

Elektrik Enerji Kalitesi

Engin Özdemir

Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, 41380 Umuttepe Kocaeli
eozdemir@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada elektrik enerji kalitesi ile ilgili terimler ve güncel konular tanıtılmakta ve elektrik enerji kalitesine etki eden bileşenler sıralanmaktadır. Ayrıca enerji kalitesinin neden olduğu tipik problemler ve bunların nedenleri açıklanmakta ve enerji kalitesinin iyileştirmeye yönelik önlemler anlatılmaktadır.

1. Elektrik Enerji Kalitesi - Giriş

Elektrik enerjisi, temiz, kullanımı ve kontrolü kolay bir enerji türüdür. Su gücü (hidrolik), rüzgar, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebildiği gibi fosil ya da nükleer yakıtlardan da elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Geleneksel olarak yerleşim yerlerinin uzağında bulunan kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi, kayıpları azaltmak amacıyla yüksek gerilimlere çıkarılmakta, AC (alternatif) gerilim şeklinde iletilmekte ve dağıtım noktasında alçak gerilime indirilerek dağıtılmaktadır [1].

Elektrik güç sistemlerinin amacı, elektrik enerjisi üretmek ve son kullanıcıların cihazlarına kadar bu enerjiyi kabul edilebilir bir gerilim şeklinde sunmaktır. Buradaki en önemli kısıtlama ise teknik amaçlara ekonomik olarak makul maliyetler ile ulaşmaktır. Üretimden dağıtımaya elektrik enerji şebekesi, jeneratör, transformator, iletim ve dağıtım hatları ve yüklerden oluşmaktadır. Elektrik enerji kalitesi, bu şebeke üzerinde herhangi bir noktada tanımlanabilmesine karşın, genelde kullanıcı ucunda önem kazanmaktadır. Bu nedenle enerji kalitesi kullanıcı için besleme noktasında tanımlanmaktadır. Enerji kalitesini genelde doğrusal olmayan yükler bozmakta, fakat şebeke trafosunun doymaya girmesi, anahtarlamalı güç kaynaklarının şebekeye bağlanması ya da yıldırım düşmesi diğer bazı bozucu etkenlerde enerji kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Endüstriyel ve ticari faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli önemli girdilerin başında elektrik enerjisi gelmektedir. Elektrik enerjisi insanoğlu tarafından sürekli olarak kullanılan, istenildiği gibi stoklanamayan, kullanım öncesinde kalitesi güvence altına alınmayan bir uygarlık aracıdır. Elektrik enerjisinin istenilen noktaya, istenilen zamanda kontrole ihtiyaç göstermeden ulaştırılması önem kazanmaktadır. Elektrik kaynağının güvenilirliğinin bilinmesi ve enerji kalitesinde meydana gelebilecek değişikliklerin

uygulanmakta olan süreç veya süreçler üzerindeki etkilerinin tam olarak anlaşılması son derece önemlidir. Uygulamalar açısından elektrik enerjisi diğer girdilerden oldukça farklıdır - elektrik enerji kaynağı kullanım noktasından çok uzakta olabilir veya başka jeneratörlerin çıkışları ile birlikte şebekeye verilerek kilometrelerce uzunlukta havai hatlardan ve muhtemelen yeraltı kablolarından ve birçok transformatörden geçtikten sonra kullanım noktasına ulaşabilir. Bu bakımdan; elektrik enerji kalitesinin kullanım noktasında güvence altına alınması kolay değildir ve standart dışı elektriğin besleme sisteminden uzaklaştırılması veya tüketici tarafından kabul edilmemesi de mümkün değildir [2].

Elektrik enerji kalitesi "mükemmel bir elektrik enerjisi kaynağı, her zaman kullanıma hazır, gerilim ve frekans değerleri toleranslar dahilinde, tamamen gürültüsüz ve sinüs eğrisi şeklinde dalga formuna sahip elektrik üreten enerji kaynağıdır" şeklinde açıklanabilmektedir. Mükemmellikten sapmanın hangi ölçüde tolere edilebileceği ise kullanıcı uygulamalarına, tesis edilen cihazların tipine ve kullanıcının kendi ihtiyaçlarına olan bakış açısına bağlı olarak değişebilir. Elektrik enerjisinde kalite bozuklukları diğer bir ifade ile mükemmellikten sapma beş ana kategori altında incelenmektedir:

