



SAKARYA
UNIVERSITY

Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

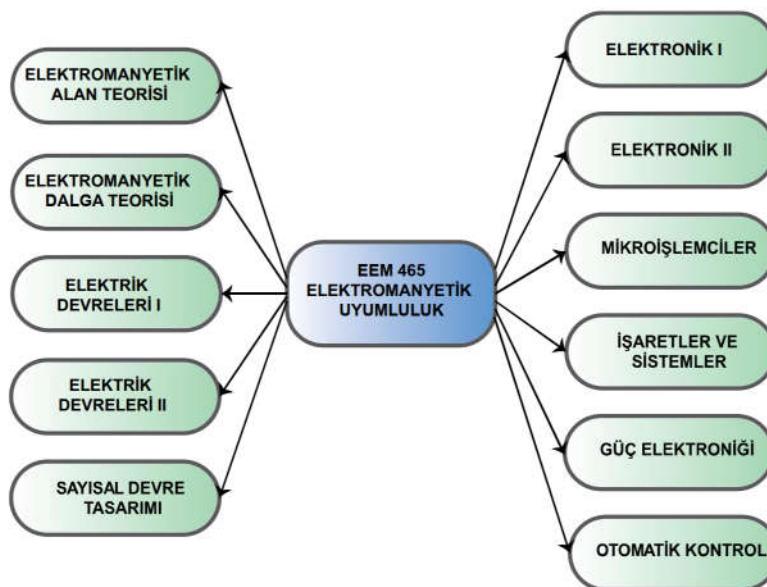
EEM 465 - Elektromanyetik Uyumluluk



1. Giriş, Temel Tanımlar ve Kavramlar

EEM 465 - Elektromanyetik Uyumluluk

2



Elektromanyetik Uyumluluk dersinin SAÜ EEM lisans planındaki derslerle ilişkisi

Not: Temel lisans eğitiminin hedefi ve buna göre oluşturulan kapsam gereği her ders süreç içinde gerekli ve Elektromanyetik Uyumluluk dersi ile ilintili yöne sahiptir. Burada belli bir mantıksal amaç kapsamında doğrudan ilinti kurulabilecek dersler verilmiştir.



Elektromanyetik Girişim

- Elektromanyetik Girişim, Elektrik-elektronik cihaz ve sistemlerin çalışırken ortaya çıkardıkları elektromanyetik alan veya ortam ya da diğer bir sistem kaynaklı elektromanyetik alan nedeni ile birbirlerini etkilemeleri ve bunun sonucunda sistemlerin öngörülen çalışma koşullarının dışına çıkmasıdır.
- Elektromanyetik Girişim, cihaz ya da sistemlerin geçici ya da kalıcı olarak durmasına, gereklili fonksiyonların üretilmesinin engellenmesine, istenmeyen fonksiyonların üretilmesine, verilen hatalı işlemesine vb. yol açabilir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

EMI Kaynakları



EMI kaynakları



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

EMI Kaynakları

- Endüstriyel ve ev tipi ortamlarda röleler, DC elektrik motorları, kaynak üniteleri, floresan ışıklar vb. anahtarlamalı cihazlar spektral içeriği zengin ve girişime neden olabilen elektromanyetik dalgaları oluştururlar.
- Spektrum içeriği dar olmakla birlikte taşınan enerji seviyesi itibarıyle yüksek gerilim enerji nakıl hatları güç frekansında elektromanyetik emisyon üretir [Avrupa'da 50 Hz].
- Şimşek, yıldırım, canlı kaynaklı ESD işaretleri doğal bazı girişim kaynaklarıdır.
- Sayısal elektronik cihazlar lojik 0 (kapalı) ve lojik 1 (açık) temelinde çalışan tüm sayısal cihazlar hem girişimin kaynağı hem de «kurbanı» olabilirler. Ayrıca bu cihazların oluşturdukları EMI kendi içlerinde de girişime neden olabilir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

EMI Konuları - ESD

- Bilindiği gibi yalıtkan bir ayakkabı ya da zemin üzerinde uzun süreli bulunmak vücutta statik bir yükün birikmesine neden olur.
- Bir elektronik cihaza dokunulduğunda bu statik şarj anlık olarak yüksek bir enerji seviyesi ile parmak uçlarının bir ark ile boşalarak cihaza transfer olmakta ve özellikle mikrokontrolörler gibi hassas devre elementlerinde geçici ya da kalıcı hasara neden olabilir.



ESD (Electrostatic Discharge)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

EMI Konuları - EMP

- 20. yüzyılın ortalarında nükleer patlamaların elektronik sistemleri de etkilediği anlaşıldı.
- Bu doğrudan bir fiziksel hasar yoluyla etkileme değil, ortamındaki yoğun elektromanyetik dalganın sonucu oluşan EMP (elektromanyetik darbe) kaynaklı idi.
- Günümüzde EMR askeri anlamda bir «tehdit» ve dolayısıyla son derece önemli bir konu olup gerekli tedbirler alınmaktadır.

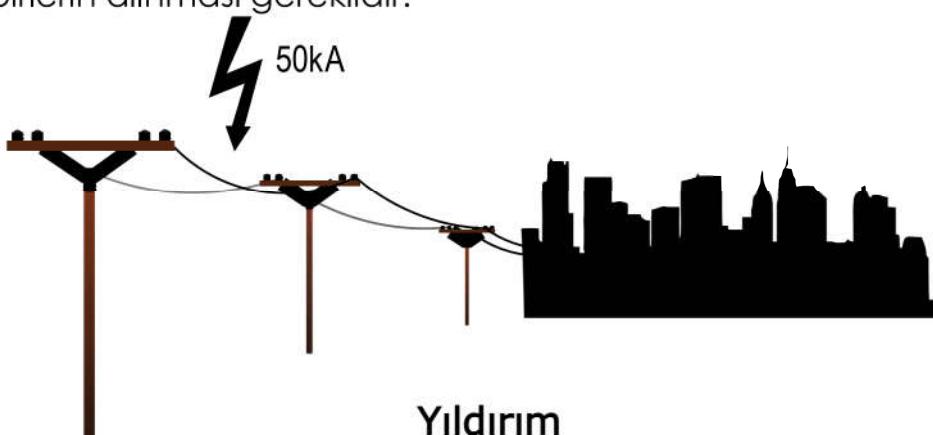


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

EMI Konuları - Yıldırım

- Yıldırım doğrudan etkisi aşikardır. Bunun yanında 50kA seviyelerin akım taşıyabilen yıldırımlar dolaylı sayılabilecek bir etki ile doğrudan şebeke hatlarına ya da enerji nakil hatlarına kuple olabilirler.
- Bu anlık bozucu işaretlerin cihaz tasarımda göz önüne alınarak gerekli tedbirlerin alınması gereklidir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

EMI Konuları - TEMPEST

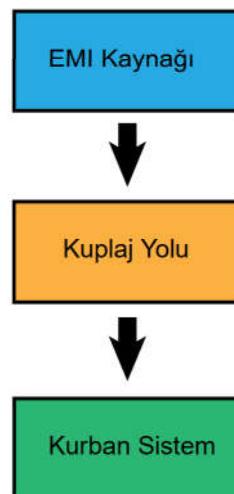
- Ortama yayılan elektromanyetik işaretlerin «gizlice» alınarak işlenen verinin ele geçirilmesi amaçlı kullanılması bir diğer EMI konusudur.
- TEMPEST olarak tanımlanan, güvenli veri işlenmesi ve haberleşmesi esasına dayalı bu konu askeri ve gizliliğin kritik olduğu tüm sivil alanlarda son derece önemlidir.



TEMPEST



EMI Kuplaj Mekanizması



Kuplaj mekanizmasının temel gösterimi



Elektromanyetik Girişimin Sonuçları

- Cihazların fonksiyon kaybına uğramadan etkilenmesi, girişim ortadan kalktığında sorunsuz çalışmaya devam etmesi
- Cihazların fonksiyon kaybına uğraması, girişim ortadan kalktığında çalışmaya devam etmesi
- Sistemlerin geçici olarak durması
- Sistemlerin çökmesi ve uzun süreli durması
- Veri kayıpları
- Sistem ve platformların fiziksel olarak hasar görmesi, imha olması
- Halk ya da çalışan personel sağlığının etkilenmesi
- Can kayıpları



Elektromanyetik Girişimin Sonuçlarına Ait Örnekler

- 29 Temmuz 1967 de ABD uçak gemisi Forrestal Kuzey Viyetnam kıyılarına konuşlandırıldı. Taşıyıcı güvertesinde deposu dolu sayısız saldırı helikopteriyle beraber dev ağırlıkta bombalar, füzeler ve diğer çeşitli cephaneler bulunuyordu.
- Gemi radarından yayılan elektromanyetik enerji, uçağa takılı roketin ateşlenmesine ve ardi ardına patlamalara neden oldur.
- Sonuçta, 134 personel öldü, çok sayıda savaş ekipmanı ve uçak imha oldu.



