

ELEKTRO MANYETİK UYUMLULUK, TOPRAKLAMA ve ŞEBEKELERE ETKİLERİ

Aykut Teker¹

Feriha Erfan Kuyumcu²

^{1,2}Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

¹e-posta: aykutteker@hotmail.com

²e-posta: erfan@kou.edu.tr

Özetçe

Bilindiği üzere elektrik yükleri hareket ettikleri zaman çevrelerinde manyetik alan oluştururlar. Mıknatıs gibi bazı materyaller doğal manyetik özellik gösterir. Demir, kobalt, vb. gibi bazı materyaller ise manyetik alan içerisine konduklarında, manyetik alanla aynı yönlü etkileşerek manyetik özellik gösterirler. Bu özelliklere sahip materyallere “ferromanyetik materyaller” denir. Sürekli Mıknatıslı Senkron Makinalar (SMSM) buna örnek gösterilebilir. Bir cihaz ya da sistemin kullanılması düşünülen Elektro Manyetik Uyumluluk, ortamda hatasız olarak çalışma yeteneğidir. Başka bir deyişle elektronik ve elektrikli aletlerin birbirlerine zarar vermeden, normal ve tatminkâr çalışmalarını yerine getirebilmeleri, birbirleriyle uyum ve harmonik içinde çalışmalarınıdır. Elektromanyetik uyumluluk sadece haberleşmeyi ilgilendiren yüksek frekanslarla sınırlamak yanlış olmaktadır. Günlük hayatımızın içine yerleşmiş olan yüksek gerilim uygulamalarında da (50 Hz için) büyük önem taşımaktadır. Elektro Manyetik Girişim (Electro Magnetic Interference, EMI) bir cihaz ya da sistemden kaynaklanan ve başka bir cihaz ya da sistemin normal çalışmasına olumsuz yönde etkileyen Elektro Manyetik (EM) yayılımı olarak tanımlanabilir.

Giriş

Geçmişten günümüze kadar süre gelen Elektro Manyetik Kirlilik konusundaki tartışmalarda kullanılan elektrik alan, güç yoğunluğu, anten, ekranlama, vb. terimlerin ne anlama geldiği bazı tanımların verilmesiyle anlaşılabilir. Bu nedenle öncelikle elektromanyetik kavramlar, elektrik ve manyetik alanlar, vb. tanımlar verilmiştir. Ayrıca test ölçüm yöntemi hakkında bilgi verilip test ortamları hakkında örnekler sunulmuştur. Manyetik alanın “Elektrik Mühendisliği”ne olan etkisi ve şebeke frekansındaki değerler hakkında bilgiler verilmiştir. Elektro Manyetik Girişim (EMI) ortamı tanımlanarak elektromanyetik uyumluluk konusuna giriş yapılmıştır. Electro Magnetic Compatibility (EMC) standartları başka bir deyişle Elektro Manyetik Uyumluluk standartları, gelişmiş ülkelerde uyulması zorunlu yasal düzenlemeler hanine getirilmiştir. Tüm dünyadaki üreticiler üretecekleri yeni cihazları EM Girişim yapmayacak şekilde tasarlamaya çalışmaktadır. EMC problemleri üretimin her aşamasında göz önünde bulundurulması gereken bir problemdir. Tasarım aşamasından üretime kadar ne denli sağlıklı EMC önlemleri alınırsa o oranda maliyet düşecektir. EMC problemleri üretimin her aşamasında göz önünde bulundurulması gereken bir problemdir. Tasarım aşamasından üretime kadar ne denli sağlıklı EMC önlemleri alınırsa o oranda maliyet düşecektir.

1. Elektro Manyetik Girişim (EMI)

Tüm dünyadaki üreticiler üretecekleri yeni cihazları EM Girişim yapmayacak şekilde tasarlamaya çalışmaktadır. Elektro manyetik uyumluluk sadece haberleşme ilgilendiren yüksek frekanslarla sınırlamak yanlış olmaktadır.

