

TIBBİ CİHAZLARDA ALTYAPI SORUNLARI ve ÇÖZÜMLERİ

Büşra ÖZGÖDE¹, Onur KOÇAK¹, Arif KOÇOĞLU²

¹Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Ankara

²Başkent Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Programı, Ankara

busraozgode@gmail.com, okocak@baskent.edu.tr, arif@baskent.edu.tr

ÖZET

Bir yapının projelendirilmesinde, yatırımcının düşünce aşamasından başlayarak ilgili tüm meslek disiplinlerinin yapıdaki aşamaları dikkate alınarak, projelendirme esaslarının; yapı ömrü içerisindeki çalışma koşulları, yapının fonksiyonu ile toplum sağlığını nasıl etkilediği gibi noktalar göz önüne alınmalıdır. Bu çalışma kapsamında tıbbi cihazların hastanelerde uygun hizmet verebilmesi için gerekli altyapı çalışmalarını, tıbbi alan dizaynını, tıbbi cihazları etkileyen alt yapı sorunları ve çözümlerini ele alınmıştır. Ayrıca buna uygun bir akış belirleyerek bu doğrultuda dikkate alınması gereken noktalara değinilmiştir. Konu hakkında yapılan araştırmalar sonucunda, bu alanda yapılacak en küçük değişiklik veya ihmallerde söz konusu kavram insan hayatı olacağı için geri dönüşü olmayan sorunlara yol açabileceği gözlemlenmiştir. Bu nedenle tüm tıbbi tesis mimarisinde ve tıbbi cihazlardaki önemli elektriksel altyapı çalışmaları incelenmiştir. Bu konuda biyomedikal mühendisleri ve elektrik mühendislerinin bir arada yürüteceği sorumluluklar ele alınarak elektriksel altyapı sorunlarına yönelik çözümler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: elektriksel altyapı, tıbbi topraklama, kaçak akım, elektriksel güvenlik, kesintisiz güç kaynağı, kompanzasyon, tıbbi IT sistem, elektostatik.

1. GİRİŞ

Hastanelerde kullanılan tanı ve tedaviye yönelik cihaz ve sistemlerin büyük bir çoğunluğu elektriksel cihaz ya da sistemlerdir. Elektrik enerjisinin tıp alanındaki gerekliliğin yanı sıra içerdiği büyük tehlikeler de tartışılmaz bir gerçektir. Elektriksel tehlikelerin başında hastaların, çalışanların ve ziyaretçilerin elektrik kaçakları nedeni ile istenmeyen elektrik şokuna maruz kalmaları gelmektedir. Bunun yanında elektriksel kontaklardan çıkan kıvılcımların patlayıcı gazlarla temasından oluşabilecek patlamalar da önemli tehlikelerin başında gelmektedir. Ayrıca fazla yüklenmiş, yanlış bağlanmış veya yanlış kullanılan malzeme ve güç sistemlerinden meydana gelen yüksek ısıya bağlı yangınlar da elektriksel tehlikeler arasında görülebilir.

Bu elektriksel tehlikelerin hepsinin sonucunda hastanelerde hasta, çalışan ve

ziyaretçiler için yaralanma ve ölümler meydana gelebilir. Bu nedenle hastanelerde elektriksel güvenlik belirli bir plan dâhilinde organize bir şekilde sağlanmalıdır.

Hastanelerdeki elektriksel güvenlikten, biyomedikal mühendislik birimleri veya klinik mühendislik hizmetlerinin görevlendireceği biyomedikal veya elektrik mühendisleri, teknisyenler ve yöneticiler başta olmak üzere tüm personel sorumludur. Koruyucu bakımlar elektriksel tehlikelere karşı periyodik donanım gözetimi ve güvenlik kontrollerini de içermelidir.

Elektriksel tehlikeleri önleme yolları genel olarak cihaz ve sistemlerdeki kaçak ve sızıntı akımlarını önleme üzerine kurulmuştur. Kaçak akım, bir cihazın metal şasisine enstrüman veya aletin enerji içeren elektriksel kısmından doğal olarak sızan

düşük değerli elektriksel akım olarak tanımlanır [1].

Tüm elektriksel cihazlar bir kaçak akımına sahiptir. Bu akım arıza sonucunda oluşmaz, elektrik donanımının doğal bir sonucudur [1]. Kaçak akımlar kapasitif ve rezistif özelliklere sahiptir. Bu kaçak akımlardan hastaları, kullanıcıları ve servis elemanlarını korumak için emniyet topraklaması yapılarak izole edilmektedir.

