

Türkiye Elektrik İletim Şebekesinde Güç Kalitesi Parametrelerinin Yönetmelik ve Standartlar Işığında Yıllara Göre Değerlendirilmesi

Assesment of Turkish Transmission Network Power Quality Parameters Based on Regulations and Standarts

Cuma Ali Mantaş¹, Yunus Yalman², Bilgehan Tekşut¹, K. Çağatay Bayındır²

¹Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)
cumaali.mantas@teias.gov.tr, bilgehan.teksut@teias.gov.tr,

²Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
yyalman@ybu.edu.tr, kcbayindir@ybu.edu.tr

Özet

Elektrik güç kalitesi İletim Sistemi için bugün önemli olmakla birlikte, şebekeye bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarının artması, elektrikli araçlar ve güç elektroniği ara yüzü yüklerin artması gibi değişen şebeke koşulları sebebiyle gelecekte daha da önemli olacaktır. TEİAŞ sahip olduğu Milli Güç Kalitesi İzleme Sistemi ile belli ölçüm noktalarından sürekli ölçümler elde etmektedir. Mevcut sistem fider bazında detaylı inceleme ve analize imkan verirken, standart ve yönetmelikler doğrultusunda değerlendirme raporları üretilmemektedir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen algoritma ile Ulusal Yönetmelikte ve Uluslararası Standartlarda yer alan kriterler doğrultusunda bir değerlendirme metodu geliştirilmiştir. Bu bildiri Türkiye İletim Şebekesinde 2015,2016,2017 yılları ve gerilim seviyelerine göre güç kalitesi parametrelerindeki eğilimler sunulmuştur. Ayrıca her bir güç kalitesi parametresinin TEİAŞ Bölge Müdürlükleri bazında değerlendirilmesi yapılmış ve odaklanılması gereken bölge ve fiderler değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Güç kalitesi, İletim sistemi, Güç kalitesi parametreleri, Güç kalitesi ölçümleri

Abstract

Although electrical power quality is important today for the transmission system, it will be even more important in the future due to changing network conditions such as the increase of grid-connected renewable energy sources, electric vehicles and loads with power electronic interfaces. National Power Quality Monitoring System enables continuous measurements from various feeders. While the current system allows

detailed analysis and investigation on the basis of individual feeders, it cannot produce assesment reports in accordance with standards and regulations. With the algorithm developed within the scope of this study, an assesment method has been developed in accordance with the national regulations and international standards criteria. In this paper, trends of power quality parameters according to years 2015,2016,2017 and voltage level is presented for Turkish transmisson systems. Additionally, power quality parameters are studied on the basis of TEİAŞ Regional Directorates. Regions and feeders that should be focused are also considered.

Keywords: Power quality, Transmission system, Power quality parameters, Power quality measurements

1. Giriş

İletim ve dağıtım şebekelerinde güç kalitesinin izlenmesi amacıyla kurulan sistemlerin sayısı son yıllarda giderek artmaktadır [1, 2, 3]. Gerilim ve akımların izlenmesi şebeke operatörüne hem sistemin bütünsel performansı, hem de bölgesel ve tüketici bazlı etkiler hakkında bilgi sağlamaktadır. Güç kalitesi durumunun değerlendirilmesine yönelik hem tüketicilerden hem de düzenleyici otoritelerden gelen talep ve baskılar da artmaktadır. İzleme ekipmanları, haberleşme teknolojileri, veri depolama ve işleme teknolojilerindeki gelişmeler istenen parametrelerin kaydedilmesine ve geniş çaplı izleme sistemlerinin kurulmasına imkan vermektedir. Şebekeye bağlanan yüklerin karakteristiklerinin değişmesi, güç elektroniği teknolojisi arayüzü kullanan yüklerde artış, elektrikli araçlar, şebekeye bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarının artışı gibi sebepler şebeke operatörlerini güç kalitesi parametrelerinin ve şebeke performansının izlenmesi

hususunda zorlamaktadır. Birçok şebeke operatörü izleme ekipmanı kuruyorken ve piyasadaki mevcut izleme ekipmanı sayısı artarken, kaydedilen verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi hususunda bilgi eksiklikleri ve literatürde mutabakat sağlanmamış hususlar bulunmaktadır. Güç kalitesi parametrelerini izlemenin temel amaçları şu şekilde tanımlanabilir. [4].

- Standart ve yönetmeliklere uygunluğun doğrulanması
- Sistem performansının değerlendirilmesi
- Arıza analizi ve tespiti
- Güç kalitesi açısından sorunlu bölge, fider ve yüklerin tespiti
- Detaylı analiz ve araştırmalar
- Aktif güç kalitesi yönetimi

EPDK tarafından yayınlanan Elektrik Şebeke Yönetmeliği'nin temel amaçlarından biri de TEİAŞ, iletim sistemi kullanıcıları ve dağıtım sistemine bağlı olan ancak iletim sistemini etkileyen diğer kullanıcıların yükümlülüklerini ve uymaları gereken teknik kriterleri tanımlamaktır. Bu kriterler şu başlıklar altında tanımlanmıştır[5].

- Sistem frekansı ve değişimi,
- Sistem gerilimleri ve değişim sınırları,
- İletim sistemi gerilim dalga şekli kalitesi,
- Gerilim ani değişimleri
- Gerilim salınımları ve fliker
- Faz dengesizliği
- Akım harmonikleri

Elektrik Şebeke Yönetmeliği'nde teknik kriterler kısmen tanımlanmakta ve bu kriterlere uyulmaması durumunda Bağlantı ve Sistem Kullanım Anlaşmalarının ilgili hükümleri doğrultusunda işlem tesis edileceği ifade edilmiştir. Sistem kullanım anlaşmalarında da ilgili mevzuatta belirtilen bozucu etkilere ilişkin sınır değerlerin ilgili kullanıcı kaynaklı asıldığının tespit edilmesi durumunda cezai işlem uygulanacağı yazmakla birlikte bu uygulama hiçbir zaman yapılmamaktadır.

