

ENERJİ KALİTE

Tıbbi merkezlerde elektrik tesisatının oldukça hassas bir şekilde ele alınması ve standartlara uygunluğu öncelikle can güvenliği için önemlidir. Ülkemizde henüz bu konu hakkında bir standart olmasa dahi uluslararası platformda bu konu ile ilgili çalışmalara riayet edilmesi önce can ve mal, daha sonra da sistem güvenliğinin sağlanmasında önemlidir.

1. GİRİŞ

Mikroişlemcilerin gelişmesi ile beraber sağlık endüstrisi de hızlı bir gelişme kaydetmiştir. Mikroişlemcilerin hassas yapıları nedeniyle sağlık hizmeti veren elektronik cihazlar kaliteli enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Çağımızda hastane ekipmanları Manyetik Rezonansla (MR) görüntüleme, taşınabilir röntgen makineleri, radyoloji ekipmanları vb) 20 yıl önceye göre çok da-

sağlık laboratuvarlarında yaşanabilecek önemli güç kalitesi problemlerini içermektedir. Hastanelerdeki güç kalitesi problemlerinin kaynakları:

- Şebekeden kaynaklanan etkiler (Ör: Kondansatör anahtarlama, ...)
- Kazalar ve doğal olaylar (Ör: Yıldırım düşmesi)
- Yetersiz kablolama ve topraklama (Ör. Kablo kesitinin yanlış seçilme-

SAĞLIK SEKTÖRÜNDE ENERJİ KALİTESİ

Elk. Müh. Özlem GÜNDÜZ

(Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi)

Yrd. Doç. Dr. Aslan İNAN

(Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi)

34349 Beşiktaş/İstanbul e-posta: inan@yildiz.edu.tr)

ha küçük ve hızlılar, ancak elektriksel bozulmalardan kolaylıkla etkilenebiliyorlar. Elektriksel geçici durumlar geçmişte normal karşılanıyordu, ancak yeni makineler için bu duruma müsaade edilememektedir. Bu cihazlardan bir çoğu hassas olmakla beraber normal çalışma durumlarında hem enerji kalitesi problemlerine sebep olmakta hem de etkilenebilmektedir. Tıbbi merkezlerde bulunan ofis ekipmanlarının da elektrik sisteminin kalitesinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle şebekenin enerji kalitesini izlemek yeterli olmamaktadır. Şebeke ile beraber tıbbi merkez içindeki yüklerin de enerji kalitesinin izlenmesi gereklidir.

Örneğin gerilimdeki ani değişiklikler, mikroişlemcinin gerilim seviyesini hatalı okumasına sebep olur. Bu durum ise hatalı bilgi işlenmesi veya ayarların ve kayıtlı bilgilerin değişmesine sebep olabilir. Tablo 1'de enerji kalitesi problemleri nedeni ile yaşanabilecek tıbbi cihaz arızaları verilmiştir.

Tablo-1'deki örnekler hastane ve

si, topraklama direncinin yeterli düzeyde olmaması)

- Büyük güçlü cihazlar
- Acil durum generatör testleri
- Fiziksel teçhizat yenilenmesi vb. şeklinde sıralanabilir.

Bunlardan ilk iki tanesi hastane dışındaki elektrik sisteminde oluşan durumlar olup, diğerleri tıbbi cihazların karakteristiklerine bağlı olarak ortaya çıkarlar.

Hastanelerdeki hassas lineer olmayan yüklerin artışına bağlı olarak hastanenin elektrik sistemi de düzenlenmeli ve olabilecek arızalar için kontrol altında tutulmalıdır.

Genelde hastaneye yeni bir cihaz yerleştirilirken, sadece sistemin kurulu gücünün yeterli olup olmadığı bilgisi araştırılır. Oysa yeni gelecek cihazın elektriksel özelliklerinin, enerji kalitesine olan hassasiyetin ve mevcut sistemi nasıl etkileyeceğinin araştırılması ve tüm sistemin gü-

Tablo 1: Tıbbi alanlardaki çeşitli sorunlar ve nedenleri

Sorun	Olası Nedenler
Görüntüleme bozulmaları	Bozulmuş gerilim, değişmiş bilgi
Hatalı tanı	EMI, topraklama
Cihaz kilitlenmesi	Gerilim yükselmesi (surge) veya azalması (sag)
Kontrol/Alarm arızaları	Mikroişlemci arızası

venliği için önceden önlem alınması gereklidir.