- Harmonik bozulma
- Kesintiler
- Düşük veya aşırı gerilim
- Azalma (veya dalgalanma) ve darbeler
- Geçici olaylar

Elektrik güç sistemlerinde enerji kalitesi tanımı, şebekenin gerilim ve frekansındaki değişimler ile şebekeden çekilen akımdaki dalga şekli bozukluklarının belirtilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Elektrikli cihazların birçoğu şebekedeki gerilim ve frekans değişmelerine karşı hassas olmamakla birlikte, son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan elektronik devreler tarafından beslenen ve kontrol edilen cihazlar enerji kalitesine karşı son derece duyarlıdır. Bu kontrol devrelerinden bazıları, alternatif akım ve doğru akım motor sürücülerini ve anahtarlamalı güç kaynakları gibi enerji dönüştürmede kullanılan devreler ile yardımcı kontrol devreleri olarak kullanılan bilgisayarlar ile programlanabilir mantık denetleyicilerdir (PLC). Bu tip karmaşık devreler, şebekedeki bozucu etkilerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu etkilenme sonucu elektronik devreler ile kontrol edilen cihazlar veya

endüstriyel tesisler hatalı çalışabilmekte ve hatta devre dışı kalabilmektedir.

Bu nedenle hızlı bir şekilde gelişen sanayi tesisleri ile elektrikli cihazların düzenli olarak çalışabilmesi için gerek tüketiciler gerekse şebeke açısından enerji kalitesi konusunda bazı düzenlemeler ve sınırlandırmaların yapılması gerekmektedir. Elektrostatik boşalma olayları, elektromanyetik dalgalar ve işletme sırasında meydana gelen hatalar sonucu oluşan bozucu etkiler büyük çoğunlukla tüketici tarafından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, aşırı sıcaklık yükselmesi, istenmeyen titreşimler ve iletken bağlantılarındaki gevşeklikler gibi mekanik veya elektriksel hatalar sonucu da bozucu etkiler oluşmaktadır [3].

Elektrik dağıtımı yapan kuruluşlar, kaliteli elektriğin gerekli maliyetlere katlanarak kullanıcıların kendileri tarafından temin edilmesi gerektiğini savunmaktadır. Geniş bir kullanıcı kesimini besleyecek kaliteli elektriğin üretilmesi ve garanti edilmesi yüksek yatırım harcamaları gerektirir, sınırlı sayıdaki müşterilerin ihtiyacına cevap verebilir ve ekonomik olmayabilir. Normal olarak sistemden beslenme hakkına sahip herhangi bir müşterinin, mevcut sosyal ve yasal çerçevede içerisinde bu hakkını kullanmasında teknik olarak bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Örneğin, tesisat ile ilgili kazaların yapılması sırasında yeraltı kabloları zarar görebilir, şiddetli rüzgar ve dondurucu soğuklar gibi hava şartları havai hatlarda tamiri zor ve masraflı arızalara yol açabilir. Bu nedenlerden dolayı, elektriğin istenilen kalitede istenilen noktalara ulaştırılması için gerekli işlemlerin yapılması müşterinin kendi sorumluluğunda olmalıdır. Bu şekilde elde edilen elektriğin kalitesi bağımsız bir tedarikçi tarafından verilen elektriğin kalitesinden daha yüksek olacaktır.

Kullanıcılar ihtiyaç duydukları kalitede elektrik elde etmek için yapılması gereken yatırıma karar verebilmelidirler. Yerleşim bölgelerinde karşılaşılabilecekleri enerji kalitesi ile ilgili problemlerin nitelik ve nicelikleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmaları son derece önemlidir. Maalesef bu konuda yayımlanmış çok az istatistiksel bilgi mevcuttur ve ortaya çıkabilecek problemlerin ve alınacak önlemlerin maliyetleri hakkında bilgi toplamakta çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır [3].