Gerilim kesintileri ve gerilim çukurları müşterilerin en çok etkilendiği ve ekonomik kayıplara yol açan güç kalitesi olaylarıdır. Elektrik Şebeke Yönetmeliği'nde bu hususlarda bir tanımlama ve kriter bulunmamaktadır. Bu ve benzeri diğer eksikler sebebiyle Elektrik Şebeke Yönetmeliği Güç Kalitesi açısından kriterleri tanımlama ve uygulama açısından yetersizdir ve güncel değildir.

EN 50160, elektrik dağıtım sistemlerinde normal çalışma koşulları altında müşterinin ortak bağlantı noktasında gerilim parametrelerini ve izin verilen tolerans değerlerini tanımlayan bir Avrupa standardıdır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye İletim Şebekesi Güç Kalitesi Parametreleri Elektrik Şebeke Yönetmeliği ve EN 50160 standardında tanımlanan kriterler ışığında değerlendirilmiştir. Halihazırda bulunan Milli Güç Kalitesi İzleme Sisteminin bu şekilde raporlama yeteneği bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında

geliştirilen algoritma ile veritabanında bulunan mevcut veriler işlenerek haftalık bazda limit ihlal sayıları belirlenmiştir. İhlallerin tanımlanmasında Elektrik Şebeke Yönetmeliği ve EN 50160 standardında tanımlanan limit değerler kullanılmıştır.

2. Yönetmelik ve Standartlarda Tanımlı Limit Değerler

Yönetmelik ve standartta tanımlanan birçok parametre ve kıstas olmakla birlikte CIGRE Çalışma Grubu raporlarında da tavsiye edildiği üzere bu çalışmada daha önemli görülen parametreler değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmede kullanma açısından güç kalitesi parametrelerini iki grupta sınıflandırabiliriz.

- Sürekli Bozunumlar
- Olay Bazlı Bozunumlar

Fliker, harmonik ve dengesizlik gibi güç kalitesi olayları sürekli güç kalitesi bozulmalarıdır. Bunlar ölçüm, planlama ve değerlendirme yönünden birçok ortak paydaya sahiptir. Bu açıdan benzer şekilde analiz edilebilirler [6].

Gerilim çukuru, gerilim tepesi ve kesinti gibi güç kalitesi olayları olay tabanlı güç kalitesi bozulmalarıdır. Bu güç kalitesi olaylarının indisleri gerilim RMS değerinin derinliğine ve süresine dayanmaktadır. Bu yüzden değerlendirmeler benzer indisler ve büyüklüklerle yapılabilir. [6].

Bu çalışmada parametreler değerlendirilirken dikkate alınan yönetmelik şebeke yönetmeliğidir. Ayrıca şebeke yönetmeliğinde yer almayan güç kalitesi parametreleri için ise EN50160 dikkate alınmıştır. EN50160 standardına göre raporlamanın haftalık olarak yapılması önerilmiştir[7]. Bu yüzden bu çalışmada raporlar haftalık olarak oluşturulmuştur ve tüm istatistikler haftalık raporlara göre hazırlanmıştır.

Fliker, güç kalitesi ölçüm periyodu boyunca (haftalık ve yıllık) gerçekleşen geçici olaylar ve kısa süreli kesinti, gerilim çukuru gibi durumlara ait veriler süzülükten sonra kısa dönem fliker değerlerinin, en az %95'i aşağıdaki Tablo 1'de verilen değerlerden küçük ya da eşit olmak zorundadır [5].

Tablo 1. Fliker(Pst) Değerlendirilmesi

Gerilim Seviyesi	Maksimum Değer (Pst)	Veri Çözünürlüğü	Emreamadelik Süresi	Yönetmelik
400 kV	0,85	10 dk	Haftanın %95'i	Şebeke Yönetmeliği
154 kV	0,97	10 dk	Haftanın %95'i	Şebeke Yönetmeliği
V < 66 kV	1,00	10 dk	Haftanın %95'i	Şebeke Yönetmeliği

Şebeke yönetmeliğine göre 400 kV, 154 kV ve 66 kV altı gerilim seviyesi için gerilim harmoniği sınır değerleri ve toplam harmonik bozulma sınır değerleri sırasıyla Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre 3 saniye çözünürlükle ölçülen her bir gerilim harmoniğinin etkin

değerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının en az %95'i Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'de verilen değerlerden küçük veya eşit olmalıdır.

Tablo 2. 400 kV gerilim seviyesi için gerilim harmoniği sınır değerleri

Tek Harmonikler (3'ün Katı Olmayan)		Tek Harmonikler (3'ün Katı Olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)
5	3,0	3	1,7	2	1,0
7	1,5	9	0,5	4	0,8
11	1,0	15	0,3	6	0,5
13	1,0	21	0,2	8	0,4
17	0,5			10	0,4
19	0,5			12	0,2
23	0,5			>12	0,2
25	0,5				
THBv: %3,5					

Tablo 3. 154 kV gerilim seviyesi gerilim için harmoniği sınır değerleri

Tek Harmonikler (3'ün Katı Olmayan)		Tek Harmonikler (3'ün Katı Olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)
5	4,0	3	2,0	2	1,0
7	2,0	9	1,0	4	0,8
11	1,5	15	0,3	6	0,5
13	1,5	21	0,2	8	0,4
17	1,0			10	0,4
19	1,0			12	0,2
23	0,7			>12	0,2
25	0,7				
THBv: %5					

Tablo 4. 66 kV ve altı gerilim Seviyesi için gerilim harmoniği sınır değerleri

Tek Harmonikler (3'ün Katı Olmayan)		Tek Harmonikler (3'ün Katı Olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik No	Harmonik Gerilim (%)
5	5,0	3	3,0	2	1,9
7	4,0	9	1,3	4	1,0
11	3,0	15	0,5	6	0,5
13	2,5	21	0,5	8	0,5
17	2,5			10	0,5
19	2,5			12	0,5
23	2,5			>12	0,5
25	2,5				
THBv: %8					

Şebeke yönetmeliğine göre çeşitli gerilim seviyeleri için akım harmoniği sınır değerleri ve toplam talep bozulumu sınır değerleri Tablo-5'da verilmektedir.

