelinin (üçüncü seçenek) iletim şebekesi test olayına entegrasyonunu ve BESS modeli ile RMS simülasyonunun yürütülmesini göstermeyi amaçlamaktadır.
15.15	Ara	
15.30	5. alıştırma: Genel BESS modelinin farklı uygulama olasılıkları	Bu alışırmada parametre uyarlamasının dahil edilmesiyle BESS modelinin Arızada Şebekede Kalma uygulaması gösterilecektir.
	6. alıştırma (opsiyonel): BESS modelinin, Türkiye elektrik sistemi modeline entegrasyonu	Genel BESS modelinin, Türkiye elektrik sistemi dinamik modeline (mevcut ise) entegrasyonunun gösterilmesi ve çeşitli analiz türlerinin yürütülmesi.
16.45	Memnuniyet anketi	
17.00	İkinci günün sonu	

1.3. Kilit mesajlar

TEİAŞ'tan 16 ve Tübitak'tan 1 kişiye Ankara'da 2 günlük bir eğitim verilmiştir. DigSILENT PowerFactory ile Batarya Entegrasyonu eğitimi raporu, eğitimin kilit mesaj ve tartışmalarını özetlediğinden bu bölümde bu 2 çıktının açıklamasını birleştiriyoruz.

Bu eğitimde öğrenilene temel konular şunlardır:

- DigSILENT PowerFactory yazılım aracı ile güç sistemi stabilitesi konusunun temelleri

Güç sistemi stabilitesinin incelenmesi. Dinamik modelleme konseptinin temelleri, RMS simülasyon kurulumu, olay tanımı ve DigSILENT PowerFactory yazılımında simülasyon planlarının oluşturulması.

- 1. alıştırma: Dinamik modelleme ve stabilite analizinin test olay örneği

Alıştırma, PowerFactory yazılımında genel stabilite analizi konseptinin uygulamalı sunumudur.

- DigSILENT PowerFactory yazılımında Bataryayla Elektrik Enerjisi Depolama (BESS) modelleri

PowerFactory yazılımında mevcut BESS modellerinin açıklaması (model konumu, modelleme konsepti, kullanım amacı, FCR'in (Frekans Kontrol Rezervi) üzerinde durulmasıyla kullanım olanakları, aktif projeye dahil edilmesi). Sunulacak modeller (seçenekler), PowerFactory Şablon Kitaplığında bulunan iki model ve çevrimiçi DigSILENT Bilgi Tabanında mevcut olan bir modeldir.

- 2. alıştırma: BESS genel modelinin (ilk seçenek), iletim şebekesine entegrasyonu

Alıştırma Genel BESS modelinin (ilk seçenek) iletim şebekesi test olayına entegrasyonunu, BESS modeli ile RMS simülasyonunun yürütülmesini, BESS modeli parametre değişiminin (düşüş, ölü bant ve benzeri) ve çeşitli senaryoların (jeneratörün kesilmesi, sistem ayrışması ve benzeri) analizini göstermeyi amaçlamaktadır.

- DigSILENT PowerFactory yazılımında WECC BESS modeli (ikinci seçenek)

PowerFactory yazılımında mevcut olan Western Electricity Coordinating Council (Batı Elektrik Koordinasyon Konseyi) (WECC) BESS genel modelinin sunumu (model yapısı, temel bileşenlerin açıklaması, FCR'in (Frekans Kontrol Rezervi) üzerinde durulmasıyla kullanım olanakları)

- 3. alıştırma: WECC BESS genel modelinin (ikinci seçenek), iletim şebekesine entegrasyonu

Alıştırma genel WECC BESS modelinin (ilk seçenek) iletim şebekesi test olayına entegrasyonunu, Santral Kontrolörünün eklenmesini, BESS modeli ile RMS simülasyonunun yürütülmesini, BESS model özelleştirmesinin analizini göstermeyi amaçlamaktadır.