Elektromanyetik Girişimin Sonuçlarına Ait Örnekler

- 1982'de Birleşik Krallık Arjantin'le olan Falkland Adaları savaşında HMS Sheffield destroyerinde iletişim için kullanılan radyo sistemiyle anti füze tespit sisteminde parazite neden olduğu için füze tespit sistemi geçici olarak kapatıldı.
- Bu sırada gelen Arjantin tarafından atılan Exocet füzelerinin zamanında algılanamaması nedeniyle gemi ateş aldı ve kaybedildi.
- Çok sayıda personel öldü, gemi kaybedildi.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Girişimin Sonuçlarına Ait Örnekler

- 1980'li yıllarda ABD'ye ait UH-60 Black Hawk tipi helikopter uçuş sırasında radyo ve radar vericilerinin uçuş kontrol sistemlerinde yol açtığı elektromanyetik girişim sonucunda çeşitli kazalar meydana geldi.
- Toplamda 22 kişi öldü, helikopterler kaybedildi.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Yıldırım Kaynaklı Kazalar

- Pan American Airways Boeing 707, 1963, Kayıp: 73 yolcu, 8 mürettebat.
- *Aires, Boeing 737-700, 2010, Sonuç: 1 ölü, 120 yaralı
- *Pulkovo Airlines, Tupolev Tu-154, 2006, Kayıp: 170
- ...



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Uyumluluk

- Elektromanyetik uyumluluk (EMU-EMC) kısaca bir sistemin tüm elektriksel bütünlüğü ile gerektiği gibi çalışmasını sürdürmesi ve işlevini yerine getirmesidir.
- Bir elektronik cihaz ya da sistem çevre etkileri ve ilgili koşullar ne olursa olsun belirlenen sınırlar kapsamında ve tasarlandıkları performans seviyesinde kendi içerisinde ya da başka bir cihaz yönyle, bozulmaya uğramadan ve bozulmaya neden olmadan çalışıyorsa elektromanyetik uyumlu demektir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Sınıflandırılması

- EMI testinin emisyon ve bağışıklık olmak üzere iki yönü söz konusudur:
 - Emisyon (Emission)
 - Bağışıklık (Immunity) ya da Alınganlık (Susceptibility)



Emisyon

- Elektrik-elektronik cihazdan yayılan elektromanyetik enerjiye emisyon denir. Emisyonlar cihaz içinde istemli veya istem dışı olarak oluşabilir.
- İstemli emisyonu örnek olarak bir haberleşme aygıtının anteninden kendisi için ayrılan haberleşme kanalından ortama verilen elektromanyetik enerji verilebilir.
- «Gürültü» olarak tanımlanabilecek istem dışı emisyon için ise aynı haberleşme aygıtından örnek vermek gerekirse, bu aygıtından haberleşme işaretine ait olmayan ve cihaz içinde üretilen tüm elektromanyetik işimalar ve buna ek olarak temel haberleşme sinyalinin istemsiz biçimde üretilen harmonikleri örnek olarak verilebilir.



Bağışıklık

- Bağışıklık (immunity) bir cihaz ya da sistemin kendisi ya da çevresi kaynaklı tüm elektromanyetik işaretlere karşı bozulma olmadan çalışabilmesinin, başka bir ifade ile «dayanımının» ölçüsüdür.
- Alınganlık (susceptibility) aynı kavramı tanımlamak üzere genel olarak askeri terminolojide kullanılan karşılıktır. Ancak bağışıklığın tersi anlama sahiptir.
- Elektromanyetik uyumlu bir sistemin **bağışıklığı yüksek alınganlığı düşük** olmalıdır.



Elektromanyetik Uyumluluğun İki Yönü



Elektromanyetik Uyumluluğun İki Yönü



Elektromanyetik Uyumluluğun Temel Kriterleri

- Bir sistem tüm üniteleri ile birlikte aşağıdaki üç durumu karşılarsa elektromanyetik uyumludur denir.
 - i. Çevresindeki sistemlerde girişime neden olmaz.
 - ii. Çevresindeki sistemlerinden kaynaklanan emisyonlara duyarlı değildir.
 - iii. Kendi içinde girişime neden olmaz.



EMC Testlerinin Kuplaj Açılarından

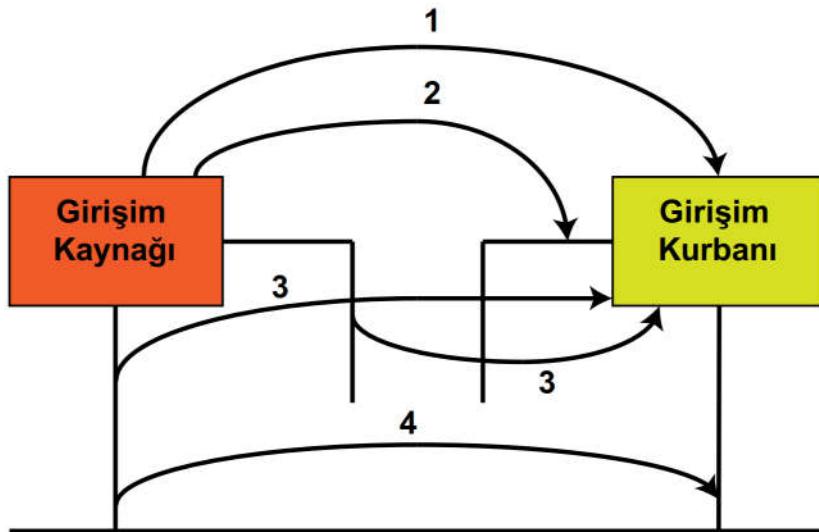
Sınıflandırılması

- EMI testinin kuplaj yöntemi açısından da iki tipi söz konusudur.
- İşıma (yayınım) yoluyla (Radiated)
 - İletkenlik (temas) yoluyla (Conducted)



Elektromanyetik Girişim Etkileşim

Mekanizmaları



Elektromanyetik Girişim Etkileşim Mekanizmaları



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Girişim Etkileşim

Mekanizmaları

- 1: Kaynaktan kurban sisteme doğrudan yayırım
- 2: Kaynaktan kurban sistemin kablajına ve buradan da kurban sisteme ulaşan yayırım
- 3: Kaynak sistem kablajından kurban sisteme ulaşan yayırım
- 4: Ortak güç, sinyal vb. yoluyla kaynaktan kurban sisteme iletişim yoluyla doğrudan ulaşan girişim.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Girişimin Etkileşiminin Ortadan Kaldırılması

- Bir girişim etkileşiminin söz konusu olması durumunda aşağıdaki tedbirlerden en az biri uygulanmalıdır.
- Emisyonu kaynağında yok etmek,
- Kuplaj yolunu olabildiğince ortadan kaldırmak,
- Etkilenen cihazı olabildiğince duyarsız hale getirmek.

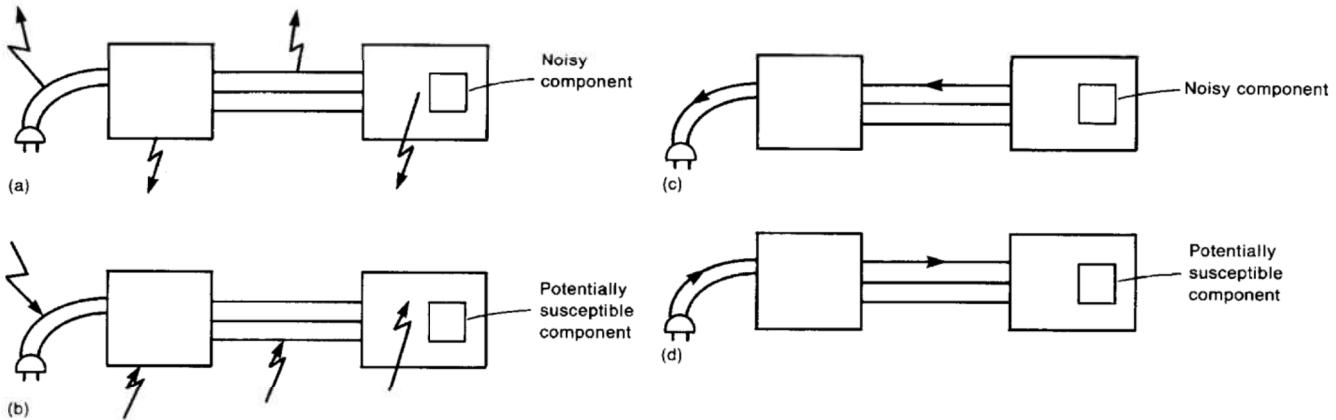


EMC İçin 4 Temel Kuplaj Mekanizması

- Bu bağlamda EMC kuplaj mekanizmaları ve testleri için 4 temel kombinasyon bulunmaktadır:
- İşıma (yayınım) yoluyla emisyon (RE)
 - İşıma (yayınım) yoluyla bağışıklık (RI)
 - İletim (temas) yoluyla emisyon (CE)
 - İletim (temas) yoluyla bağışıklık (CI)