1.1. Değişik EM girişim örnekleri

- En basit örnek olarak; cep telefonu çaldığında veya floresan lamba açıldığında bilgisayar ekranının titremesi,
- Bir çekici kamyonu elektronik fren sistemi takılır. Yanından geçen bir otomobildeki bir CB (halk bandı) vericisinin açılması, bazen kamyonun frenlerinin kilitlemesine yol açmaktaydı. Problemin kaynağının CB işaretinin, fren sisteminin elektronik devresiyle bağlanmasıdır. Devrenin ekranlanması problemi çözebilir.
- Uçakta çalıştırılan taşınabilir bir bilgisayarın ve cep telefonunun, uçuş kontrol sistemini bozarak uçuş güvenliğinin tehdit etmesi,
- Kamyonu takılan fren sistemine etkisi (Faraday Kafesi),
- Cep telefonu çaldığında veya floresan lamba açıldığında bilgisayar ekranının titremesi ve uçaktaki etkisi,
- Yüksek Gerilim Hatları'nın (YGH) altından geçerken, arabanın radyosunun parazit yapması,
- Radyo istasyonunun çok yakınından geçen bir helikopterde kontrollerin aniden yok olması,
- Hastaları taşıyan ambulanda telsiz veya cep telefonu kullanırken kalp pilinin etkilenmesi,
- Klasik yaşamımızda sürekli karşılaştığımız bir karıştırıcı, elektrikli süpürgeler veya bir DC motor içeren ev aygıtları çalıştırıldığı zaman, televizyon ekranı yüzeyinde oluşan “çizgiler” olayıdır. Bu problem DC motorun fırçalarında oluşan arklanma yüzündendir.
- Ortaya çıkan işareti spektral içerik bakımından çok zengindir ve işaretin TV antenine doğrudan ısınması ve aygıtın AC güç kablosu vasıtasıyla evdeki ortak güç şebekesine geçişi ile problem oluşur.

Yukarıdaki örneklerden anlaşılacağı üzere bütün bu etkileşimler, EM Girişim olarak bilinen, günlük yaşamımızda ortaya çıkan ve zaman zaman çok tehlikeli olabilen etkileşimlerdir.

1.1.1. Elektrik ve Manyetik Alanlar

EM alan terimi, EM enerjinin varlığını göstermek için kullanılır ve EM alanın iki bileşeni vardır. Bunlar Elektrik Alan (EA) ve Manyetik Alan (MA)'dır. Elektrik Alan'ın şiddeti metre başına düşen gerilim (V/m) ile ölçülürken, Manyetik Alan'ın ölçü birimi Tesla veya Gauss' tur. EA ve MA 'ların özellikleri farklıdır. Dolayısıyla bu alanların canlılar üzerine etkileri de farklı olmaktadır. Örneğin, EA'lar duvarlardan geçemezler. Hatta insan vücudundan geçerken bile şiddeti çok düşer. Öte yandan MA'lar hemen hemen hiç engel tanımazlar.

Bu nedenle de bu konuda az şey bilinir; hala çok tartışmalı bir konudur. Manyetik alanlar Gaussmetre veya Teslametre'lerle ölçülmektedir. Çeşitli aletlerin manyetik alan değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 1: Çeşitli aletlerin manyetik alan değerleri

	Manyetik Alan Seviyesi (milligauss)	Manyetik Alan Seviyesi (milligauss)	Manyetik Alan Seviyesi (milligauss)
UZAKLIK	3.048 (cm)	30.48 (cm)	99.06 (cm)
Elektrikli Battaniye	2 - 80
Çamaşır Makinası	8 - 400	2 - 30	0.1 - 2
Televizyon	25 - 500	0.4 - 20	0.1 - 2
Elektrik Sobası	60 - 2000	4 - 40	0.1 - 2
Mikrodalga Fırın	750 - 2000	40 - 80	3 - 8
Tıraş Makinası	150 - 15000	1 - 90	0.4 - 3
Floresan Lamba	400 - 4000	5 - 20	0.1 - 3
Saç Kur. Mak.	60 - 20000	1 - 70	0.1 - 3

1.2. EM Dalga Kaynakları

Günlük yaşantımızda sürekli olarak karşılaştığımız cihazlar aslında birer manyetik alan oluştururlar. Bunlar ürettikleri güçlere ve özelliklerine göre farklı manyetik alan oluştururlar. Elektrik Mühendisliği açısından da manyetik alan çok önem taşımaktadır. Elektro Manyetik Dalga kaynakları arasında;

- Yüksek Gerilim hatları (YGH),
- Cep telefonları,
- Baz istasyonları
- Bilgisayarlar,
- Telsizler
- Çağrı cihazları,
- Radarlar,
- Mikrodalga fırınlar,

- Radyo, TV Uydu antenleri ve bunların vericileri,
- Trafolar,
- Elektrikli ısıtıcılar verilebilir.