Tablo 5. Akım harmonikleri sınır değerleri

Harmonik Sırası		1 kV < V ≤ 34,5 kV				
Grup	No	I_h/I_1				
		< 20	20 - 50	50 - 100	100 - 1000	> 1000
TEK HARMONİKLER	h < 11	4	7	10	12	15
	11 ≤ h < 17	2	3,5	4,5	5,5	7
	17 ≤ h < 23	1,5	2,5	4	5	6
	23 ≤ h < 35	0,6	1	1,5	2	2,5
	h ≥ 35	0,3	0,5	0,7	1	21,4
Çift harmonikler kendinden önceki tek harmoniğin 0,25 katı ile sınırlıdır.						
TTB		5	8	12	15	20
Harmonik Sırası		34,5 kV < V ≤ 154 kV				
Grup	No	I_h/I_1				
		< 20	20 - 50	50 - 100	100 - 1000	> 1000
TEK HARMONİKLER	h < 11	2	3,5	5	6	7,5
	11 ≤ h < 17	1	1,8	2,3	2,8	3,5
	17 ≤ h < 23	0,8	1,25	2	2,5	3
	23 ≤ h < 35	0,3	0,5	0,75	1	1,25
	h ≥ 35	0,15	0,25	0,35	0,5	0,7
Çift harmonikler kendinden önceki tek harmoniğin 0,25 katı ile sınırlıdır.						
TTB		2,5	4	6	7,5	10
Harmonik Sırası		V > 154 kV				
Grup	No	I_h/I_1				
		< 20	20 - 50	50 - 100	100 - 1000	> 1000
TEK HARMONİKLER	h < 11	1	1,8	2,5	3	3,8
	11 ≤ h < 17	0,5	0,9	1,2	1,4	1,8
	17 ≤ h < 23	0,4	0,6	1	1,25	1,3
	23 ≤ h < 35	0,15	0,25	0,4	0,5	0,6
	h ≥ 35	0,75	0,12	0,17	0,25	0,35
Çift harmonikler kendinden önceki tek harmoniğin 0,25 katı ile sınırlıdır.						
TTB		1,3	2	3	3,75	5

Şebeke yönetmeliğine göre gerilim dengesizliği sınır değeri ve Emreամadelik süresi Tablo-6'de verilmiştir.

Tablo 6. Gerilim Dengesizliği Değerlendirilmesi

Gerilim Seviyesi	Maksimum Değer	Veri Çözünürlüğü	Emreամadelik Süresi	Yönetmelik
400 kV	%1	10 dk	Haftanın %95'i	Şebeke Yönetmeliği
154 kV	%1,5	10 dk	Haftanın %95'i	Şebeke Yönetmeliği
V < 66 kV	%2	10 dk	Haftanın %95'i	Şebeke Yönetmeliği

EN50160 yönetmeliğine göre gerilim çukuru ve gerilim tepesi için sınır değerler ve süre sınırı Tablo-7'de verilmiştir.

Tablo 7. Gerilim Çukuru ve Gerilim Tepesi Değerlendirilmesi [6]

Gerilim Çukuru Sınır Değerleri		Gerilim Çukuru Süre Sınırları	
En Düşük (Pu)	En Yüksek (Pu)	En Düşük (ms)	En Yüksek (ms)
0,1	0,9	10	-
Gerilim Tepesi Sınır Değerleri		Gerilim Tepesi Süre Sınırları	
En Düşük (Uc)	En Yüksek (Uc)	En Düşük (ms)	En Yüksek (ms)
1,1	1,7	10	-

EN50160 standardına gerilim kesintisi için sınır değerler ve süre sınırı Tablo-8'de verilmiştir.

Tablo 8. Gerilim Kesintisi Değerlendirilmesi

GERİLİM KESİNTİSİ DEĞERLENDİRMESİ				
Gerilim Kesintisi Sınır Değerleri		Gerilim Kesintisi Süre Sınırları		
En Düşük (Pu)	En Yüksek (Pu)	Kısa Süreli	Geçici	Uzun Süreli
-	0,1	$10 \text{ msn} \leq t \leq 3 \text{ sn}$	$3 \text{ sn} < t \leq 3 \text{ dk}$	$t > 3 \text{ dk}$

3. TEİAŞ Şebekesi ve Güç Kalitesi Ölçüm Sistemi

TEİAŞ Genel Müdürlük binasında bulunan Güç Kalitesi İzleme Merkezi sistemi genel olarak, PQ+ Güç kalitesi çözümlenmeleri tarafından ölçülen güç kalitesi verilerinin alınıp saklandığı ve bu verilere ulaşım ve bunların analizlerini sağlayan analiz paketlerinin bulunduğu merkezdir.

