

Karşılaştırmalı IEEE ve Türkiye Şebeke Yönetmeliği Analizi: Std 2800 ve Ek-18

Comparative Grid Code Analysis of IEEE and Türkiye: Std 2800 vs Ek-18

İbrahim Küçük¹, Jean Derin Bourdon²

¹Siemens Gamesa Renewable Energy, Türkiye
ibrahim.kuecuk@siemensgamesa.com

²Université de Toulouse 3 Paul Sabatier, Fransa
jean-derin.bourdon@univ-tlse3.fr

Özet

Güç sistemleri yenilenebilir enerji kaynaklarının artmasıyla birlikte bir değişimden geçmektedir. Şebeke yönetmelikleri de bu değişime paralel bir şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik gereksinimler için güncellenmektedir. Bu bildirinin amacı Türkiye’de uygulanan şebeke yönetmeliğinin Ek-18’i ile, IEEE tarafından Şubat 2022’de yayınlanan şebeke yönetmeliği standardı Std 2800’ü karşılaştırmak ve aralarındaki benzerlikleri ve farklılıkları analiz etmektir. Bildiri boyunca görülmüş türki iki şebeke yönetmeliğinin de ortak olarak içerdiği birçok gereksinim vardır. Ancak daha yeni olan IEEE şebeke yönetmeliği standardı, Ek-18’de dahil edilmeyen bazı ekstra gereksinimler de içermektedir.

Anahtar kelimeler: Şebeke yönetmeliği, Ek-18, IEEE, Std 2800.

Abstract

Power systems are transforming with the increasing share of renewable energy resources. Grid codes are being updated to include requirements to be applied to renewable energy sources. The main goal of this paper is to compare the grid code applied to renewable energy sources in Türkiye, which is Ek-18, and the grid code standard IEEE Std 2800 which is released on February 2022, and to analyse the common and different aspects between these two grid codes. In the paper, it has been shown that the two grid codes consist several common requirements. However, the relatively newer IEEE Std 2800 includes some extra requirements that are not included in Ek-18.

Keywords: Grid code, Ek-18, IEEE, Std 2800.

1. Giriş

Elektrik artık hayatımız vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir ve neredeyse her yerde kullanılmaktadır.

Elektriğe duyulan ihtiyaç her gün artarken, tüketiciler kesintisiz enerjiye ulaşabilmek için güç şebekelerine güvenmektedirler. Küresel ısınma, çevre kirliliği ve sürdürülebilirlik gibi endişeler sonucu, ülkeler bu hayati kaynağı üretme yollarını değiştirmekte, geleneksel fosil üretim sistemlerinden yenilenebilir ve sürdürülebilir sistemlere geçmektedirler. Fotovoltaik ve rüzgar enerji sistemlerine bakıldığında ve bu sistemler konvansiyonel üretim tesisleriyle karşılaştırıldığında teknolojik farklılıklardan bir tanesi öne çıkmaktadır: güç elektroniği devreleri ile şebekeye bağlanma. Bu teknolojik farklılık nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları, alışılageldiğimiz üretim tesislerinin yeteneklerine sahip olmayabilmekte, ya da şebekedeki davranışları belli koşullar altında farklılaşabilmektedir. Bunun sonucu olarak da iletim sistemi operatörleri son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik ayrı şebeke yönetmelikleri yayınlamaktadırlar.

Bu bildiri EPDK’nın yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik Nisan 2017’de yayınladığı şebeke kodunun Ek-18’i [1] ve IEEE tarafından evirici arayüzlü kaynaklara (Kaynakta inverter-based resources (IBR) olarak belirtiliyor) yönelik Şubat 2022’de yayınlanan Std 2800 [2] şebeke bağlantı standardı incelenip karşılaştırılmaktadır. Std 2800 bir standart olmasına rağmen bildirinin sadeliği açısından şebeke yönetmeliği olarak yorumlanacaktır. Std 2800’ün özellikle Kuzey Amerika’da yönetmeliklere dahil edilmesi beklenmektedir ve bildirinin yazıldığı tarihte, Std 2800 Kanada’nın Hydro-Quebec şebeke yönetmeliğine çoktan dahil edilmiştir [3]. Belirtmekte fayda varki Std 2800 farklı rüzgar türbini teknolojileri için (Tip 3 ve Tip 4) ve enerji depolama sistemleri için teknolojik farklılıklar nedeni ile farklı gereksinimler isteyebilmektedir. Bu bildiri bu farklılıkların olduğu yerlerde, bildirinin basitliğini sağlayabilmek ve yazarların bilgisini en üst düzeyde kullanabilmek için, Std 2800’den Tip 3 rüzgar türbini için olan değerler alınmıştır.

