

ELEKTRİK DEPOLAMA TESİSLERİNİN ŞEBEKE BAĞLANTI ve UYUMLULUK KRİTERLERİ

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu kriterler, elektrik depolama tesisleri veya elektrik depolama ünitelerinin şebekeye bağlantı aşamasında uymaları gereken teknik tasarım esaslarının belirlenmesini ve doğrulanmasını amaçlamaktadır.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu kriterler, Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği kapsamında tesis edilecek, 10 MW ve üzeri kurulu güce sahip iletim veya dağıtım şebekelerine bağlı elektrik depolama tesisleri veya elektrik depolama ünitelerine uygulanacak şebeke bağlantısı ve uyumluluk kriterlerini kapsar.

(2) Tüketime bütünleşik depolama tesisleri bu dokümanda yer alan yükümlülüklerden muaftır.

(3) Bu kriterlerin uygulanmasında elektrik depolama tesisleri veya elektrik depolama üniteleri için ilgili şebeke işletmecileriyle imzalanan ilk bağlantı anlaşması tarihi dikkate alınır. Ancak, elektrik depolama tesisleri veya elektrik depolama ünitelerinin ilk bağlantı anlaşmasıyla tesisin tamamının kabul tarihi arasında geçen sürenin üç yılı geçmesi halinde tamamının kabul tarihinden bir yıl önce yürürlükte olan teknik kriterler sağlanır.

Dayanak

MADDE 3- (1) Bu kriterler, 17.12.2024 tarihli ve 32755 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Elektrik Şebeke Yönetmeliğinin elektrik depolama ünite ve tesislerine ilişkin düzenlemeler bölümünde yer alan Geçici Madde 1'in hükümlerine dayanır.

Tanımlar ve kısaltmalar

MADDE 4- (1) Bu kriterde geçen;

- a) Bakanlık: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB),
- b) Bağlantı noktası: Kullanıcıların bağlantı anlaşmaları uyarınca sisteme bağlandıkları saha veya irtibat noktasını
- c) Dağıtım sistemi: Bir dağıtım şirketinin, lisansında belirlenmiş dağıtım bölgesinde işlettiği elektrik dağıtım tesisleri ve şebekesini,
- ç) Dağıtım şirketi: Belirlenen bir bölgede elektrik dağıtımını ile iştirgal eden tüzel kişiyi,
- d) Depolamalı elektrik üretim tesisi: Kanunun 7 nci maddesinin onuncu ve on birinci fıkraları kapsamında kurulan üretim tesisini,
- e) Elektrik depolama tesisi (EDT): Elektrik enerjisini başka bir enerji türüne çevirerek depolayabilen ve depolanan enerjiyi kullanılmak üzere tekrar elektrik enerjisine çevirerek sisteme verebilen tesisi,
- f) Elektrik depolama ünitesi (EDÜ): Santral sahası sınırları içerisinde, üretim tesisinde üretilen veya sistemden çekilen elektrik enerjisini depolayabilen ve depolanan enerjiyi tekrar kullanılmak üzere sisteme verebilen elektrik depolama ünitesini ve/veya

depolamalı elektrik üretim tesisleri içerisinde elektrik enerjisini başka bir enerji türüne çevirerek depolayabilen ve depolanan enerjiyi kullanılmak üzere tekrar elektrik enerjisine çevirerek sisteme verebilen üniteyi,

g) İletim sistemi: Elektrik iletim tesisleri ve şebekesini,

ğ) Kanun: 14/3/2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nu,

h) Kullanıcı: İletim veya dağıtım sistemine bağlanan ya da bu sistemleri veya enterkonneksiyon hatlarını kullanan müstakil elektrik depolama tesisi, üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi veya tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisine haiz gerçek veya tüzel kişiyi,

ı) Kurum: Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu'nu,

i) MKÜD: Minimum Kararlı Üretim Düzeyini,

j) Müstakil elektrik depolama tesisi: Herhangi bir üretim veya tüketim tesisine irtibatı olmaksızın doğrudan şebekeye bağlı elektrik depolama tesisini,

k) SCADA: Yönetmelik kontrol ve veri edinimi sistemini,

l) Şebeke Bağlantı Uyumluluk Noktası: Tesisin şebeke bağlantı ve uyumluluk kriterlerinin izleneceği noktayı,

m) TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'ni,

n) Tüketim tesisine bütünleşik elektrik depolama tesisi: Bir tüketim tesisine aynı ölçüm noktasına bağlı elektrik depolama tesisini,

o) Üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi: Santral sahası sınırları içerisinde, üretim tesisinde üretilen veya sistemden çekilen elektrik enerjisini depolayabilen ve depolanan enerjiyi tekrar kullanılmak üzere sisteme verebilen elektrik depolama ünitesini ifade eder.

(2) Bu kriterde geçen tanım ve kısaltmalar, ilgili mevzuat ve standartlardaki anlam ve kapsama sahip olup bu kriterde yer almayan konular için Elektrik Şebeke Yönetmeliğinin ilgili hükümleri geçerlidir.

İKİNCİ BÖLÜM

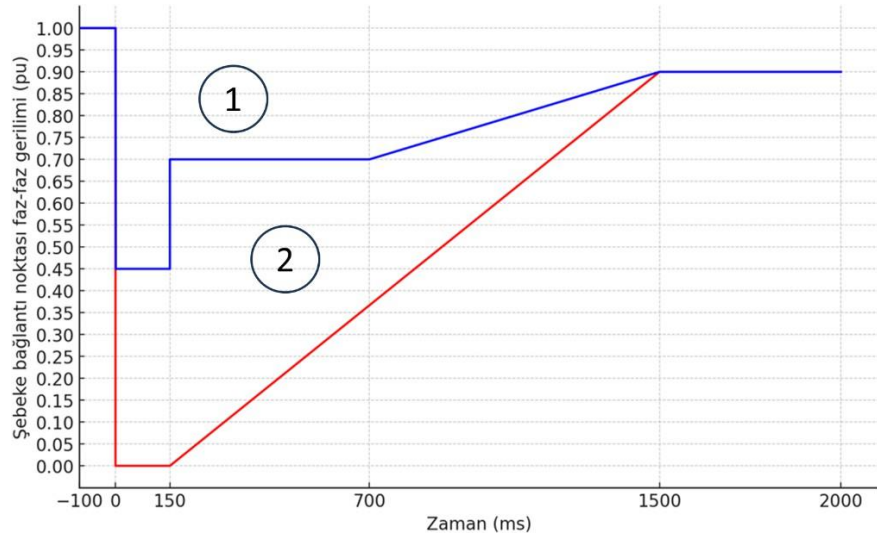
Şebeke Bağlantı ve Uyumluluk Kriterleri

EDT ve Depolama Ünitelerinin Arıza Sonrası Sisteme Katkısı

MADDE 5 – (1) İletim veya dağıtım sistemi bağlantı noktasındaki şebeke faz-faz geriliminin Şekil 1' de verilen 1 numaralı ve 2 numaralı bölgelerde kaldığı süre boyunca, herhangi bir fazda veya tüm fazlarda oluşan gerilim düşümlerinde EDT'ler ve depolama üniteleri şebekeye bağlı kalmalıdır.