Milli Güç Kalitesi Projesi kapsamında geliştirilen PQ+ çözümlenmesi, 2 fider ($2 \times 3 \times 2 = 12$ kanal) için üç faz anlık gerilim ve akım verilerini toplayan ve toplanan veriler üzerinde gerçek zamanlı analizler yapan çok amaçlı bir çözümlenmesidir. Her iki fider için 3 faz gerilim, 3 faz akım olmak üzere 25,6 kHz örnekleme hızının toplamda 12 adet dalga şeklinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bu da 50 Hz'lik sinyal için bir periyotta 512 örnekleme karşılık gelmektedir. Ülke çapında dağınık vaziyette bulunan Güç Kalitesi çözümlenmeleri fiderlerden almış olduğu verileri GPS tabanlı bir senkronizasyon sistemi ile senkronize olarak örneklendirmektedir.

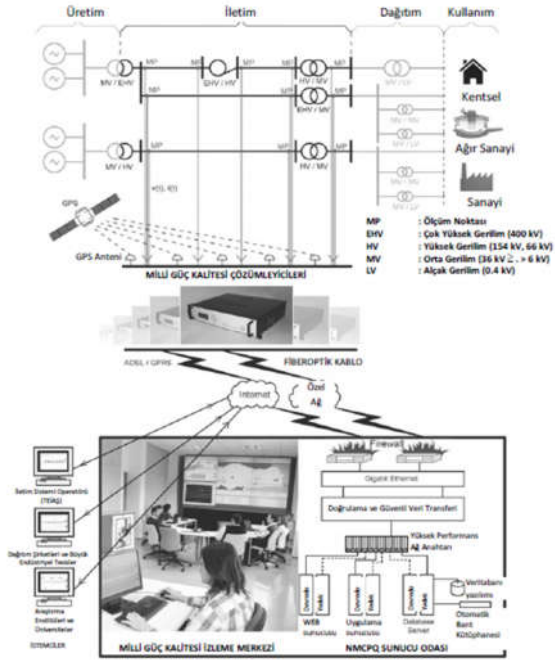
Güç Kalitesi İzleme Sistemi uygulaması ile çözümlenmelerin belirlenen zaman aralıkları için uzaktan izlenmesi ve RMS sorgulamaları, Olay verileri sorgulaması ile analizi ve ham verilerin elde edilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında raporlama özelliği sayesinde çözümlenmesi cihazlarından alınan ham veriler işlenerek belirlenebilen zaman aralıkları için ilgili grafikler ve hesaplanmış veriler ile belli bir rapor formatı altında raporlama yapılabilmektedir.

Gerçek Zamanlı İzleme Arabirimi sayesinde mevcut PQ çözümlenmelerin ve PMU özelliği bulunan bazı çözümlenmelerin anlık olarak da takip edilebilmesi mümkündür. Bu uygulama ile cihazlarda o andaki güç parametrelerinin 3 saniyelik ortalamaları gösterilmektedir. Ayrıca PMU (Phasor Measurement Unit) özelliği bulunan cihazlardan 0.1 saniye hassasiyetinde veri alınabilmesi mümkündür

Sistem, PQ+ çözümlenmelerine geniş-alan fazör ölçüm özelliğinin de sağlanmasıyla Türkiye Elektrik İletim Sistemi ile ENTSO-E Avrupa Kıtası Senkron Bölgesi'nin (Avrupa Şebekeleri Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri) bağlantı sürecini de desteklemektedir.

Ülke çapında yaklaşık 500 Merkezden(250 TEİAŞ Trafo Merkezi 250 İletim Sistemi Kullanıcısı Şaltı) gerçek zamanlı Güç Kalitesi izleme yeteneğine sahip sistem ile hâlihazırda bağlı bulunan 900 den fazla Güç Kalitesi Çözümlenmeleri ile yaklaşık 1700 fider izlenmektedir.

Her cihaz 2 fider izleme kapasitesine sahiptir [8].



Şekil 1. Güç Kalitesi İzleme Sistemi yapısı

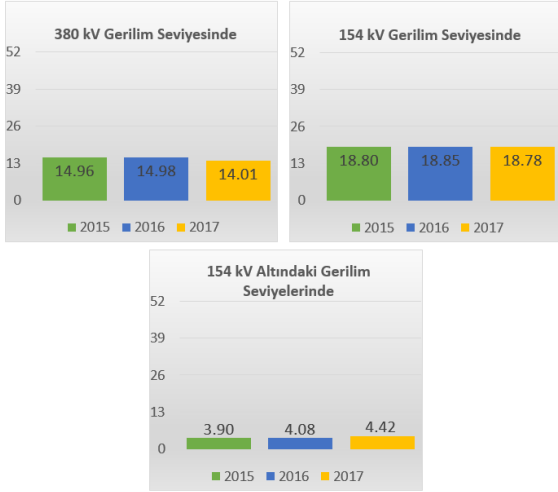
4. Şebekenin Güç Kalitesi Açısından İncelenmesi

4.1 Sürekli Güç Kalitesi Bozulmaları

4.1.1 Harmonikler

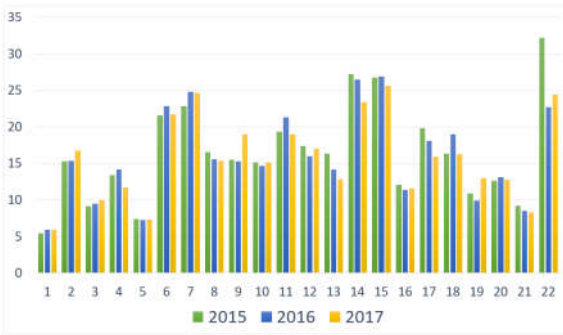
Harmonik, şebeke yönetmeliğinde doğrusal olmayan yükler veya gerilim dalga şekli ideal olmayan jeneratörlerden dolayı bozulmaya uğramış bir alternatif akım veya gerilimde ana bileşen frekansının tam katları frekanslarda oluşan sinüsoidal bileşenlerin her birini olarak tanımlanmaktadır [4]. Ark fırınları, doğrultucular, anahtarlama güç kaynakları inverter gibi cihazlar şebekede harmoniğe sebep olmaktadır.