1.3. EMC için Tipik Test ve Ölçü Ortamları

EM Uyumluluk (EMC), elektronik sistemlerin öngörülen elektro manyetik (EM) ortamda, amaçlanan verimlilikte çalışabilmeleri olarak açıklanabilir. İlgili uluslararası kuruluşlarca EMC; "Bir sistem veya cihazın içinde bulunduğu elektromanyetik ortamda fonksiyonlarını, bu ortamda telafi edilemez bir elektromanyetik bozulma yapmaksızın yerine getirebilme yeteneği" şeklinde tanımlanır. Bu tanım, EM uyumlu ürün için tasarımdan planlamaya, üretimden pazara kadar her aşamada EMC koşullarına uygunluğun zorunluluğunu açıkça göstermektedir.

EMC test ve ölçüleri cihazların gerçek çalışma ortamlarında ve çalışır durumdayken yapılır. Cihazlara çalışma ortamları geniş anlamda tanımlandığından EMC test ve ölçülerinde aynı ortamı yaratmak ancak yaklaşık olarak olasıdır. EMC ölçümlerinde istenmeyen girişimin test edilen cihazdan kaynaklandığından emin olunmalıdır. İletkenlik yollu yayılım ölçülerinde bunu sağlamak kolaydır. İletkenlik yollu yayılım besleme ve işaret kablolarından kaynaklandığından bu kabloları filtrelemek kolaydır ve iyi bir çözümdür. Örneğin; besleme kablolarında 50 Hz ve harmonikleri süzülerek sadece işaret frekanslarının etkileri ile ilgilenmek için bir üst geçiren filtre kullanılabilir. Oysa ışınım yollu yayılım ölçüleri için çevre etkilerinden arındırma ekranlanmış ölçü ortamlarını gerektirir.

1.4. Yansımaz Oda

Tam yansımaz Oda, Elektromanyetik Uyumluluk (EMC) ve TEMPEST emisyon / alınganlık testlerinin 30 MHz – 18 GHz frekans aralığında doğru ve güvenilir yapılabileceği test ortamını sağlar. Test odası dış ekranlı kabini ile dış elektromanyetik ortamdan yalıtılmıştır. İç yüzeyde mevcut elektromanyetik yutucu elemanlarla test odası içinde elektromanyetik açıdan "serbest uzay" elde edilmiştir. Dış ekranlı kabin, TEMPEST bilgi güvenliği uygulamalarında yüksek güvenilirlikle kullanılabilir.



Şekil 1: Yansımaz oda ve bazı test ölçümleri

Duvarlara yerleştirilen yutucu malzemeler piramit biçiminde olduğunda gelen dalgalar geriye yansımada önce piramitler içerisinde birden fazla yansıma ve kırılmaya uğrarlar. Böylece duvarlara gelen dalgalar geriye doğru yönelinceye kadar bir kaç kez yutulurlar. Bu şekilde yutulma 80- 100 dB' lere dek çıkabilir. Pratikte elde edilebilen en iyi yutulma ya da izolasyon 80-100 dB' dir. 60 dB' nin üzerindeki izolasyon iyi sayılır. 30-40dB izolasyon bir çok amaç için yeterlidir. Askeri çok gizli işlerde 120 dB' ye kadar izolasyon istenebilir. Bunun üzerinde de pratik olarak gerçeklemek hemen hemen olası değildir.

1.5. Şehir Şebekelerindeki Etki

İletkenlik yollu yayılım ölçüleri 30MHz' e kadar olan frekanslarda cihaz kabloları test edilerek yapılır. Hemen bütün testlerde LISN (Line Impedance Stabilization Network) denen üç kapılı bir düzenleyici devre kullanılır ve testler ekranlanmış odada yapılır.