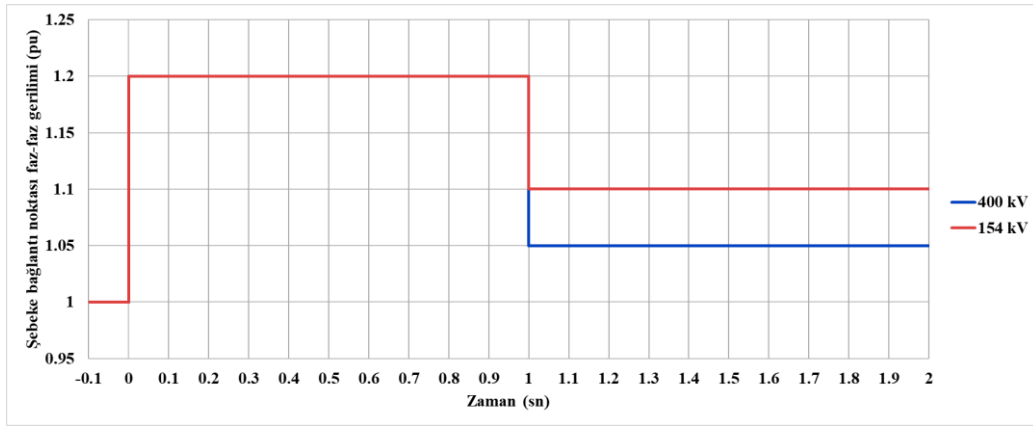
(2) Arıza sırasında gerilim düşümünün 1 numaralı bölgede kaldığı durumlarda, EDT'ler ve depolama üniteleri aktif gücü, arıza temizlendikten hemen sonra saniyede nominal aktif gücünün en az %20'si oranında artırılarak, arıza öncesindeki aktif güç değerine ulaşmalıdır.

(3) Arıza sırasında gerilim düşümünün 2 numaralı bölgede kaldığı durumlarda ise, EDT'ler ve depolama üniteleri aktif gücü, arıza temizlendikten hemen sonra saniyede nominal aktif gücünün en az %5'i oranında artırılarak, arıza öncesindeki aktif güç değerine ulaşmalıdır.



Şekil 1 İletim veya Dağıtım Sistemi Bağlantı Noktasındaki Şebeke Faz-Faz Gerilimi

- (4) EDT'ler ve depolama üniteleri, şebekede meydana gelebilecek geçici gerilim yükselmelerinde Şekil 2'deki grafikte gösterilen süre ve gerilim seviyelerine kadar şebekeye bağlı kalabilmelidir.



Şekil 2 İletim veya Dağıtım Sistemi Bağlantı Noktasındaki Şebeke Faz-Faz Gerilimi

- (5) Şebeke bağlantı noktasında ifade edilen arıza durumlarında oluşacak Elektrik Şebeke Yönetmeliğinin 8 inci maddesinde tanımlanan limitler dışında kalan gerilim dalgalanmalarında her bir EDT ve depolama ünitesi invertörü tasarlanmış geçici rejim anma değerlerini aşmadan, gerekirse nominal akımın %100'üne varacak seviyelerde, endüktif veya kapasitif yönde maksimum reaktif akım desteği sağlamalıdır. Bu geçici rejim maksimum reaktif akım destek değerine %10 hata payı ile 60 ms içerisinde ulaşmalı ve 1,5 saniye boyunca sürdürülebilmelidir.

Aktif Güç Kontrolü

MADDE 6 – (1) EDT'ler ve depolama üniteleri Elektrik Şebeke Yönetmeliğinin 63 üncü maddesinde tanımlanan acil durumlarda aktif güç kontrolü yapabilecektir. EDT'ler ve depolama ünitelerinin aktif gücü, gerektiğinde TEİAŞ tarafından gönderilecek sinyallerle, EDT'ler ve depolama ünitelerinin o anki aktif gücü ile emreamade gücü arasında otomatik olarak kontrol edilebilecektir. Bu kapsamda aşağıdaki teknik donanımına sahip olacaktır;

a) Kurulu gücü seviyesinde aktif güç miktarı ile sistemden enerji çektiği durumdan, kurulu gücü seviyesinde sisteme enerji verir duruma 2 saniye içerisinde geçebilecek

b) Aktif güç 0(sıfır) MW seviyesinden sistemden kurulu gücü seviyesinde enerji çektiği

duruma 1 saniye içerisinde geçebilecek ve aktif güç 0 (sıfır) MW seviyesinden sisteme kurulu gücü seviyesinde enerji verir duruma 1 saniye içerisinde geçebilecek

(2) EDT'lerin faaliyete başlaması sırasında EDT'ler şebekeye bağlantı noktasındaki gerilimde %3'ten daha yüksek bir dalgalanmaya neden olmayacaktır.

(3) EDT aktif güç kontrolünün doğruluğu en az 1 MW ya da kurulu gücünün $\pm \%1$ 'i kadar olmalıdır.

(4) Şebeke kısıtları ve benzeri nedenlerle TEİAŞ MYTM/BYTM veya ilgili Dağıtım şebekesi işletmecilerinin belirli süreler için gönderilecek aktif güç set-point değerlerine uygun olarak ilgili EDT ve depolama ünitelerini aktif güç kontrolü ilgili şebeke işletmecisinin SCADA sistemine tam uyumlu olarak gerçekleştirir. Kullanıcılar, EDT ve depolama ünitelerini SCADA üzerinden kontrolünün sağlanabilmesi gerekli uzaktan kontrol sinyal ve parametre verilerini iletecek şekilde alt yapıyı kurar.

Frekans Çalışma Aralığı

MADDE 12 – (1) EDT'ler ve depolama ünitelerinin tasarım ve çalışması esnasında Tablo 1'de yer alan frekans çalışma aralıklarındaki çalışma süreleri esas alınacaktır.

