



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Elektrik Enerji Sistemlerinde Güç Kalitesi Parametrelerine Dayalı Anahtarlama Sistemi ile Otomatik Şebeke Seçimi

Alper MUTLU^{a,*}, Sezai TAŞKIN^b, Fadıl KUYUCUOĞLU^b

^aElektrik Bölümü, Turgutlu Meslek Yüksekokulu, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, TÜRKİYE

^bElektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fak., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: alper.mutlu@cbu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, EN 50160 standardı referans alınarak, güç kalitesi parametrelerine göre anahtarlama yapabilen bir transfer anahtarı simülasyonu tasarlanmıştır. Sistem LabVIEW ortamında geliştirilmiştir. Program, akım ve gerilim bilgileri üreten simülasyon üretici ve transfer anahtarı olarak iki ana kısımdan oluşmaktadır. Programda geliştirilen algoritma simülasyon verilerinden aldığı güç kalitesi parametrelerini iki şebeke için karşılaştırmıştır. Daha sonra güç kalitesi parametreleri açısından en uygun değerlere sahip şebekeyi kaynak olarak seçmiştir.

Anahtar Kelimeler : Enerji Dağıtım Sistemleri, Güç Kalitesi, Transfer Anahtarı, LabVIEW

Automatic Power System Selection based on Power Quality Parameters with a Transfer Switch

ABSTRACT

In this study, a transfer switch simulation has been designed which is capable of switching according to power quality parameters using EN 50160 standard. System is developed in LabVIEW environment. Program consists of 2 main parts: a simulation generator which generates current and voltage values and a transfer switch. Algorithm developed in program compares power quality parameters of simulation datas for two networks. Afterwards, it selects the network as source that has best power quality parameters.

Keywords : Power Distribution System, Power Quality, Transfer Switch, LabVIEW

I. GİRİŞ

Son yıllarda teknolojiadaki hızlı gelişmeler teknolojik ürünlerin sayısını arttırmış ve çeşitlendirmiştir. Bu cihazların sağlıklı kullanılması için enerjinin sürekliliği ve arzının güvenilirliği de oldukça önemli hale gelmiştir. Bu konudaki çalışmalar dünyada güç kalitesinin tanımlanmasına ve standartlaştırılmasına sebep olmuştur. Türkiye’de EPDK’nın Aralık 2012’de yayınlanan “Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği” dağıtım lisansına sahip tüzel kişilere teknik kalite yönünden bir takım sorumluluklar getirmektedir. Teknik kalite yönetmeliği, temel olarak gerilim karakteristikleri yönünden EN 50160 standardını, akım harmonikleri yönünden IEEE 519-1992 standardını ve flicker etkisi yönünden de IEEE 1453-2004 standartlarını referans almaktadır. Ayrıca IEC 61000-4-30 standardında güç kalitesinin nasıl ölçülmesi gerektiği ve güç kalitesine etki eden bileşenler sıralanmıştır. Bunlar; frekans (frequency), kaynak gerilimin büyüklüğü (magnitude of supply voltage), kırpışma (flicker), kaynak gerilimindeki çukur ve tepeler (supply voltage sags / swells), gerilim kesilmeleri (voltage interruptions), geçici rejim gerilim bileşenleri (transient voltages), kaynak gerilimindeki dengesizlikler (supply voltage unbalance), gerilim harmonikleri (voltage harmonics), gerilim ara harmonikleri (voltage interharmonics), kaynak gerilimindeki ana sinyal gerilimi (mains signalling voltage on supply voltage), hızlı gerilim değişiklikleri (rapid voltage changes), ölçümdeki alt ve üst değişim parametreleri (measurement of underdeviation & overdeviation parameters)’dir [1-2]. Güç kalitesi standartları gelişirken güç kalitesi ölçüm cihazları ile ilgili olarak yapılan çalışmalar da gün geçtikçe artmaktadır [3-4]. Güç kalitesi parametrelerinin ölçülmesi için yüksek örnekleme yapan ölçüm cihazları kullanılmaktadır.

Transfer anahtarları özellikle yedekli UPS kullanılan yerlerde geniş kullanım alanı bulmuş elemanlardır. Eskiden elektromekanik sistemlerle çalışan bu cihazların anahtarlama süreleri uzunluğu yarı iletken teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde kısalmıştır [5]. Günümüzde enterkonnekte sistemin herhangi bir yerinde oluşan hata bu cihazlar kullanılarak yük tarafında problem hissedilmeden ortadan kaldırılabılır [6-7]. Bu anahtarlar enterkonnekte şebekelerde fider seçme işlemi için de kullanılabilir [8].