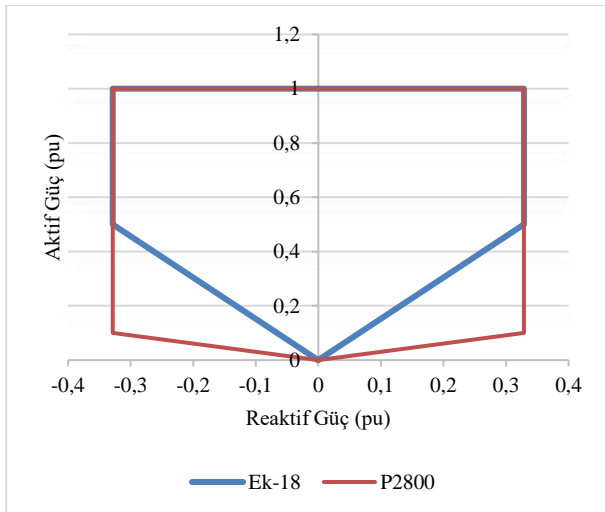
Bildirinin takip eden başlıklarında önce iki şebeke yönetmeliğindeki reaktif güç kapasitesi, gerilim tepkisi, frekans tepkisi ve arıza anındaki tepkiler ele alınacaktır. Devamında Std 2800'de olan ancak Ek-18'de olmayan bazı gereksinimler paylaşılacaktır. Son olarak da yazarların vardığı sonuç paylaşılacaktır.

2. Reaktif Güç Kapasitesi

Bir güç sisteminde reaktif güç akışı ile gerilim arasında güçlü bir bağlantı vardır. Özetle söyleyebiliriz ki, bir sistemin gerilim kararlılığını sağlamak amacıyla gerilimin düşük olduğu yerlerde şebekeye reaktif güç basılabilir (kapasitif), ve şebeke gerilimin yüksek olduğu yerlerde reaktif güç çekilebilir (endüktif) [4].

Reaktif güç kapasitesi şebeke yöneliklerindeki en temel ve yaygın gereksinimlerden birisidir, ve EK-18 ve Std 2800'e de dahil edilmişlerdir. İki şebeke yönetmeliğinde de reaktif güç kapasitesi iki farklı kategoride tanımlanmıştır. Bunlardan ilki bir tesisin, kendi aktif gücüne göre sahip olması gereken reaktif güç kapasitesidir (Q (P)). İkincisi ise bir tesisin nominal gerilimden farklı gerilim değerlerinde sağlaması gereken reaktif güç kapasitesidir (Q (V)).

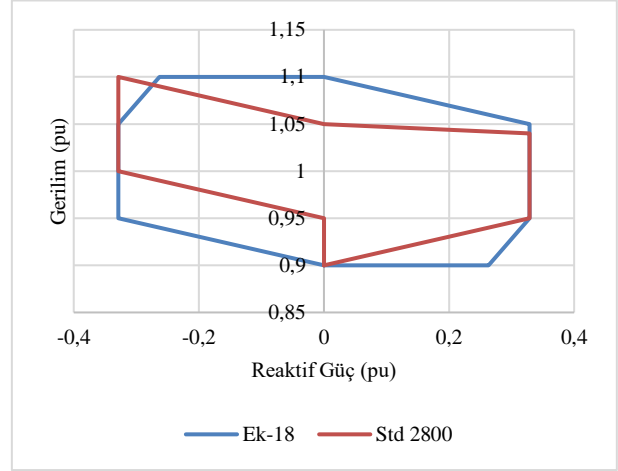
Şekil 1'de bir tesisin Ek-18 ve Std 2800 için tanımlanan aktif güce göre reaktif güç kapasitesi gereksinimi gösterilmiştir. Şekilde de görülebileceği gibi iki şebeke yönetmeliği de maksimum olarak 0.95 güç faktörüne denk gelen 0.3387 pu reaktif güç kapasitesi istemektedir. Ancak Ek-18 bu değeri 0.5-1.0 pu aktif güç arasında talep ederken, Std 2800 daha geniş bir aralık olan 0.1-1.0 pu aktif güç aralığında talep etmektedir. Daha düşük aktif güç seviyelerinde ise iki şebeke yönetmeliğinde de reaktif güç kapasitesi lineer bir şekilde 0'a düşmektedir.