Çoğunlukla büyük güçlü cihazlar örneğin röntgen cihazları hiçbir enerji kalitesi incelemesi yapılmadan hizmete sokulur. Ancak güç kalitesi problemleri kümülatif olduğundan, çok küçük bir güç kalitesi arızası bile yaşam kaybına yol açabildiği gibi cihaz arızalarına da yol açmaktadır.

2. SAĞLIK SEKTÖRÜNDE

ENERJİ KALİTESİ STANDARTLARI

Sağlık merkezleri, hastaneler gibi hassas elektrik-elektronik cihazların bulunduğu ve insan sağlığı açısından hatanın kabul edilemediği yerleşim yerlerinde elektrik sisteminin çok daha güvenilir olması gereklidir. Bu amaçla hazırlanan standartlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

● IEEE 1100-1992: Hassas elektronik cihazların elektrik bağlantısı ve topraklanması için gerekli uygulamalar.

● AIA (American Institute of Architects): Hastane ve Tıbbi Merkezlerin Donanım ve Yapı Kılavuzu.

● NFPA 99 (National Fire Protection Association): Tıbbi Merkezler için Standartlar.

● IEC 60364-7-710 (2002-11): Binalarda elektrik sistemleri - Tıbbi Alanlarda özel sistemlerin kurulması.

● IEC/TR3 60153 (1994-01): Tıbbi Elektrikli Cihazlar için temel güvenlik standartları.

● IEC 60601-1 (1998-12): Tıbbi Elektrikli Cihazlar - Bölüm 1- Güvenlik için genel gereksinimler.

● IEC 60601-1-2 (2001-09): EMS Gereksinimleri ve testleri.

● NFPA 99 Standardına göre Tıbbi Alanlarda Güç Kalitesi Talepleri.

NFPA (National Fire Protection Association) tarafından tıbbi alanlar için pek çok standart hazırlanmıştır. NFPA ilk olarak 1982'de yayımlanmıştır. Aşağıdaki alıntılar 1990 tarihli son revizyonuna aittir: Şebeke, yıldırım, fırtına, rüzgar, buzlanma, kar ve sistem yükü nedeni ile oluşabilecek kesintileri ve dalga şekli bozulmalarını müşteriye mümkün olduğu

kadar az yansıtmaya çalışır. Yeni bir sistem kurulurken şebekeden ve sistem yükünden kaynaklanabilecek tüm olumsuz koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca sisteme ileride yapılabilecek eklentileri de göz önünde bulundurarak güç kalitesi taleplerine cevap verebilecek bir proje hazırlanmalıdır. Örneğin bir proje hazırlanırken göz önünde bulundurulması gerekenler; topraklama, bilgisayar, elektronik balast ve hız kontrol cihazları nedeni ile oluşacak harmonik akımları, elektronik yüklerle elektrik panoları arasındaki mesafe, yıldırım oluşma sıklığı, güç kaynağı anahtarlamaları esnasında oluşabilecek geçici durumlar (generatör kalkışı) ve daha pek çok husus göz önünde bulundurulmalıdır.

NFPA 99/101 standardına göre hastanelerde, kliniklerde ve sağlık merkezlerinde güç kalitesi gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

● Ana elektrik sistemine, telefon, bilgi işlem sistemi ve yayın sistemlerinin bağlı olduğu panolarda geçici gerilim şok bastırıcı (Transient Voltage Surge Suppression - TVSS) kullanmak. Sistem koşulları gerektirirse TVSS alt panoları ve tali panolar için de kullanılmalıdır.

● Bina topraklaması potansiyel düşümü ölçü metoduna göre 25 ohm veya altında olmalı.

● Elektronik ekipmanlar düşük harmonik distorsiyonlu seçilmeli. Örneğin elektronik balastların distorsiyonu (THD), %20'den küçük olmalı.

● Elektronik yükler kaynağa en yakın dağıtım panosuna bağlanmalı.

