



Doç. Dr. Şuayb Çağrı YENER

EEM 465 - Elektromanyetik Uyumluluk



9. Sivil (Ticari) EMC Standartları ve Deneyleri

2

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, gerekli fonksiyonların üretilmesinin engellenmesine, istenmeyen fonksiyonların üretilmesine, verilen hatalı işlemesine vb. yol açabilir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – 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 nakil 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.

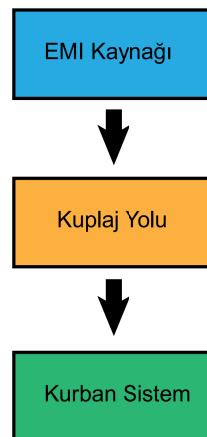


Elektromanyetik Uyumluluk

- 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.



EMI Kuplaj Mekanizması



Kuplaj mekanizmasının temel gösterimi



Avrupa Birliği EMC Yönergeleri

- 2014/30/EU Direktifi: 26 Şubat 2014'te «on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility» bağlılığı ile yayımlanan bu direktifin 20 Nisan 2016 itibarıyle zorunlu olarak uygulanması planlanarak üye ülkelerin elektromanyetik uyumluluk süreçleri konusunda eşgüdümü amaçlanmıştır.



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 anlamına sahiptir.
- Elektromanyetik uyumlu bir sistemin **bağışıklığı yüksek alınganlığı düşük** olmalıdır.



Elektromanyetik Uyumluluğun İki Yönü



Elektromanyetik Uyumluluğun İki Yönü



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.



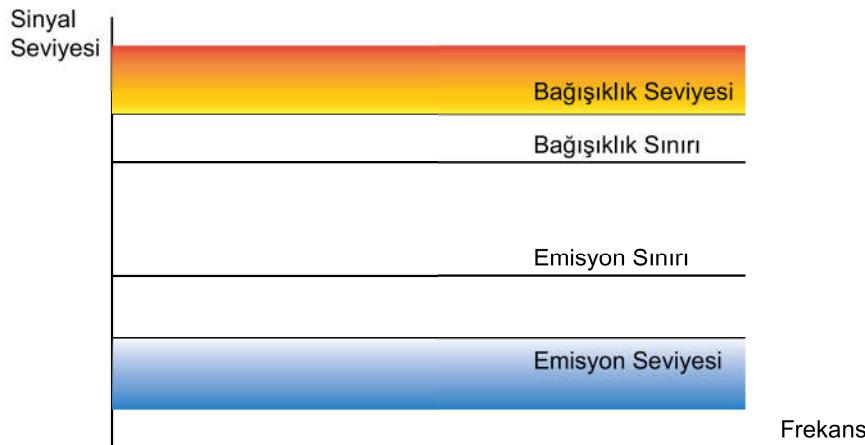
EMC İçin 4 Temel Kuplaj Mekanizması

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



Bağışıklık ve Emisyon Açılarından Tasarım İlkesi

13



Bağışıklık ve Emisyon Açılarından Tasarım Marjları



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

14

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 tasarımları 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.

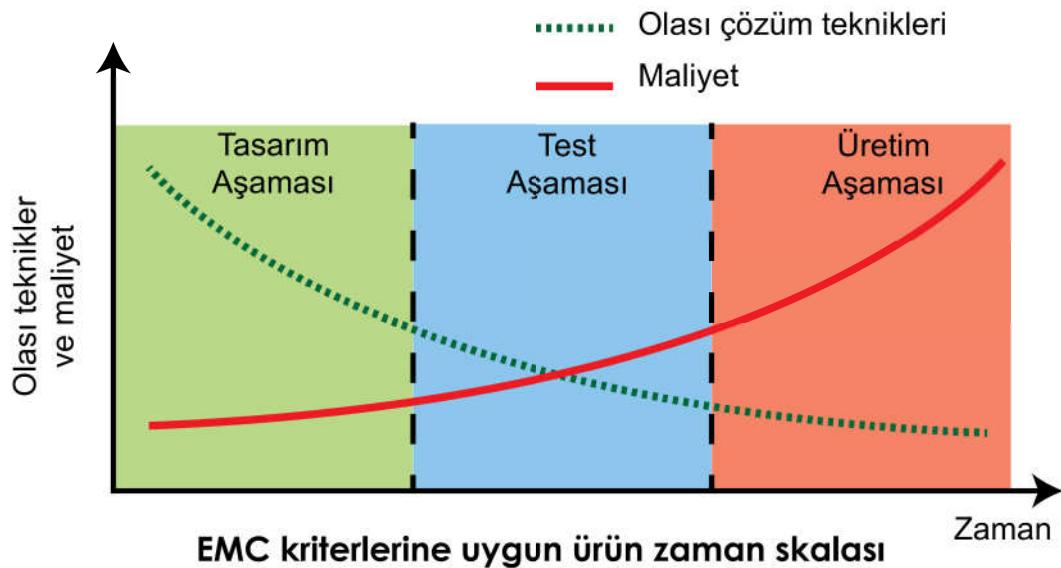


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

EMC İçin Ürün Geliştirme Süreci



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 gereklilere uygun olarak hazırlanan, farklı yöntemler ve sınır değerler barındıran ve farklı cihazlara uygulanmak üzere oluşturulan EMC standarı dokümanları mevcuttur.