Bu çalışmada National Instruments(NI) LabVIEW yazılımı ile güç kalitesi konusu için özel geliştirilmiş olan EPS (Electrical Power Suite) yazılımları benzetim amacıyla kullanılmıştır. Bu yazılımla geliştirilen kullanıcı arayüzü sayesinde yukarıda belirtilen standartlardaki tüm güç kalitesi parametreleri her şebeke için standartlara uygun olarak izlenebilmektedir. Ayrıca bu parametreleri baz alarak şebeke seçimi gerçekleştiren bir transfer anahtarı işlevi gören algoritma geliştirilmiştir.

II. GÜÇ KALİTESİ PARAMETRELERİ

Güç kalitesi kavramı gerilim ve akımın dalga şeklinin tam sinüs sinyaline benzerliği ve frekansının da üretildiği andaki frekansa benzerliğinin oranı olarak tanımlanabilir [9]. Sonuçta bu sinüs sinyalindeki bozulmalar ve şebekeye etki oranı karşımıza güç kalitesi bozulması olarak çıkmaktadır. Doğal olarak bu parametreler şebekedeki kaynağın ve iletim hattının kalitesiyle çok yakından ilişkilidir. Kaliteli bir enerji arzının sağlanabilmesi için güç kalitesi parametrelerinin standartlara uygun tanımlanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Güç kalitesi problemlerinin sınıflandırılması EN 50160 standardında detaylı bir şekilde tanımlanmıştır.

A.FREKANS DEĞİŞİMİ

Frekansın üretildiği andaki değeriyle arasındaki fark frekans değişimi olarak tanımlanır. Genelde 50 Hz veya 60 Hz de üretim yapılmaktadır. Ülkemizde bu değer 50 Hz'dir. Frekanstaki değişimler ve süreleri üretim tarafının tüketimi karşılayabilme dengesine bağlıdır. Genelde standartlarda güç frekans değişimleri 49.9 - 50.1 Hz arasında normal olarak kabul edilir [1].

B.GERİLİM KAYNAĞI

Gerilim kaynağının değeri RMS olarak ifade edilir. Bir periyotluk süre boyunca alınan her bir örneklemin karesinin toplamının örneklem sayısına bölünerek elde edilen sonucun karekökü olarak hesaplanır. (1) numaralı eşitlikte n kadar gerilim değerinin rms değerinin eşitliği verilmiştir. Burada önemli olan aslında alınan örnek sayısıdır. Çünkü hem geçici bir olayı algılayabilmek için hem de daha doğru bir sonuç için daha çok değere ihtiyacımız olmaktadır. Alınan örnek sayısı da kullandığımız cihaza bağlıdır. Gerilim kaynağının büyüklüğünün ölçümünde standartlarda bazı önemli konulara değinilmiştir. Bunlar özellikle örnekleme hızı ve belirli bir zamanda alınan verilerin toplamıdır.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^2} = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2}{n}} \quad (1)$$

C. KIRPIŞMA (FLICKER)

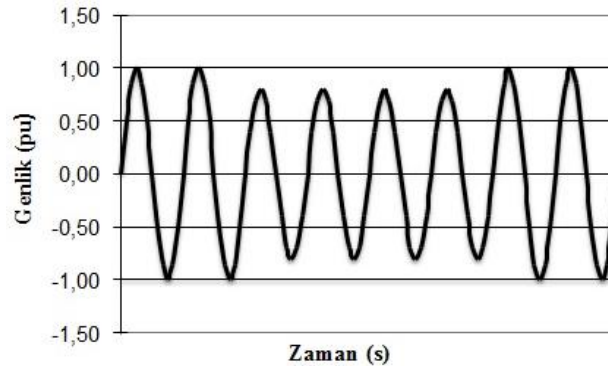
Şebekedeki yüklerin çok ani olarak 6-7 tam sinüste artması veya azalması olayıdır [10]. Genelde büyük güçteki yüklerin şebekeye ani giriş çıkışından kaynaklanır. Aydınlatma sistemlerinde varlığını gösterir. Güç kalitesi açısından anlık (Pinst), uzun süreli (Plt) 2 saat, kısa süreli (Pst) 10 dakika olarak üçe ayrılır [11].