● Gerekirse güç sistemi iletkenleri üzerindeki bozulmalardan korunmak için izolasyon trafosu yalıtılmış sarğılı seçilmelidir.

● Harmonik akımlarını bastırmak için harmonik filtreleri kullanılmalıdır.

● Şebeke kesintileri için UPS kullanılmalıdır.

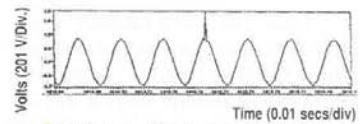
3. WALTER REED ARMY MEDICAL CENTER (WRAMC) WASHINGTON DC HASTANESİNDE YAPILAN ENERJİ KALİTESİ DEĞERLENDİRMELERİ

Bu bölümde hastanelerde yapılan güç kalitesi araştırmaları üzerinde durulmuştur. Bu sayede tıbbi alanları da güç kalitesi konusuna somut bir yaklaşım sunmak amaçlanmaktadır. Ülkemizde de bu konu ile ilgili olarak özellikle hastanelerde incelemeler ve ölçümler yapılmalıdır.

1994 yılında EMC davranışlarının standartlarla tanımlanmasına karar verildikten sonra tıbbi cihazların da bu standartlara uygunluğunun sağlanması istenmiştir. Enerji kalitesi de EMC standartlarının kapsamına girmektedir. Aşağıda Walter Reed Army Medical Center (WRAMC) Washington DC hastanesinde yapılan örnek güç kalitesi araştırmaları anlatılmıştır. Yapılan testlerde dijital osiloskop, veri kayıt cihazı ve harmonik ölçüm cihazı kullanılmıştır.

● Güç Hattı Anormallikleri

Gerilim azalması, artması, kesintiler ve darbeler güç sisteminin dinamik yapısı nedeniyle şebekede gözlenmektedir. Bir şebekeye bağlı tüketicilerin yüklerinin değişken olması nedeniyle şebekeden çekilen elektrik yükü, güç ve karakteristik olarak sürekli değişim göstermektedir. Bunun sonucunda gerilimde azalma (sag) veya artma (swell) meydana gelir. Kesintiler gerilimin çok düşmesi veya sıfır olması nedeni ile oluşur. Bilinen kesinti sebepleri, bara transferi, şalterlerin otomatik kapanması veya kondansatör anahtarlanması gibi kısa süreli anahtarlama olayları, aşırı yüklenme, fırtına ve benzeri durumlardır. Ayrıca büyük geçici gerilim darbeleri genellikle birkaç mikro saniye süreli ve binlerce volt büyüklüğünde meydana gelir. Bunun nedeni genellikle devreye yük alınması veya çıkartılması, hat anahtarlanması veya yıldırım olayı olabilir. Darbeler, korumasız elektronik cihazlarda kalıcı zararlara sebep olurlar. Birleşik yapıdaki (paralel) cihazlar gördükleri ilk darbe geriliminde arızalanırlar.



Şekil 1. Anlık Gerilim Değişimi - Kaynağı belirsiz

Şekil 1'de kaydedilen ölçümlerde anlık gerilim yükselmesi gözlenmektedir. Kaynağı net olarak bilinmemekle beraber sadece bir periyodun üzerinde olması nedeni ile anahtarlama olayı sırasında gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Bu anlık gerilimin değeri yaklaşık olarak 380 V olarak ölçülmüştür. 120 Volt'luk işletme gerilimi göz önüne alınırsa oldukça büyük bir değerdir.

● Generatörün Devreye Alınması

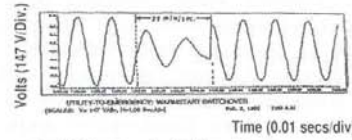
Generatörler üç şekilde devreye alınabilir:

1. Sıcak kalkış: Generatör tam güçte çalışırken sisteme bağlanır.

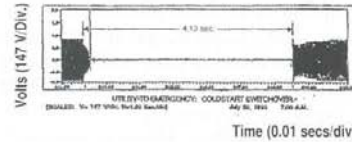
2. Soğuk kalkış: Yüksüz durumda şebeke - generatör geçişi gerçekleştirilir.