1.1. Kesintiler

Kısa süreli kesintiler ile gerilim düşmeleri, tedarikçi ve müşteri arasındaki yaklaşım farkını ortaya koymaktadır. Şayet sisteme bir monitör yerleştirilmemişse, kısa süreli kesintilerin kanıtlanması zordur. Hatta bir iş kaybının, belli bir olaya atfedilmesi çok daha zordur. Sonuç itibarıyla; kesinti maliyetleri konusunda tedarikçi kuruluşlar veremedikleri elektriğin maliyetini, tüketiciler ise üretim kaybı sonucu uğradıkları gelir

kaybının maliyetini dikkate almaktadır. Kıyaslamalı olarak elektrik ucuz ve kesinti kısadır, fakat üretim kaybının (yarıiletkenlerde olduğu gibi) ve tekrar normal üretime geçiş (kağıt sanayinde olduğu gibi) maliyetleri çok daha yüksektir. Görüldüğü gibi, gerilim azalmalarının önemi ve problemlerin tespiti amacıyla kullanılması gereken cihazlar için yapılacak yatırım harcamaları bakımından tarafların konuya bakış açıları birbirinden oldukça farklıdır.

Kesintiler elektrik enerjisinde kalite problemlerinin en başında gelir ve süre olarak birkaç saniye veya tek bir defa yaşanmış olduğu gibi aylarca devam edebilir. Arızalar sadece kamuya ait besleme sistemlerinden kaynaklanmamaktadır, herhangi bir bina veya fabrikadaki tesisatın tek bir noktasındaki kablo veya bağlantıdan kaynaklanan bir arıza tüm sistemi enerjisiz bırakabilmektedir.

Komple güç kesilmesine karşı korunmak için iki tip yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşımda; tesisat tasarımında problem yaratabilecek noktaların oluşması önlenmekte veya risk tahmini yapılarak en riskli noktalar belirlenmektedir. İkinci yaklaşım ise yedek güç kaynağı ihtiyacının belirlenmesi için gerekli çalışmaların yapılmasından ibarettir. Önemli faydalar sağlayan bu teknikler zor olmadığı gibi masraflı da değildir. Tekniklerin başlangıçta, tasarım aşamasında uygulanması daha sonraki aşamalarda uygulanmasından çok daha ekonomiktir. Alternatif güç kaynakları gerek ilk yatırım ve gerekse işletme masrafı olarak daha pahalı olabilir – örneğin, ihtiyaç duyulduğu anda devreye girmeye hazır olmayan bir jeneratörün yedekte tutulmasının önemli bir getirisi olmaz – ihtiyacın ve gerekli güç kaynağı tipinin çok dikkatli analiz edilmesi gerekir. Yedek jeneratör yatırımının güvenilir bir güç kaynağı olarak uzun yıllar hizmet verebilmesi bu alternatifin ekonomik değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken önemli bir noktadır.

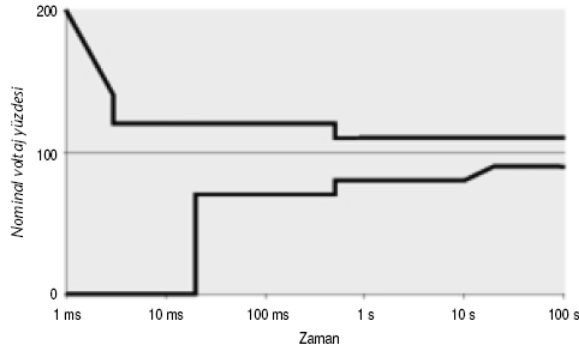
Elektrik enerjisine daha az ihtiyaç duyulan sanayilerde, sistem oturması halinde kullanılması zorunlu olan üniteleri çalıştırmak ve tepe yükleri azaltmak üzere jeneratör yatırımı yapmak isabetli olabilir. Bu seçim daha ekonomik olmakla birlikte, maliyet, arıza riskine göre değerlendirilmelidir ve bu değerlendirme ancak bizzat organizasyon tarafından yapılabilir. Yedek jeneratörün devreye girmesinin zaman alacağına dikkat edilmeli, hassas yükler için UPS gibi başka kaynaklar düşünülmelidir. UPS kapasitesi sınırlı olup sadece bilgisayar sistemlerinin ve kritik özellikteki yüklerin beslenmesinde kullanılır, başka maksat için kullanılmamalıdır. Her zaman olduğu gibi uygun bakım işlemlerine gerekli önem verilmelidir.