Tablo 1. Belirlenen frekans aralıklarındaki çalışma süreleri

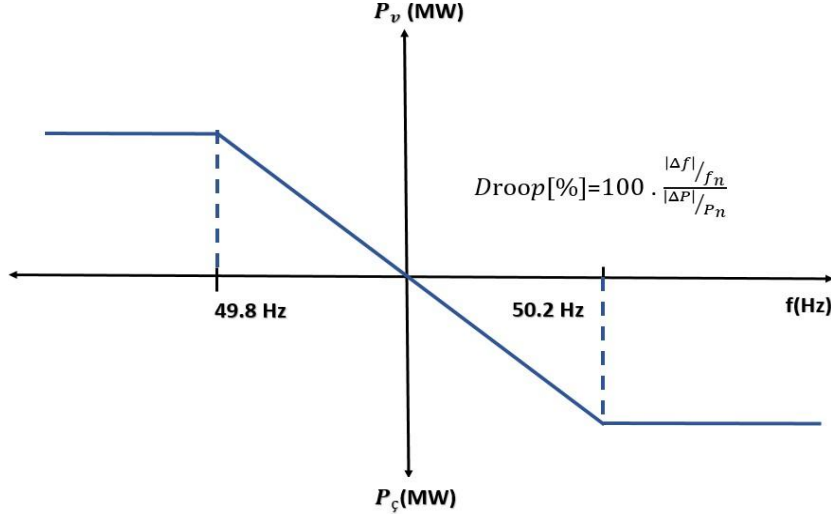
Frekans Aralığı	Minimum Çalışma Süresi
$51 \text{ Hz} \leq f < 51,5 \text{ Hz}$	30 dakika
$49 \text{ Hz} \leq f < 51 \text{ Hz}$	Sürekli
$48,5 \text{ Hz} \leq f < 49 \text{ Hz}$	1 saat
$47,5 \text{ Hz} \leq f < 48,5 \text{ Hz}$	30 dakika

Frekans Hassasiyet Kontrol Gereksinimleri

MADDE 13- (1) İletim sistemine bağlı, 30 MW ve üzeri kurulu gücünde olan EDT ve enerji depolama üniteleri Şekil 3'de tanımlanan frekans değişimlerinde aktif çıkış güçlerini lineer bir fonksiyonu olarak değiştirebilmelidir. EDT'ler veriş ve çekiş modları arasında frekansın değişimine göre otomatik olarak seçim yapabilecektir.

(2) EDT'ler frekansa göre hız eğimi en fazla %8 olmalı ve EDT'ler frekans kontrol ölü bandını 0-0.2 Hz arasında maksimum 0.01 Hz'lik adımlar halinde değiştirebilmelidir.

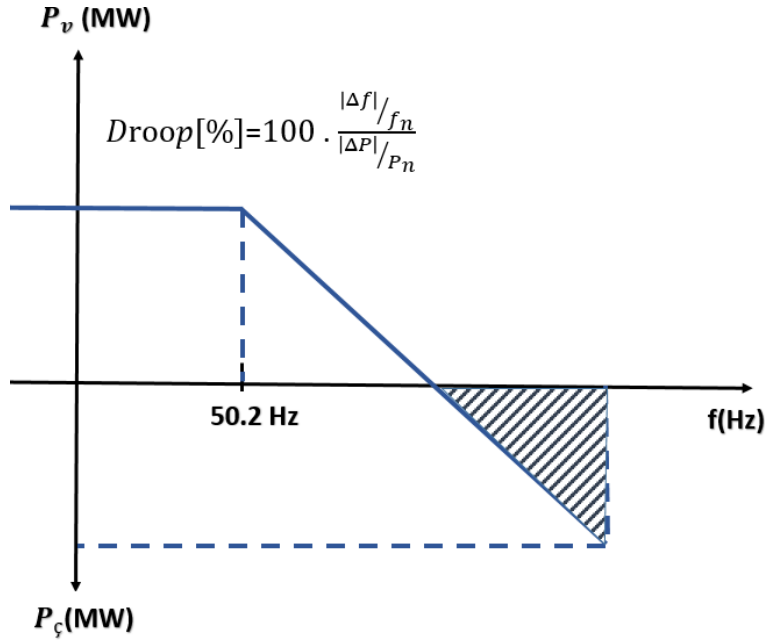
(3) EDT'ler 200 mHz'lik frekans değişimine en geç 200 milisaniye içerisinde frekans tepkisinin tamamını verebilmelidir.



Şekil 3 Frekans Hassasiyet Kontrolü (P_v : EDT'nin şebekeye verdiği aktif gücü, $P_ç$: EDT'nin şebekeden çektiği aktif gücü, P_n : EDT'nin anma gücü, f_n : şebeke nominal frekansı)

Yüksek Frekans Hassasiyeti Gereksinimleri

MADDE 14- (1) EDT'ler aktif güç veriş koşullarında şebeke bağlantı noktasındaki frekansın 50.2 Hz'i geçtiği durumda aktif güç çıkışını Şekil 4'e uygun şekilde frekansın lineer bir fonksiyonu olarak azaltabilmelidir.



Şekil 4 Yüksek Frekans Hassasiyeti

(2) EDT'ler aktif güç çekiş koşullarında şebeke bağlantı noktasındaki frekansın 50.2 Hz'i geçtiği durumda şebekeden çektiği aktif güç değerini frekansın lineer bir fonksiyonu halinde artırebilmelidir.

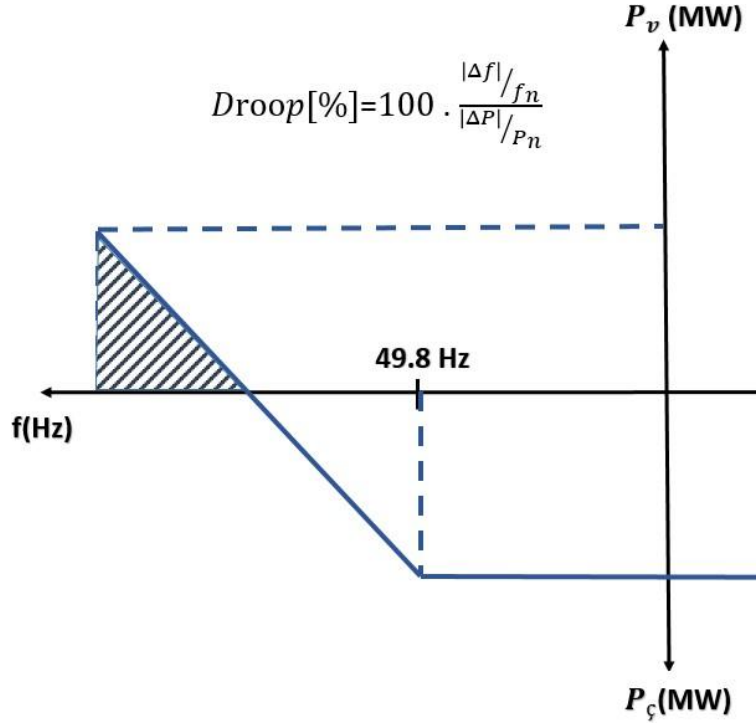
(3) EDT'ler yüksek frekans değişiminde aktif güç hız eğimi (droop) değeri en fazla %8 olmalıdır.