D.GEÇİCİ REJİM GERİLİM BİLEŞENLERİ (TRANSIENT VOLTAGE)

Birkaç milisaniyede oluşan bozulmalardır. Bu yüzden bozulmanın tepe değeri, yükselme ve düşme zamanı, olayın geçtiği süre önemlidir ve bu parametreler olayı tanımlar. Kısa sürmelerine karşın etkileri büyüktür. Darbe veya salınım şeklinde kendilerini gösterebilirler.

E.GERİLİM ÇÖKMESİ (VOLTAGE SAG)

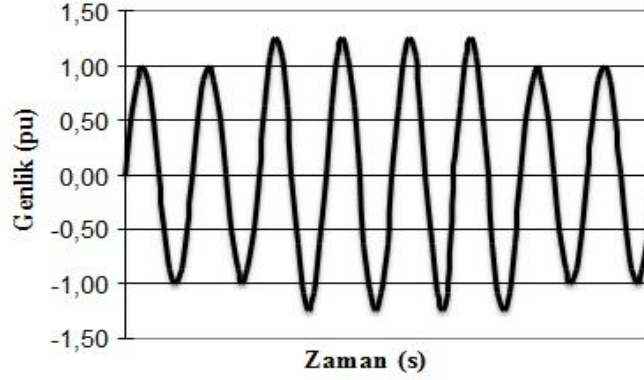
Yarım periyottan 1 dakikaya kadar gerilimin rms değerinin %10 ile % 90 arasında azalması olarak tanımlanır. Şekil 1'de sinüs sinyalinin genliğindeki azalma görülmektedir. Genellikle büyük arızalar sonucunda ortaya çıkar [12].



Şekil 1. Gerilim çökmesi (Voltage Sag)

F.GERİLİM YÜKSELMESİ (VOLTAGE SWELL)

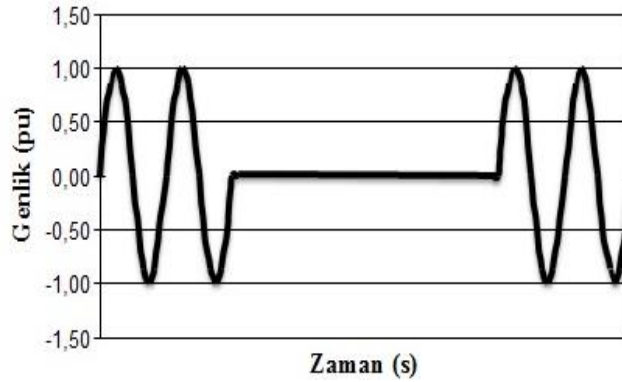
10 ms ile 1 dakikadan az bir sürede gerilimin efektif değerinin 1.1-1.8 (pu) birim arasında artmasıdır [1]. Şekil 2’de sinüs sinyalinin genliğindeki artma görülmektedir. Yüklerin devre dışı kalması, kondansatörlerin devreye girmesi, yıldırım darbe gerilimi gibi olaylardan kaynaklanabilir.



Şekil 2. Gerilim yükselmesi (Voltage Swell)

G.KESİNTİ

Gerilimin nominal değerinin %10 seviyelerine kadar düşmesidir . Bir kesintinin en az yarım periyotta olması gerekir. Enerjinin kısa süreli kesintisi çoğu elektriksel cihazda büyük arızalara sebep olabilmektedir.



Şekil 3. Kısa kesinti

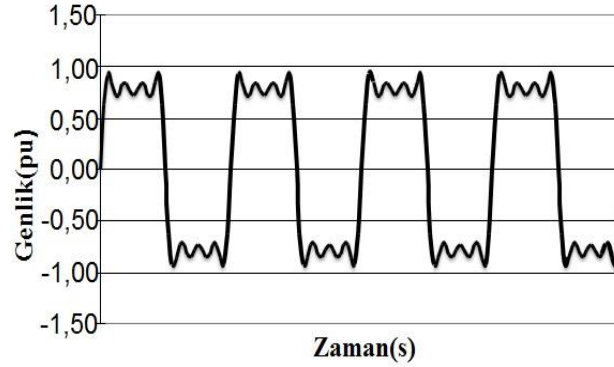
H.KAYNAK GERİLİMİNDEKİ DENGESİZLİK (VOLTAGE UNBALANCE)

Üç fazlı dengeli sistemlerde fazlar arasında 120 derecelik faz farkı vardır. Bu faz farkı döner alan oluşturmak için gereklidir. Yük tarafında oluşan dengesiz yüklenmeler hem açılı dengesizliği hem de genlik dengesizliği ortaya çıkarır. Gerilim dengesizliğinde negatif (negative sequence), pozitif (positive sequence) ve sıfır bileşen (zero sequence) olmak üzere üç bileşenden söz edilir [13].