EMC Alanında Kuruluşlar

- EMC konusunda standartları belirleme süreçlerini yöneten temel organizasyonlar söz konusudur:
- CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization
- IEC: International Electrotechnical Commission
- CISPR: International Special Committee on Radio Interference



Ticari (Sivil) ve Askeri EMC Standartları

- EMC alanındaki standartları hitap ettiği temel alanlar bağlamında Sivil ve Askeri EMC standartları olarak iki temel gruba ayırmak mümkündür.
- EMC standartları sayılan uzman komiteler ve otoritelerce belli teknolojik gelişmelere paralel olarak (genel olarak sivil standartlar için) ve ya güvenlik-gizlilik kriterlerine (genel olarak askeri standartlar için) uygun olarak hazırlanır ve yayımlanır.



Ticari (Sivil) EMC Standartları

- Ticari standartlar sayılan uluslararası otoritelerce hazırlanarak yayımlanır.
- Standart belirleme komiteleri doğrudan sektörün içindeki kişilerden bu bağlamda konunun uzmanlarından oluşur.
- Temel olarak üç tip sivil standarttan söz edilebilir:
 - Temel Standartlar (Basic Standards)
 - Genel Standartlar (Generic Standards)
 - Ürün Standartları (Product Standards)



Ticari (Sivil) EMC Standartları

- Avrupa Birliği adayı olan ülkemiz EN (European Norm) olarak ön ekle sahip Avrupa Birliği normu olarak karşılık bulan AB standartlarını temel almaktadır.
- Bu standartlar TSE tarafından önüne TS ön eki konularak TS EN XXXXX biçiminde kodlanır.
- Standartlar genel olarak TSE tarafından yukarıdaki işlem sonrası orijinal dilinde, örnek olarak TS EN 61000-4-3 gibi, birebir yayımlanır ya da TS EN 61000-4-2 gibi orijinal dilinde yayımlanan nüsha sonrası Türkçeye çevrilerek tekrar yayımlanır.
- Geçerliliğini yitiren, iptal edilen, güncellenen vb. TSE tarafından işleme alınan tüm standartlar TSE'nin standartlarla ilgili web sayfasında yayımlanır.
- Aynı zamanda standartların temini için kullanılan bu sistemde genel olarak ücretli olarak temin edilen bu standartların fiyatları da yazmaktadır.



Askeri EMC Standartları

- EMI'nın öneminin ve etkisinin tartışmasız olduğu askeri alanda buna yönelik standart oluşturma ve geliştirme süreçleri geçtiğimiz yüzyılın ortalarından beri sürdürmektedir.
- Kara, deniz ve hava alanlarında ortak bir standardın oluşturulmasına yönelik ilk çabaların sonucu 1964 yılında MIL-STD-826 standardının yayımı ile sonuç ortaya koydu.
- 1967 yılında MIL-STD-461, MIL-STD-462 ve MIL-STD-463 standartları yayıldı. MIL-STD-461 gereksinimlere, MIL-STD-462 test ve ölçümlere, MIL-STD-463 tanımlar ve kısaltmalar üzerine kapsam içermektedir.
- 1999 yılında MIL-STD-461D ve MIL-STD-462D birleştirilerek MIL-STD-461E adı ve «Requirements For The Control Of Electromagnetic Interference Characteristics Of Subsystems And Equipment» başlığıyla yayıldı.



Askeri EMC Standartları

- Güncel versiyon ABD Savunma Bakanlığı tarafından MIL-STD-461F adıyla 2007 yayılmıştır.
- Gereklerin sistemler için verildiği standart dokümanı ise MIL-STD-464C adı ve «Electromagnetic Environmental Effects Requirements For Systems» başlığı ile 2010 yılında yayıldı.
- Bunlar dışında AECTP 500, DEF STAN 59-411, VG 95370, GAM-EG-13 adları ile sırasıyla NATO, İngiltere, Almanya ve Fransa'nın yetkili otoritelerince yayılmış askeri standartlar söz konusudur.



Genel Standartlar (Bağışıklık)

- 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.
- 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 BAĞIŞIKLIK, Nisan 2006.