Akım ve gerilim harmonikleri için sınır değerler ve değerlendirme kriterleri standartlar ve yönetmelikler kısmında verilmiştir. Gerilim harmonikleri için şebeke yönetmeliğine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda hazırlanan rapora ait istatistikler 400 kV, 154 kV ve 15 kV altı gerilim seviyesi için Şekil-2'de gösterilmektedir. Şekil 2'de farklı gerilim seviyeleri için raporlama sistemine göre fider başına gerilim harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerlerini aştığı hafta sayısı ortalaması gösterilmiştir. Buna göre 380 kV gerilim seviyesinde fider başına gerilim harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerleri aştığı hafta sayısı yaklaşık 15'tir.



Şekil 2. Farklı gerilim seviyeleri için, yıllara göre fider başına gerilim harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerlerini aştığı hafta sayısı ortalaması

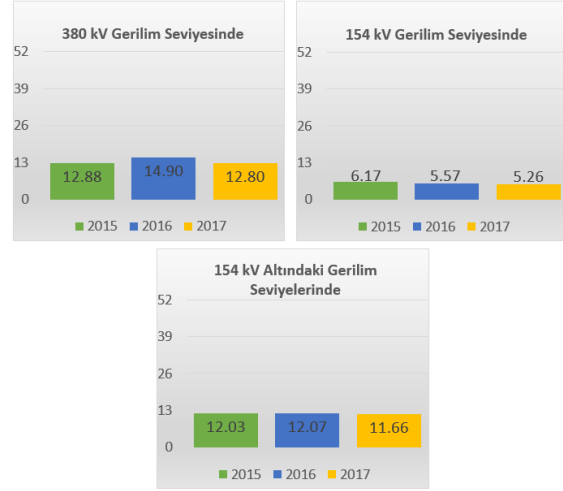
Şekil-3'de ise 2015, 2016, 2017 yılları için bölgesel bazda fider başına gerilim harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerleri aştığı hafta sayısı gösterilmiştir. TEİAŞ şebekesi 22 bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeleri güç kalitesi parametreleri açısından karşılaştırabilmek için Şekil-3'deki istatistiksel grafikler oluşturulmuştur. Limitleri fazlaca aştığı görülen bölgelerin durumu detaylı analiz edilmiştir. Tüm gerilim seviyeleri için ise toplam harmonik bozulma (THD) sınırını aşan fider bulunmamaktadır. Bu durum bize bazı fiderlerde, gerilim harmonik bileşenlerden biri veya daha fazlasının sınır değerini aştığı halde şebeke genelinde toplam harmonik bozulma sınır değerinin aşılmadığını göstermektedir ve gerilim harmoniklerinin şebeke bazındaki değerlendirilmesi açısından olumlu bir durumdur.



Şekil 3. Tüm gerilim seviyeleri için bölgesel bazda fider başına gerilim harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin limitini aştığı hafta sayısı ortalaması

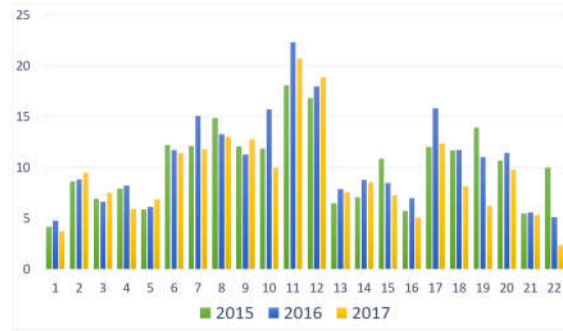
Akım harmonikleri için şebeke yönetmeliğine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda hazırlanan rapora ait istatistikler 400 kV, 154 kV ve 154 kV altı gerilim seviyesi için Şekil-4'de gösterilmektedir. Şekil-4'de 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki fider başına akım

harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerleri aştığı hafta sayısı gösterilmektedir.



Şekil 4. Farklı gerilim seviyeleri için, yıllara göre fider başına akım harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerleri aştığı hafta sayısı ortalaması

Şekil-5'de 2015, 2016, 2017 yıllarında 22 bölge için fider başına akım harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin sınır değerleri aştığı hafta sayıları gösterilmektedir. Tüm gerilim seviyeleri için ise fider başına toplam talep bozulma (TDD) sınırını aşan hafta sayısı ortalaması çok küçüktür. Bu durumda bazı fiderlerde, akım harmonik bileşenlerden biri veya daha fazlası sınır değerini aştığı halde toplam talep bozulma sınır değerinin aşılmadığı görülmektedir.



Şekil 5. Tüm gerilim seviyeleri için bölgesel bazda fider başına akım harmoniği bileşenlerinden herhangi birinin limitini aştığı hafta sayısı ortalaması

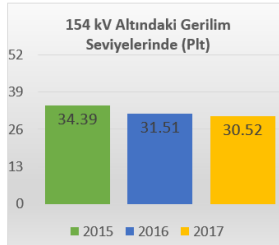
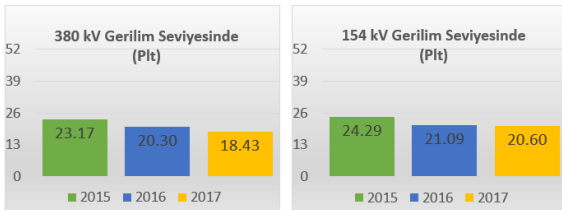
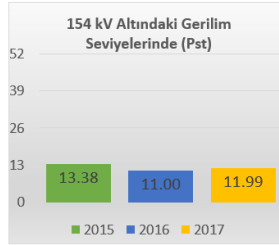
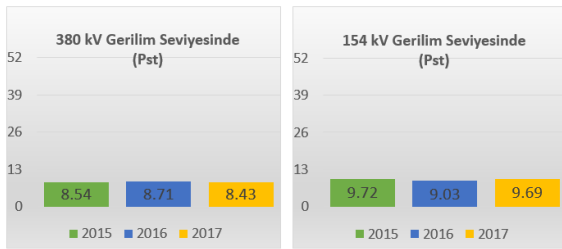
4.1.2 Fliker

Fliker, gerilim dalgalanmasının ışık yoğunluğu üzerindeki etkisinden kaynaklanır. Ark fırınları, statik frekans dönüştürücüleri, haddeleme makineleri ve doğrudan frekans dönüştürücüleri gibi cihazlar sistemde flikere sebep olmaktadır [9].