I.HARMONİKLER

Lineer olmayan yüklerin şebekeden çektikleri tam sinüs olmayan akım ve gerilimlerden dolayı oluşan bozulmalardır [14]. Şebekedeki akım veya gerilimin dalga şeklini değiştirirler. Bu bozulmanın şiddeti THD (Toplam Harmonik Bozulma) olarak tanımlanır. Gerilim ve akımın her ikisi için de THD değeri

vardır. Harmonikler ana sinyalin tek katlarındaki veya çift katlarındaki frekanslarda olabilir. Fourier serisi kendini tekrarlayan sinyallerin ana sinyalin bileşenleri olarak tanımlamamıza olanak sağlar [15].



Şekil 4. Harmonik bozulmanın şebeke sinyaline etkisi

Akım ve gerilim sinyallerinin harmonik içeren ifadeleri:

Gerilim için;

$$v(t) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2}V_n \sin(n\omega_1 t + \theta_n) \quad (2)$$

Akım için harmonik değeri bulunuyorsa;

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} i_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2}I_n \sin(n\omega_1 t + \delta_n) \quad (3)$$

şeklindedir. (2) ve (3) numaralı denklemlerde v_n ve i_n harmonikli gerilim ve akımın ani değerleri olup V_n ve I_n değerleri n . harmonik mertebesi için akım ve gerilimin efektif(rms) değerleridir [15]. Ana sinyal seviyesindeki bozulma THD ise:

Akım için;

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (4)$$

Gerilim için;

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (5)$$

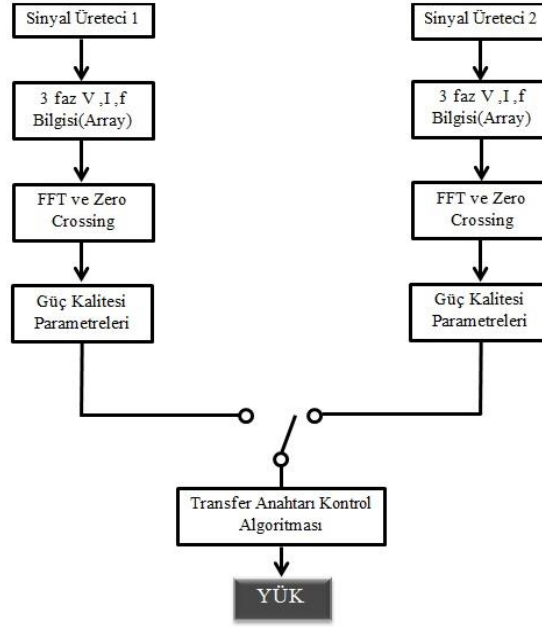
şeklindedir [15].

Standartlarda harmonik frekansının her biri için ayrı sınırlamalar bulunmaktadır. Harmoniklerle ilgili sınırlamalar IEEE 519-1992 standartlarında belirtilmiştir [15]. Harmonikler şebekeye ek bir yük getirmekte ve baş edilmesi gereken önemli güç kalitesi problemleri arasında yerini almaktadır. Harmoniklerin şebekedeki etkisi Şekil 4'de verilmiştir.