Genel olarak uzun süreli kesintilerin tedarikçilerden kaynaklandığı düşünülür, ancak bu kesintiler sistemde kullanılan cihazlardan, iletkenlerden ve çeşitli bağlantılardan kaynaklanabilir. Amaç; arıza noktalarını belirleyerek engelleyici cihazlar kullanmak veya alternatif besleme imkanları tesis ederek arızaya rağmen sürecin sürekliliğini sağlamaktır. Bu şekilde tasarlanan sistemlerin bakımı daha kolaydır ve mutlaka daha iyi sonuçlar alınır. Bakım işlemlerinin önleyici tasarım kavramının bir parçası olarak başlangıç aşamasında oluşturulması çok önemlidir. Kısa ve uzun süreli güç kesintilerine karşı yedek jeneratör ve UPS sistemleri önleyici tasarımın vazgeçilmez unsurları olarak algılanmalıdır.

1.2. Gerilim azalmaları ve kesintiler

Gerilim azalmaları ve kesintilerin büyük çoğunluğu iletim ve dağıtım sistemlerinden kaynaklanmaktadır ve tedarikçinin sorumluluğu altındadır. Azalma, besleme geriliminin RMS şiddetinde meydana gelen ve bir saniyeden daha kısa veya birkaç saniye devam eden kısa süreli gerilim azalmalarıdır. Azalmalar, kalıcı gerilim ve azalma süresi olarak tanımlanır ve olay sırasında devam eden nominal giriş geriliminin yüzde oranı olarak ifade edilir.

Şekil 1'de verilen Information Technology Industry Council (ITIC) eğrisinde her türlü gerilim değişimleri karşısındaki teçhizat toleransları grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 1. ITIC Eğrisi.

Kalın çizgilerle gösterilen doğrular teçhizata zarar vermeden kabul edilebilecek en yüksek ve en düşük gerilim değerlerini, nominal giriş geriliminin (RMS) yüzde oranı olarak zaman değişimine göre göstermektedir. Nominal gerilimi gösteren (%100) yatay doğrunun üst tarafı gerilim yükselmelerine, alt tarafı ise gerilim azalmalarına aittir ve zaman eksenine logaritmdir.

Örneğin bir veri işleme cihazı, nominal gerilimin beş katına 100 µs dayanabilmeli, fakat nominal gerilimin

sadece %20 fazlasına ise 10 ms dayanabilmelidir. Düşük gerilim tarafında ise, komple güç kaybına 20ms (bir şebeke frekans periyodu) dayanabilmeli, 100ms içinde de gerilim nominal gerilimin %70'ine yükselmelidir. Bu eğri, bilgi işlem cihazları kullanıcıları ile elektrik tedarikçileri arasındaki elektrik enerjisinde kalite problemlerinin çözümüne yardımcı olmak üzere geliştirilmiştir. Daha sonra, cihazlara ait özelliklerin standartlaştırılması neticesinde, kullanım yerinde yapılan ölçümlere dayanarak verilen elektriğin yeterli olup olmadığının tespiti son derece kolaylaştırılmıştır.

Gerilim azalmaları çoğunlukla elektrik besleme sistemindeki hatalardan kaynaklanmakta, azalmaların şiddetini ise jeneratör ile hata ve ölçüm noktasının buldukları noktalar belirlemektedir. Gerilim azalmalarının şiddeti ve dağılımı konusunda resmi istatistiksel bilgi mevcut değildir. Aşağıdaki tabloda kesinti ile oluşan bazı tipik değerler verilmektedir.

Sanayi	Her bir olaydaki finansal kayıp
Yarıiletken üretimi	3.800.000 Euro
Finans sektörü	6.000.000 Euro bir saatte
Bilgi işlem merkezi	750.000 Euro
Telekomünikasyon	30.000 Euro bir dakikada
Çelik tesisleri	350.000 Euro
Cam sanayisi	250.000 Euro