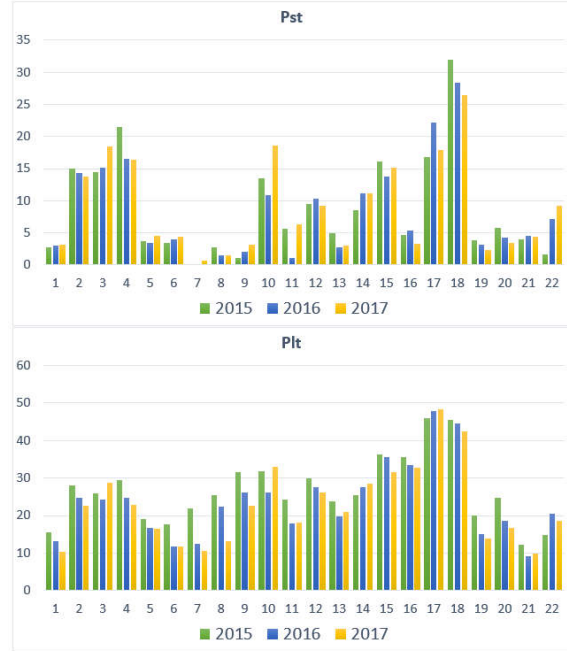
Kısa ve uzun dönem fliker için şebeke yönetmeliğine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda hazırlanan rapora ait istatistikler tüm gerilim seviyesi için Şekil-6'da

gösterilmektedir. Bu raporda farklı gerilim seviyeleri için fider başına fliker sınır değerini aşan hafta sayısı gösterilmektedir. 154 kV altı gerilim seviyelerinde diğer gerilim seviyelerine göre fliker problemi daha çok yaşanmaktadır.

Şekil-7’de bölgesel bazda 2015, 2016, 2017 yıllarına ait fider başına uzun süreli (Plt) ve kısa süreli (Pst) fliker sınır değeri ihlal sayıları gösterilmektedir. Buna göre 17 ve 18 Bölgeler de fliker limit ihlal sayıları diğer bölgelere göre daha yüksek görünmektedir. 18. Bölge Müdürlüğü bölgesindeki limit ihlal sayılarının yüksek olmasının demir çelik tesislerinin bölgede yoğun olmasından kaynaklandığı bilinmektedir. 17. Bölge Müdürlüğü Bölgesinde ise ihlal sayılarının neden yüksek olduğu diğer bölgeler ile birlikte detaylı analiz edilecektir.



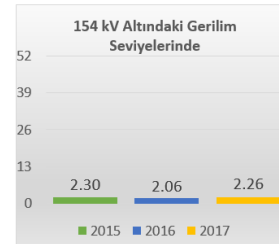
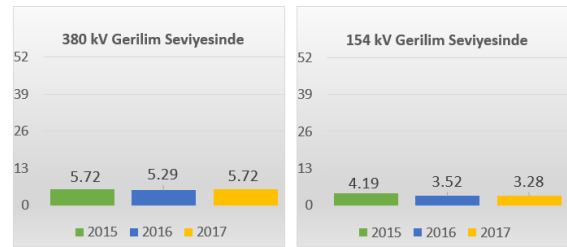
Şekil 6. Farklı gerilim seviyeleri için, yıllara göre fider başına Pst ve Plt sınır değerini aşan hafta sayısı ortalaması



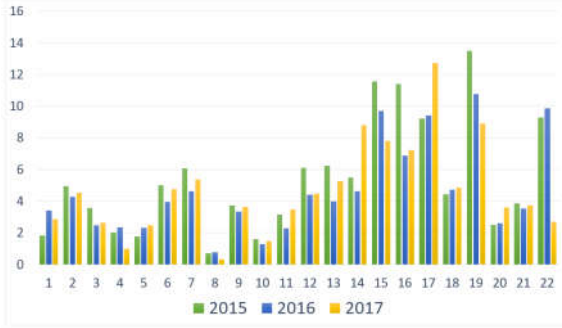
Şekil 7. Tüm gerilim seviyeleri için bölgesel bazda fider başına fliker limit değeri aşan hafta sayısı ortalaması

4.1.3 Gerilim Dengesizliği

Gerilim dengesizliği, faz gerilimlerinin etkin değerlerinin birbirine eşit olmaması veya faz gerilimlerinin açıları arasında 120°’er derece faz farkı olmaması sonucu meydana gelen bir güç kalitesi sorunudur [6]. Tek fazlı ve iki fazlı yükler, arızalar, dengesiz dağıtım sistemleri gerilim dengesizliğine sebep olmaktadır.