LISN devresinin temel işlevleri şunlardır:

1. Şehir şebekesinden gelen besleme enerjisini süzerek cihaza temiz enerji sağlar. 50 Hz'lik şebeke gerilimi üzerinde 40. harmoniğe kadar (2kHz) etkili olabilen istenmeyen bileşenler dolaşmaktadır. Bu istenmeyen işaretlerin cihaza kuplamını LISN devresi önler.
2. Cihazdan kaynaklanan (genelde 9kHz' den büyük) yayımları sadece EMI ölçü aletine ulaşmasını sağlar. Bu istenmeyen bileşenlerin şebekeye aktarılmasına engel olur.
3. Şebeke ile cihaz arasında 150 kHz - 30 MHz bölgesinde empedans uygunluğu sağlar ve böylece istenmeyen yansımalar önlenmiş olur.

1.6. Gerilim dalgalanması ve Kırpışma

Şehir şebeke geriliminde düşük genlikli fakat hızlı değişimler özellikle aydınlatma sistemlerinde hissedilir rahatsızlıklar yaratır. Şebekeye bağlı bütün cihazların belli ve sonlu bir giriş empedansı olduğundan şehir şebekesinde bu gerilim düşümlerine neden olabilirler. Bunu önlemek üzere, şebekeye bağlanacak herhangi bir elektrik ya da elektronik cihazın (yükün) girişindeki frekans ve genlik değişimleri için limitler konmuştur. Gerilim Dalgalanması, ardışıl gerilim değişimleri ya da RMS gerilim değerinde sürekli zaman değişimleri olarak tanımlanır.

Kırpışma ise aydınlatma cihazlarında oluşan ve besleme frekans değişimlerinin neden olduğu görsel titreşim şeklindeki rahatsızlık şeklinde tanımlıdır. İlgili standartlar EN61000-3-3 olup iletkenlik yollu yayılımı içerir. Bu standartlar şehir şebekesi üzerine cihazların neden olacağı gerilim dalgalanmaları ve kırpışma etkileri ile ilgilenir. Giriş akımı 16A'den küçük, 220 - 250V, 50Hz şehir şebekesine bağlı çalışan cihazları kapsar. Kırpışma limitleri, cihaz girişindeki (uçlarındaki) gerilimin değişim miktarının tanımı verilerek belirtilir. Kırpışma ölçüleri için hazır kırpışma ölçer aletler (flicker meter) vardır. İnsan gözünün kırpışmaya en duyarlı olduğu frekans 8.8 Hz olduğundan kırpışma yaratan cihazların bu frekans bölgesinden uzaklaştırılmasına çalışılır.

1.7. 50 Hz İçin Limit Değerler

- **Cihaz** : EM Alan Analizörü
- **Üretici Firma** : Wandel & Goltermann
- **Model** : 2425/30
- **Frekans Aralığı** : 5 Hz – 32 kHz

Tablo 2: Farklı frekanslar için Elektrik Alan şiddeti ve Manyetik Alan Yoğunluğu karşılaştırılması

Ölçüm Bandı	Elk. Alan Şiddeti	Man. Alan Yoğunluğu
6 Hz-2kHz	4.397 V/m ± 0.053 V/m	534.5 nT ± 20.4 nT
30 Hz-2kHz	3.464 V/m ± 0.024 V/m	534.0 nT ± 11.3 nT
5 Hz-32kHz	5.734 V/m ± 0.036 V/m	562.6 nT ± 34.4 nT
30 Hz-32kHz	5.451 V/m ± 0.019 V/m	540.2 nT ± 10.7 nT

Yukarıdaki tabloda farklı frekans aralıklarına ait elektrik alan şiddeti ve manyetik alan yoğunluk değerleri gösterilmektedir. International Non-ionizing Radiation Committee of The International Radiation Protection Association (IRPA / INIRC) standardına (Health Physics Vol.58, No. 1, pp. 113-122, 1990) göre 50/60 Hz frekans değerinde elektrik alan şiddeti ve manyetik akı yoğunluğuna maruz kalma limit değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3: 50/60 Hz elektrik ve manyetik alanlara maruz kalma referans değerleri