Bir saniyeden daha kısa süren ve önemsiz gibi gözükse de bu olayların yol açtığı maddi kayıplar çok büyüktür. Veri işlem cihazları ve değişken hızlı motor sürücüler gibi bazı özel aygıtların gerilim azalmalarına karşı tepkileri tanımlanmadığına göre bir sistemin tepkisinin önceden bilinmesi veya kontrol altına alınması mümkün değildir. Kağıt imalatı gibi sürekli işlemlerdeki gerilim azalmaları, yeniden düzenleme maliyetleri ve hammadde kaybı gibi sistem oturmasındakine benzer önemde etkiler meydana getirmektedir. Bilgisayara dayalı çalışmalarda, beklemedeki evrakın ve kurtarılamayan dokümanların tekrar kazanılması için harcanan zaman saatler almaktadır. Yarıiletken sanayinde durum özellikle daha vahimdir; baskılı devreler günler süren işlemlerden geçirilerek imal edilmektedir. İşlemin son aşamasına kadar gelmiş bir devrenin zarar görmesi daha önce yapılan işlemlerin boşa gitmesi anlamına gelmektedir. Yarıiletken sanayinde gelişme çok hızlı, rekabet yoğun ve ürün ömrü çok kısadır. Dolayısıyla üretim kaybı, sadece üreticiler için değil, aynı zamanda kendi ürünlerinin üretim ve sevkiyatındaki aksamalar nedeniyle müşteriler için de son derece büyük önem taşımaktadır.

1.3. Geçici gerilim bozulmaları

Geçici gerilim bozulmaları, kaynak akımının bir periyodundan çok daha kısa süren yüksek frekans olaylarıdır. Yük anahtarlamaları ve dağıtım sistemindeki yıldırım darbeleri ile tüketici bölgesinde veya aynı devre üzerinde yer alan diğer bölgelerdeki reaktif yük anahtarlamaları bu bozuklukların nedenleri arasındadır. Geçici olayların şiddeti tesisatta ve tesisata bağlı cihazlarda ciddi hasar yaratacak seviyede, örneğin bir kaç bin volt düzeyinde olabilmektedir. Elektrik tedarikçileri ve telekomünikasyon firmaları geçici etkilerin meydana gelmesini ve müşteri sistemlerine yayılmasını önlemek için bazı çalışmalar sürdürmektedir. Geçici olayların belli bir hasara yol açmasa bile bilgi işlem sistemlerinde, veri bozulmalarından dolayı karışıklıklara neden olacağı dikkatlerden uzak tutulmalıdır. Geçici olayların oluşumu ve olumsuz etkileri, güvenilirliği yüksek topraklama sistemleri kullanılarak önemli ölçüde azaltılmaktadır. Güvenilir bir topraklama sisteminde tesisatın pek çok noktasından toprağa ve yer altına çok sayıda bağlantı yapılmakta, bu şekilde geniş bir frekans bant aralığı içinde empedans en küçük değerlere indirilerek sistemin bütünlüğü güvence altına alınmaktadır.

Gerilim azalmasının belli bir cihaz üzerindeki etkisini somut olarak saptamak oldukça kolaydır; yeni müşterilerin devreye girmesi ve cihaz ilave veya değişimleri nedeniyle ortaya çıkan gerilim azalmalarının besleme sisteminin ihtimal olarak hangi noktasında meydana geleceğini bilmek ise oldukça zordur. Harmonik gerilim bozukluğu karşısında cihaz hassasiyetinin ve cihazın yarattığı harmonik akım bozukluğunun ölçülmesi için ihtiyaç duyulan verilerin elde edilmesi kolay değildir. En önemli sorun, güç kaynağı ile kullanılan cihaz arasındaki uyum ile ilgilidir.

Geçici olaylar çok kısa süren (birkaç milisaniyeye kadar) gerilim bozulmalarıdır, ancak şiddetleri çok yüksektir (birkaç bin volta kadar) ve yükselme çok hızlı olur. Geçici olayların çoğu, yıldırımlardan, büyük yüklerden veya reaktif yüklerden kaynaklanır. Bu gibi geçici olaylar çok yüksek frekanslar söz konusu olduğundan, sistemde dağıldıkça etkileri azalır ve dolayısıyla kaynağa olan mesafe kısaldıkça şiddetleri artar. Genellikle, koruma sistemleri geçici etkileri belli bir güvenlik seviyesinin altında tutar, ancak kaynak tesisata yakın veya tesisatın kendi içinde ise problemler ortaya çıkabilir.

Önlem almak için yapılacak masraflar nispeten daha azdır. Yapılması gereken, toprak elektrot sisteminde düşük empedanslı iyi bir bağlantının yer aldığı, geniş frekans aralığında düşük empedanslı bir topraklama sisteminin seçilmesidir. Yıldırımdan korunma

sistemlerinin tasarımı, bir yılda yıldırım olaylarının meydana geldiği günlerin sayısını saptamak gibi yerel faktörler göz önünde tutularak uygun şekilde yapılmalıdır. Koruma sistemi, telefon ve diğer iletişim hatları dahil gelen hattın ilk giriş kısmına yerleştirilmelidir. Koruma sistemleri imal eden kuruluşlar, anahtarlama aygıtlarında meydana gelen geçici olaylara karşı korunmayı sağlamalı ve etkinliklerinin sürekli olacağına güvence verecekleri iyi bir bakım işlemini tanımlamalıdır.