(4) EDT'ler frekansın 50,2 Hz'i geçtiği durumda en geç 2 saniye içerisinde frekans tepkisi vermelidir.

(5) EDT'ler aktif güç çekiş koşullarında frekans tepkisini kurulu gücü aşmamak kaydıyla tamamen şarj olana kadar devam ettirilmelidir.

Düşük Frekans Hassasiyeti Gereksinimleri

MADDE 15- (1) İletim sistemine bağlı, 30 MW ve üzeri kurulu gücünde olan EDT ve enerji depolama üniteleri aktif güç çekiş koşullarında şebeke bağlantı noktasındaki frekansın 49,8 Hz'in altına düştüğü durumda sistemden çektiği aktif güç değerini Şekil 5'e uygun şekilde frekansın lineer bir fonksiyonu olarak azaltabilmelidir.



Şekil 5 Düşük Frekans Hassasiyeti

(2) EDT'ler aktif güç veriş koşullarında şebeke bağlantı noktasındaki frekansın 49,8 Hz'in altına düştüğü durumda sisteme verdiği aktif güç değerini Şekil 5'e uygun şekilde frekansın lineer bir fonksiyonu olarak artırabilmelidir.

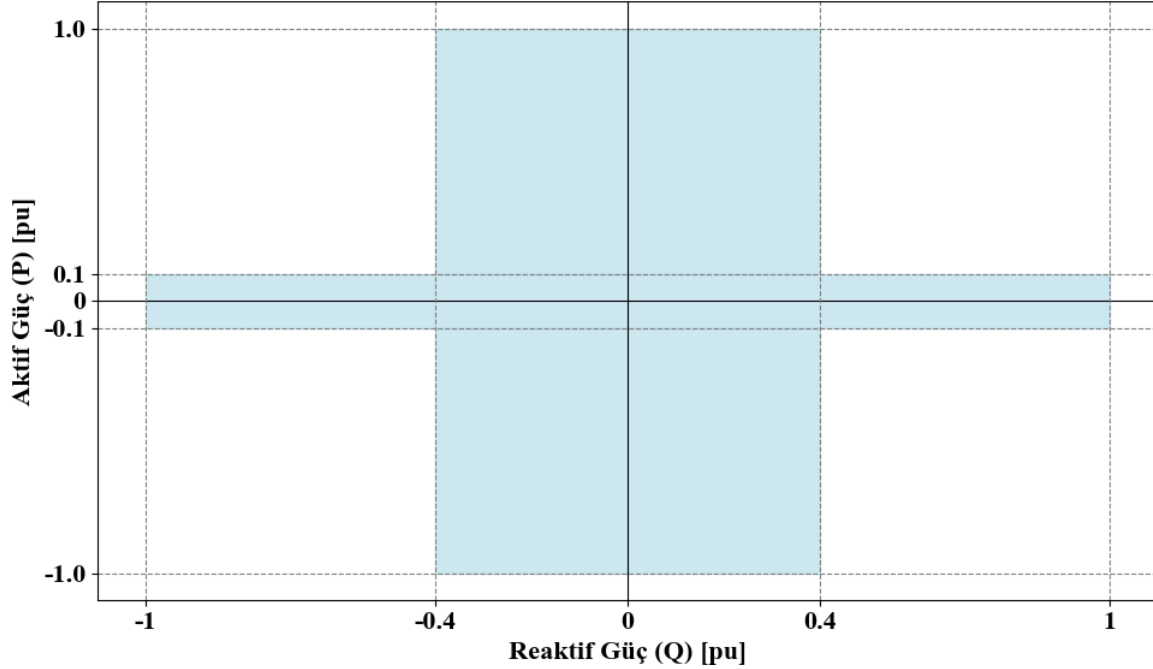
(3) EDT'ler düşük frekans değişiminde aktif güç hız eğimi (droop) değeri en fazla %8 olmalıdır.

(4) EDT'ler frekansın 49.8 Hz'in altına düştüğü durumda en geç 2 saniye içerisinde frekans tepkisi verebilecektir.

(5) EDT'ler aktif güç veriş koşullarında frekans tepkisini kurulu gücü aşmamak kaydıyla tamamen deşarj olana kadar devam ettirmelidir.

Reaktif Güç Kapasitesi

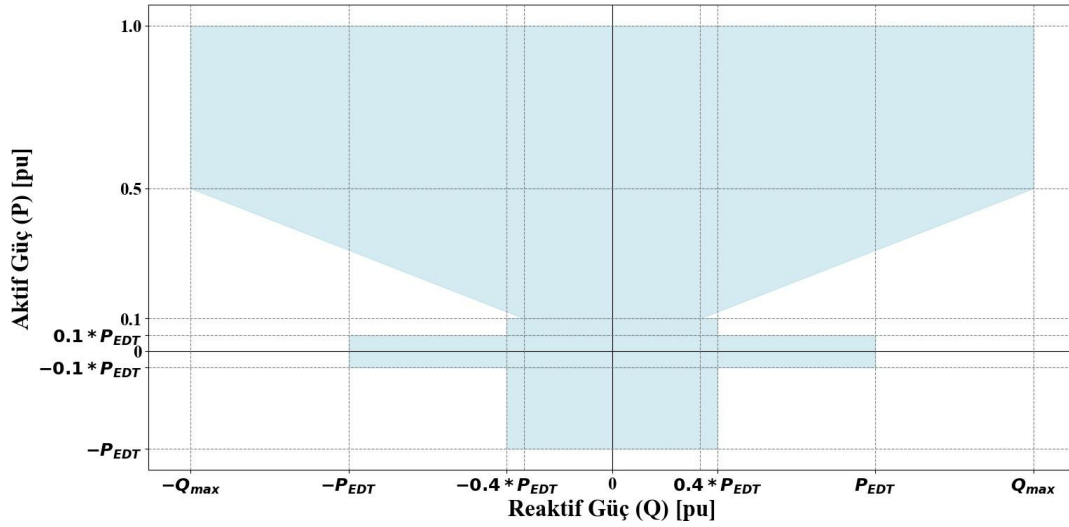
MADDE 16 – (1) Müstakil elektrik depolama tesisleri ve Kanunun 7inci maddesinin onuncu fıkrası kapsamında kurulan depolamalı üretim tesisleri, iletim veya dağıtım sistemine bağlantı noktasında, Şekil 6’da taralı alanlar ile belirtilen sınırlar dahilinde reaktif güç değerleri için her noktada sürekli olarak çalışabilir olmak zorundadır.