- DigSILENT PowerFactory yazılımında BESS genel modeli (üçüncü seçenek)

DigSILENT PowerFactory yazılım aracında (üçüncü seçenek) mevcut olan ve ayrı konvertör ve batarya sistemi modellerini içeren başka bir BESS modelinin sunumu. Sunum, bu ve diğer BESS modelleri ile mevcut model seçenekleri arasındaki farklılık ve benzerliklere odaklanacaktır (artılar ve eksiler).

- 4. alıştırma: BESS genel modelinin (dördüncü seçenek), iletim şebekesine entegrasyonu

Alıştırma, BESS modelinin (üçüncü seçenek) iletim şebekesi test olayına entegrasyonunu ve BESS modeli ile RMS simülasyonunun yürütülmesini göstermeyi amaçlamaktadır.

- 5. alıştırmaya: Genel BESS modelinin farklı uygulama olasılıkları

Bu alıştırmada parametre uyarlamasının dahil edilmesiyle BESS modelinin Arızada Şebekede Kalma uygulaması gösterilecektir.

- 6. alıştırmaya (opsiyonel): BESS modelinin, Türkiye elektrik sistemi modeline entegrasyonu

Genel BESS modelinin, Türkiye elektrik sistemi dinamik modeline (mevcut ise) entegrasyonunun gösterilmesi ve çeşitli analiz türlerinin yürütülmesi.

Eğitim sırasında çok sayıda ilginç tartışma yaşanmıştır. Eğitime katılanlar, bütün BESS modelindeki batarya hücresi sayısında değişiklik yapılmasıyla ilgilenmiştir. DigSILENT genel kitaplığında bulunan genel BESS modelinde seri veya paralel bağlı olan hücre sayısını değiştirme olanağı bulunduğu açıklanmıştır. Ayrıca paralel bağlı olan hücrelerin sayısında değişiklik yapılmasının toplam BESS enerji kapasitesini değiştirebileceği gösterilmiştir.

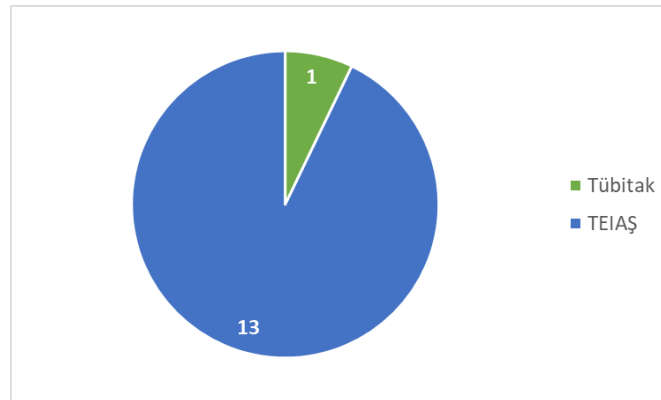
Eğitimin alıştırmaya bölümü sırasında farklı BESS modellerinin, sistem bozulmalarından kaynaklanan frekans saptmaları süresince ilave aktif güç desteği verebildikleri ortaya konmuştur. Eğitim sırasında istenen BESS özelliklerinin izin verilen frekans düşmesi bakımından özel sistem limitlerinin bilinmesiyle belirlenebileceği tartışılmıştır. İzin verilen frekans düşüşü, istenen BESS güç kapasitesini ve rezervde ünitelerin başlatılması için gereken minimum süreyi ve bu da istenen BESS enerji kapasitesini tanımlar.

Eğitimin ikinci gününde Türkiye elektrik sistemi modelinde BESS şebeke entegrasyonu alıştırmaya yapılmıştır. BESS genel modeli, TEİAŞ'ın depolama sistemi uygulamak istediği yerde Türkiye elektrik sistemindeki trafo merkezine bağlıdır. BESS'in iletim şebekesine bağlı olduğu ve olmadığı hallerde 150 MW senkron jeneratörde bir referans kesinti simüle edilmiştir. Katılımcılar, iki durum arasındaki frekans saptmalarını gözlemleyebilmiştir.