Genel Standartlar (Emisyon)

- TS EN 61000-6-3, Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standarts - Emission standard for residential, commertial and light-industrial environments (IEC 61000-6-3:2006), Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 6-3: Genel standardlar - Yerleşim, ticari ve hafif sanayi ortamları için yayınım standarı (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 yayınım standarı (IEC 61000-6-4:2006), Temmuz 2007.



TS EN 61000-4-2

- TS EN 61000-4-2: Elektromanyetik uyumluluk (EMU) – Bölüm 4-2: Deneyler ve ölçme teknikleri – Elektrostatik boşalma bağışıklık deneyi
- Kapsam: Elektronik cihazlara; 2 kV – 8kV arası bağlaştırmaya düzlemine ve iletken yüzeylere temasla; 2kV – 15 kV arası yalıtkan yüzeylere havadan elektrostatik boşalma uygulaması.
- Terimler ve Tanımlamalar
 - ESD: Electrostatic Discharge (Elektrostatik Boşalma)
 - HCP: Horizontal Coupling Plate (Yatay Bağlaştırmaya Düzlemi)
 - VCP: Vertical Coupling Plate (Dikey Bağlaştırmaya Düzlemi)
 - EUT: Equipment Under Test (Deneyden Geçirilen Cihaz)



TS EN 61000-4-2

- Gerekli Cihaz ve Düzenekler (SEMAM)
 - EMTEST Dito ESD Tabancası
 - 1mm yalıtkan düzlem
 - VCP
 - 80cm iletken yüzey kaplı masa
 - HCP
 - Tabanca için toprak kablosu
 - 2x 470kΩ direnç



TS EN 61000-4-2

- Deney Aşamaları

1. EUT'nin masaüstü ya da zemin üzerinde çalışan cihaz olup olmadığı belirlenir.
2. EUT masaüstü cihaz ise; 80 cm yüksekliğinde iletken kaplı masa (HCP) üzerindeki 1mm kalınlığında yalıtkan düzlem üzerine; masanın uç noktasından en az 10 cm içinde olacak şekilde yerleştirilir.
3. EUT zemin üzerinde çalışan cihaz ise kendisi ve kabloları 10 cm yüksekliğinde yalıtkan bir destekle zeminden ayrılmalıdır. (Zemin toprak referans düzlemidir)
4. Masaüstü EUT için HCP'den toprak bağlantısına 2 adet $470\text{k}\Omega$ direnç bağlanır. Bağlanan dirençlerden birisi HCP'ye; diğerini toprak portuna yakın olmalıdır.
5. EUT üzerinde iletken yüzeyler olup olmadığı kontrol edilir. İletken yüzeyler var ise sivri uç ESD cihazına takılır. EUT üzerinde iletken yüzey yoksa 9. adımdan devam edilir.



TS EN 61000-4-2

- Deney Aşamaları (devam)

6. Cihaz açılıp Easy Zap penceresinden deney gerilimi, çalışma modu CD, Trigger Auto, Atış aralığı 1s ve atış sayısı minimum 10 olarak ayarlanır.
7. Önce HCP'ye; sonra EUT üzerindeki kullanıcı etkileşimli noktalara; daha sonra da VCP'ye atışlar yapılır.
8. STOP ile deney bitirilip sivri uç ESD cihazından çıkarılır.
9. Oval uç ESD cihazına takılır.
10. Easy Zap penceresinden deney gerilimi, çalışma modu AD, Trigger Manual, Atış aralığı 1s ve atış sayısı minimum 10 olarak ayarlanır.
11. EUT'nin yakınına atışlar yapılır.
12. Deney sırasında EUT'nin çalışma durumu gözlenir.
13. Atışlar tamamlandıktan sonra deney bitirilir.
14. EUT'nin deney sonucu verilen kriterlere göre belirlenir.



TS EN 61000-4-2 - Performans Kriterleri

- Bu bölüm TS EN 61000-6-1 ve TS EN 61000-6-2 standarı kapsamındaki mesken, ticari ve hafif sanayi ile endüstriyel ortamlar için bağışıklık performansı kriterlerini içerir.
- **Deneylerin uygulanmasının bir sonucu olarak cihaz tehlikeli ya da güvensiz hale gelirse cihazın direkt olarak deneyden başarısız olduğu kabul edilir.**
- **Performans kriterleri üretici tarafından deney öncesinde belirtilmeli ve deney raporunda belirlenen kritere yer verilmelidir. Üreticinin belirttiği performans kriterini sağlamayan cihaz deneyden kalır.**