Bu çalışmada biyomedikal mühendisliği bakış açısıyla tıbbi cihazlarda ve tıbbi tesislerde meydana gelebilecek altyapı sorunları ve çözümleri hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise biyomedikal mühendislerinin tıbbi cihaz ve tıbbi altyapı çalışmalarında üstleneceği rol ile doğrudan ve dolaylı katkıları tartışılmıştır.

2. ELEKTRİKSEL ALT YAPI SORUNLARI

Alt yapı, genel anlamda bir yapı için gerekli olan yol, kanalizasyon, su, elektrik, telekomünikasyon, arıtım gibi unsurların tümü olarak tanımlanabilir. Cihazdan istenen hizmeti en iyi şekilde yerine getirmesi için cihaza sunulması gereken çevresel şartlardır [2].

2.1 Yüksek Gerilim Sorunları

Dünyanın çoğu bölgesinde 220 V veya 220-240V arasındaki AC gerilim değerleri hastane ve benzeri ortamlardaki elektrik uygulamaları ve aydınlatma uygulamalarında kullanılmaktadır. Avrupa Birliği bünyesindeki ülkelerde voltaj değeri 230V +10/-6% (50 Hz) gerilim değeri canlı ile nötr uçları arasındaki gerilim değeri olarak seçilmiştir. Canlı ve nötr uçlarından ayrı olarak koruyucu önlem olarak toprak bağlantısı yapılmaktadır.

İnsan vücudu yüksek gerilime maruz bırakıldığında bu ölümcül elektrik şok

etkisi yapacak ve ciddi yaralanma veya ölüm riski doğuracaktır [3].

2.2 Düşük Gerilim Sorunları

Düşük gerilim değerlerinin risksiz olduğunu veya ölümcül olmadığını düşünmek ciddi bir yanılgıdır. 50 V gerilim değeri bile insan için ölümcül risk taşımaktadır[3]. Her yıl dünyada elektrik çarpması yüzünden büyük miktarlarda insan ölmektedir. 50 mA akım ile doğrudan temas halinde insanın kalbinin durmasına veya senkronizasyonunun bozulmasına yeterli tehlike oluşabilir [4].

2.3 Kaçak Akım Sorunları

Kaçak akım, bir cihazın temel şasesinde, cihazın enerji içeren elektriksel kısmından doğal olarak sızan düşük değerli elektriksel akımdır [1]. Kaçak akım bir arıza sonucu oluşmaz fakat elektriksel donanımın doğal bir sonucudur. Yalıtım hatalarından, kabloların zarar görmesinden, su girmesinden, kapasitörlerin bozulmasından vb. durumlardan kaynaklanan elektrik kaçakları çok sık karşılaşılan bir durumdur. Aynı şekilde geçici veya mobil olarak kurulan şantiyelerde kullanılan çok büyük miktarlarda kabloların metal köşelere sahip yüzeylerde bulunmasından dolayı kabloların zarar görmesi elektrik kaçaklarına neden olur [5].

2.4 Gerilim Düşmesi ve Kesintisi

Gerilim düşmesi, bir elektrik güç sisteminde meydana gelen anlık düşüş olup, birkaç çevrim ile birkaç saniye arasında kısa bir süre sonra gerilimin düzelmesiyle sonuçlanır[6]. Birkaç yüz milisaniyelik bir gerilim düşüklüğü veya kesintisi; eksiksiz ve kesintisiz üretim hatlarında, aydınlatma ve güvenlik sistemlerinde, bilgisayarlarda, bilgi işlem merkezlerinde, telekomünikasyon sistemlerinde ciddi hasarlar yanı sıra, hastanedeki veri akışına da engel olmaktadır.

2.5 Şehir Şebekesinden Kaynaklanan Problemler

Şebeke voltajı Türkiye için 220 volt olarak tanımlansa da aslında çeşitli sebeplerle bu gerilim artabilir, azalabilir, yani şehir şebekesinden her zaman düzenli olarak 220 voltluk gerilim alınamayabilir. Fırtınalı havalar-da elektrik direklerinin yıkılıp tellerin kopması, zarar görmesi, trafoya veya yakınlardaki bir elektrik kaynağına yıldırım düşmesi gibi doğal olayların yanında, sanayi bölgelerinde bulunan makinelerin çektiği yüksek akım, şebeke enerjisinde bozulmalara sebep olur [7].