1.4. Harmonik bozulma

Harmonik problemlerinin sorumluluğu ise hemen hemen tümüyle tüketiciye aittir. Tesisatlardaki problemlerin nedeni harmonik akımlardır; bir tesisatta oluşan harmonik akımlar ortak bağlantı noktasına geri dönerek besleme empedansına ulaştığında bir harmonik gerilim meydana gelmektedir. Bu gerilim bozulması, veya en azından bu oluşumun bazı bileşenleri, sistemin her tarafına dağılarak tüm iletim sistemlerindeki (örneğin, transformatörlerin lineer olmayan özelliklerinden dolayı) mevcut harmonik gerilim bozulmaları ile birleşirler. Tüketiciler, harmonik akımın sınırlanması kaydıyla, belirli aralıktaki gerilim oynamalarına rağmen faaliyetlerini sürdürebilmektedir. Harmonik kaynağının saptanması zor olduğundan tüketiciler genellikle tedarikçileri sorumlu tutarlar. Aslında, harmonik problemlerinin tesisat dışı nedenlerden kaynaklanması son derece enderdir – nedenlerin genellikle tesisatta kullanılan cihazlardan ve uygulamalardan kaynaklandığı görülmüştür.

Gerilim değişimi ile harmonik gerilim bozukluğunun sınırlarını ve cihazların arızasız çalışabileceği asgari sınırları belirleyen bazı uluslararası standartlar mevcuttur. Bu standartlarda besleme devresindeki gerilim sapsması ile harmonik gerilim bozukluğuna ait limitler yer almaktadır. İdeal olarak bu limitler arasında bir güvenlik aralığının – güvenlik bandının – bulunması gerekir.

Elektrik besleme sistemindeki doğrusal olmayan yüklerden kaynaklanan harmonik bozulma, sistemde beklenilenden daha yüksek şiddette akımlar oluşturur. Bu akımların, tesisatçıların ve bakım teknisyenlerinin kullandığı portatif basit cihazlarla sağlıklı olarak ölçülmesi mümkün değildir. Yapılan ölçümler zaman zaman %40'lara varan oranlarda daha düşük, ciddi ölçüde hatalı sonuçlar verir. Sadece akım şiddeti açısından, yapılan bu hatalı ölçümler tesisattaki iletkenlerin küçük kesitli seçilmesi şeklinde sonuçlanabilir.

Ortaya çıkan harmonik frekans bileşenleri transformatörlerde aşırı şekilde artan girdap akımı kayıplarına neden olur, çünkü **bu kayıplar frekansın karesi ile orantılıdır**. Kayıpların yüksek olması nedeniyle transformatörün çalışma sıcaklığı yükselir ve transformatörün ömrü önemli ölçüde kısalmış olur. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, bilgi işlem cihazlarını besleyen orta yükteki transformatörlerde bile hizmet ömrünün kısalmaya başlaması kaçınılmazdır.

Harmoniklerin ekonomik etkileri; daha kısa tesisat ömrü, düşük enerji verimliliği ve beklenmedik kesintilere karşı hassasiyet olarak ifade edilebilir. Beklenmedik açılmaların maliyeti diğer plan dışı kesintilerde olduğu gibi önemli boyutlara ulaşabilir. Tesisat ömrünün kısalmaya çok yüksek masraflara yol açabilir.

Normal olarak kullanım ömürleri 30 veya 40 yıl olması gereken transformatörlerin 7-10 yılda değiştirilmeleri ciddi finansal kayıplara yol açar. Önlem olarak, iyi tesisat uygulaması ve uygun teçhizat seçimi yeterlidir, önemli harcamaların yapılması gerekmez. Hesaplanan minimum kesitten daha büyük kesitli kablo kullanılması, başlangıçta maliyetin biraz artmasına karşın kayıpları azaltacağı gibi işletme maliyetinden tasarruf sağlar.