Şekil 8. Farklı gerilim seviyeleri için, yıllara göre fider başına dengesizlik sınır değerini aşan hafta sayısı ortalaması



Şekil 9. Tüm gerilim seviyeleri için bölgesel bazda fider başına dengesizlik limit değerini aşan hafta sayısı ortalaması

Gerilim dengesizliği için şebeke yönetmeliğine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda hazırlanan rapora ait istatistikler tüm gerilim seviyeleri için Şekil-8’de gösterilmektedir. Şekil-8’deki istatistiklere göre 154 kV altı gerilim seviyelerinde gerilim dengesizliği sorunu olan hafta sayısı diğer gerilim seviyelerine göre daha azdır. 2015,2016,2017 yıllarında bölgesel bazda fider başına gerilim dengesizliğinden kalan hafta sayısı Şekil-9’de gösterilmiştir. Şekil-9 göre 19. Bölgede gerilim dengesizliği sorunu diğer bölgelere göre fazladır. Ayrıca 19. bölgede gerilim dengesizliği sorunu yıllara göre azalma göstermiştir.

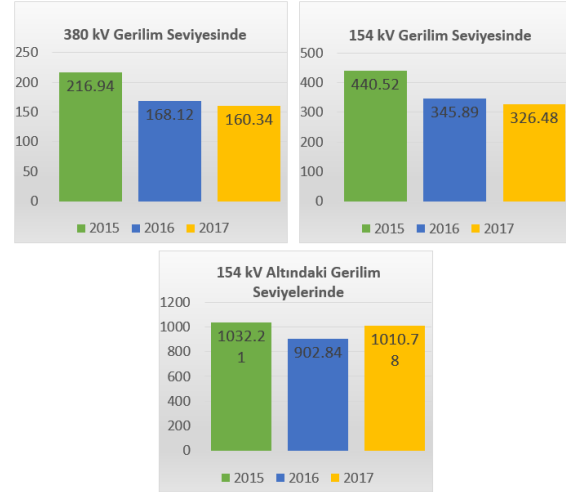
4.2 Olay Tabanlı Güç Kalitesi Bozulmaları

4.2.1 Gerilim Çukuru

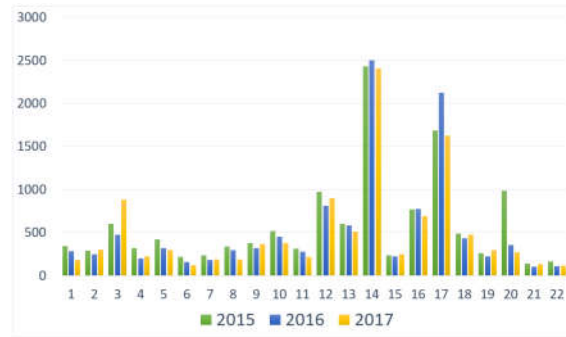
Gerilim çukuru gerilimin nominal değerinin 0.5 periyottan 1 dakikaya kadar, %10 ile %90 arasına düşmesi olarak tanımlanır. Gerilim çukuru 2 boyutlu (minimum değer/toplam zaman) güç kalitesi olayı olarak açıklanır. Transformatör enerjilendirilmesi, arızalar, motor, yük anahtarlama ve motora yol verme gibi durumlarda gerilim çukuru oluşmaktadır.

Şekil-10’da farklı gerilim seviyesi için bir yılda fider başına oluşan ortalama çukur sayısı gösterilmiştir. Şekil-10’a göre 380 kV ve 154 kV gerilim seviyesi için fider başına oluşan ortalama gerilim çukuru sayısının yıldan yıla azaldığı görülmektedir. Ancak 154 kV altı gerilim seviyesi için aynı durum söz konusu değildir. Bu durum gerilim çukurlarının dağıtım sistemi kaynaklı mı, yoksa iletim sistemi kaynaklı mı olduğu sorusunun çalışılması ihtiyacını tanımlamaktadır. Dağıtım şebekesinde sıklıkla yaşanan arızaların bu gerilim çukurlarına yol açtığı bilinmektedir.

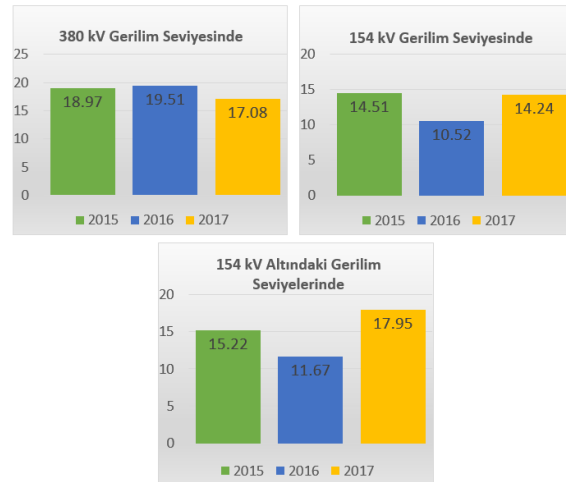
Şekil’11 de ise bölgesel bazda yıllara göre oluşan fider başına gerilim çukuru sayısı gösterilmektedir. Şekil-11’ a göre en çok gerilim çukuru oluşan bölge 14. bölgedir. Gerilim çukurları müşterilerin en çok etkilendiği güç kalitesi olaylarından ve sebepleri konusunda detaylı analizlerin yapılması gereklidir.