3. ALT YAPI ÇÖZÜMLERİ

Bölüm 2’de irdelenen elektriksel altyapı problemlerine karşı geliştirilmiş çözümler dört ana başlıkta toplanabilir. Bunlar kesintisiz güç kaynakları (UPS), topraklama, kompanzasyon ve aşırı gerilimden koruma ürünleridir [4].

3.1 İzole Edilmiş Hasta Bağlantıları

EKG, hasta başı monitörleri gibi birçok cihaz direkt olarak hastaya bağlandığından dolayı hasta giriş yalıtım devresine sahiptir. İzole edilmiş hasta bağlantısı, sadece hasta temas noktalarından daha düşük düzeylere doğru akan sızıntı akımlarını sınırlandırmakla kalmaz, hastanın bağlandığı diğer cihazlardan hasta bağlantı noktasına doğru akan akım miktarını da sınırlandırır [8]. İzole edilmiş hasta bağlantısına sahip sistemler hastaya bağlanan elektrotlara yönelik yalıtım testini geçmek zorundadır [9].

3.2 Tıbbi Topraklama

Elektrikli cihazların herhangi bir elektrik kaçağı tehlikesine karşı gövdelerinin bir iletken ile toprağa gömülü vaziyetteki topraklama sistemi-Ne bağlanması yöntemine topraklama adı verilir [10]. Böylece cihazda elektrik kaçağı varsa, dokunduğumuzda elektrik

akımı bizim üzerimizden değil, direnci daha az olan toprak hattı üzerinden geçer ve çarpılma tehlikesi ortadan kalkmış olur.

Tıbbi topraklama da hayati bir önem taşımaktadır. Hastanelerin topraklama sistemleri de buna göre tasarlanmaktadır. Tesisatta kullanılacak topraklama sisteminin tipi, besleme kaynağının karakteristikleri göz önünde bulundurularak belirlenecektir. Enerjinin, alçak gerilim ile bir işletmeden alınması halinde, işletmenin şartlarına uyulacaktır. Topraklama sistemi tipleri, TN-C, TN-S, TN-C-S, TT ve IT’dir [4].

Ameliyathane, yoğun bakım ünitesi ve diğer hasta odalarında bulunabilecek hayat destek cihazlarını beslemek üzere IT sistem oluşturmak için TS IEC 60364-7-710 ve IEC 61558-2-215 standartlarını sağlayan, topraktan yalıtılmış bir düzen oluşturulacaktır [14].

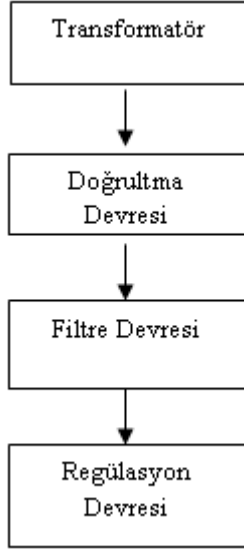
IT sistemlerde tüm gerilim altındaki bölümler topraktan ayrılmakta ya da yeteri kadar yüksek bir empedans üzerinden topraklanmaktadır [15].

3.3 Kesintisiz Güç Kaynağı Kullanımı

UPS (Uninterruptible Power Supply) yani ‘kesintisiz güç kaynağı’ elektrik yükünün bağlı bulunduğu şebekede meydana gelen veya gelebilecek olası gerilim dalgalanmaları (çöküntüler, yükselmeler, ani değişimler), harmonikler, kısa veya uzun süreli kesintiler v.b. durumlarda yükü bu değişimlerden koruyan ve yükün sağlıklı ve kesintisiz çalışmasını sağlayan elektronik cihazlardır.

Tıbbi alanlarda kullanılan birçok cihaz, temiz ve kesintisiz bir şebeke eksikliği sebebi ile muhakkak bir ön korumaya ihtiyaç duyarlar. Aksi takdirde cihazları da geri dönüşü olmayan donanım ve yazılım hasarları oluşabilir. Kesintisiz güç kaynakları tıbbi cihazları bu tür sorunlara karşı korumak için kullanılmaktadırlar [4].

Hastane tasarımı sırasında güç kaynaklarının OnLine olmasına dikkat edilmelidir. Bu güç kaynakları şebeke elektriği kesildiğinde jeneratörden beslenecekleri için filtreler amacına uygun yapılmalıdır. Genel bir UPS blok şeması Şekil 1’de görülmektedir.