3. Dönüş anahtarlama: Yük generatör üzerinden şebekeye bırakılır.

Generatörün çalışması, acil güç ihtiyacı olması durumunda devreye alınma, acil durum süresince çalışma ve generatörün devre dışı bırakılması gibi evrelere göre değişiklik gösterir. Şekil-2 ve Şekil-3, çeşitli devreye alma yöntemleri esnasında gerilimin zamana bağlı değişimini göstermektedir.



Şekil 2. Sıcak Kalkış (Warmstart)



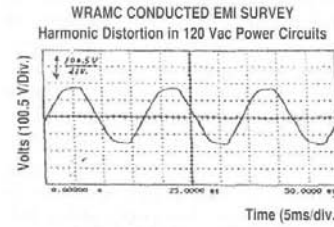
Şekil 3. Soğuk Kalkış (Coldstart)

Şekil-2'de sıcak kalkış durumunda gerilim azalması yaklaşık 39 ms (2,4 periyot) sürmüştür. hat gerilimi 120V'tan 44V'a düşmektedir.

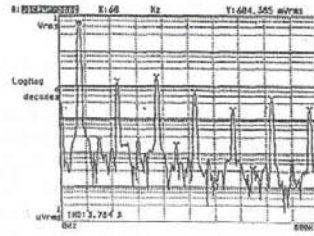
Şekil-3'de generatörün senkron hıza ulaşması ve devreye girmesi yaklaşık 6,13 s sürmüştür. Bu anda gerilimin 120V'a yükselmesinin 1 periyottan kısa sürdüğü gözlenmiştir.

Harmonikler

Güç problemlerinin ve cihaz arızalarının bir diğer sebebi de güç sistemleri harmonikleridir. Hastane personeli, bazı küçük departmanlarda aşırı ısınmadan kaynaklanan güç kaynağı arızalarının epeyce yüksek miktarda olduğu rapor etmiştir. Harmoniklerin nötr iletkeninde, transformatörlerde ve kesicilerde aşırı ısınma meydana getirdiği bilinmektedir.



Şekil 5. Kardiyoloji Kliniği Gerilim Dalga Şekli

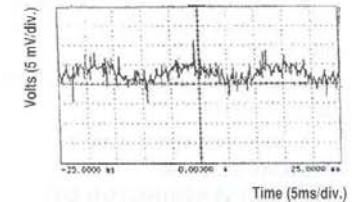


Şekil 6. Kardiyoloji Kliniği gerilim frekans spektrumu

Şekil 5 ve 6'daki dalga şekli ortak baraya bağlı anahtarlama güç kaynaklarının kullanıldığı elektronik yüklere aittir. Harmonikler, dalga şekli üzerinde tepelerin oluşmasına neden olmaktadır.

● EMI - Elektriksel Gürültü

Şebeke dalga şekli, bazı harmonikleri ve yüksek frekanslı harmonikleri içerir. Ölçümlerde 17 mV - (peak to peak) gürültü tespit edilmiştir. Aralıklı olarak 20 mV



Şekil 7. Faz toprak arasında ölçülen gürültü

seviyesine yükselmektedir.

(Şekil-7)

● Toprak Empedansı

Tıbbi cihazlar için topraklama kalitesi, sistemin güvenliği ve kararlı elektriksel referans sağlamak anlamında çok önemlidir. Toprak düşük empedans yolunu sağlamalıdır. Toprak kaçağı, kesicinin trip yapmasına ve sistemin enerjisiz kalmasına da neden olabilir. Toprak direnci 0.1 ohm'un üzerinde olmamalıdır. Servis nötrü giriş noktasından topraklanmalıdır. Seçilen çıkışlarda DC direncin noktasal kontrolü yapılmalıdır. Test edilecek topraklama bölgesinde kararlı DC akım (1.0 A) enjekte edilerek DC direnç test edilir ve sonra topraklama devresinin aynı bölgedeki DC gerilim düşümü ve akım ölçülür. Bundan sonra DC topraklama direnci, ohm yasasına göre hesaplanır.

Yapılan incelemelerde ölçülen çeşitli topraklama dirençleri (0,067, 0,163, 0,192, 0,214) W ölçülmüştür.