Şekil 1. Reaktif Güç Kapasitesi Q(P)

Şekil 2'de bir tesisin Ek-18 ve Std 2800 için tanımlanan gerilime göre reaktif güç kapasitesi gereksinimi gösterilmiştir. Şekilden genel olarak Ek-18'in daha yüksek gereksinimler içerdiği söylenebilir. Örneğin, Std

2800 sadece 1.05 pu gerilime kadar kapasitif operasyon talep ederken, bu değer Ek-18 için 1.1 pu.



Şekil 2. Reaktif Güç Kapasitesi Q(V)

3. Gerilim Tepkisi

Bir önceki bölümde reaktif güç ile şebeke gerilimi arasındaki ilişkiden kısaca bahsedildi ve şebeke yönetmeliklerindeki reaktif güç kapasitesi sunuldu. Bu bölümde ise tesislerin şebekedeki gerilimi desteklemek amacıyla reaktif güç üretimini-tüketimini nasıl yönetmeleri gerektiği ile ilgili gereksinimler paylaşılacaktır.

Ek-18'de şebekenin normal çalışma aralığı 0.90 pu ile 1.10 pu gerilim aralığı olarak tanımlanmıştır. Bu aralıkta bir tesisin sunması gereken reaktif güç üretim/tüketim gereksinimi ise bir droop kontrol mekanizması ile açıklanmıştır. Ek-18'de bu droop değeri %2-7 aralığı olarak tanımlanmıştır. Tesisin ulaşması gereken reaktif güç değerine 200 ms içinde tepki vermesi ve son değerinin %90'ına 2 saniye içerisinde ulaşması beklenmektedir.

Std 2800'de bir tesisin sahip olması gereken reaktif güç üretim/tüketim gereksinimi standartın içindeki "gerilim kontrolü" başlığı altında verilmiştir. Tesisin yaklaşık %10 droop değerine kadar (kesin değer tesisin anlaşmasında sonuca bağlanması gerektiği belirtilmiştir.) konfigüre edilebilmesini talep etmektedir. Tesisin final değerine 200 ms tepki süresi sonrası 1 ile 30 saniye arası bir aralıkta (kesin değer tesisin anlaşmasında sonuc bağlanmalı) ulaşması beklenmektedir. Reaktif güç akışındaki dinamik değişkenliklerin 0.3'lük sönümlenme katsayısı ile sönümlenmesi gerekmektedir. İki şebeke kodu da bu gereksinim için kesin değerler vermekten kaçındığı için, yazarlar bu gereksinime dair şekil vermekten kaçınmıştır.

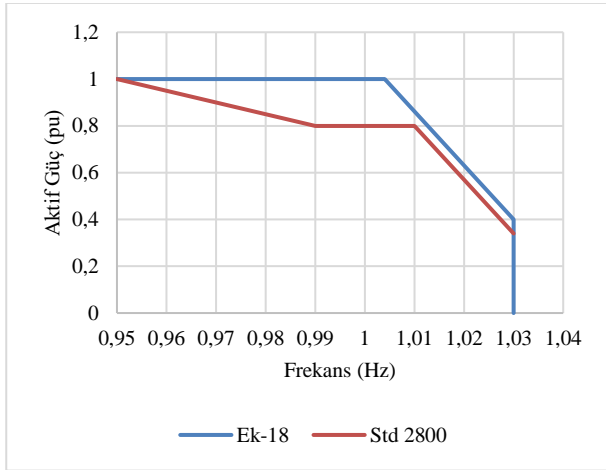
4. Frekans Tepkisi

Bir güç sisteminde, sistemin frekans kararlılığındaki en önemli parametre sistemdeki aktif güç akışıdır. Kısaca belirtmek gerekirse, şebekeye iletilen güç şebekeden çekilen güçten fazla ise sistemin frekansında artış

gözlenir. Ters durumda ise şebeke frekansında düşüş gözlenir [4]. Bu nedenle şebeke yönetmelikleri sistemin frekans kararlılığının sağlanması amacıyla tesislerin aktif güç üretimlerine yönelik gereksinimler içermektedir.