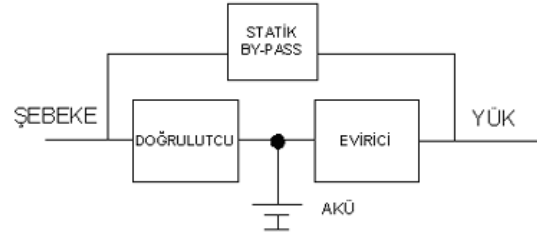


Şekil 1. Genel UPS Besleme Devresi

UPS'lerin bölümlerinden birini oluşturan transformatörlerin bir çok çeşidi mevcuttur, ancak ameliyathanelerde kullanılan en önemli transformatörler ise izolasyon transformatörleridir. İzolasyon ya da diğer adıyla yalıtım transformatörü, elektronik cihazlarda bakım, onarım ve ölçme yapan teknisyenin şebeke geriliminden zarar görmemesi için kullanılır. Dönüşüm oranı 1\1'dir [11]. UPSler, transformatör, doğrultma devresi, (AC / DC dönüştürücü), filtre devresi, regüle devresi ve akü bloklarından oluşmaktadır.

Online UPS sistemleri, motor-jeneratör uygulamaları gibi dengesiz frekansın sorun olduğu alanlarda da kullanılabilir. Ayrıca aşırı yüklenme, aşırı ısı, kısa devre gibi UPS üzerinde oluşan herhangi bir arıza durumunda yük Statik Anahtarlar üzerinden kesintisiz olarak şebekeye aktarılır. En iyi çıkış OnLine UPS sistemlerinde elde edilir. Çünkü şebeke arıza durumu hariç daima AC/DC/AC dönüşümü ile yüke enerji sağlamaktadır. Şekil 2’de bir UPS blok

şeması görülmektedir. Çıkış bu yüzden Off Line ve Line Interactive UPS sistemlerinden daha verimlidir [12].

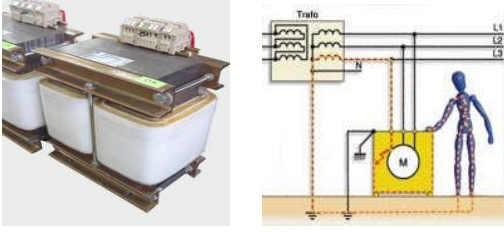


Şekil 2. UPS Blok Şeması

3.4 Tıbbi IT Sistem

Tıbbi güvenlik standartları, hastanelerdeki elektriksel güvenlik önlemleri açısından intrakardiyak işlemlerinde, ameliyathanelerde ve hayati önem taşıyan tedaviler gibi uygulamalarda, hasta ile elektromedikal cihazların temasının kullanılmasının amaçlandığı, enerji kesintisinin yaşam tehlikesi yaratacağı tıbbi alanlarda, tıbbi IT sistem kullanılmasını ister. Bu sisteme izole edilmiş güç sistemleri adı verilmektedir [8].

Bu tip yalıtım sistemlerinde güç yalıtım transformatörleri ve yalıtım direncini, transformatör yükünü ve sıcaklığını izleyen monitörler kullanılmaktadır. Güç yalıtım transformatörlerinin tasarımı cihaz şasesi/toprak ve kateter arasındaki diferansiyel voltajları 5mV'a düşürmeye ayarlanmıştır. Ayrıca, izole edilmiş faz ucu topraklanmış metal kutu gövdesine temas edecek olursa (kısa devre oluşumu) ısıyı ve kıvılcımı engelleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sistem kıvılcımlardan dolayı anestezi gazlarının bulunduğu ortamlarda patlamayı önler. Şekil 3’de tıbbi IT sistem uygulaması güç yalıtım transformatörü ve devreye alınması görülmektedir.



Şekil 3. Güç Yalıtım Transformatörü ve Devreye Bağlanması [8].

İzole edilmiş güç sistemlerinde, özel transformatörlere ilave olarak sistemdeki izolasyonun derecesini kontrol etmek için hat izolasyon kontrol devreleri ve monitörleri kullanılmaktadır. Hat izolasyon kontrol devreleri yardımıyla hatlardan toprak hattına akabilecek akım miktarı önceden belirlenir [13]. Şekil 4’de hat izolasyon kontrol devresi ve monitörü görülmektedir.