Maruz Kalma Karakteristiği	Elektrik Alan Şiddeti kV/m (rms)	Manyetik Akı Yoğunluğu mT (rms)	
Çalışanlar	Tüm çalışma günü	10	0.5
	Kısa süre	30a	5b
	Uzuvlar (kol ve bacak gibi vücuda eklemle bağlı)	/--/	2.5
Genel Halk	24 saat maruz kalma©	5	0.1
	Günde birkaç saat maruz kalma(d)	10	1

a- 10 ile 30 kV/m arasındaki alanlara maruz kalma süresi $t \leq 80/E$ formülünden hesaplanabilir. Burada t, gün içerisindeki çalışma süresini (saat) ; E, elektrik alan şiddetini (kV/m) göstermektedir.

b- Bu şiddette maksimum maruz kalma süresi, bir çalışma gününde 2 saattir.

c- Bu sınırlama açık alanlara uygulanır. Bu açık alanlar (dinlenme yerleri, buluşma alanları ve benzeri yerler), halkın

günün büyük bir bölümünde zamanını harcamasının beklendiği yerlerdir.

d- Dolaylı kuplaj etkilerinden korunmak için gerekli önlemlerin alınması halinde bu değer gün başına birkaç dakikalığına aşılabılır.

1.8. Binalarda Manyetik Sistem ve Topraklama

Ev veya işyerimizin binasına sokaktan giren birçok boru ve kablo vardır; su borusu, doğalgaz, kanalizasyon vb... Telefon kabloları, kablo TV ve tabii ki elektrik kabloları. Binaya genellikle 4 tane elektrik kablosu girer. Bu kablolardan 3 tanesi faz'dır. Yani üzerinde elektrik vardır ve bir tanesi ise nötr'dür. Bu sisteme tri-faze denir. Bu üç faz hattı binaya eşit bir şekilde dağıtılır. Yani binanın girişindeki ana elektrik kutusuna gelen bu 3 faz hattının her biri ayrı bir kata veya katlara dağıtılır. Nötr hattı ise tek bir tane dir ve tüm katlara gider. Odalarda veya ofislerde, duvar prizinin ortasındaki iki delik işte bu gelen faz hatlarından birisine ve nötr hattına bağlıdır. Eğer elimizde bir voltmetre varsa, bunu yüksek gerilim kademesine ayarladıktan sonra, priz deliklerini ölçtüğümüzde 220 Volt değerini görürüz.

Toprak hattı şudur: Binaya 3 faz ve bir nötr girer demiştik. Binanın elektrik sistemini döşeyen elektrikçi binanın dışında (bahçeye mesela) toprağa belirli bir büyüklükte bir bakır çubuk veya bakır levha çakar/gömer. Bu bakır çubuğa bağlı bir kabloyu binanın girişindeki faz ve nötr'ün binaya ilk girdiği ana elektrik kutusuna kadar getirir. Bu noktadan itibaren, tüm binaya, tüm dairelere bir faz, bir nötr ve bir de toprak hattı gider. Topraklı prizlerde ortadaki iki delik faz ve nötr'e bağlı iken, dış taraftaki metal çıkıntılar da toprak hattına bağlanır.



Şekil 2: Prizlerdeki toprak girişi

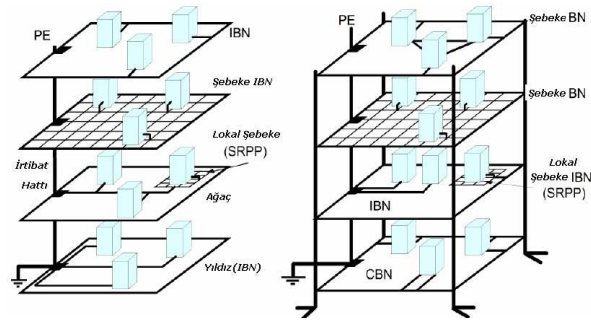
Eğer iki farklı binadaki ağ sistemi network kablosu ile birbirine bağlanacaksa (telefon hattı ve modem kullanılıyorsa problem yok), iki binanın toprak hattı farklı olduğu için problemler yaşanabilir. Hatta aynı bina içinde dahi olsa, farklı faz hatlarından elektrik alan bilgisayarlar arasında toprak farklılığı dolayısıyla problemler oluşabilir.