Eğitime katılanlardan biri, BESS modelinin DigSILENT PowerFactory yazılımındaki farklı projeler arasında paylaşılma olasılığı ile ilgili bir soru sormuştur. PowerFactory yazılımının farklı projeler arasında tüm nesne verisini paylaşma imkanı verdiği açıklanmıştır ve gösterilmiştir. Bunların arasında genel BESS model şablonu da bulunmaktadır. Bu, alıştırmaya projesindeki genel BESS modellerinden birinin Türkiye elektrik sistemi projesine kopyalanmasıyla gösterilmiştir.

1.4. Memnuniyet anketi sonuçları

Eğitime katılanların memnuniyetini değerlendirmek ve gelecekteki eğitim oturumlarını iyileştirmek için katılımcıların bir memnuniyet anketini doldurmaları istendi



Şekil 15 2 Eğitime katılanların kuruluşları

Eğitime katılan toplam 14 kişiden 12'si bu anketi cevapladı. Cevapların, genel görüşü temsil ettiğini düşünebiliriz. Katılımcıların genel olarak memnun oldukları düşünülebilir. Eğitimin tamamı için ortalama görüş **8,9**'dur.

Tablo 3 İşletim eğitimi ve uygulama – Her oturumun ayrıntıları

İşletim eğitimi ve uygulama	Sunum bilgilendirici, yeterli miydi?	Verilen açıklamalar net miydi?	Sunulan bilgiler, beklentilerinizi karşıladı mı?
1. gün			
1. Oturum: PowerFactory yazılımında güç sistemi stabilitesi konseptine genel bakış	8,7	8,8	8,8
2. Uygulama Güç sistemi stabilitesi örneği	8,7	8,8	9,0
3. Oturum: DigSILENT PowerFactory yazılımında FCR için uygun olan BESS modellerine genel bakış; Genel BESS modeli (1/3)	8,7	9,1	8,8
4. Uygulama FCR için genel BESS modeli kullanımı	8,6	8,8	8,8
2. gün			
5. Oturum: DigSILENT PowerFactory yazılımında FCR için uygun olan BESS modellerine genel bakış; WECC BESS modeli (2/3)	8,8	9,0	8,9
6. Uygulama FCR için WECC BESS modeli kullanımı	8,6	8,8	8,8
7. Oturum: DigSILENT PowerFactory yazılımında FCR için uygun olan BESS modellerine genel bakış; Genel BESS modeli (3/3)	8,5	8,7	8,8
8. Uygulama: FCR için genel BESS örnek modeli kullanımı	8,6	8,8	8,8
9. Uygulama BESS'in Türkiye elektrik sistemi modeline entegrasyonu	9,0	9,1	9,2
Toplam ortalama	8,7	8,9	8,9

Tüm oturumlar eşit biçimde olumlu karşılandı. İşletim eğitimi oturumlarında ortalama puanlar [8,5; 9,2] aralığında olmuştur.

1.4.1. Katılanların bu eğitim hakkındaki genel memnuniyeti

Katılımcıların çoğu görüşünü bildirdi. Katılımcılar genel olarak **memnundu** (8,9/10). TEİAŞ'tan gelen tüm katılımcılar, DİG SILENT PowerFactory yazılımı ile ilgili kendi deneyimlerine göre otomatik değerlendirme formunu doldurdu. Eğitim sırasında katılımcılar arasında birkaçının DİG SILENT PowerFactory yazılımı hakkında temel bilgisi olduğu görüldü. Eğitimin konusu DİG SILENT PowerFactory yazılımının kullanımında ileri bilgi gerektirdiği için katılımcılardan birkaçı eğitimin bazı bölümlerini anlamada zorluk yaşadı. Katılımcılardan bazıları eğitimin iki günden uzun sürmesini istediklerini ve bu süre zarfında DİG SILENT PowerFactory yazılımının bazı temel noktalarının açıklanabileceğini ifade ettiler.



Bu yayın Avrupa Birliği'nin desteğiyle hazırlanmıştır. Bu yayının içeriği danışmanın münhasır sorumluluğu altındadır ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği ya da ETKB'nin görüşlerini yansıttığı şeklinde yorumlanamaz.