Ek-18'de elektrik şebekesinin sürekli çalışma frekans aralığı 49-50.5 Hz olarak tanımlanmıştır. Bu aralıkta 49'dan 50.3 Hz'e kadar tesisin emreamide gücünün tamamını üretmesi beklenmektedir. 50.3'den 51.5 Hz'e kadar ise %4'lük değerle, Şekil 3'de de gösterildiği gibi, yük atması beklenmektedir. Tesis 51.5 Hz'den yüksek değerlerde devre dışı olmak zorundadır.

Std 2800 de Ek-18'e benzer şekilde frekansın yükseldiği anlarda belli bir droop değerine göre üretilen gücün azaltılmasını gerektirmektedir. Ancak farklı olarak, Std 2800 frekansın düşük olduğu anlarda üretimin artırılmasını da, tesis ile iletim operatörü arasında anlaşılması gereken bir gereksinim olarak sunmaktadır. Std 2800, aşırı ve düşük frekans değerlerinde tesisin %2 ile %5 droop değerleri arasında konfigüre edilebilmesini gerektirmektedir. Aynı zamanda, nominal frekans değerinde 0.00025 ile 0.016 pu arasında ayarlanabilir deadband da istemektedir. Şekil 3'de Std 2800 için örnek bir grafik gösterilmiştir.



Şekil 3. Aktif Güç Frekans Tepsikisi

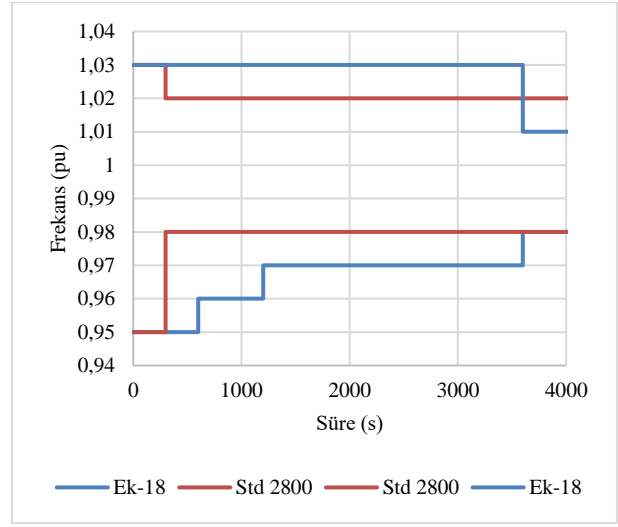
5. Arıza Anında Gereksinimler

Ek-18 ve Std 2800'de tanımlanan normal çalışma koşullarına yönelik başlıca gereksinimler yukarıda paylaşıldı. Bu bölümde ise bir tesisin arıza anındaki çalışma koşullarına yönelik gereksinimleri paylaşılacaktır.

Ek-18 ve Std 2800'de gerilim ve frekansa dair sürekli çalışma aralıklarının yanında, arıza anında çalışmalarını gereken geçici zaman aralıkları da tanımlanmıştır. Şekil 4'de de görülebileceği gibi, Ek-18 arıza boyunca ilk 1 saatlik dilimde daha geniş bir çalışma frekans aralığı talep ederken, Std 2800 sürekli çalışma bölgesinde daha geniş bir aralık talep etmektedir. Arıza durumundaki gerilim çalışma aralıkları Şekil 5'de gösterilmiştir. Std 2800 ile Ek-18 arasında ki en belirgin fark, Std 2800'de yüksek gerilim durumlarına yönelik de gereksinimlerin

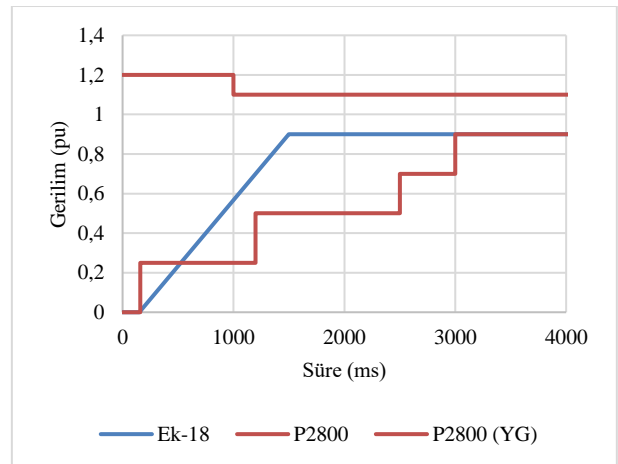
tanımlanmış olmasıdır. Alçak gerilim durumlarında ise Std 2800'ün büyük oranda daha uzun çalışma aralığı talep ettiğini söyleyebiliriz.