Eğer iki makina arasındaki toprak farklı belli bir değer üstüne çıkarsa, ağ sinyalleri karşı tarafa sağlıklı ulaşamaz. Binalar arasında fiber optik bağlantı yapılmasının bir avantajı da burda ortaya çıkar. Fiber üzerinden elektrik değil, ışık sinyalleri iletildiği için binalar arasındaki toprak farkı problem yaratmaz. Fiber optik çözümünün yerine bu iş için üretilmiş özel bazı çevirici cihazlar kullanılabilir. Pratikte toprak yerine geçebilecek yapılardan bazıları;

- Çelik kafes binalar
- Araç gövdesi (otomobil, uçak, gemi, uzay gemisi)
- Su borusu

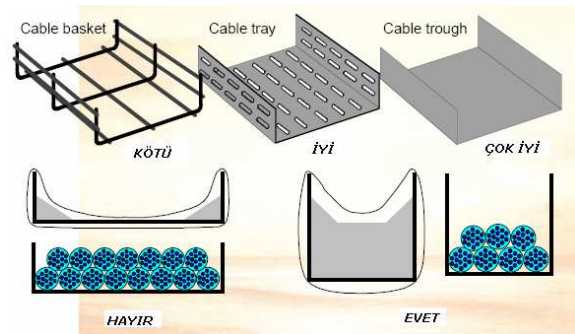
- Toprak elektrotlu sistemler
- Topraklama plakası ve kafesi vb. olarak sıralanabilir.
- Elektrik güç dağıtım şebekelerindeki toprak referansı dışında diğer sistemlerde de toprak gereken şekilde kullanılır.

Özellikle elektrik mühendisliğinde Yüksek Gerilim ile uğraşıldığından dolayı topraklama çok önem taşımaktadır. Bunun en büyük nedeni, öncelikle insanların güvenliğidir. Buna ilave olarak da ekipmanların korunması gelmektedir. Topraklama yapısı birkaç farklı şekilde yapılabilmektedir. Örnek olarak bir binadaki topraklamayı aşağıdaki şekilde inceleyelim. Görüleceği üzere her katta her elaman farklı yöntemlerle topraklanabilmektedir.



Şekil 3: Binalar için manyetik sistem

Bütün topraklama sistemleri eş değerli faz-faz empedansına sahiptir (kaynak kısa devre gücü ve kablo uzunluğu eşittir). Yüksek frekanslar da ise eş potansiyel bağlantılı oluncaya kadar, tüm topraklama sistemleri kablo uzunluğu nedeniyle etkisizdir (Kablo empedansı frekansla birlikte artmaktadır). 50 Hz manyetik endüksiyon elektronik sistemleri bozabilmektedir ve muhakkak insanları korumak için sınırlandırılması gerekmektedir. Manyetik endüksiyon tek faz ya da faz hat şeklinde üretilmektedir.



Şekil 4: Kablo için manyetik sistem

1.9. Kaynakça

Modern elektrik-elektronik ve haberleşme ekipmanların kullanılmaya başlamasının, hayatımızı verimli yönde değiştirdiği bir gerçektir. Dolayısıyla bu gelişmeye bağlı olarak da birçok elektronik araçlarının özelliklerinin

geliştirilmesi istenmektedir. Bunların başında ise; bilgisayar ve cep telefonu gelmektedir. Bunun nedeni günümüzde özellikle de Türkiye’de cep telefonu veya bilgisayarı olmayan kişi sayısı neredeyse sıfırdır (Örneğin [1,3,5,6]). Elektromanyetik alan sadece elektronik ve haberleşme mühendisliğini ilgilendirmemektedir. Yüksek gerilimin de yer aldığı Elektrik Mühendisliği, Kimya Mühendisliği, biyoloji alanında etkili olana Genetik Mühendisliği, vb pek çok alanda önem taşımaktadır. Çünkü uyumsuzluktan oluşabilecek en küçük hata özellikle yüksek gerilimde çözülmesi zor sıkıntı verebilecek sorunların doğmasına neden olabilir (Örneğin [2,4,5])]