Enerji kalite problemlerinin ortaya çıkmaları aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- enerji kaynağı besleme geriliminin kalitesi
- tesisat üzerindeki yüklerin tipi
- kullanılan cihazların, elektrik sisteminizde oluşan rejim dışı sapmalara karşı hassasiyeti

Elektrik enerji kalitesini sağlamak için her zaman geçerli ve tek bir çözüm yoktur. Optimum teknik ve ekonomik bir çözümün, yukarıda belirtilen birbiri ile bağlantılı üç faktör dikkate alınarak sadece tek bir tesisat için tasarlanması gerekir.

Elektrik enerji kalitesi değişkenleri, ayrıntılı bir biçimde IEC 61000-4-30 standardında tanımlanmıştır. Elektrik enerji kalitesine etki eden bu bileşenler aşağıda sıralanmaktadır [6]:

1. Frekans
2. Kaynak Geriliminin Büyüklüğü
3. Kırpışma - Flicker
4. Kaynak gerilimindeki çukur ve tepeler
5. Gerilim kesilmeleri
6. Geçici rejim gerilim bileşenleri
7. Kaynak gerilimindeki dengesizlikler
8. Gerilim harmonikleri
9. Gerilim ara harmonikleri
10. Kaynak gerilimindeki ana sinyal gerilimi
11. Hızlı gerilim değişiklikleri

2. Enerji Kalitesinin Neden Olduğu Tipik problemler

En sık karşılaşılan enerji kalite problemleri aşağıda bir liste halinde detaylı olarak verilmektedir. Avrupa Bakır Enstitüsü tarafından 2001 yılında, 8 ülkede 1400 tesisatı kapsayacak şekilde yapılan bir araştırmaya göre; Avrupa'da ortalama olarak her bir tesisatta % 5-20 oranında, listede yer alan problemlerin bir veya iki tanesinin mevcudiyeti olası bulunmaktadır. Araştırma kapsamındaki tesisatların yarısını oluşturan enerji-yoğun endüstrilerde veya son derece önemli işlemlerin yapıldığı işyerlerinde iki veya daha fazla sayıda problem yaşanmaktadır. Problemsiz tesisat sayısı çok azdır [4].

Aşağıda listelenen problemler, her defasında sadece enerji kalitesine bağlı nedenlerden kaynaklanmayabilir. Örneğin, bilgisayar kilitlenmeleri kullanılan yazımlarla ilgili olabilir. Sayaç öncesi veya sonrası oluşumlar nedeniyle, problemlerin nedenlerinin değerlendirilmesi genel olarak ayrıntılı ölçümler ve analizler yapılmadan zorluklar gösterir.

- Bilgisayar kilitlenmeleri
- Ekranlarda kırpışma
- Işıklarda kırpışma (flicker)
- Vasat yükte transformatörlerde aşırı ısınma
- Asenkron motorlarda ilave kayıplar
- Deri olayı nedeniyle iletkenlerde aşırı ısınma
- İşlem kontrol cihazlarının doğru çalışmaması
- Bilgi işlem ağında tıkanıklık
- Güç faktörü düzeltme cihazları ile ilgili problemler
- Özel (uzun) hatlarda veya büyük yüklerin anahtarlanmasındaki problemler
- Nötr iletkeninde aşırı yüklenme
- Koruyucu aygıtlarda beklenmedik açılmalar
- Besleme sisteminin etkileyen harmonikler için bedel ödenmesi

3. Enerji Kalitesini İyileştirmeye Yönelik Çözümler

Enerji kalite problemleri için geçerli ve tek bir çözüm yoktur. Her bir problemin önlenmesine yönelik etkinlikleri birbirine eşit veya yakın birçok yaklaşım yapılabilir. Birden fazla problemin bir arada bulunduğu durumlarda, tesisattaki yükler göz önünde tutulmalı ve çözüm yaklaşımları birbiri ile uyumlu olmalıdır. Ayrıca bu çözümler kesin ve güvenilir olmalıdır.