EMC İçin 4 Temel Kuplaj Mekanizması



4 Temel EMC problemi (a) RE, (b) RI, (c) CE, (d) CI



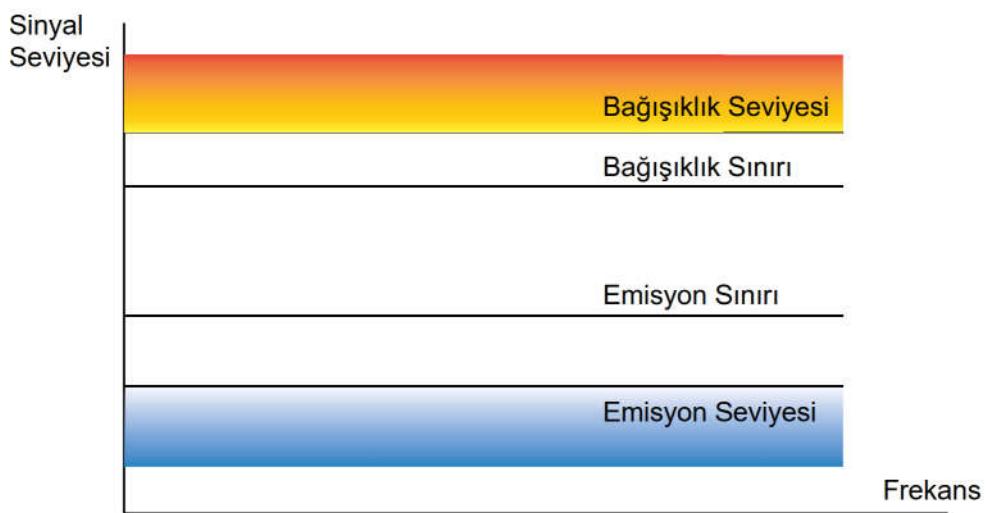
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Bağışıklık ve Emisyon Açılarından Tasarım

İlkesi



Bağışıklık ve Emisyon Açılarından Tasarım Marjları



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Elektromanyetik Uyumluluğun Önemi

- EMC tasarımı yalnızca istenilen fonksiyonunun yerine getirilmesi ve üretilen sistemin performansı için değil, aynı zamanda dünyanın hemen hemen tüm ülkelerinde uygulanan yasal gereksinimlerin karşılanması açısından da olmazsa olmazdır.
- Kendi içinde uygun biçimde çalışsa da, EMC kriterini yerine getiremeyen bir cihazın pazara sürülememesi durumu ile karşılaşılır. Bu da açık olduğu üzere harcanan emek, zaman ve paranın çöpe gitmesidir.
- EMC kriterlerini yerine getirmeyen bir cihazın piyasaya sürülmlesi ise sonradan piyasadan toplatılma, ağır hukuki cezalar gibi maddi ve manevi çok daha ağır sonuçlara neden olabilir.

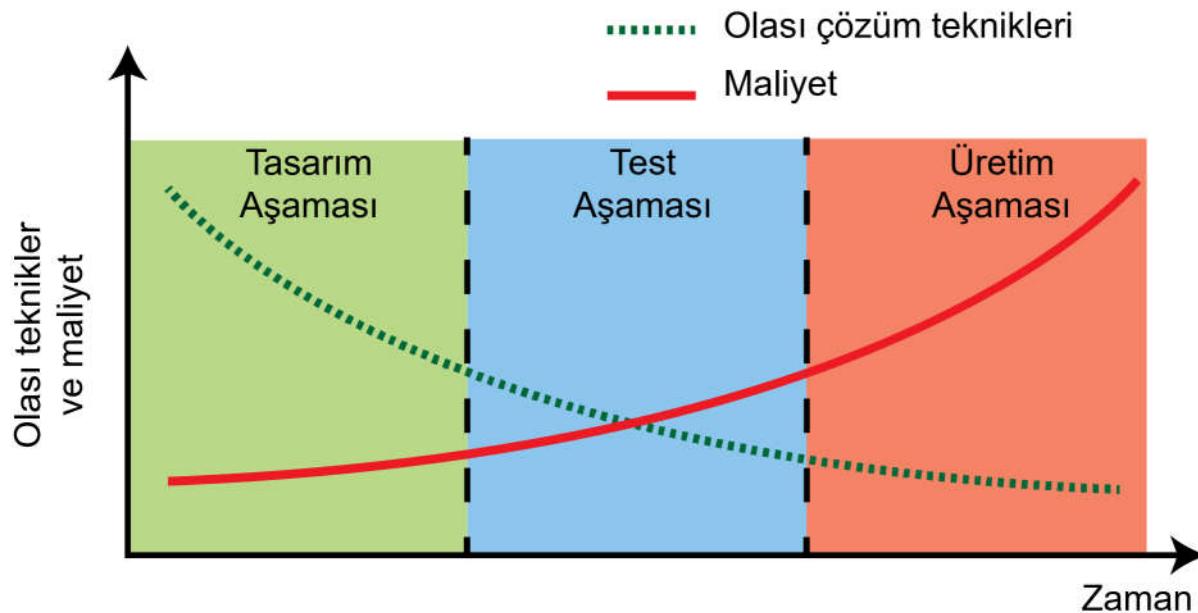


Elektromanyetik Uyumluluğun Önemi

- Teknolojinin hızla gelişmesi, üretilen elektronik sistem ve elementlerin boyutlarının çok küçülmesi ve hızlarının artması yeni EMI sorunlarını da beraberinde getirmektedir.
- Gelişen süreçte EMC kriterlerinin uygulanması da çok daha sistematik teknik ve idari normlara bağlanmıştır.
- Bu çerçevede EMC tasarımı artık «sorun çıkarsa bakarız» mantığı ile yaklaşımda bulunulacak bir konu değildir. Tüm teknikleri ve süreçleri ile birlikte artık EMC devre tasarımının ayrılmaz bir parçasıdır.
- Bu durum harcanan zaman ve maliyetin artması değil, tüm süreç göz önüne alındığında bilakis azalmasını sağlamaktadır.



EMC İçin Ürün Geliştirme Süreci



EMC kriterlerine uygun ürün maliyeti - zaman skalası



CE İşareti

- CE işaret, Avrupa Birliği'nin (AB), pazara girecek elektronik ürünlerin belirlenen direktiflere yönelik gerekli uygunluk değerlendirme kriterlerinden geçtiğini, bu bağlamda dolaşımının ve satışının uygunluğunu gösteren ve Conformité Européenne ifadesinin baş harflerinden oluşan işarettir.



Önemli Elektromanyetik Kavramları ve Etkileri

- EMC: (Electromagnetic Compatibility) - Elektromanyetik uyumluluk
- EMI: (Electromagnetic Interference) - Elektromanyetik girişim
- ESD: (Electrostatic Discharge) - Elektrostatik deşarj
- EMP: (Electromagnetic Pulse) - Elektromanyetik darbe
- HERP: (Hazards of Electromagnetic Radiation to Personnel) - Elektromanyetik ışınanın personel üzerindeki riskleri
- HERO: (Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance) - Elektromanyetik ışınanın mühimmat üzerindeki riskleri
- HERF: (Hazards of Electromagnetic Radiation to Fuel) - Elektromanyetik ışınanın yakıt üzerindeki riskleri
- RADHAZ: (Radiation Hazard) – Elektromanyetik enerjinin insan, mühimmat ve yakıt üzerindeki riskleri
- TEMPEST: (Tests for Electromagnetic Propagation, Emission and Spurious Emanation) – İstenmeyen elektromanyetik yayınımların ve propagasyonun testleri



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

EMI Önlemleri

- Balancing and Filtering (Dengeleme ve Filtreleme)
- Cabling (Kablolama)
- Bonding (Bağlama)
- Grounding (Topraklama)
- Shielding (Ekranlama)
- Contact Protection (Kontak Koruma)
- Circuit Design (Devre Tasarımı)
- Physically Separation (Fiziksel Ayırıım)
- Frequency Management (Frekans Yönetimi)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

EMC Standartları

- EMC standartları, dünyanın gelişmiş ve gelişmekte olarak hemen her ülkesinde pazara girecek elektronik ürünler için yetkili otoritelerce istenen sertifikasyonların ortaya konması açısından gerçekleştirilecek deneylere yönelik belirlenen direktifler çerçevesinde gerekli değerlendirme kriterlerini barındıran temel dokümanlardır.
- Standartlarda temel olarak sınır değerler, test ve kalibrasyon düzenleri ve metotları yer almaktadır.
- Askeri ve sivil gerekliliklere uygun olarak hazırlanan, farklı yöntemler ve sınır değerler barındıran ve farklı cihazlara uygulanmak üzere oluşturulan EMC standarı dokümanları mevcuttur.