2. Dünyada ve Avrupa Topluluğunda EMU

Hemen hemen bütün gelişmiş ülkelerde elektromanyetik uyumluluk konusunda uyulması zorunlu yasal düzenlemeler bulunuyor. Örneğin, ABD’de FGG, Almanya’da. VD E, İngiltere’de BSI ve Hollanda’da; VNI tarafından hazırlanmış önergeler yürürlükte. Avrupa. Topluluğu’nun (AT) ürün Güvenliği ve EM konusundaki düzenlemelerini ise GEN’in bir alt komitesi olan CENELEC yapıyor. Günden güne şekillenen AT’de hemen her konuda konulan yasa. Kural ve yönetmelikler, gelişmiş ülkelerden alındığı gibi, öncekilerin hatalarını yinelememek ve deneyimlerinden yararlanabilmek için titizlikle gözden geçirilip yeniden ve daha sıkı olarak yazılıyor. Avrupa’da. Satış yapmak isteyen her firma çok yakında CENELEC’in Ürün Güvenliği Yönergesi (Product Safety Directive) ve Elektromanyetik Uyumluluk Yönergesi (EMC Directive) adlarında önergelerine tam olarak uymak zorunda kalacak.

Elektromanyetik uyumluluk problemlerinin çözümü için pek çok yol olmasına karşın, en iyi yol, problemin daha ortaya çıkmadan önlenmesidir. Bunun için de, elektronik ve elektrikli aygıt, gereç ve sistemlerin tasarımlarının EM yaşantımızda alacak şekilde yapılması gerekiyor. Türkiye’de ise Telekomünikasyon Kurumundan 10 kHz-60 GHz frekans bandında çalışan ve ortamda istem dışı elektro manyetik alan etkisine neden olan sabit telekomünikasyon cihazların kuruluş yeri, montajı, elektrik alan şiddeti limit değerlerinin belirlenmesi, ölçüm yöntemleri ve denetlemesi hakkında yönetmelik vardır.

3. Sonuçlar

Elektromanyetik uyumluluk ve elektromanyetik girişimin önemi vurgulanmış ve elektronik cihazlarla ilgisi olan herkesi ilgilendirebilecek tipik örnekler üzerinde durulmuştur. EMC/EMI konusu özellikleri nedeniyle farklı konularda dahi çalışan pek çok uzmanı ilgilendiren bir araştırma sahası haline gelmiştir ve belirtildiği gibi, elektronik cihazların kullanım yoğunluğundaki artış nedeni ile önümüzdeki günlerde daha fazla önem kazanacaktır. Çarpık endüstrileşmenin ve kentleşmenin getirdiği çevre kirliliğinin yanında EM kirlilik ve EMC problemleri de yaşamsal öneme sahiptir. Bunun içinde elektronik cihazların geliştirme, tasarım ve üretimine kadar her aşamasında EMC problemleri göz önünde bulundurulmalı ve bu problemleri en aza indirebilmek için gerekli çalışmalar belirli bir disiplin ve düzen içerisinde yapılmalıdır.

4. Teşekkür

Bu çalışmamda beni yönlendiren ve araştırma konusunda bana destek sağlayan Prof. Dr. Doğan DİBEKÇİ’ye çok teşekkürlerimi sunarım.

5. Kaynakça

- [1] Gürel, L., “Elektromanyetik Uyumluluk Standartları ve Bilgisayar Simülasyonları”, *Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilkent Üniversitesi, Bilkent, Ankara.*
- [2] Arsoy, A. B., “Elektrik Tesisleri Laboratuvarı Deney Kitabı”, *Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, 2006.*
- [3] EMO Seminer Notları, 2004
- [4] Jover, B., “EMC and Installations” *Schneider Electric*
- [5] TÜBİTAK Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü (UEKAE), “TYO Tam Yansız Oda”, *41470 Kocaeli, TÜRKİYE*
- [6] Gürel, L., “Sayısal Elektromanyetik Bilimi, Elektromanyetik Uyumluluk ve Avrupa Topluluğu”, *Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi.*