Şekil 6 Müstakil Elektrik Depolama Tesisleri ve Depolamalı Üretim Tesisleri Reaktif Güç Kapasitesi

(2) Kanunun 7inci maddesinin on birinci fıkrası kapsamında depolamalı üretim tesisleri ile üretime bütünleşik depolama tesisleri ana kaynağına dayalı üretim birimi devrede ve toplam aktif çıkış gücü toplam kurulu gücünün %10’u ve üzerinde iken Şekil 7’de belirtilen sınırlar dahilinde ana kaynağının türü doğrultusunda Elektrik Şebeke Yönetmeliğinin Ek.18’inde belirlenen reaktif güç miktarlarına ulaşmakla yükümlüdür.

(3) Kanunun 7inci maddesinin on birinci fıkrası kapsamında depolamalı üretim tesisleri ile üretime bütünleşik depolama tesisleri ana kaynağına dayalı üretim birimi devre harici veya toplam aktif çıkış gücü toplam kurulu gücünün %10’unun altında iken depolama kurulu gücü (PEDT) doğrultusunda Şekil 7 ‘de belirtilen sınırlar dahilinde reaktif güç değerleri için her noktada sürekli olarak çalışabilir olmak zorundadır.



Şekil 7 Depolamalı Üretim Tesisleri ve Üretime Bütünleşik Depolama Tesisleri Reaktif Güç Kapasitesi

(4) Ana kaynağı rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı olmayan üretime bütünleşik depolama tesisleri, ana kaynağına dayalı üretim birimi devrede iken zorunlu reaktif güç değerleri devrede olan ünitelerin kurulu güçleri doğrultusunda aşağıda belirtilen şekilde hesaplanır;

a) Elektrik Şebeke Yönetmeliği'nin 20nci maddesi doğrultusunda ana kaynak ünitesi 0.85 güç faktörüne sahip olması gereken üretim tesisleri için aşırı ikazlı zorunlu MVAR değeri kurulu gücünün en az %55'i kadar olmak, düşük ikazlı zorunlu MVAR değeri kurulu gücünün en az %40'i kadar olmak zorundadır.

b) Elektrik Şebeke Yönetmeliği'nin 20nci maddesi doğrultusunda ana kaynak ünitesi 0.85 güç faktörünün üzerinde olmasına izin verilen üretim tesisleri için aşırı ikazlı zorunlu MVAR değeri kurulu gücünün en az %30'u kadar olmak, düşük ikazlı zorunlu MVAR değeri kurulu gücünün en az %40'i kadar olmak zorundadır. Bu üretim tesisleri sistem işletmecisinin talebi doğrultusunda aşırı ikazlı çalışma durumunda, gerektiğinde kurulu güçlerinin %55'ine tekabül eden zorunlu reaktif güç değerine ulaşmakla yükümlüdür.

c) Ana kaynağı rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı olmayan üretime bütünleşik depolama tesisleri ana kaynağına dayalı üretim birimi devre harici veya toplam aktif çıkış gücü MKÜD seviyesinin altında iken depolama ünitesinin veriş veya çekiş koşullarında depolama kurulu gücünün en az %40'ı kadar aşırı veya düşük ikazlı olarak reaktif güç desteği vermekle yükümlüdür.

Gerilim Kontrolü

MADDE 17 – (1) İletim sistemine bağlı olan EDT ve enerji depolama üniteleri, Elektrik Şebeke Yönetmeliğinin 8 inci maddesinde tanımlanan normal işletme koşullarında, bağlantı noktası geriliminin denge durumu değişimlerinde, sürekli gerilim kontrolü yapabilmelidir. Sürekli gerilim kontrolü, senkron generatörlerdeki ikaz sisteminin bir parçası olan otomatik gerilim kontrolcüsü (AVR) gibi kapalı döngü bir kontrol tasarımı ile geri beslemeli olarak sürekli gerçekleştirmelidir. Bununla birlikte bahse konu bu gerilim kontrolcüsü gerilim kontrolü yanında, güç faktörü kontrolü ve sabit reaktif güç kontrolü yapabilen kontrol yeteneklerini haiz olmalı; bahse konu kontrol, inverter terminallerinin yanında uzak bara (örn. şebeke bağlantı noktası) için de gerçekleştirilebilmelidir.

(2) Bahse konu sürekli gerilim kontrolü, ayar değeri değişimlerinde maksimum 1 saniye içerisinde belirlenen ayar değerine gelebilmelidir.

(3) Gerilim kontrolü kapsamında ünite terminalindeki ani gerilim değişimlerinde ise gerilim kontrolü sonucunda oluşan akım değişimi ile ilgili sağlaması gereken gereksinimler:

- i) Görünür akım 10 ms içinde toplam tepkinin %90 seviyesine ulaşmalı ($T_{rise_90\%} < 10ms$)
- ii) Reaktif akım 60 ms içinde dengelenmeli ve sönümleme oranı 0.3 seviyesinden büyük olmalıdır.

(4) Gerilim kontrolü, bir şebeke bağlantı noktasında paralel bağlı birden fazla şebeke oluşturan ünite ile birlikte çalışırken de gereklilikleri karşılayacak şekilde tasarlanacaktır.

Grid forming (şebeke oluşturan) inverter teknolojisi gerekliliği

MADDE 18 – (1) Ulusal şebeke alt yapısında artan inverter tabanlı yenilenebilir üretim santralleriyle birlikte şebekenin frekans ve gerilim kararlılığını desteklemek, özellikle ada modunda çalışma, düşük kısa devre gücü gibi durumlarda şebeke dinamiklerini sürdürülebilir kılmak ve enerji kalitesini sağlamak amacıyla grid forming (şebeke oluşturan) inverterler ile uyumlu bir teknoloji kullanılması gerekmektedir.

(2) İletim ve dağıtım şebekesine bağlı EDT ve depolama üniteleri otonom olarak çalışabilecek şebeke oluşturan (grid forming) teknolojisi yeterliliği için gerekli donanım ve yazılım alt yapısına sahip olmalıdır.

(3) İletim ve dağıtım şebekesine bağlı EDT ve depolama üniteleri, şebekenin tamamının veya bir kısmının oturması durumunda harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan kendi barasını enerjilendirebilmelidir.