Mesken, Ticari ve Hafif Sanayi Ortamları

için Performans Kriterleri

- A. Performans kriteri A: Cihaz, deney esnasında ve deneyden sonra amaçlandığı gibi çalışmaya devam etmelidir. Cihaz amaçlandığı gibi kullanıldığında üretici tarafından belirtilen bir performans seviyesinin altında performansta herhangi bir azalmaya ya da herhangi bir fonksiyon kaybına izin verilmez.
- B. Performans kriteri B: Cihaz, deneyden sonra amaçlandığı gibi çalışmaya devam etmelidir. Cihaz, amaçlandığı gibi kullanıldığında üretici tarafından belirtilen bir performans seviyesinin altında performansta herhangi bir azalmaya ya da herhangi bir fonksiyon kaybına izin verilmez.
- C. Performans kriteri C: Fonksiyonun, kendi kendine iyileşebilmesi ya da kontrollerin çalışması sonucu düzeltilebilmesi şartıyla geçici fonksiyon kaybına izin verilir.



Kriterleri

- A. Performans kriteri A: Aparatın, deney sırasında ve sonrasında tasarlandığı şekilde çalışmaya devam etmesi sağlanmalıdır. Aparat tasarlandığı şekilde kullanıldığı zaman, imalâtçı tarafından tarif edilen performans seviyesinin altına düşecek bir performans azalmasına veya fonksiyon kaybına izin verilmez. Performans seviyesi izin verilebilir bir performans kaybı ile değiştirilebilir. En düşük performans seviyesi veya izin verilebilir performans kaybı imalâtçı tarafından tarif edilmemişse, bu hususlar mamül tanıtmalığı veya mamül dokümantasyonundan ve aparat tasarlandığı şekilde kullanıldığı zaman kullanıcının aparatın nasıl davranışacağı yönünde beklediği tepkiden elde edilebilir.



Kriterleri

- B. Performans kriteri B: Aparatın deney sırasında ve sonrasında tasarlandığı şekilde çalışmaya devam etmesi sağlanmalıdır. Aparat tasarlandığı şekilde kullanıldığı zaman, imalâtçı tarafından tarif edilen performans seviyesinin altına düşecek bir performans azalmasına veya işlev kaybına izin verilmez. Performans seviyesi izin verilebilir bir performans kaybı ile değiştirilebilir. Bununla beraber deney sırasında performans kaybına izin verilir. Gerçek çalışma durumundaki bir değişime veya saklanmış verinin değişimine izin verilmez. En düşük performans seviyesi veya izin verilebilir performans kaybı imalâtçı tarafından tarif edilmemişse, bu hususlar mamül tanıtmalığı veya mamül dokümantasyonundan ve aparat tasarlandığı şekilde kullanıldığı zaman kullanıcının aparatın nasıl davranışacağı yönünde beklediği tepkiden elde edilebilir.
- C. Performans kriteri C: Geçici işlev kaybına izin verilir. Ancak sağlanan fonksiyon kontrol işlemi ile kendi kendine toparlanabilir veya düzeltilebilir olmalıdır.



TS EN 61000-6-1 ve 6-2 deney seviyeleri ve performans kriterleri

33

	Seviye	Performans Kriteri
Temasla Boşalma	$\pm 4 \text{ kV}$	B
Havadan Boşalma	$\pm 8 \text{ kV}$	B

TS EN 61000-4-2 kapsamında TS EN 61000-6-1 ve 6-2 standartlarına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

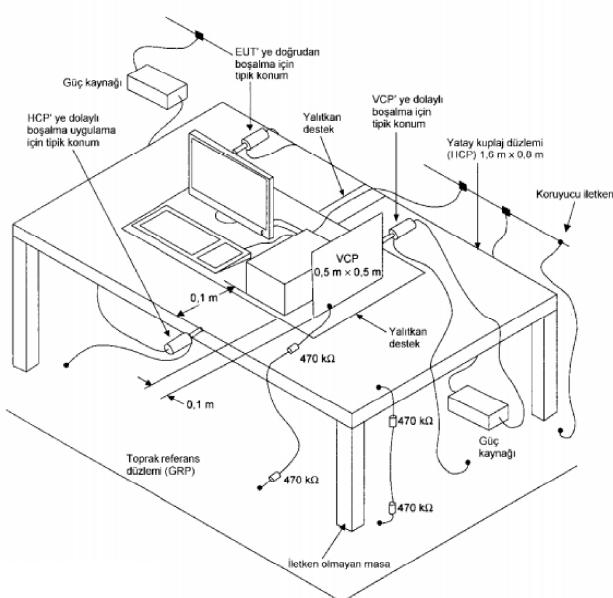
EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-2 - Temel Deney Kurulumu