III. GELİŞTİRİLEN PROGRAMIN İNCELENMESİ

Program temelde 2 kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım ana program, ikinci kısım ise simülasyon sinyali üreten iki alt program (sub VI)'dır. Simülasyon sinyalleri array (dizi) şeklinde tanımlanmıştır. Temel

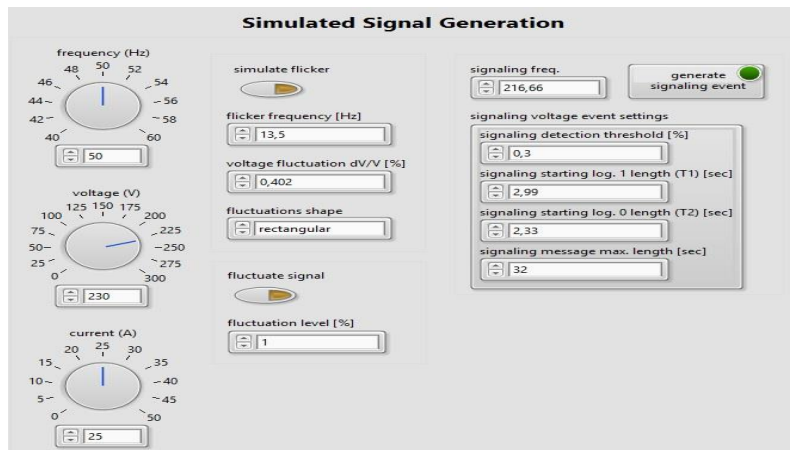
sinüs üzerine eklenen harmonik, kırpışma, dalgalanma (fluctuation)'dan oluşur. Ana programda akım gerilim ve frekans bilgilerinden oluşan simülasyon sinyalleri üzerinde FFT (Hızlı Fourier Dönüşümü) ve sıfır geçişi (Zero Crossing) metodu uygulanarak güç kalitesi parametrelerine ulaşılır. Güç kalitesi parametreleri hesaplandıktan sonra bu parametreler transfer anahtarı kontrol algoritmasında değerlendirilerek şebeke seçimi yapılır. Şekil 5'deki akış şemasında programın işleyişi görülmektedir.



Şekil 5. Geliştirilen programın akış şeması

A. SİNYAL ÜRETİCİ SİMÜLATÖR

Simülasyon program LabVIEW yazılımının içinde hazır gelen bir uygulamadır ve değiştirilmeden kullanılmıştır. Bu programda yer alan parametreler EN 50160 ve IEC 6100-30-4 standartlarını tam olarak desteklemektedir. Gerilim, akım, frekans, harmonik değerleri vb. yazılımın kendi içinde bulunan simülasyon sinyallerinden oluşmaktadır. Bu sinyaller tanımlama kısmından değiştirilebilir. Şekil 6'da programın arayüzü görülmektedir.



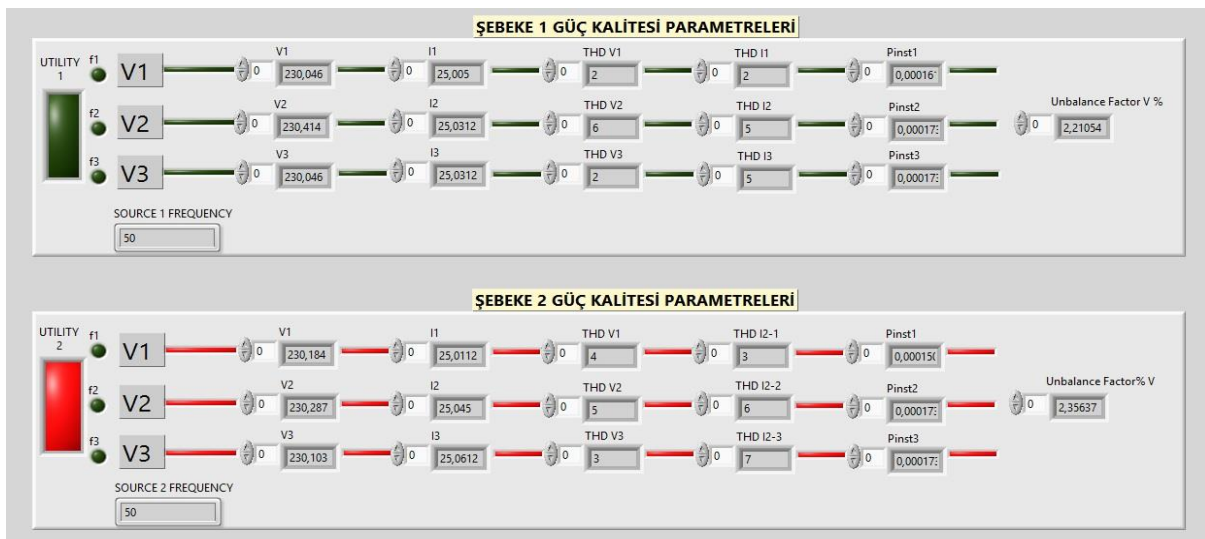
Şekil 6. Sinyal üreticinin arayüzü

Programda iki şebeke sistemi bulunmaktadır. İki şebeke sistemi de üç fazlıdır. İlgili şebekenin her fazının akım ve gerilim değerleri beraber değiştirilir. Sinyallere yüzdelik olarak kırpışma ve dalgalanma eklemek de mümkündür. İki şebeke için iki sinyal üretici bulunmaktadır.