Şebeke yönetmelikleri, arıza anında tesislerin şebekeye bağlı kalmasını talep etmekle beraber, tesislerin şebekenin kararlılığını destekleyecek yönde çalışmasını da talep etmektedir. Buna yönelik en yaygın gereksinimlerden birisi yüksek veya düşük gerilim olaylarında, şebekeyi reaktif güç tüketimi veya üretimi aracılığıyla desteklemektedir. Ek-18 ve Std 2800'de de bu gereksinime yönelik tanımlamalar yapılmıştır.



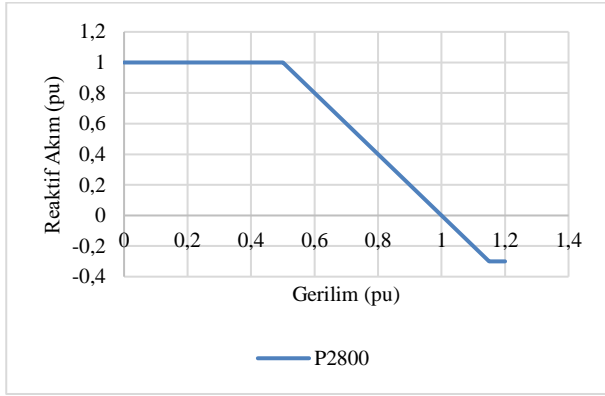
Şekil 4. Tesis Frekansına Göre Çalışma Aralığı

Ek-18'de, şebeke geriliminin %10'dan fazla değiştiği durumlarda, gerekirse nominal akım değerinin %100'ü ile tesisin, endüktif veya kapasitif, reaktif güç desteği vermesi gerektiği belirtilmiştir. Tesisin bu reaktif güç değerine %10 hata payı ile 60 milisaniyede ulaşması ve 1.5 saniye boyunca sürdürmesi gerekmektedir. Std 2800'de ise bir tesisin %15'lik gerilim artışına %30'luk reaktif akım desteği, %50'lik gerilim düşümüne ise %100'lük reaktif akım desteği vermesi gerektiği belirtilmiştir. Yazarlar bu gereksinimi Şekil 6'da belirtilen şekilde yorumlamışlardır.



Şekil 5. Tesis Gerilime Göre Çalışma Aralığı

Arıza sonrası aktif güç üretiminin arıza öncesi değerine dönmesi iki şebeke yönetmeliğinde de ele alınan gereksinimlerden birisidir. Ek-18 de, en sert arıza durumları için %5'lik bir arıza sonrası güç artışı gereksinimi belirtiliyor. Yazarların yorumu, arıza anında tesisin gerekirse %100 akım kapasitesi ile reaktif vermesi gerektiğinden, aktif gücün eski değerine dönmesinin 20 saniyeye ulaşabileceği yönündedir. Std 2800'de ise aktif gücün eski değere dönmesi çok daha net bir şekilde ifade edilmiştir ve 1 saniye içerisinde tesisin %100 oranında güç artışı vermesi beklenmektedir (Rüzgar enerji sistemleri için, arıza anında kanat acılarının değişmesinden dolayı, 1 saniye içerisinde verebileceği en yüksek gücü vermesi beklenir).



Şekil 6. Arıza Anında Tesis Reaktif Akım Desteği

6. Farklar

İki şebeke kodu arasında benzerlikler olduğu gibi farklılıklarda bulunmaktadır. Yazarlar bu kısımda Std 2800'de bulunan ancak Ek-18'de yer almayan bazı gereksinimleri belirtmek istemektedir. Konferans bildirisinin sadeliğinin korunması amacıyla bu kısımda bu gereksinimlerden detaya girilmeden kısaca bahsedilecektir. Std 2800'de yer alan bazı gereksinimler aşağıdaki gibidir.