34

Masa üstü EUT Deney Kurulumu



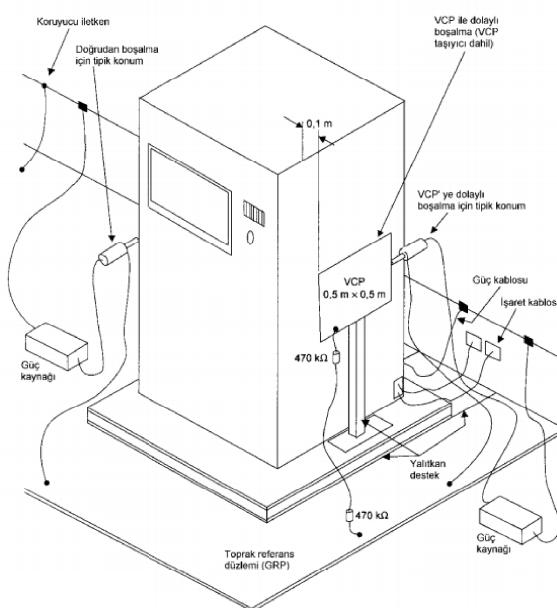
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Kurulumu

Zemin üstü EUT
Deney
Kurulumu



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

ESD Simülatörü



ESD Simülatörü (Dito)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-4

- 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.
- Amaç: Amacı elektriksel hızlı geçici rejime / anî darbeye karşı bağışıklık deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Elektriksel ve elektronik cihazların besleme, işaret ve kontrol uçlarındaki hızlı geçici rejimlere ve anî darbelere maruz kalmaları durumundaki çalışma niteliklerini değerlendirmek.



61000-4-4 Deney Seviyeleri ve Performans Kriterleri

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
İşaret Uçları	± 0.5 kV	B
Giriş-Çıkış DC Güç Uçları	± 0.5 kV	B
Giriş-Çıkış AC Güç Uçları	± 1 kV	B

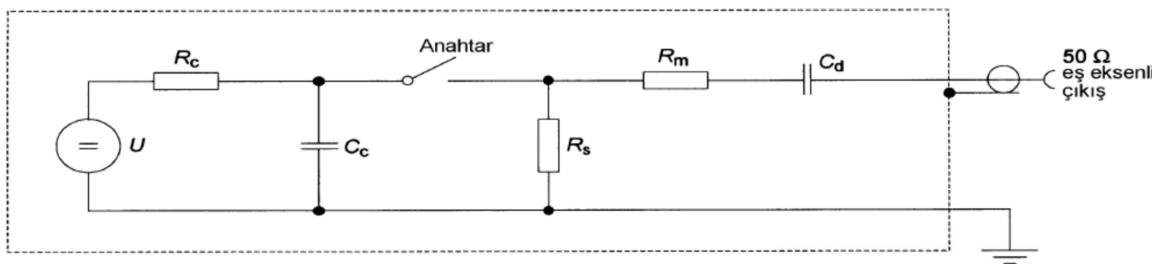
TS EN 61000-6-1 ve 6-2 standartlarına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Mesken, ticari ve hafif sanayi

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
İşaret Uçları	± 1 kV	B
Giriş-Çıkış DC Güç Uçları	± 2 kV	B
Giriş-Çıkış AC Güç Uçları	± 2 kV	B

TS EN 61000-6-1 ve 6-2 standartlarına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Endüstriyel ortam



TS EN 61000-4-4



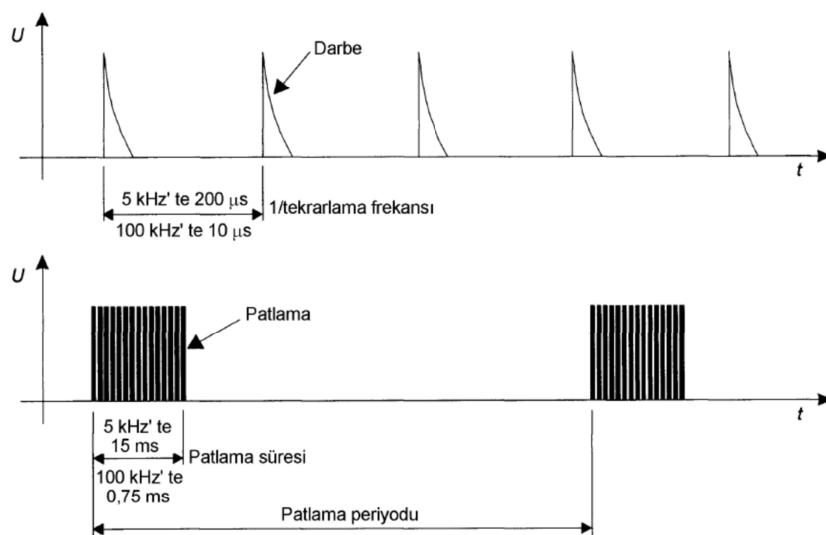
Bileşenler:

U	Yüksek gerilim kaynağı
R_c	Doldurma direnci
C_c	Enerji depolama kapasitörü
R_s	Dürtü süresini böçümlendirmeye devresi
R_m	Empedans uyumlama direnci
C_d	d.a. blokaj kondansatörü
Anahtar	Yüksek gerilim anahtarı

Bir hızlı geçici rejim üretecinin ana elemanlarının gösterildiği basitleştirilmiş eşdeğer devre modeli



TS EN 61000-4-4

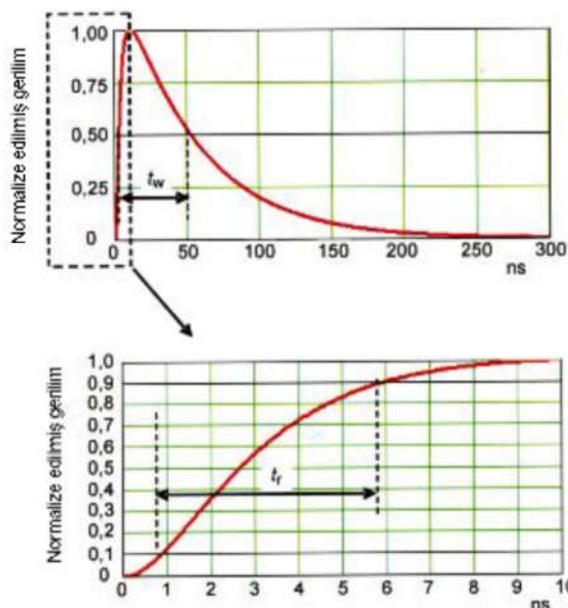


Elektriksel hızlı geçici rejim zaman domeni karakteristikleri



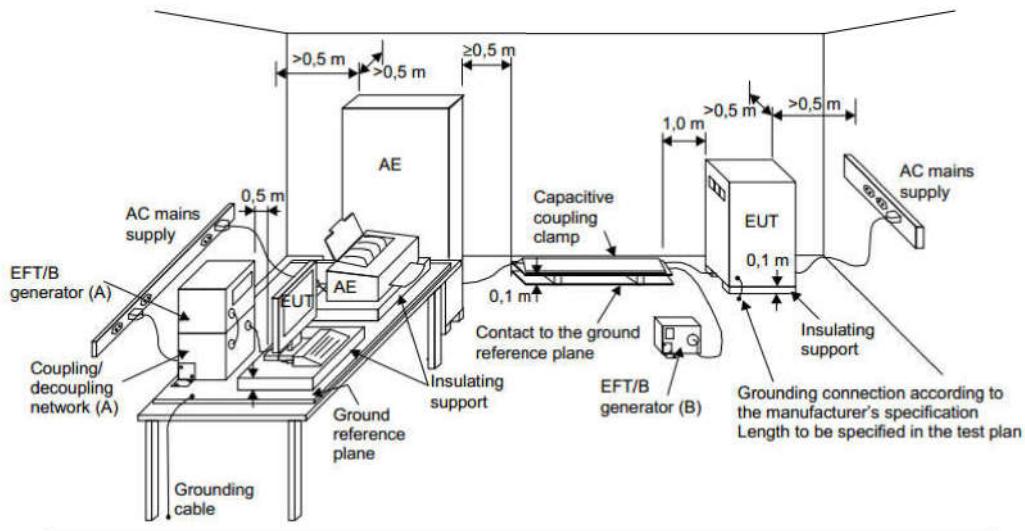
TS EN 61000-4-4

$t_r = 5 \text{ ns}$ ve $t_w = 50 \text{ ns}$ olan, 50Ω 'luk bir yükteki tek bir darbenin ideal dalga biçimi