B.ANAHTARLAMA ELEMANI

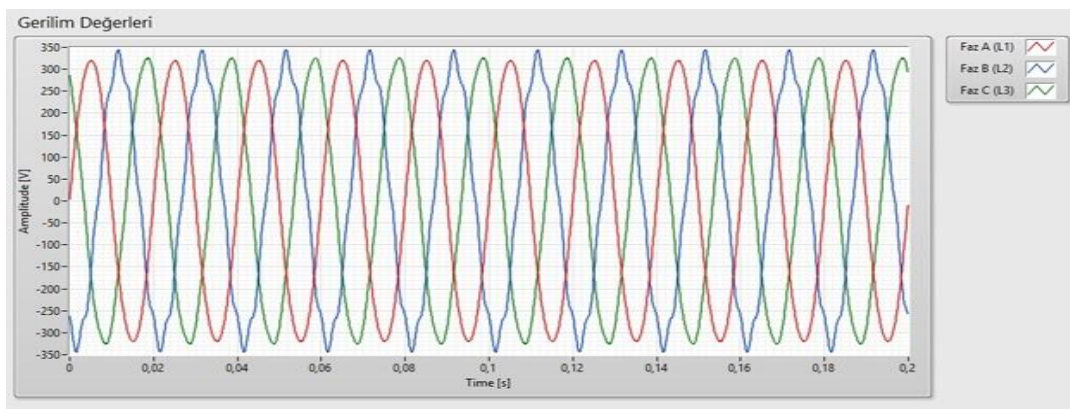
Program 4 ana kısımdan oluşmaktadır.

Şekil 7’de gösterilen 1.kısımda transfer anahtarının durumu izlenebilmektedir. Burada cihazın her iki şebekedeki gerilim, akım, THD akım, THD gerilim, anlık kırpışma, dengesizlik (unbalance) değeri görülebilmektedir. Ayrıca hangi şebekelerin seçilip seçilmedikleri veya hatlardaki zorunlu kesintiler ile güç parametresi kesintileri de burada görülmektedir. Burada PQ fault ifadesi güç kalitesi parametrelerinden THD_I , THD_V , Pst (Kısa Süreli Flicker), dengesizlik ile ilgili bir problem olduğunu göstermektedir. Bu problemler eğer kullanıcının belirlediği belli bir süre boyunca devam ederse ilgili hattın çıkışını keser. Kırmızı yanan hat Şebeke 2 (Source 2)’de ise hatta önemli bir problem veya kesinti olduğu için çıkışın olmadığını göstermektedir. Zorunlu kesintiye sebep olan olaylar ise kullanıcının belirlediği süre içindeki gerilim kesintileri ve yükselmeleridir. İlgili hattın çıkışı belirlenen zaman sonucunda kesilir.



Şekil 7. Geliştirilen programın arayüzü

Şekil 7’deki arayüzün 2. ve 3. sekmesinde sistemdeki iki şebekenin her birinin güç kalitesi parametrelerine ulaşılır. Şebeke 1, 1. hattaki değerleri, şebeke 2 ise 2. hattaki değerleri gösterir.



Şekil 8. Şebeke 1’in gerilim değerleri

Şekil 8’de 1. şebekedeki 3 fazın gerilim değerleri görülebilmektedir. Şebeke 1 sekmesindeki güç kalitesi parametrelerinden gerilim, akım, frekans, bunların rms değerleri, 3 saniye, 10 dakika, 2 saatlik

değerleri, olaylar, kırışma değerleri anlık, uzun ve kısa süreli olarak, harmonikler, harcanan güç ve enerji değerleri ve dengesizlik faktörü değerine ulaşılır.