Frekans değişim hızı (Rate of change of frequency):

Bu gereksinim bir tesisin belirli bir zaman aralığında dayanması gereken frekans değişimini belirtmektedir ve genelde saniyedeki frekans değişimi olarak ifade edilmektedir. Std 2800'de bir tesisin 100 ms boyunca 5 Hz/s değerine karşılık gelecek frekans değişimine dayanması gerektiği belirtilmiştir.

Ters bileşen akım desteği (Negative sequence reactive current support):

Güç sisteminde dengesiz bir arıza meydana geldiğinde, tesisin ters bileşen akımı üretmek şebekeyi desteklemesi gerekmektedir.

Faz atlama (Phase jump): Bir tesis bağlantı noktasında meydana gelebilecek anlık faz açısı değişimlerinde 25 derecelik değişimlere kadar dayanmalıdır.

Aşırı gerilim çalışma aralığı: Beşinci bölümde de belirtildiği gibi Std 2800'de bir tesisin aşırı gerilim

anlarında geçici süreyle ne kadar çalışması gerektiği de tanımlanmıştır.

Atalet desteği (Inertial response ya da fast frequency response): Anlık frekans düşüşlerinde bir tesisin senkron generatörlere benzer bir şekilde davranması için yazılmış bir gereksinimdir. Bir rüzgar santralinden, anlık frekans düşümlerinde, %5 güç artışı uygulayarak şebekeyi 10 saniye boyunca desteklemesi beklenmektedir. Devamında ise gücünü en fazla %20 ye kadar azaltıp türbin kanatlarında kaybettiği enerjiyi geri toplamasına izin verilmektedir.

Geçici hal gerilim dayanımı (Transient overvoltage ride-through): Bu gereksinim bir tesisin şebekeye bağlandığı noktada maruz kaldığı anlık aşırı gerilimlere dayanması ile ilgilidir. Std 2800 bu değer 1.8 pu gerilim değerine kadar tanımlanmıştır.

7. Sonuç

Bildiri boyunca Ek-18 ve Std 2800 teknik gereksinimler açısından değerlendirilmiş ve iki şebeke yönetmeliğinin de reaktif güç kapasitesi, reaktif ve aktif güç kontrolü, arıza anındaki geçici çalışma aralıkları ve arıza anında şebekenin desteklenmesi gibi temel gereksinimleri içerdiği görülmüştür. Std 2800 aslında bir standart olduğu için bazı noktalarda son değerleri iletim sistemi operatörlerine bırakmaktadır. Şebeke yönetmeliği olarak Ek-18'in veya Std 2800'ün daha talepkar olduğunu söylemek zordur, çünkü bir gereksinimde Ek-18 daha talepkar iken, örneğin gerilime bağlı reaktif güç kapasitesi ve geçici frekans çalışma aralığı, bir diğer gereksinimde Std 2800 daha talepkar, örneğin geçici gerilim çalışma aralığı ve sürekli frekans çalışma aralığı. Ancak şunu söyleyebilirizki Std 2800'ün sahip olduğu ekstra gereksinimler onu daha kapsamlı bir şebeke yönetmeliği yapmaktadır.

Bu bildiri boyunca ortaya konulan farklar, Ek-18'in gelişimine katkıda bulunabilir, gelecekte yapılacak olan kapsam genişletme çalışmalarında kullanılabilir. Örneğin, Std 2800'de bulunan frekans değişim hızı veya ters bileşen akım desteği gibi gereksinimler Ek-18'e dahil edilebilir. Bu sayede Ek-18'in kapsamı genişletilmiş olacaktır ve güç sisteminin kararlılığı bundan olumlu etkilenecektir.

8. Kaynaklar

- [1] EPDK. (2017). *Elektrik Şebeke Yönetmeliği - EK 18*.
- [2] Hydro-Québec. (2022). *Technical Requirements for the Connection of Generating Stations to the Hydro-Québec Transmission System*. Hydro-Québec.
- [3] IEEE. (2022). *IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Inverter-Based Resources (IBRs) Interconnecting with Associated Transmission Electric Power Systems*. IEEE.
- [4] Kundur, P., & Varma, R. K. (1994). *Power System Stability and Control*. McGraw-Hill.