EMC ve BEM Mühendisliği

Elektromanyetik dalgaların cihazlar ve canlılarla etkileşiminin araştırılması, elektromanyetik alan kaynaklarının belirlenmesi, kontrol altında tutulmaları ve seviyelerinin azaltılmaları konularında iki uzmanlık dalı ortaya çıkmaktadır:

- EMC Mühendisliği
- BEM Mühendisliği



Frekans-Dalga Boyu İlişkisi

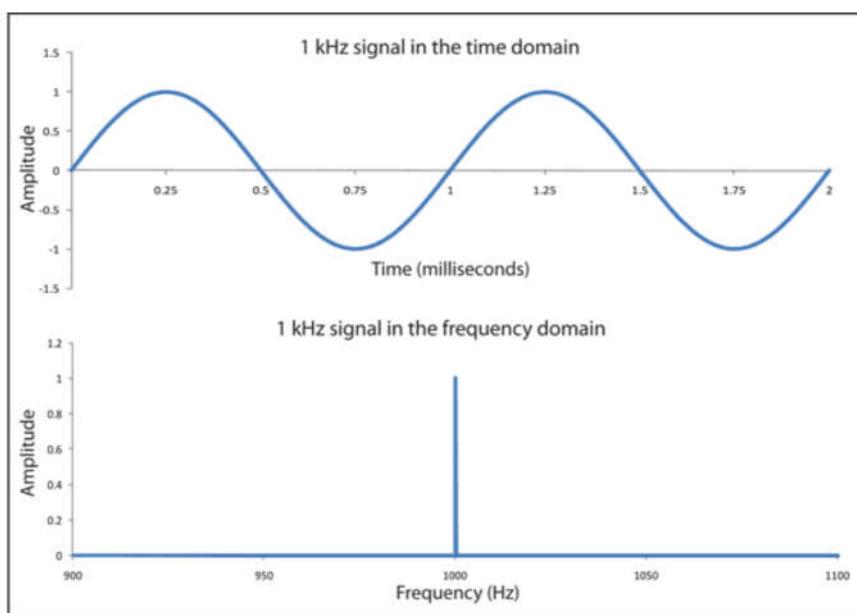
- Elektromanyetik ışımının frekans ve dalga boyu bileşenleri bulunmaktadır. Elektromanyetik dalganın osilasyon yapısı için tanımlanan frekans ve dalga boyu arasındaki ilişki aşağıdaki gibi verilir.

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

- Burada v dalganın hızını gösterir. Boşlukta elektromanyetik ışımının hızı ışık hızına (c) eşit ve değeri 300.000km/s 'dir.
- Örnek olarak 3m uzunluktaki bir elektrik güç kablosu için osilasyon frekansı 100MHz 'dir.