Şekil 9'da set değerleri kısmında kullanıcı gerilim ve akım için THD, anlık kırışma, dengesizlik faktörü, her bir fazın maksimum ulaşacağı akımı, hızlı gerilim değişimleri, gerilim yükselmesi ve düşmesi için gerilim yüzdeleri ve güç kalitesi arızası ile zorunlu kesinti için zaman set değerini de burada girebilmektedir. Yanlarındaki ledler ise gerçek durum ile şimdiki durum arasındaki farkın aşıldığının göstergesidir. Bu durumda time set değeri kadar beklenir daha sonra şebeke çıkışı kesilir.

The screenshot shows the control interface for 'Şebeke 1'. It includes the following sections:

- ZAMAN DEĞERİ:** Power Quality Time (5), Fault Time (5).
- THD DEĞERİ:** THD V Faz 1 (8), THD V Faz 2 (8), THD V Faz 3 (8), THD I Faz 1 (8), THD I Faz 2 (8), THD I Faz 3 (8), THD I N (8).
- ANLIK THD:** voltage THD [%] (2, 6, 2) and current THD [%] (2, 5, 5, 0,999999).
- DURUM:** THD V Faz 1, THD V Faz 2, THD V Faz 3, THD I Faz 1, THD I Faz 2, THD I Faz 3, THD I N (all 0).
- FREKANS DEĞERİ:** Ust (50,5), Alt (49,5), PInst (2), Pst 1 (2), Pst 2 (2), Pst 3 (2).
- ANLIK DEĞERLER:** Ortalama Frekans (50), Frekans (0), Pinst (0,0615152), Pst 1-1 (0), Pst 1-2 (0), Pst 1-3 (0).

Şekil 9. Şebeke 1'in set değerleri

C.TRANSFER ANAHTARININ ÇALIŞMA KOŞULLARI

Transfer anahtarı için iki karşılaştırma parametresi önerilmiştir. Birincisinde set değerleri sayfasında standartların kabul etmediği veya kullanıcının kabul etmediği değerler için giriş kısmı oluşturulmuştur. Bu set değerleri kısmında karar vermeden önceki bekleme zamanı da düşünülmüştür. Buradaki set değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılır. Eğer bu set değerlerinden frekans, akım, veya gerilim değeri set edilen zamandan fazla aşılsa o şebekenin çıkışı kesilir. Eğer gerilim ve akım için THD, kırışma veya gerilim dengesizliği set değeri aşılsa ikinci bir kesme sinyali üretilir ve çıkış kesilir. Bu durum ikinci şebeke için de aynıdır. Yani şebeke kendi değerlerini kullanıcının set değerleriyle karşılaştırarak bir kesme sinyali üretir.

Eğer her bir şebekede kendi içinde kesme sinyali yoksa sistem iki şebekenin güç kalitesi parametrelerinden THD_V, THD_I, kırışma, dengesizlik faktörünü referans alarak her faz için bir kıyaslama yapar. Tablo 1'de şebekelerin güç kalitesi parametreleri değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Her iki şebekedeki örnek THD_I, THD_V, Pst, dengesizlik değerleri

ŞEBEKE	FAZ	THDI %	THDV %	PST %	UNBALANCE %
1	FAZ_1	2	2	0,950536	2,21
	FAZ_2	5	6	0,924644	
	FAZ_3	5	2	0,925957	

ŞEBEKE 2	FAZ_1	3	4	0,923616	2,35
	FAZ_2	6	5	0,92413	
	FAZ_3	7	3	0,896168	

Karşılaştırılan her fazın güç kalitesi parametrelerinden en küçük olan sayısı hangi şebekede fazla ise o hat seçilir. Buna göre Şekil 10'da kırmızı ile gösterilen 6 nokta 2.şebekenin 1. şebekeden büyük olan değerlerini, yeşil ile gösterilen 4 nokta ise 1.şebekenin 2. şebekeden büyük olan değerlerini gösterir. Sonuç olarak büyük parametre sayısı en az olan 1. Şebekede olduğundan bu şebeke seçilmiştir.