Göz önünde tutulması gereken diğer önemli bir nokta elektrik yüklerinin sabit değil, değişken olmalarıdır. Cihazların kullanımı ve çalışma düzeni değiştikçe yük de değişir. Örneğin, büyük bir iş yerinde her yıl çok sayıda, yüzlerce iş ve yer değişikliği yapılmakta ve sürekli olarak tesisatın 'harmonik kültürü' - harmonik akımların bütünü – değişikliğe uğramaktadır. Bilgi işlem cihazlarının harmonik profilleri birbirlerinin etkisini azaltıcı özellikte değildir, fakat bilhassa üçüncü ve beşinci harmonikler birlikte toplam olarak etki gösterirler. Kaldırma yüklerinin söz konusu olduğu vinçler ve metal işleme tezgahları gibi belli sürelerde çalışan yükler (aynı tesisatta veya komşu tesisatlarda bulunsalar dahi) lokal gerilim oynamalarına neden olurlar ve dağıtım sisteminden kaynaklanan gerilim oynamaları ile birleşerek şiddetlerini artırır. Bu nedenle, enerji kalite problemlerinin doğru olarak saptanması için bu istatistiksel özelliklerin de dikkate alınması gerekir.

Enerji kalite problemlerinin çözümleri, problemlerin kendisi gibi uzun bir liste oluşturmaktadır. 8 ülke, 1400 tesisatta yapılan araştırmaya göre enerji kalitesi ile ilgili uygulanan çözümler aşağıda maddeler halinde verilmektedir [4].

- Darbe koruma için topraklama yapma
- UPS (kesintisiz güç kaynağı) kullanma
- Yedek jeneratör kullanma
- Gerçek Kod (True-rms) ölçümü yapma
- Transformatörlerde kademe küçültülmeleri
- Motorlarda kademe küçültülmeleri
- Özel devre üzerinden besleme
- Harmonik yükler için çoklu kablo kullanımı
- Tesisat kablo sisteminin komple yenilenmesi
- Elektrik yüklerinin sınırlandırılması
- Gözlü ağ topraklama yapılması
- Büyük kesitli nötr iletkeni kullanılması
- Pasif filtre kullanımı
- Aktif güç filtresi kullanımı

4. Enerji Kalitesi Problemlerinin Nedenleri

Yukarıda detaylı olarak anlatılan enerji kalitesi problemlerinin nedenleri aşağıda sıralanmaktadır [8].

- Güç Elektroniği Cihazları
- Bilişim ve ofis ekipmanları,
- Arkla çalışan cihazlar (kaynak makineleri)
- Yük anahtarlama,
- Büyük güçlü motorların devreye girmesi,
- Hassas cihazlar,
- Doğa olaylarının meydana getirdiği hasarlar,

Sonuçlar

Elektrik enerji kalitesi kavramı, sayıları bir düzineyi aşkın problemleri ve bu problemlere ait çok daha fazla sayıda çözümleri kapsayan oldukça karmaşık bir konudur. Günümüzde, elektrik tesisatlarının çoğunda bazı çözümler uygulanmakla birlikte enerjinin yoğun olarak kullanıldığı pek çok tesisatta enerji kalitesinden kaynaklanan sorunlar halen yaşanmaktadır. UPS satın alınması, yedek jeneratör kullanılması, gerçek-kod ölçümlerinin yapılması, gözlü ağ topraklama, aktif güç filtresi kullanımı, vb çözümler uygulanan bazı çözümlerdir. Tek bir çözümün etkin olması beklenmemelidir. Daha önce yaşanmış olan enerji kalite problemleri dikkate alınarak problemler tam olarak anlaşılmalı ve çözüm alternatifleri birlikte değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

1. Sevgi, L. "EMC, Güç Kalitesi ve Harmonik Analizi" Endüstri & Otomasyon, Haziran 2005.
2. Chapman, D. "Elektrik Enerjisinde Kalite Uygulama Klavuzu" Copper Development Association, (Tercüme: Sarkuysan Elektrolitik Bakır Ticaret Sanayi A.Ş.), 2001, (www.lpqi.org).
3. Bayrak, M. "Elektrik Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesi" www.emo.org.tr.
4. Keulenaer, H.D. "Güç Kalitesi Uygulama Klavuzu-Giriş Güç Kalitesine Yaklaşım Klavuzu" Copper Development Association, (Tercüme: Sarkuysan Elektrolitik Bakır Ticaret Sanayi A.Ş.), 2002, (www.lpqi.org).
5. Bollen, M.H.J. "What is Power Quality?" Electric Power Systems Research No: 66 pp:5-14, 2003.
6. www.guckalitesi.gen.tr
7. www.lpqi.org
8. Stones, J., Collincon, A., "Power Quality" Power Engineering Journal, April 2001.