Şekil 10. Farklı gerilim seviyeleri için, yıllara göre fider başına oluşan gerilim çukuru sayısı ortalaması



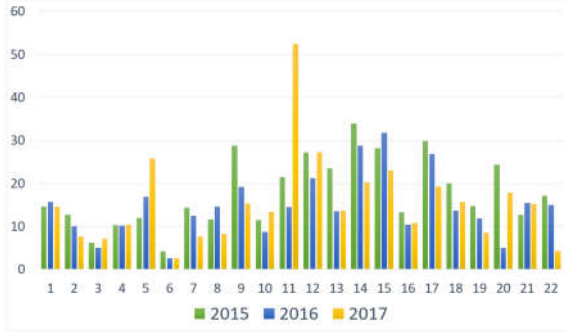
Şekil 11. Tüm gerilim seviyeleri için yıllık bölgesel bazda fider başına oluşan gerilim çukuru sayısı



Şekil 12. Farklı gerilim seviyeleri için, yıllara göre fider başına oluşan gerilim kesintisi sayısı ortalaması

4.2.2 Gerilim Kesintisi

Gerilimin nominal değerinin %10'nun altına 1 dakikadan uzun süre düşmesi olarak tanımlanabilir. Şekil-12'de farklı gerilim seviyeleri için fider başına oluşan gerilim kesintisi sayısı gösterilmektedir. Şekil-13'de ise bölgesel bazda fider başına oluşan gerilim kesintisi sayısı verilmektedir. Buna göre en fazla gerilim kesintisi olan bölge 11. bölge, en az gerilim kesintisi olan bölge ise 6. bölgedir. Bu kesintilerin bir kısmında fider enerjisi gitmekle birlikte, şebeke yapısı ve yedek sistemler sebebiyle şebeke kullanıcıları enerjisiz kalmamaktadır.



Şekil 13. Tüm gerilim seviyeleri için yıllık bölgesel bazda fider başına oluşan gerilim kesintisi sayısı

1.4 Sonuçlar

Bu çalışma ile Ulusal Yönetmelikte ve Uluslararası Standartlarda yer alan kriterler doğrultusunda bir değerlendirme yaklaşımı ortaya konarak Türkiye İletim Şebekesinde 2015,2016,2017 yılları ve gerilim seviyelerine göre güç kalitesi parametrelerindeki eğilimler sunulmuştur. Ayrıca her bir güç kalitesi parametresinin TEİAŞ Bölge Müdürlükleri bazında değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma tanımlanan kriterlere uyum çerçevesinde genel bir değerlendirme ortaya koymakla birlikte odaklanması gereken parametreler ve bölgelere de ışık tutmaktadır. Mevcut ulusal yönetmelikler, güç kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi ve gerekli uygulamalar hususunda yetersizdir. Güç Kalitesinin izlenmesi, değerlendirilmesi ve gerekli iyileştirmelerin teşviki hususunda iletim ve dağıtım şebekesi bütünsel olarak ele alınmalı ve ulusal yönetmelikler bu yönde güncellenmelidir.

Gerilim ve akım harmonikleri açısından Türkiye İletim Şebekesinde durum incelendiğinde harmonik bileşenler bazında limitleri aşan durumlar olmakla birlikte Gerilim THD ve akım TDD değerleri limitlerin altındadır. Flicker açısından limitlerin yoğunlukla aşıldığı verilerden anlaşılmaktadır. Ülkemizde demir-çelik sektörünün yoğun olarak bulunması, bölgesel problemler ve yenilenebilir enerji santrallerindeki artış flicker açısından limitlerin aşılmasının temel sebepleridir. Flicker'in şebeke ve kullanıcılar açısından etkilerinin güncel olarak değerlendirilmesine ve limit değerlerin bulgulara göre güncellenmesi ihtiyacı bulunmaktadır.

Gerilim çukurları ve kesintiler sistem kullanıcıları açısından etkisi en fazla olan güç kalitesi olaylarıdır. Veriler incelendiğinde iletim şebekesinde ortaya çıkan

çukur sayılarının yıllara göre azaldığı görülmektedir. Ortaya çıkan gerilim çukuru olaylarının iletim şebekesi kaynaklı mı, dağıtım şebekesi kaynaklı mı olduğunun tesbiti çukur sayılarının azaltılması açısından önemlidir. Mevcut veriler ışığında bu konularda daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Enerji talebindeki artış ve yatırımlarla Türkiye iletim şebekesi sürekli büyümektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan şekilde şebekeye entegrasyonu, güç elektroniği arayüzü kullanan yüklerin artması, elektrikli araçlar, depolama sistemleri gibi yenilikler şebekedeki güç kalitesi parametrelerinin izlenmesini daha önemli hale getirecektir. Bu durum, düzenleyici otorite, şebeke operatörleri ve tüketicilere önümüzdeki yıllarda yeni sorumluluklar getirecektir.

Kaynaklar

- [1] Elphick, S., Ciufu, P., Drury, G., Smith, V., Perera, S., Gosbell, V., "Large Scale Proactive Power-Quality Monitoring: An Example From Australia", *IEEE Transaction on Power Delivery*, 32(2), 881-889, 2017
- [2] Koo, K., L., "Power Quality Monitoring in U.K. National Grid electricity transmission system", *45th International Universities Power Engineering Conference UPEC2010*, 2010.
- [3] Demirci, T., Kalaycioglu, A., Kucuk, D., Salor, O., Guderl, M., Pakhuylu, S., Atalik, T., Inan, T., Cadirci, I., Akkaya, Y., Bilgen, S., Ermis, M., "Nationwide real-time monitoring system for electrical quantities and power quality of the electricity transmission system", *IET Generation Transmission & Distribution*, 5(5), 2011, 540-550.
- [4] CIGRE/CIREN JWG C4.112 "Guidelines for monitoring power quality in contemporary and future power networks".
- [5] Elektrik Şebeke Yönetmeliği, 6. Versiyon, Değişiklik tarihi: 26/11/2017. 28/5/2014 Tarihli ve 29013 sayılı mükerrer Resmi Gazete.
- [6] WG C4.27, "Benchmarking of Power Quality Performance in Transmission Systems", February 2018.
- [7] CENELEC, "EN50160 EN50160 Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks", 2007.
- [8] Durmuş, V., Avşar M., Taşkent S., Mantaş, C. A., "Türkiye Elektrik İletim Şebekesinde 2015 Yılı Güç Kalitesi Analizi", *CIGRE Güç Sistemleri Konferansı*, 2015
- [9] IEEE Standard 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", 2009.