Şekil 4. Hat izolasyon kontrol devresi ve monitörü[1]

3.5 Kompanzasyon

Voltaj ile akım arasında, idealde faz farkı olmaz. İndüktif ya da kapasitif yüklerin oluşturduğu etki neticesinde, akım sinyalinin, voltaj sinyaline göre maksimum ± 90 derecelik fazı kayar. İndüktif ve kapasitif etki neticesinde oluşan voltaj ve akım sinyali arasındaki faz kaymasını düzelterek, ideale yakın (0 derecede) sabit tutmaya yarayan işleme kompanzasyon denir. Kompanzasyon sayesinde aşırı güç kullanım problemi engellenmektedir [14].

3.6 Aşırı Gerilim Koruma

Yıldırım: Yıldırımlar hem güç hem de telefon ve veri iletişim hatlarında aşırı gerilim hasarlarına sebep olabilmektedir.

Yıldırım boşalmaları korkutucudur ve 530.000 amper akım şiddetine kadar çıktığı görülmüş olmakla birlikte 200.000 amper kabul edilmiş bir üst sınırdır. (Çoğunluğu 2000 ile 200.000 amper arasında meydana gelmektedir) [15].

Elektriksel anahtarlama olayları:

Elektriksel anahtarlama olaylarının neden olduğu aşırı gerilim koruma ürünleri çok yaygındır ve önemli bir gürültü kaynağı olarak kabul edilir. Bir iletkenen geçen akım etrafında manyetik alan oluşturur ve akım kesildiğinde (anahtar açıldığında) manyetik alan aniden azalır. iletken üzerinde biriken enerji, indükleme yoluyla aşırı gerilim koruma ürünleri olarak dağıtılır. Yıldırım akımının ikincil tesiri, iki yol ile aşırı gerilim hasarlarına sebep olur.

Dirençli kuplaj: Dirençli kuplaj, aralarında elektriksel bağlantı bulunan binalar veya binalar grubuna yıldırım düşmesi halinde meydana gelir. İki bina münferit topraklama sistemine sahip ise yıldırımın düştüğü yere yakın binanın topraklama sistemi yıldırımın oluşturduğu potansiyel çadırının (gerilim gradyentinin) tesiri altındadır. Buna karşılık aralarında elektriksel bağlantı bulunan komşu binanın topraklama sistemi yıldırımın potansiyel çadırına göre referans topraktır.. Bu durumda aradaki elektriksel bağlantılar üzerinden dolaşım akımları geçer ve cihazlar üzerinde aşırı gerilimler oluşur.

İnduktanslı kuplaj : İnduktanslı kuplaj, yıldırım akımı ile hatlar arasındaki transformatör etkisi olarak tanımlana-bilir. Çok büyük değerdeki yıldırım akımı manyetik alan oluşturur ve bu manyetik alan da yakın hatlarda gerilimler indükler.

Birçok UPS sistemi herhangi bir aşırı gerilim koruma donanımı içermez. aşırı gerilim koruması sağladığını iddia edenlerin çoğunda ise sadece ufak bir alçak akım geçiren süzgeç bulunur. Bu süzgeç sadece radyo frekans girişimlere karşı koruma sağlarken hasar oluşturabilen daha

büyük genlikli aşırı gerilimlere karşı koruma sağlamamaktadır [16]ve [17].

3.7 Elektrostatik

Kullanıcılar, elektronik cihazları kullanma ve taşıma sırasında bilerek veya bilmeyerek üzerilerindeki statik elektriği devre elemanlarına boşaltmaktadırlar. Bundan dolayı cihazlar tamamen yanabilir ve çalışmayabilir,karakteristiği bozulabilir, çalışma ömrü kısalsabilir.Statik enerjiden kaynaklanan bu istenmeyen olayları önlemek için izolasyon halıları, anti statik poşetler, yalıtkan eldivenler, anti statik bileklikler ve anti statik bantlar kullanılabilir [18].

4. SONUÇ

Biyomedikal Mühendisleri tıbbi alan ve cihazlarla ilgili olan yönetmelikleri ve yönergeleri çok iyi kavramaları gerekmektedir. Her tıbbi sistemin ve tıbbi alanın dizaynı ve kullanımı ile ilgili teknik gerekler yetkili otorite tarafından yönetmelikler aracılığıyla bildirilmektedir. Tıbbi cihazların dizaynı ve imalatı aşamasında Biyomedikal Mühendisinin yetkin olduğu bu bilgilerden faydalanılmalıdır. Ayrıca Tıbbi cihaz envanterinin çıkartılarak, cihazlara ait tüm bilgilerin güncel bir şekilde bilgisayarda tutulması gerekmektedir. Tıbbi cihazların gerekli periyodlarla elektrik güvenliği, koruyucu bakım ve kalibrasyon ölçümlerinin yapılarak faydalı ömrünün uzatılması istenilen bir durumdur. Güvencelik ve standartlara uygunluk testlerinin yapılması da önemli çalışmaların başında gelmektedir.