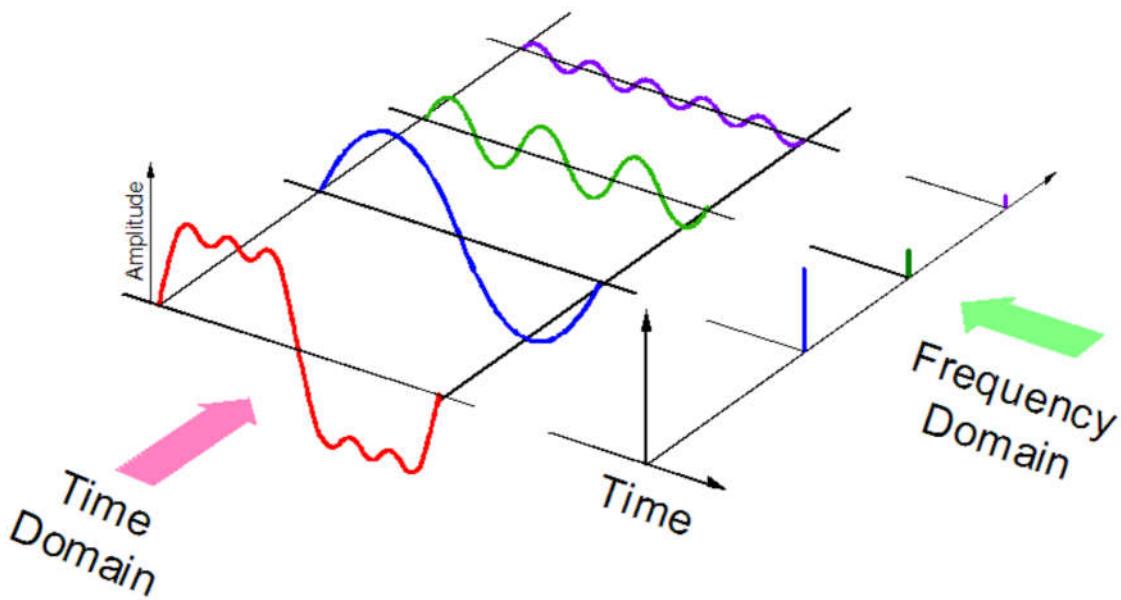
Zaman ve Frekans Domeni



Bir sinüs dalgasının zaman – frekans domeni gösterimi



Zaman ve Frekans Domeni



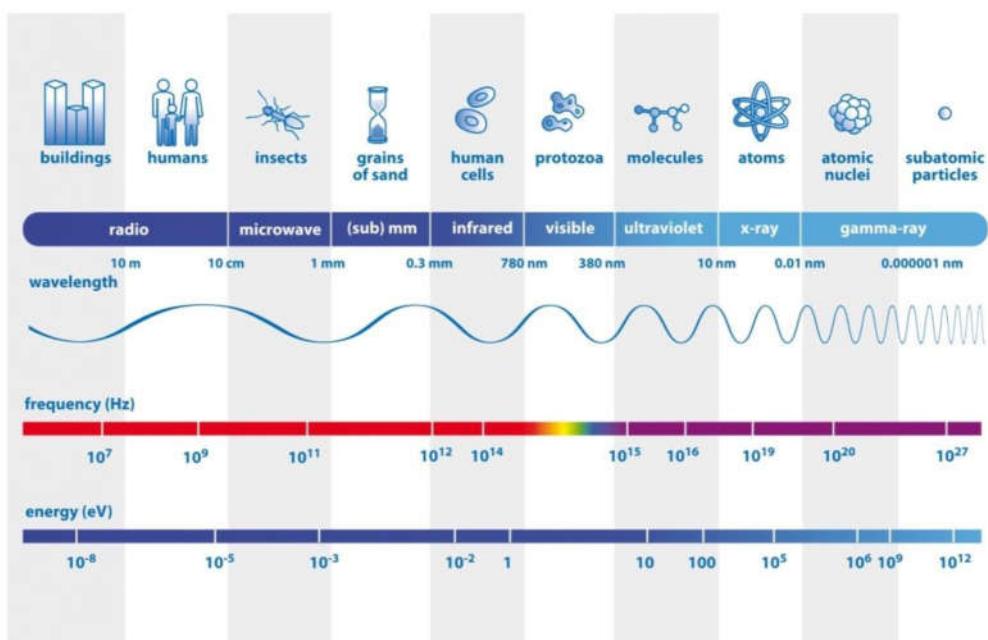
Zaman – frekans domeni ilişkisi



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum



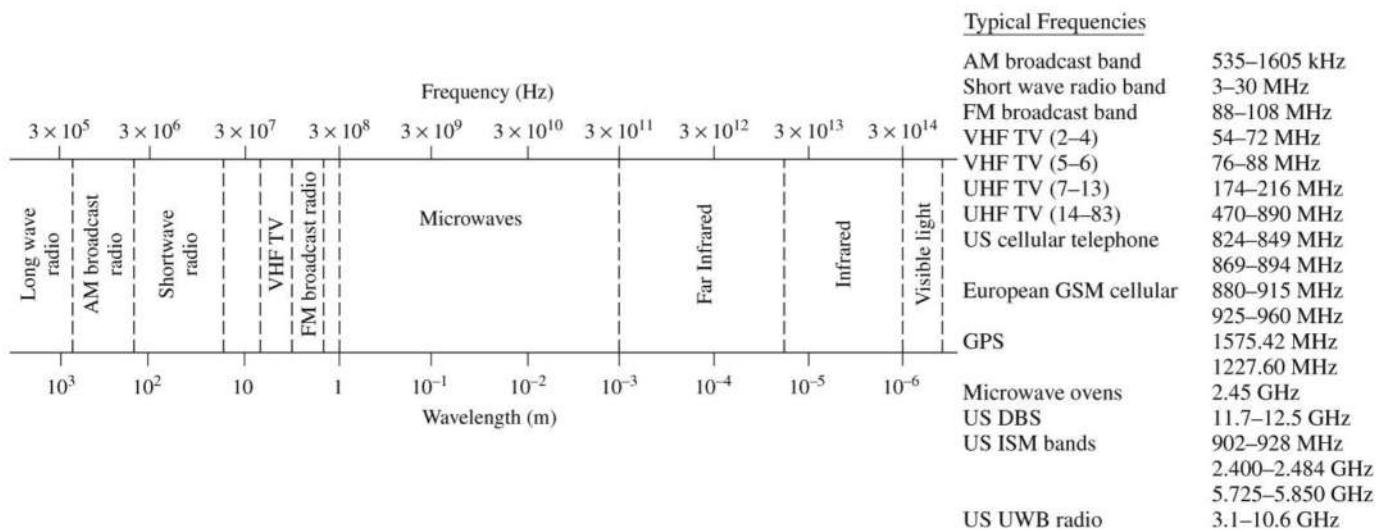
Elektromanyetik spektrum



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum



Elektromanyetik spektrum



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum

Frekans bandları (ITU Radio Bands)

Frekans Aralığı	Dalga boyu	Frekans Bandı
3 Hz-30 Hz	100.000 km - 10.000 km	ULF
30 Hz-300 Hz	10.000 km - 1.000 km	ELF
300 Hz-3 kHz	1.000 km - 100 km	VF
3 kHz-30 kHz	100 km - 10 km	VLF
30 kHz-300 kHz	10 km - 1 km	LF
300 kHz-3 MHz	1 km - 100 m	MF
3 MHz-30 MHz	100 m - 10 m	HF
30 MHz-300 MHz	10 m - 1 m	VHF
300 MHz-3 GHz	1 m - 10 cm	UHF
3 GHz-30 GHz	10 cm - 1cm	SHF
30 GHz- 300GHz	1 cm - 1 mm	EHF



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum

Frekans bandları (IEEE)

Band Tanımı	Frekans Aralığı
HF	0.003 to 0.03 GHz
VHF	0.03 to 0.3 GHz
UHF	0.3 to 1 GHz
L	1 to 2 GHz
S	2 to 4 GHz
C	4 to 8 GHz
X	8 to 12 GHz
Ku	12 to 18 GHz
K	18 to 27 GHz
Ka	27 to 40 GHz
V	40 to 75 GHz
W	75 to 110 GHz
mm	110 to 300 GHz



Elektromanyetik Spektrum

Frekans bandları (EU, NATO, US ECM Frekans Tanımları)

Band Tanımı	Frekans Aralığı
A band	0 to 0.25 GHz
B band	0.25 to 0.5 GHz
C band	0.5 to 1.0 GHz
D band	1 to 2 GHz
E band	2 to 3 GHz
F band	3 to 4 GHz
G band	4 to 6 GHz
H band	6 to 8 GHz
I band	8 to 10 GHz
J band	10 to 20 GHz
K band	20 to 40 GHz
L band	40 to 60 GHz
M band	60 to 100 GHz



Elektromanyetik Spektrum

Frekans bandları (Dalgı Kılavuzu Frekans Tanımları)

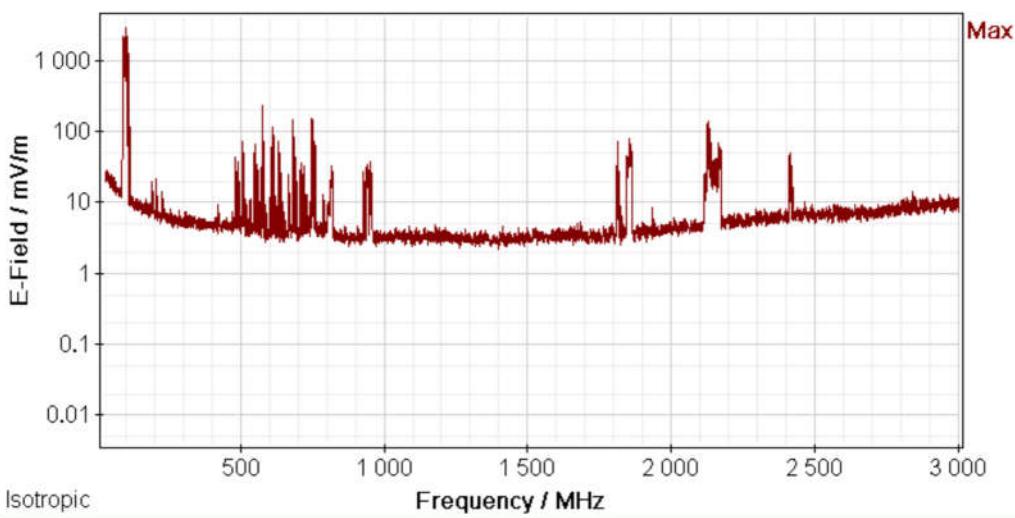
Band Tanımı	Frekans Aralığı
R band	1.70 to 2.60 GHz
D band	2.20 to 3.30 GHz
S band	2.60 to 3.95 GHz
E band	3.30 to 4.90 GHz
G band	3.95 to 5.85 GHz
F band	4.90 to 7.05 GHz
C band	5.85 to 8.20 GHz
H band	7.05 to 10.10 GHz
X band	8.2 to 12.4 GHz
Ku band	12.4 to 18.0 GHz
K band	15.0 to 26.5 GHz
Ka band	26.5 to 40.0 GHz
Q band	33 to 50 GHz
U band	40 to 60 GHz
V band	50 to 75 GHz
W band	75 to 110 GHz
F band	90 to 140 GHz
D band	110 to 170 GHz
Y band	325 to 500 GHz



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum



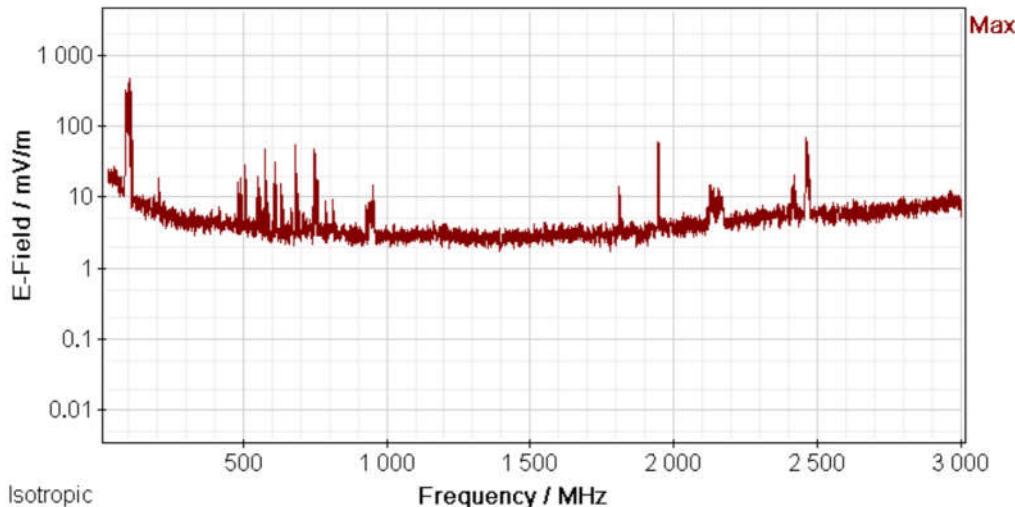
Elektromanyetik spektrum (27.01.2016 Dış Ortam, Çamlıca Tepesi
Üsküdar/İSTANBUL)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum



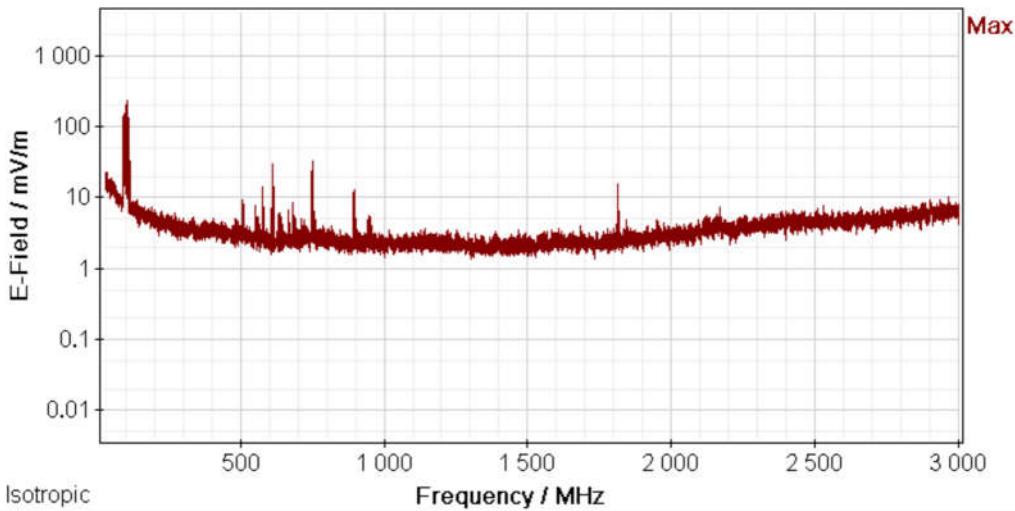
**Elektromanyetik spektrum (27.01.2016 Bina İçi, Çamlıca Tepesi
Üsküdar/İSTANBUL)**



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Elektromanyetik Spektrum



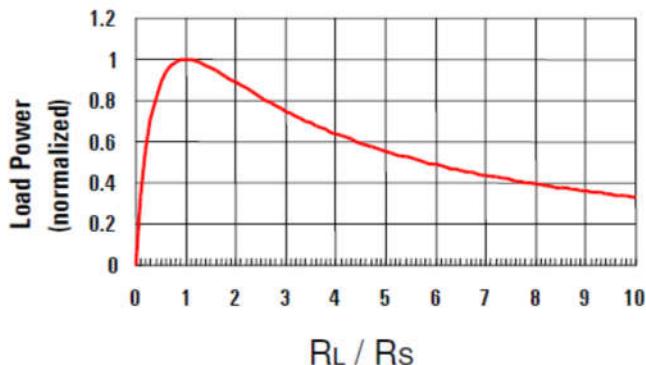
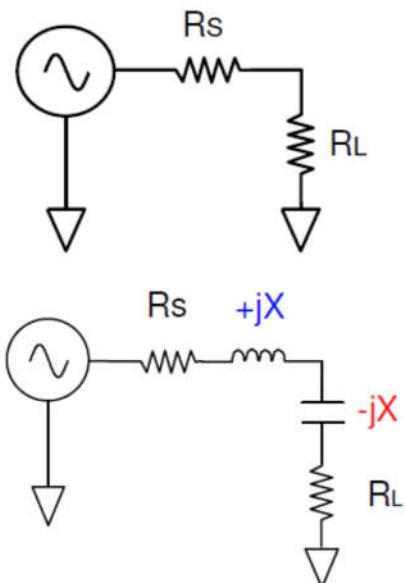
**Elektromanyetik spektrum (27.01.2016 Bina İçi Bodrum Kat, Çamlıca
Tepesi Üsküdar/İSTANBUL)**



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Maksimum Güç Transferi



Maksimum Güç Transferi



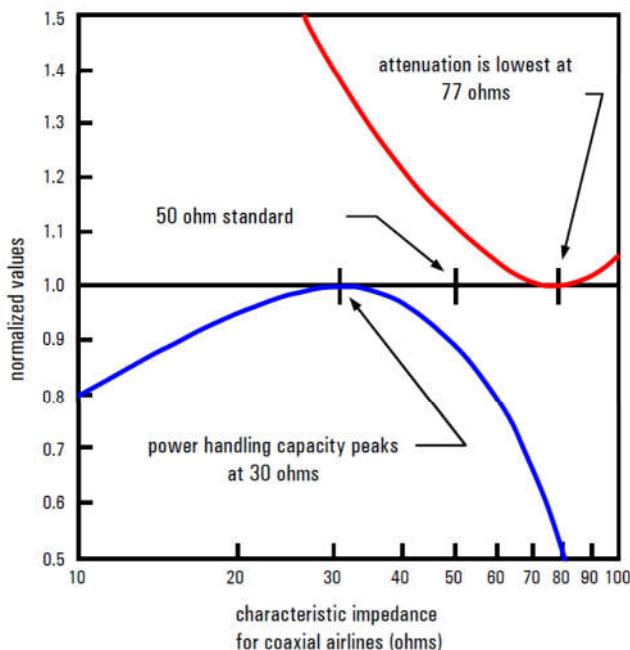
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Maksimum Güç Transferi

Karakteristik
empedansın
güç aktarımı
ve zayıflatma
üzerine etkisi



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Merkezi



Yarı yansımazsız/
yankısız oda
(semi
anechoic
chamber),
kontrol
odası, EMC
bağışıklık ve
harmonik
test odası



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Elektromanyetik Uygulama ve Araştırma

52

Merkezi



Öğrenci
deney
bölgüleri,
sunum ve
eğitim
bölümü,
ofisler



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

EMI Test Receiver/Spektrum Analizör



EMI Test Receiver/Spektrum Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Spektrum Analizör



Spektrum Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Spektrum Analizör



Spektrum Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Spektrum Analizör



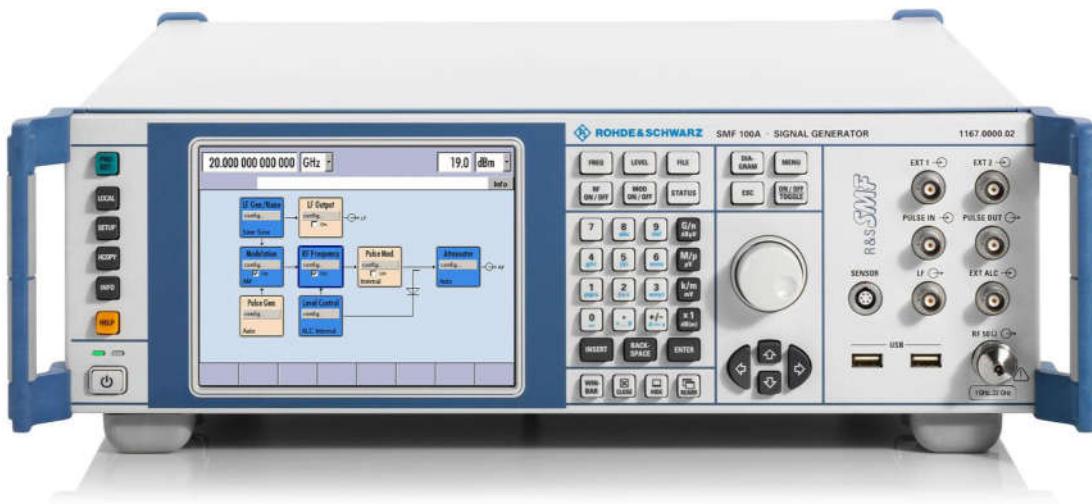
Spektrum Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Mikrodalga Sinyal Üreteci