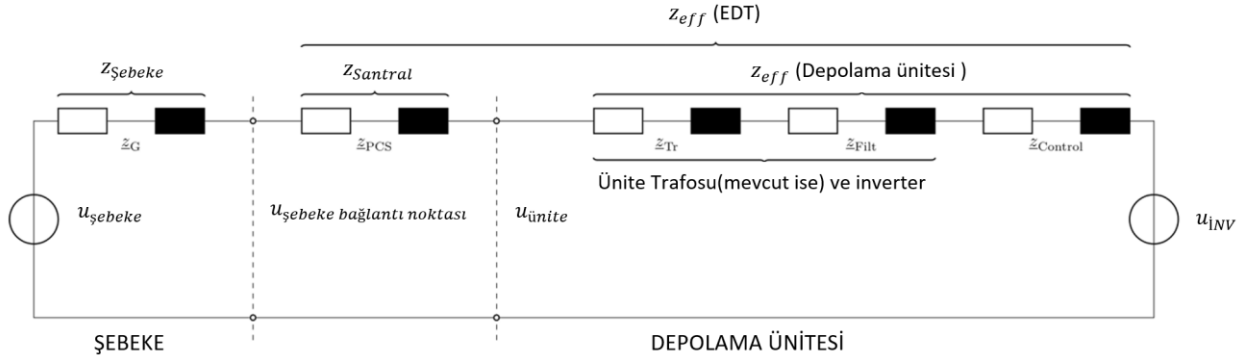
(4) Şebeke-oluşturan birim (Grid-Forming Unit), bağlantı noktalarında sürekli olarak, etkin bir empedansın ardında yer alan bir gerilim kaynağına eşdeğer (Thevenin eşdeğerli) bir davranış sergileyecek şekilde tasarlanmış ve işletilmelidir. Bu davranış, Şekil 8’de pozitif bileşen için verilen eşdeğer devre diyagramı ile uyumlu olmalıdır. Buna göre, birimin dahili olarak kontrol edilen gerilim kaynağı, temel frekansta çalışan pozitif bileşen bir gerilim kaynağı niteliğinde olacaktır.

(5) İletim ve dağıtım şebekesine bağlı EDT ve depolama üniteleri ani faz açısı değişimi (Phase Jump) tepkisi verebilmelidir. Bu doğrultuda;

a) Mevcut akım ve enerji limitleri dahilinde ilgili tesislerin terminallerinde bir iç empedansın arkasında bir gerilim kaynağı gibi davranabilmelidir. Şebeke gerilimine ihtiyaç duymadan kendi gerilimini oluşturabilmelidir.

b) Şebeke gerilim açısında gerçekleşen ani değişimlere karşı kendi iç gerilim açısını koruyabilmelidir.

c) Şebeke gerilim açısında yaşanacak ani açı değişimlerine aşağıda verilen formül doğrultusunda iki yönlü (şebekeye aktif güç verme veya çekme yönünde) aktif güç desteği verebilmelidir. Formülde kullanılan x_{eff} değeri¹ ünite terminali veya santral şebeke bağlantı noktası ile inverter iç gerilimi arasındaki efektif reaktans değeridir. Santral tasarımı esnasında, ünite ve santral içi maksimum empedans değerleri aşağıdaki tablodaki değerler dikkate alınarak oluşturulmalıdır².



Şekil 8 Temel frekansta pozitif bileşen gerilim kaynağı davranışı gösteren şebeke yapıcı ünite eşdeğer diyagramı

$$\Delta i_{P,Pik} Değer \approx -\frac{1}{X_{Eff}} (\sin(\delta + \gamma) - \sin(\delta))$$

$\Delta i_{P,Pik} Değer$: Ani faz açısı değişimi akım tepkisi teorik pik değeri

δ : Şebeke bağlantı noktası ve inverter arasındaki gerilim açıları farkı (Ani açı değişimi olayı öncesinde)

γ : Şebeke bağlantı noktasında gerçekleşen ani faz açısı değişimi değeri

Tablo 2 EDT Ünite ve Şebeke Bağlantı Noktası Empedans Değerleri

Referans Noktası Gerilimi	Ünite Z_{eff} değerleri (pu)	Şebeke Bağlantı Noktası Z_{eff} Değerleri (pu)
<1 kV	0.27	-
≤66 kV	0.35	0.35
>66 kV	0.45	0.5

ç) Şebeke bağlantı noktası gerilim açısında yaşanacak 5 dereceye kadar ani değişimlerde inverter akım limitine girmeden c bendindeki formülde hesaplanan akım tepkisini verebilmelidir. Formülde hesaplanan akım tepkisinin %50'sine en geç 10 ms içerisinde ulaşmalıdır.

d) Şebeke gerilim açısında yaşanacak 60 dereceye kadar ani değişimlerde sisteme bağlı kalabilmelidir.

(6) İletim ve dağıtım şebekesine bağlı EDT ve depolama üniteleri frekans değişim hızı (RoCoF) tepkisi verebilmelidir. Bu doğrultuda;

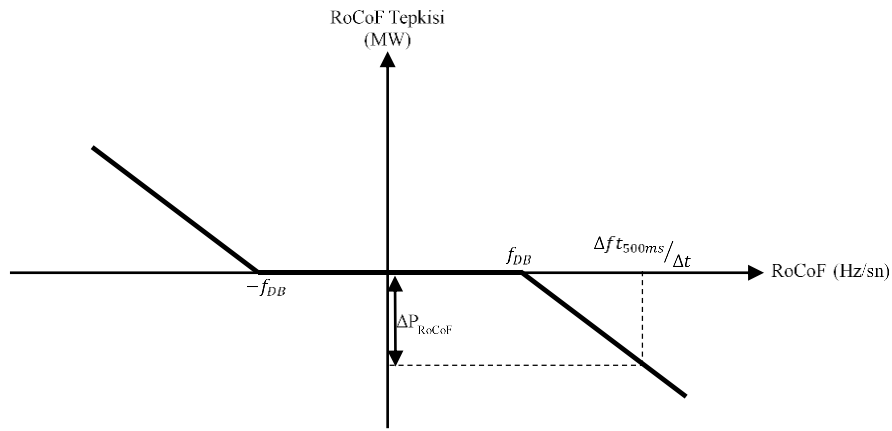
¹ $r_{eff} \ll x_{eff}$ olduğu varsayılarak formülde $x_{eff} \approx z_{eff}$ kabul edilmiştir.

² ENTSOE - Grid Forming capability of power park modules, 3 October 2025

a) Sistem frekansında yaşanan değişimlerde, frekans değişim hızı doğrultusunda, frekans değişim yönüne bağlı olarak iki yönlü (şebekeye aktif güç verme veya çekme yönünde) aktif güç tepkisi verebilmelidir.

b) 500 ms zaman penceresinde hesaplanan frekans değişim hızının TEİAŞ tarafından belirlenen ölü bant değerinin üzerinde olması durumunda şebeke aktif güç tepkisi verebilmelidir. TEİAŞ tarafından ölü bant değeri bildirilmediği durumda ölü bant değeri olarak varsayılan “0” mHz kullanılacaktır.

c) Sistem frekansında yaşanan frekans değişimlerine Şekil 9 doğrultusunda ve aşağıdaki formüle göre hesaplanan büyüklükte aktif güç tepkisi verebilmelidir. Bu tepkinin %90’ına en geç 250 ms içerisinde ulaşabilmelidir.