Ayrıca, yedek parça stoku ve envanterinin tutulması, ekonomik ömrünü doldurmuş cihazların kullanımdan alınması, biyomedikal mühendislerinin tıbbi cihaz alt yapısının iyileştirilmesi süreçlerinde görevleri arasında yer almalıdır.

Bunun yanında tıbbi cihaz bakım/onarım masraflarının bilgisayar-da takibi, yeni alınacak tıbbi cihazlarda, doktor tarafından belirtilen ihtiyaca, teknik ve fiyat bakımından en uygun cihazların tespiti için piyasa araştırması yapılması, teknik şartname hazırlanması ve tekliflerin değerlendirilmesi idari süreçlerdeki görevlerinin arasındadır.

Satın alınan yeni tıbbi cihazların teslim esnasında kabul muayene ve testlerinin yapılarak, yeni cihazın imalatçı tarafından verilen teknik özelliklere uygun olup olmadığının tespiti, yeni alınacak tıbbi cihazlar için yer seçimi ve uygun çevre koşullarının sağlanması da teknik görevleri arasında yer almaktadır.

Cihazı kullanan personel (doktor, hemşire, teknisyen, v.s.) için eğitim seminerleri düzenlenmesi, cihazların doğru ve emniyetli kullanımı, tıbbi cihaz kazalarının takibi, tıbbi cihaz vijilans sisteminin takibi, tıbbi cihaz konusunda araştırma / geliştirme programları uygulayarak yeni tıbbi cihazlar geliştirilmesi çalışmaları da biyomedikal mühendisinin uygulaması gereken alt yapı çözümleri arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Sistemlerde Arıza Analizi Kitapçığı, Ankara, 2011.
- [2] Onur Koçak, Biyomedikal Mühendislik Yaklaşımıyla Tıp Alanında Elektriksel Güvenlik, Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şube Semineri, 2008.
- [3] Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, 2001.
- [4] İsa İlisu, Elektrik Tesislerinde Dolaylı Dokunmaya Karşı Koruma Ve Topraklama, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Kasım 2010.
- [5] Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi

Projesi (MEGEP), Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, YG Tesislerinde Topraklama Sistemi Kitapçığı, Ankara, 2011.

[6] Ali Çaşkurlu, Elektrik Enerjisinde Kalite, Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şube Semineri.

[7] Schneider Elektrik - Güç Kalitesi Teknik Klavuzu No.199 Ph. Feracci

[8] Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Tıbbi Cihazlarda Güvenli Çalışma, Ankara 2008.

[9] M. Sezdi, “Medikal Cihazların Elektriksel Güvenlik Ölçümlerinde, Yeni Bir Uluslar arası Standart : IEC 62353”, Proc.of ELECO 2008, 259-261, 2008.

[10] Bayram, Mustafa. Elektrik tesislerinde topraklama. İTÜ, 1977.

[11] Harun Öndül, Tıbbi Güç Sistemleri, II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, 2011.

[12] Mustafa Bıyık, Kesintisiz Güç Kaynağı Kılavuzu,2011.

[13] Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Göz Sinyal İzleyicilerde Kurulum Kitapçığı, Ankara 2012.

[14] Öznur Doğdu, vd., Orta Gerilim Sistemlerinde Reaktif Güç Kompanzasyonunun Analizi ve Önemi, Electrotech, 2015.

[15] Ömer Tarhan Divaracı, Aşırı Gerilime Karşı Korumanın Gerekliliği, Elektrik Mühendisleri Odası.

[16] Elektrik Mühendisleri Odası, Elektrik Tesisleri ve Genel Teknik Şartnamesi ve Uygulama Esasları, Ankara, 2012.

[17] Gülhane Askeri Tıp Akademisi Komutanlığı, Biyomedikal ve Klinik Mühendislik Merkez Başkanlığı, Tıbbi Cihazlar ve Emniyet.

[18] Filiz Başarır İnce, Statik Elektriğe Karşı Önlemler, Elektrik Mühendisleri Odası,Sayı 447, Mayıs 2013.