TS EN 61000-4-4 - Temel Deney

Kurulumu



Genel Deney Kurulumu

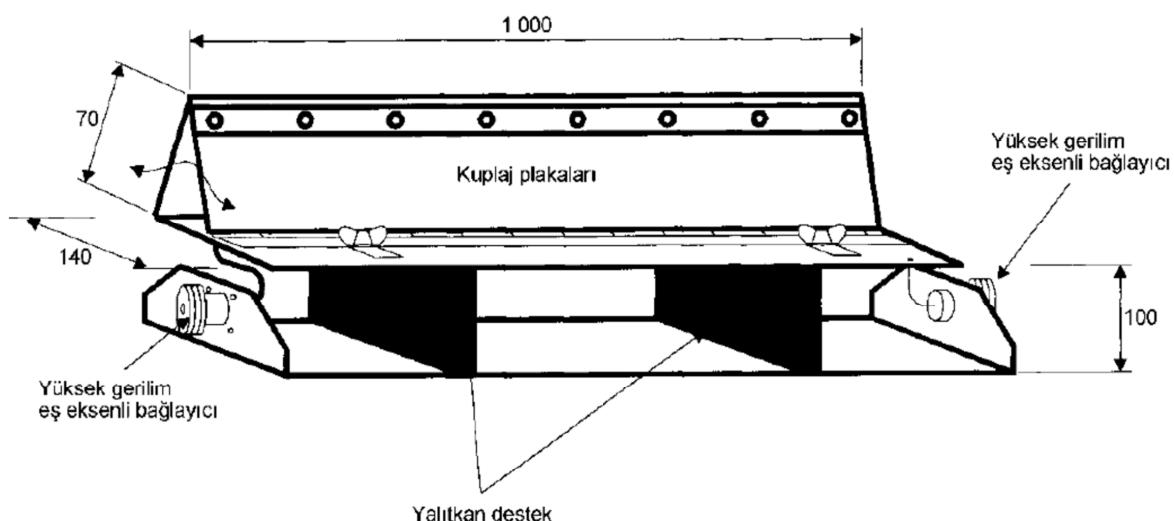


Burst CCC (Capacitive Coupling Clamp)

- CDN işaret ve kontrol kapılarına bağlanmış hatlar üzerindeki deneyler için kullanılır.
- Ancak TS EN 61000-4-4 Madde 6.3'te tanımlanan kuplaj/dekuplaj devresi kullanılamaz ise, CCC ayrıca güç kapıları üzerinde kullanılabilir.



Burst CCC (Capacitive Coupling Clamp)



CCC (Capacitive Coupling Clamp) şematik gösterimi



Burst CCC (Capacitive Coupling Clamp)



CCC (EM Test HFK)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Burst / Surge Simülatörü



Burst / Surge Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-5

- 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.
- Amaç: Amacı ani yükselmelere karşı bağışıklık deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Elektriksel ve elektronik cihazların besleme, işaret ve kontrol uçlarındaki hızlı geçici rejimlere ve ani darbelere maruz kalmaları durumundaki çalışma niteliklerini değerlendirmek.



TS EN 61000-4-5

TS EN 61000-6-1 standardına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Mesken, ticari ve hafif sanayi ortamlar

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
İşaret Uçları	L-PE ± 1 kV	B
Giriş-Çıkış DC Besleme Uçları	L-PE ± 0.5 kV	B
	L-N ± 0.5 kV	
Giriş-Çıkış AC Besleme Uçları	L-PE ± 2 kV	B
	L-N ± 1 kV	



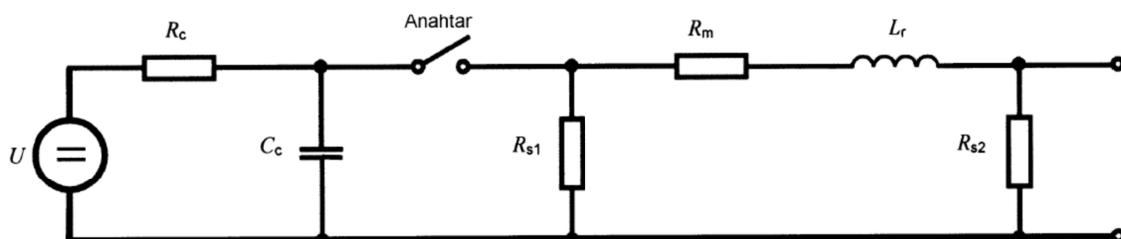
TS EN 61000-4-5

TS EN 61000-6-2 standardına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Endüstriyel ortamlar

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
İşaret Uçları	L-PE ± 1 kV	B
Giriş-Çıkış DC Besleme Uçları	L-PE ± 0.5 kV	B
	L-N ± 0.5 kV	
Giriş-Çıkış AC Besleme Uçları	L-PE ± 2 kV	B
	L-N ± 1 kV	