Şekil 9 EDT RoCoF Tepkisi

$$\Delta P_{RoCoF} = 2H_{eq} \times \frac{|\Delta f t_{500ms}/\Delta t| - f_{DB}}{f_{nom}} \times P_{nom}$$

Bu formülde yer alan;

ΔP_{RoCoF} : Frekans Değişim Hızı (RoCoF) Tepki Miktarı (MW)

H_{eq} : Ünite/tesis eşdeğer atalet sabiti (sn)

Δf_{500ms} : 500 ms zaman penceresinde hesaplanan frekans değişimi (Hz)

Δt : Zaman penceresi, 0.5 sn

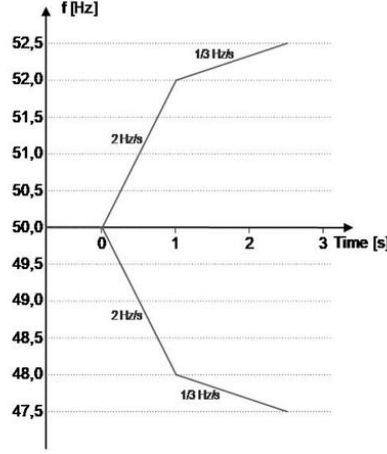
f_{nom} : Nominal frekans değeri, 50 Hz

P_{nom} : Nominal aktif güç (MW)

f_{DB} : RoCoF tepkisi frekans değişim hızı ölü bandı (Varsayılan değer: 0 mHz)

ç) Eşdeğer atalet sabiti (H_{eq}) TEİAŞ tarafından 1 – 10 saniye aralığında belirlenebilecektir. TEİAŞ tarafından aksi belirtilmedikçe eşdeğer atalet sabiti 5 saniye olarak kabul edilecektir.

d) Frekans değişim hızı (RoCoF) tepkisini, aşığıdaki grafikte verilen frekans değişim hız değerleri ve sürelerinde akım limitine girmeden verebilmelidir. RoCoF değişimleri ve hızı değerlendirildiğinde, EDT ünitesinin her çalışma koşulunda en az 0.5 pu değerinde bir aktif çıkış gücü değişimi (ΔP) gerçekleştirebilmesi gerekmektedir. Bu tepkiyi sağlayabilmesi için azami gücünün 1.5 saniye eşdeğerine sahip enerji kapasitesini rezerve etmesi gerekmektedir.



Şekil 10 Akım veya güç sınırlaması olmaksızın EDT ünitelerinin atalet sağlaması beklenen RoCoF olaylarının gösterimi

e) Sistem frekansında ± 2 Hz/s hızına kadar yaşanacak frekans değişimlerinde sisteme bağlı kalmalıdır.

(7) İletim ve dağıtım şebekesine bağlı EDT ve depolama üniteleri salınım sönümleme yeteneğine sahip olmalıdır. Bu doğrultuda;

a) Ani faz açısı değişimi tepkisi ve frekans değişim hızı (RoCoF) tepkisi sonucunda çıkış gücünde meydana gelebilecek salınımları sönümleyebilecek kontrolcü tasarımına sahip olmalıdır.

b) Şebekede ortaya çıkabilecek 0.05 – 10 Hz aralığındaki aktif güç salınımları için sönümleme oranı (damping ratio) en az %10 olmalıdır.

(8) Bu madde kapsamında oluşacak geçici rejim tepkileri sırasında ünite aktif çıkış gücünün lisans gücü üzerinde olmasına izin verilir.

(9) Grid forming (şebeke oluşturan) inverter teknolojisine ait şebeke faaliyetleri ile ilgili teknik ve tasarım koşulları TEİAŞ tarafından internet sitesinde yayımlandığı tarihten itibaren yürürlüğe girer. Ancak, söz konusu yayım tarihinden önce tesis kabul işlemleri tamamlanmış, bağlantı anlaşması imzalanmış olan tesisler ile birlikte 01.06.2026 tarihine kadar üretim lisansı almaya hak kazanan tesislerin EDT ve depolama üniteleri için bu koşullar aranmaz.

Üretim Tesis Şebeke Bağlantı Transformatörü

MADDE 19 – (1) İletim sistemine doğrudan bağlı müstakil ve depolamalı üretim santrallerinin şebeke bağlantı transformatörleri yük altında otomatik kademe değiştirme özelliğine sahip olmak zorundadır. Transformatörlerin sahip olması gerekli diğer özellikleri Elektrik Şebeke Yönetmeliğinde tanımlanmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Diğer Hükümler

Şebeke işletmecisine Sağlanacak Bilgiler ve Uyumluk Kriterlerinin Onaylanması

MADDE 20 – (1) Kullanıcılar, iletim sistemine bağlı ve depolama ünitesi kurulu gücü 10 MW ve üzeri olan EDT’ler için işletmecilerine EDT ve depolama ünitelerinin aşağıdaki teknik bilgi, belgeleri ile tesisin şebeke analiz modellerini Tablo 2’deki model ve analiz program detaylarına göre her başlık için en az bir analiz programında santral kabulü öncesinde TEİAŞ’a sunmak zorundadır.

Tablo 3 Model Türü ve Detayları

Model türü	Detaylı Model	Toplulaştırılmış model
Statik model	Digsilent Powerfactory, PSS-E	Digsilent Powerfactory, PSS-E
Dinamik (RMS) model	Digsilent Powerfactory, PSS-E	Digsilent Powerfactory, PSS-E (WECC/IEC doğrulanmış eşdeğer model)
Geçici durum (EMT) modeli	Digsilent Powerfactory, PSCAD	

- Sistem etütlerinde kullanmak üzere Tablo 2’de belirtilen şekilde toplulaştırılmış model sağlanacaktır.
- Santralin uyumluk kriterlerinin sağlandığının analiz edilmesi amacıyla EDT ve depolama ünitelerinin bulunduğu tüm tesisin Tablo 2’de belirtilen detaylı modelleri santral master kontrolcü fonksiyonları, şebeke bağlantısı ve tesis tek şeması bilgileriyle birlikte tek bir model olarak sunulacaktır. Bu model her bir uyumluluk kriteri için senaryo/olay/çalışma durumlarını ve analiz sonuç bilgilerini içerecektir.
- Dinamik modeller sinyal-parametre tanımlarında; blok diyagramların temel aldığı tüm transfer fonksiyonlarını ve bu tanımlarla ilgili tüm aritmetik, lojik operasyonların açılımları, giriş ve çıkış sinyalleri arasında yer alan aktif güç, reaktif güç değerlerini, tüm set point parametrelerini, sistem koruması aktivasyon sinyallerine dair tanımlamaları içerecektir.
- Tesis bünyesinde sistem bağlantı gereksinimlerini sağlamak için tesis edilen ekipmanların (STATCOM, SVC vb.) bulunması durumunda bu ekipmana dair simülasyon modeli ve çalışma karakteristiği modele eklenecektir.
- Tesis bünyesinde yer alan her bir ekipman için sisteme verilebilir harmonik katkı değerleri modelde yer alacak, bunlara ilişkin teknik dokümanlar sağlanacaktır.