Şekil 10. Şebeke karşılaştırma ekranı

IV. SONUÇ

Güç kalitesi parametreleri açısından en iyi değerlere sahip enerji kaynağından enerji talebi, kullanıcılar açısından da önem arz etmektedir. Bu çalışmada akıllı şebekelere entegre edilebilecek ve güç kalitesi parametrelerini baz alarak kendiliğinden karar verebilecek bir transfer anahtarının kontrolü LabVIEW programı tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Program karşılaştırdığı iki şebekeden güç kalitesi parametreleri açısından en uygununu tasarlanan algoritma ile başarılı bir şekilde seçmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de altı çizili ifadelerde de görüldüğü üzere 1. şebekenin diğerinden büyük güç kalitesi parametre sayısı 4 olarak bulunmuştur. 2. şebekenin diğerinden büyük parametre sayısı 6'dır. 2. şebekede daha fazla büyük değer olduğundan 1. şebeke güç kalitesi açısından daha uygundur. Her şebeke için tanımlanan set değerleri aşıldığında çıkış kesildiği için program aynı zamanda sistemi korumaktadır. Akıllı şebeke teknoloji konseptlerinin gelişmesi ile birlikte enerji sisteminde oluşabilecek güç kalitesi problemlerinin tüketiciye ve dolayısı

ile hassas cihazlara hissettirilmeden şebeke besleme noktasının değiştirilebilmesi imkânı bu çalışmada sunulan transfer anahtarları ile mümkün olabilecektir. Bu çalışmada simülasyon tabanlı uygulama sonuçları sunulan algoritma gerçek şebeke seçimi üzerinde de uygulanarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Sistemin kararlı çalışma koşullarını daha gerçekçi şebeke koşullarında test etmek için karşılaştırılan şebeke sayısı artırılabilir.

Tablo 2. Her iki şebekenin faz değerlerinin karşılaştırılması

ŞEBEKE	FAZ	THDI%	THDV %	PST %	UNBALANCE %
ŞEBEKE 1	1. FAZ	2	2	0,950536	2,21
ŞEBEKE 2		3	4	0,923616	2,35
ŞEBEKE 1	2. FAZ	5	6	0,924644	
ŞEBEKE 2		6	5	0,92413	
ŞEBEKE 1	3. FAZ	5	2	0,925957	
ŞEBEKE 2		7	3	0,896168	

V. KAYNAKLAR

- [1] IEC61000-4-30 Edition 2.0 *Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-30 Testing and measurement techniques Power quality measurement methods* (2008).
- [2] Anonim, <http://www.guckalitesi.gen.tr/tr/about/missionDetails.php> (Erişim tarihi: 18th of March, 2016).
- [3] A.K. Khan (2002) DOI: 10.1049/pe:20010204.
- [4] H.J. Bollen , I.Y.H. Gu , P.G.V. Axelberg , E. Styvaktakis (2007) DOI: 10.1155/2007/79747.
- [5] M.R. Javed, T. Mahmood, M.A. Choudhry, *Performance analysis of static transfer switch using MATLAB/Simulink , Power Generation System and Renewable Energy Technologies (PGSRET)*, Islamabad-Pakistan , (2015) 1 – 5.
- [6] H. Mokhtari, M.R. Iravani (2004) DOI: 10.1109/TPWRD.2004.825125.
- [7] I.K. Khan , J. Zheng , D.O. Koval, V. Dinavahi , (2004) DOI: 10.1109/TIA.2005.855049.
- [8] T. Mahmood , M. A. Choudhry , *Application of State Estimation Technique for Impedance matching to optimize Static Transfer Switch operation , Emerging Technologies ICET 2007 International Conference on*, Islamabad-Pakistan, (2007) 269 – 273.
- [9] M. Şekkeli, A.S. Yılmaz *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* **15(3)** (2009) 317-323.
- [10] T.F. Apay, *Güç Kalitesi Parametrelerinin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi* ,Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye , (2008).

- [11] IEC61000-4-15 *Electromagnetic compatibility (EMC) Testing and measurement techniques Part 4-15 Flickermeter Functional and design specifications* (2010).
- [12] Y. Shu-jun, W. Yan, W. Quan-tao , H. Min-xiao, *A Novel Transfer Switching Strategy of Solid Static for Duplex Feeding*, **Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT) 4th International Conference on** , Shandong-Çin, (2011) , 558 – 562.
- [13] R.C. Dugan, M.F. McGranaghan, and H.W. Beaty, *Electrical Power Systems Quality* , McGraw-Hill, (1996).
- [14] IEC61000-4-7 Edition 2.0 *Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-7 Testing and measurement techniques General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation for power supply systems and equipment connected thereto* (2002).
- [15] S. Özdemir, M. Demirtaş , S. Aydın *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* **10(1)** (2014) 105-116.