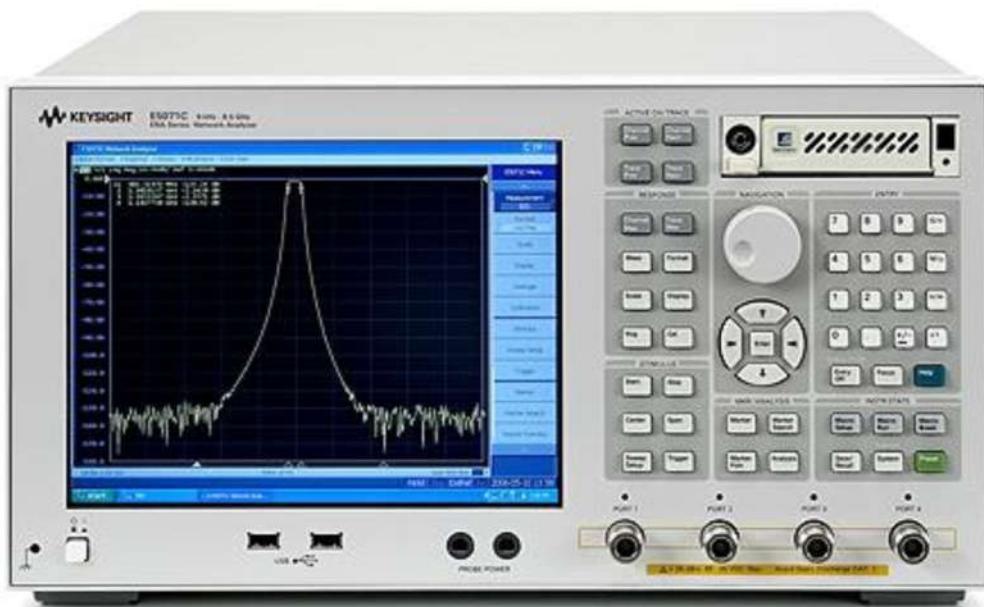
Mikrodalga Sinyal Üreteci



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Mikrodalga Sinyal Üreteci



Network Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

RF Power Metre



RF Power Metre ve Sensörleri



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Geniş Band EMR Ölçer



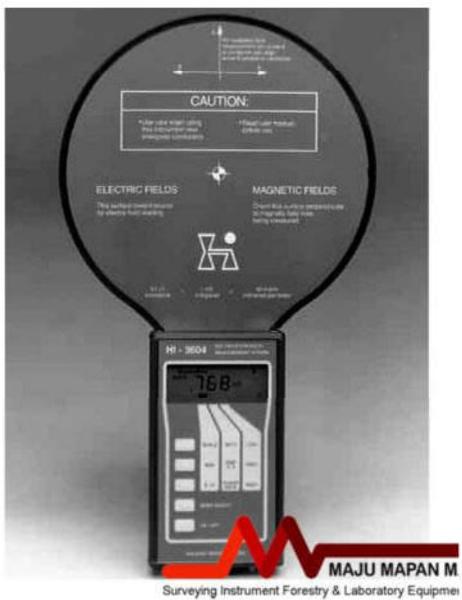
Geniş Band EMR Ölçer



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Düşük Frekans EMR Ölçer



Düşük Frekans EMR Ölçer



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

ESD Simülatörü



ESD Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Burst / Surge Simülatörü



Burst / Surge Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Harmonik ve Flicker Simülatörü



Harmonik ve Flicker Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- William H. Hayt, Jr., John A. Buck, Engineering Electromagnetics, McGraw-Hill, 2001.
- Richard G Carter, Electromagnetism For Electronic Engineers, Richard G Carter & Ventus Publishing ApS 2009.
- Nathan Ida Engineering Electromagnetics, Springer 2000.
- Ali M. Niknejad, Electromagnetics For High-Speed Analog And Digital Communication Circuits, Cambridge University Press 2007.
- Bhang Guru, Hüseyin Hiziroğlu, Electromagnetic Field Theory Fundamentals, Cambridge University Press, 2004.
- Herbert C Neff, Introductory Electromagnetics, John Wiley & Sons, 1991.
- Karl Lonngren, Sava Savov, Fundamentals of Electromagnetics with MATLAB.
- E. J. Rothwell, M. J. Cloud, Electromagnetics, CRC Press 2000.
- Günther Lehner, Electromagnetic Field Theory for Engineers and Physicists, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
- Paul Lorrain, Dale Corson, Electromagnetic Fields and Waves, W. H Freeman and Company, 1988.
- Rajeev Bansal, Engineering Electromagnetics Applications, Taylor & Francis Group, LLC, 2006.
- G. G. Raju, Dielectrics in Electric Fields , Marcel Dekker Inc., 2003.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- Clayton R. Paul, Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd edition, John Wiley & Sons.
- V. Prasad Kodali, Engineering electromagnetic compatibility: principles, measurements, technologies, and computer models, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001.
- N. Ari, Ş. Özén, Elektromanyetik Uyumluluk, Palme Yayıncılık, 2008.
- Christos Christopoulos, Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility, Second Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.
- Mark I. Montrose, Edward M. Nakachi, Testing For Emc Compliance, Approaches And Techniques, IEEE Press, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2004.
- L. Sevgi, Tasarımdan Piyasaya Elektromanyetik Uyumluluk, Okan Üniversitesi Yayınları, 2015.
- Fatih Üstüner, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, EMC Kurs Notları.
- Henry W. Ott, Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons, 2009.
- Sonia Dhaia, Mohamed Ramdani, Etienne Sciard, Electromagnetic Compatibility of Integrated Circuits, Springer Science Business Media, Inc, 2006.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- Terence Rybak, Mark Steffka, Automotive Electromagnetic Compatibility, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- Tim Williams, EMC for Product Designers 3E, Newnes, 2001.
- Timothy M. Ozenbaugh, Richard Lee Pullen, EMI Filter Design 3E, CRC Press, 2012 - SAU-CRC.
- Ron Schmitt, Electromagnetics Explained - A Handbook For Wireless And Rf, Emc And High-Speed Electronics, Elsevier Science, 2002.
- Behzad Razavi, RF Microelectronics, Prentice Hall, 1998.
- Constantine A. Balanis, John Wiley & Sons, Inc 2005.
- Sophocles J. Orfanidis, Electromagnetic Waves and Antennas, 2004.
- Joseph F. White, An Introduction to RF and Microwave Engineering, John Wiley & Sons, 2004.
- David M. Pozar, Microwave Engineering 2. Edition, John Wiley & Sons, 1998.
- Richard Lee Ozenbaugh, Timothy M. Pullen, EMI Filter Design, CRC Press 2012.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- James C. Lin, Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems Vol 4, Springer 2005.
- Riadh W. Y. Habash, Bioeffects and Therapeutic Applications of Electromagnetic Energy, CRC Press Taylor & Francis Group 2008.
- F. S. Barnes, B. Greenebaum, Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields 3th Ed. Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields, Taylor & Francis Group, LLC 2007.
- Sedra, A.L., Smith, K.C., Microelectronic Circuits, 6th edn, Oxford University Press, 2004.
- A. Ferikoglu, O. Çerezci, M. Kahriman, S. C. Yener, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. 13, 903, (2014).
- H. Seker, S. Yener, C. Bindal, A. O. Kurt, Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technology. 7, (2013).
- O. Cerezci, S. Seker, Ş. Yener, B. Kanberoğlu, and M. H. Nişancı, Ev, Ofislerde GSM Frekanslı Radyasyondan Bireysel Korunma, EMANET, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul, (2013), 372-376



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 50413, Fibre organisers and closures to be used in optical fibre communication systems – Product specifications - Part 2-5: Sealed closures for air blown fibre microduct, type 1, for category S & A, İnsanların elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlara (0 hz - 300 ghz) maruz kalması ile ilgili ölçmeler ve hesaplama işlemlerine ait temel standard, Ocak 2010.
- TS EN 55011, Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement (CISPR 11:2009, modified), Sanayi, bilimsel ve tıbbi donanım - Radyofrekans bozulma karakteristikleri – Sınır değerleri ve ölçme yöntemleri (CISPR 11:2009, değiştirilmiş), Mart 2010.
- TS EN 55014-1, Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus - Part 1: Emission (CISPR 14-1:2005), Elektromanyetik uyumluluk-Ev ve benzeri yerlerde kullanılan aygıtlar, elektrikli aletler ve benzeri cihazlar için kurallar- Bölüm 1: Yayılım (CISPR 14-1:2005), Temmuz 2007.
- TS EN 55014-2/A2, Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus - Part 2: Immunity - Product family standard ((CISPR 14-2:1997/A2:2008)) Elektro manyetik uyumluluk- Ev aletleri, elektrikli aletler ve benzeri cihazlar için özellikler bölüm 2: Bağışıklık - Ürün aile standarı ((CISPR 14-2:1997/A2:2008)), Ocak 2010.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 55016-1-1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus (CISPR 16-1-1:2006) Radyo rahatsızlığı için özellik standartı ve bağışıklık ölçme aparatı ve metodları - Bölüm 1-1: Radyo rahatsızlığı ve bağışıklık ölçme aparatı - Ölçme aparatı (CISPR 16-1-1:2006) Haziran 2010.
- TS EN 55016-1-2, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Coupling devices for conducted disturbance measurements (CISPR 16-1-2:2014), Radyo bozulma ve bağışıklık ölçme cihazları ve yöntemleri için standart - Bölüm 1-2: Radyo bozulma ve bağışıklık ölçme cihazları - İletim yoluyla yayılan bozulmalar için kuplaj elemanları (CISPR 16-1-2:2014) Ekim 2014.
- TS EN 55022, Information technology equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement (CISPR 22:2008, modified), Bilgi teknolojisi cihazı - Radyo bozulma karakteristikleri - Ölçme sınır değerleri ve yöntemleri (CISPR 22:2008, değiştirilmiş) Ocak 2012.
- TS EN 61000-3-2, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase) (IEC 61000-3-2:2014), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 3-2: Sınır değerler - Harmonik akım yayınımları için sınır değerler (faz başına cihaz giriş akımı ≤ 16 A) (IEC 61000-3-2:2014) Ekim 2014