e) Oluşturulan senaryo/olay/çalışma durumlarında tesisin bağlantı noktasına göre temel kısa devre katkısı, aktif ve reaktif güç kapasiteleri ve çalışma aralığı, kontrol modlarına göre çalışma karakteristikleri gösterilecek; uyumluluk analizlerinde oluşabilecek arıza, gerilim ve frekans değişimleri koşulları, aktif ve reaktif güç talimatları gibi işletme senaryolarını kapsayacak şekilde statik ve dinamik karakteristiği yansıtılacaktır.

f) Kullanıcılar tarafından model kullanımına için aşağıda belirtilen bilgileri içerecek kılavuz sağlayacaktır.

- Simülasyon modeli limit çalışma koşulları (farklı çalışma modları ve şebeke kısa devre gücüne bağlı kısıtlarda),
- Modele özel teknik kullanım koşulları (step size vb.),
- Kontrol, koruma ve düzenleme fonksiyonlarına dair tanımlar ve çalışma yapısı
- Tesis ve ünite bağlantı noktasına kadar tek hat gösterimi
- Elektriksel giriş ve çıkış noktaları
- Detaylı parametre listesi, gerekli transfer fonksiyonların ve blok diyagramların gösterimi
- Koruma fonksiyonlarına dair detaylar
- Simülasyon başlatılması, şebekeye entegrasyonu vb. adımlarının gösterimi

(2) Kullanıcılar, birinci fıkrada belirtilen tesis şebeke analiz modelleri üzerinde yapılan analiz sonuçlarında bu kriterde tanımlanan uyumluluk kriterlerinin, ilgili tesisin Ek-1'de belirtilen şebeke bağlantı uyumluluk noktasında sağlanıp sağlanmadığını gösteren model ve raporu ilk sistem kullanım anlaşması başvurusundan en geç 3 ay öncesinde TEİAŞ'a sunmak zorundadır.

(3) TEİAŞ, bu kriterlerde EDT'lerin şebeke bağlantı ve kurulu güçlerine göre tanımlanan uyumluluk kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığını Kullanıcılar tarafından yapılan model analizleri ve raporları onaylayacaktır. TEİAŞ tarafından şebeke uyumluluk analizlerinin uygunluğuna ilişkin hazırlanan bir belge ile tesisin kabul işlemleri yapılacaktır.

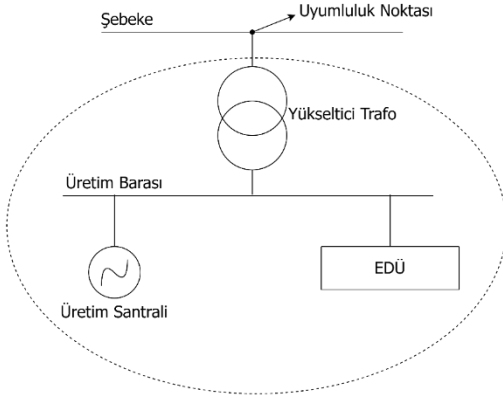
(4) Kullanıcılar, EDT'ler veya depolama ünitelerinin bu kriterlerde tanımlanan uyumluluk kriterlerini tesis işletme koşullarında yerine getirmekle yükümlüğünü taahhüt edecek, TEİAŞ kullanıcıların tesis bazında yükümlülüklerini yerine getirmediğini tespit etmesi haline Kuruma bildirecektir.

MADDE 21–(1) Kullanıcılar, dağıtım şebeke işletmecilerinin talep etmesi halinde dağıtım sistemine bağlı olan EDT'ler için bu şebeke uyumluluk kriterlerinde yayımlanan teknik bilgi, belgeleri bağlı oldukları dağıtım şebeke işletmecilerine sunmak zorundadır. Söz konusu teknik bilgi ve belgelerin dağıtım işletmecileri tarafından talep edilmesi halinde, bu Usul ve Esasların 20. Maddesinde yer alan hükümler dağıtım sistemine bağlı olan EDT'ler için uygulanır. Bu kapsamda, TEİAŞ tarafından yürütüleceği belirtilen iş ve işlemler, ilgili dağıtım işletmecisi tarafından yerine getirilir.

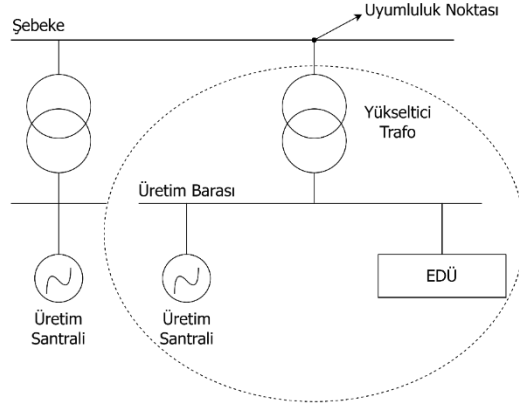
EK-1

EDT Uyumluluk Kriterlerinin Uygulanmasına Esas Şebeke Bağlantı Uyumluluk Noktaları

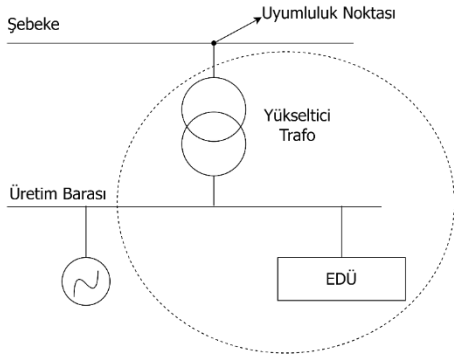
Şekil-1 Elektrik Piyasası Kanunu 7.Madde 10.Fıkrası Kapsamında Kurulan Depolamalı Elektrik Üretim Tesisi



Şekil-2 Elektrik Piyasası Kanunu 7.Madde 11.Fıkrası Kapsamında Kurulan Depolamalı Elektrik Üretim Tesisi



Şekil-3 Üretim Tesisine Bütünleşik Elektrik Depolama Ünitesi



Şekil-4 Müstakil Elektrik Depolama Ünitesi