Hastaların bulunduğu yerlerde tüm iletken yüzeyler olabilecek enerjilenmelere karşı en düşük 10 AWG bakır tel ile referans toprağa bağlanmalıdır. 10 AWG bakır telin direnci, sadece 0,001 W/ft'tir.

Hastanelerde anestezi bölümünde, hasta ile temas eden iletken yüzeyler arasındaki potansiyel farkı 40 mV rms olacak şekilde dizayn edilmelidir.

Yukarıda bazı test çalışmalarından bahsedilen WRAMC hastanesi enerji sisteminde acil durum generatörünün sıcak kalkış ve soğuk kalkış testleri de bazı tıbbi cihazlarda ve çeşitli elektrikli cihazlarda hatalı çalışmalara sebep olmuştur. Hastanede bazı küçük bölümlerde, hastane personeli tarafından güç kaynağının aşırı ısınması nedenini içeren arızalar büyük miktarda yaşanmıştır.

4. SONUÇ

Enerji kalitesi, kapsamı oldukça geniş bir elektrik ve elektronik konusudur. Özellikle tıbbi cihazlar, elektroniğin ağırlıklı olarak kullanıldığı cihazlar olup oldukça hassas yapıdadır. Ayrıca çok farklı frekanslarda ve gerilimlerde çalışmaları nedeniyle, yarıiletken ve

güç elektroniği elemanları içermektedirler. Dolayısıyla güç kalitesini bozucu yönde de sisteme etki ederler.

Tıbbi merkezlerde elektrik tesisatının oldukça hassas bir şekilde ele alınması ve standartlara uygunluğu öncelikle can güvenliği için önemlidir. Ülkemizde henüz bu konu hakkında bir standart olmasa dahi uluslararası platformda bu konu ile ilgili çalışmalara riayet edilmesi önce can ve mal daha sonra da sistem güvenliğinin sağlanmasında önemlidir.

Özellikle topraklama tesisatının en iyi şekilde projelendirmesi gerekmektedir. Bu sistemlerde pek çok arızanın sebebi, topraklama direncinin yeteri kadar küçük olmamasından kaynaklanan nötr-toprak potansiyel farkının yüksek olmasıdır.

Kullanılan tüm elektronik ve elektrikli cihazların özellikle hastaların çevresinde bulunanların elektromanyetik olarak çevreyi etkilememesi gerekmektedir.

Harmoniklerin tespit edilmesi ve uygun şekilde filtre edilmesi güç kalitesi problemlerinin bir kısmının giderilmesine faydalı olacaktır.

Şebekeden kaynaklanan gerilim düşüklüğü, flicker, gerilim çökmesi gibi sorunların hastaneye yansıtılması için uygun ve yetenekli UPS'ler kullanılması tavsiye edilmektedir.

Anahtarlama esnasında oluşan (generatör devreye girmesi, kondansatör devreye girmesi gibi) gerilim değişimleri elektronik cihazlarda arızalara yol açabileceğinden bu gibi durumların önlenmesi için gerilim düzenleyiciler veya UPS kullanılması uygun olabilmektedir.

Yurtdışında yapılan çalışmalar konu ile ilgili yaşanabilecek güç kalitesi sorunlarından bahsetmektedir. Ancak konunun ülkemiz şartları açısından ele alınması gereklidir. Bu amaçla konu ile ilgili ölçüm ve gözlemlerin yapılması ile elde edilecek sonuçlar ülkemizdeki tıbbi alanlardaki enerji kalitesi hakkında bize hem bilgi verecek hem de ülke şartlarına uygun olan koruma ve düzeltme sistemlerinin seçilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. A L.O.Quarrie, R.L.Walchle SB, **A Case Study of Power Quality in a Health Care Facility Walter Reed Army Medical Center**, Washington DC. ISBN#0-7803-3277-6.
2. Lawrence F.Hogrebe, **New NFPA-99 Requirements for Electrical Systems in Health Care Facilities** IEEE 1990.
3. David Ramfrez-Castro, Efrain O'Neill-Carrillo, Julio Santiago-Perez, **Assessment of Harmonics at a Medical Facility**, IEEE 2000.
4. Technical Handbook for Environmental Health and Engineering Vol.3 **Health Care Facilities design and Construction Part 21- Design Criteria and Standards.** ●