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 61000-3-3, Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection (IEC 61000-3-3:2013), Elektromanyetik uyumluluk (emu) - Bölüm 3-3: Sınırlar - Faz başına beyan akımı ≤ 16 A olan ve şartlı bağlantıya tabi olmayan donanım için genel alçak gerilim besleme sistemlerindeki gerilim değişiklikleri, gerilim dalgalanmaları ve kirpişma ile ilgili sin (IEC 61000-3-3:2013) Şubat 2014.
- TS EN 61000-3-11, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-11: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low - voltage supply systems - Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection, ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK (EMU) - BÖLÜM 3-11: Sınır Değerler - Düşük Gerilimli Şehir Şebekesi Besleme Sistemlerindeki Gerilim Değişimleri, Gerilim Dalgalanmaları Ve Kirpişma Sınır Değerleri- Beyan Akımı ≤ 75 A Olan Ve Bağlantısı Şartı Dayalı Donanım Mart 2003.
- TS EN 61000-3-12:2011, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-12: Limits - Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public lowvoltage systems with input current > 16 A and ≤ 75 A per phase, Elektromanyetik Uyumluluk (Emu) - Bölüm 3-12: Sınır Değerler - Faz Başından 16 A Ve 75 A Giriş Akımı Alçak Gerilim Sistemlerine Bağlanan Cihazın Neden Olduğu Harmonik Akımlar İçin Sınır Değerler, Nisan 2012.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 61000-4-1, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-1: Testing and measurement techniques - Overview of Temmuz 2007 Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-1: Deney Ve Ölçme Teknikleri - IEC 61000-4 Serisine Genel Bakış, Temmuz 2007.
- TS EN 61000-4-2, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic ischarge immunity test (IEC 61000-4-2:2008), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) – Bölüm 4-2: Deneyler ve ölçme teknikleri – Elektrostatik boşalma bağışıklık deneyi (IEC 61000-4-2:2008), Ocak 2011.
- TS EN 61000-4-3, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio- frequency, electromagnetic field immunity test (IEC 61000-4-3:2006), Elektromanyetik uyumluluk (emu)-Bölüm 4-3: Deney ve ölçme teknikleri-Işıyan, radyo frekans, elektromanyetik alan, bağışıklık deneyi (IEC 61000-4-3:2006), Ekim 2006.
- TS EN 61000-4-4, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and Measurement techniques-Electrical fast transient/burst immunity test (IEC 61000-4-4:2012), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-4: - Deney ve ölçme teknikleri - Elektriksel hızlı geçici rejim/patlama bağışıklık deneyi (IEC 61000-4-4: 2012), Haziran 2013.
- TS EN 61000-4-5, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and Measurement techniques - Surge immunity test (IEC 61000-4-5:2014), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-5: Deney ve ölçme teknikleri - Darbe bağışıklık deneyi (IEC 61000-4-5: 2014), Ekim 2014.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 61000-4-6, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields (IEC 61000-4-6:2013), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-6: Deney ve ölçme teknikleri - Radyo frekans alanlar tarafından endüklenen iletişim yoluyla yayılan bozulmalara karşı bağışıklık (IEC 61000-4-6:2013), Nisan 2014.
- TS EN 61000-4-7/A1, Electromagnetic compatibility (EMC) - Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto (IEC 61000-4-7:2002/A1:2008), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Deney ve ölçme teknikleri - Harmonik ve ara harmonik ölçmeler ve enstrümantasyon - Güç besleme sistemleri ve bunlara bağlanan donanım için (IEC 61000-4-7:2002/A1:2008), Ocak 2010.
- TS EN 61000-4-8, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) Bölüm 4-8: Deney Ve Ölçme Teknikleri - Şebeke Frekanslı Manyetik Alan Bağışıklık Deneyi, Mart 2010.
- TS EN 61000-4-9, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-9: Testing and measurement techniques - Pulse magnetic field immunity test, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-9: Deney Ve Ölçme Teknikleri - Darbe Şeklinde Manyetik Alan Bağışıklık Deneyi, Nisan 2004.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 61000-4-10, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-10: Testing and measurement techniques - Damped oscillatory magnetic field immunity test, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-10: Deney Ve Ölçme Teknikleri - Sönümlü Osilasyonlu Manyetik Alan Bağışıklık Deneyi, Nisan 2004.
- TS EN 61000-4-11, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-11: Deney Ve Ölçme Teknikleri - Gerilim Çukurları, Kısa Kesintiler Ve Gerilim Değişimeleri ile İlgili Bağışıklık Deneyleri, Ekim 2006.
- TS EN 61000-4-13, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-13: Testing and measurement techniques - Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests (IEC 61000-4-13:2002), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - bölüm 4-13 : Deney ve ölçme teknikleri - A.a. enerji ucunda enerji şebeke işaretleşmesini içeren harmonikler ve ara-Harmonikler - Düşük frekans bağışıklık deneyleri (IEC 61000-4-13:2002), Kasım 2002.
- TS EN 61000-6-1, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity for residential, commercial and lightindustrial Environments, ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK (EMU) - BÖLÜM 6-1: GENEL ÖZELLİK STANDARDI - MESKEN, TİCARİ VE HAFİF SANAYİ ORTAMLARI İÇİN BAĞIŞIKLIK, Mart 2011.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- TS EN 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments, ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK (EMU) - BÖLÜM 6-2: GENEL STANDARDLAR - ENDÜSTRİYEL ÇEVRELER İÇİN BAĞIŞKLIK, Nisan 2006.
- TS EN 61000-6-3, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments (IEC 61000-6-3:2006), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 6-3: Genel standardlar - Yerleşim, ticari ve hafif sanayi ortamları için yayının standartı (IEC 61000-6-3: 2006), Temmuz 2007.
- TS EN 61000-6-4, Electromagnetic compatibility (EMC) -Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments (IEC 61000-6-4:2006), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 6-4: Genel standardlar - Endüstriyel ortamlar için yayının standartı (IEC 61000-6-4:2006), Temmuz 2007.
- TS EN 55015, Limits and methods of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment (CISPR 15:2013 + IS1:203 + IS2:2013), Elektrikli aydınlatma ve benzeri donanımın radyo bozulma karakteristiklerinin sınır değerleri ve ölçme yöntemleri (CISPR 15:2013 + IS1:203 + IS2:2013), Şubat 2014.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- ICNIRP Guidelines, Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric, Magnetic, And Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz), Health Physics 74 (4), pp 494-522, 1998.
- ICNIRP Guidelines, For Limiting Exposure To Time-varying Electric And Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz), HEALTH PHYSICS 99(6):818-836; 2010.
- WHO report, International Agency for Research on Cancer. Interphone study reports on mobile phone use and brain cancer risk, 2010.
- European Commission Report, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, 2009. SCENIHR.
- ECC/REC/(02)04, Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), MEASURING NON-IONISING ELECTROMAGNETIC RADIATION (9 kHz – 300 GHz).
- MIL-STD-461F, REQUIREMENTS FOR THE CONTROL OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE CHARACTERISTICS OF SUBSYSTEMS AND EQUIPMENT, 10 December 2007.
- MIL-STD-464C, ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENTAL EFFECTS REQUIREMENTS FOR SYSTEMS, 1 December 2010.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- <https://www.narda-sts.com/en/>
- https://www.rohde-schwarz.com/home_48230.html
- <http://www.ets-lindgren.com/>
- <https://www.advantest.com/>
- <http://www.emtest.com/home.php>
- <http://www.chromausa.com/instruments/dc-power-supplies/>
- <http://www.emc-partner.com/>
- <http://www.frankoniagroup.com/cms/>
- <http://www.eccosorb.eu/>
- <https://www.cst.com/>
- <http://www.tek.com/>
- <http://teledynelecroy.com/>



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Referanslar*

- Resmî Gazete, Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği (2014/30/AB), Sayı : 29845, 2 Ekim 2016.
- Resmî Gazete, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelik, Sayı : 27912, 21 Nisan 2011.
- Resmî Gazete, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Sayı : 30394, 17 Nisan 2018
- Resmî Gazete, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Sayı : 29497, 9 Ekim 2015.
- Resmî Gazete, İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre Ve halkın Sağlığını Korumasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik, 24 Temmuz 2010 Sayı : 27651.
- Elektromanyetik Alanlar ve Sağlık Etkileri Yard. Doç. Dr. Alpaslan Türkkan, Prof. Dr. Kayihan Pala, Prof. Dr. Osman Çerezci. Nilüfer Belediyesi yayını 2012.

*: Yalnızca bu sunum için değil, ders kapsamında hazırlanan tüm sunumlara ait referanslar listelenmiştir. Sunumlarda kullanılan şekillerden bazıları tamamen özgün, bazıları referanslardan doğrudan alınmış ya da alınarak yeniden çizilmiştir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM 465 – Elektromanyetik Uyumluluk