TS EN 61000-4-5

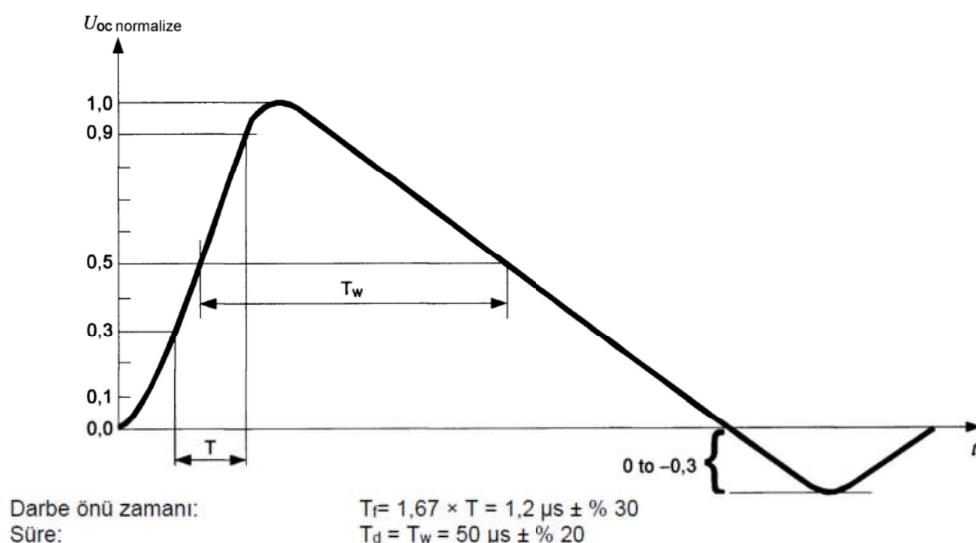


- U Yüksek gerilim kaynağı
- R_c Doldurma direnci
- C_c Enerji depolama kondansatörü
- R_s Dörtü (impulse) süresi biçimlendirme direnci
- R_m Empedans uyumlama direnci
- L_r Yükselme zamanı biçimlendirme bobini

Burst / Surge Simülörü



TS EN 61000-4-5



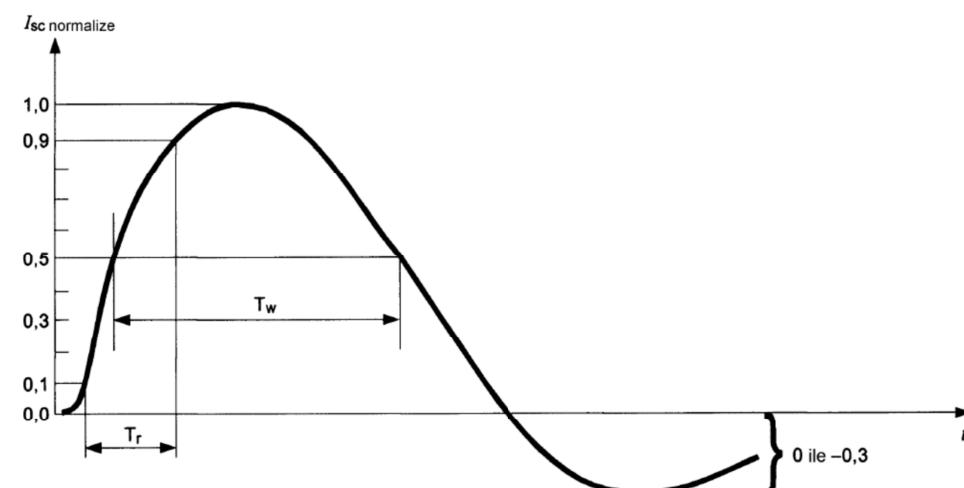
Burst / Surge Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

TS EN 61000-4-5



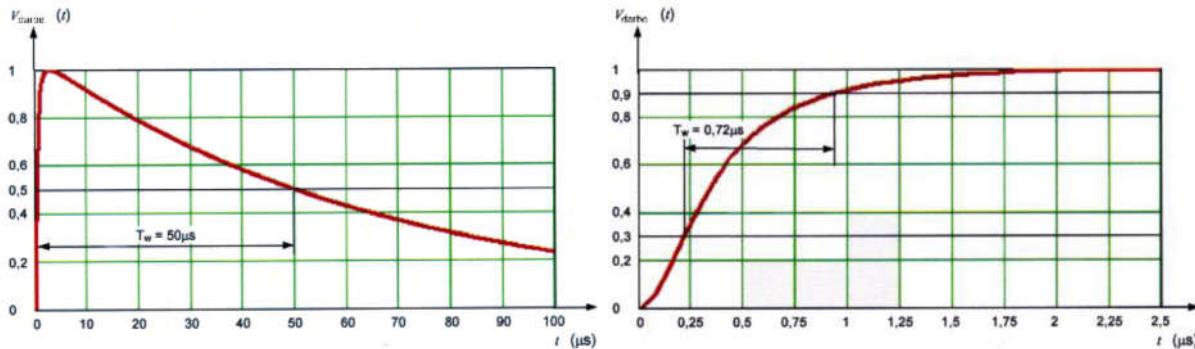
Burst / Surge Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

TS EN 61000-4-5



Gerilim darbesi ($1,2/50 \mu\text{s}$): Darbe genişliği ve yükselme zamanı tepkileri



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Burst / Surge Simülatörü



Burst / Surge Simülatörü

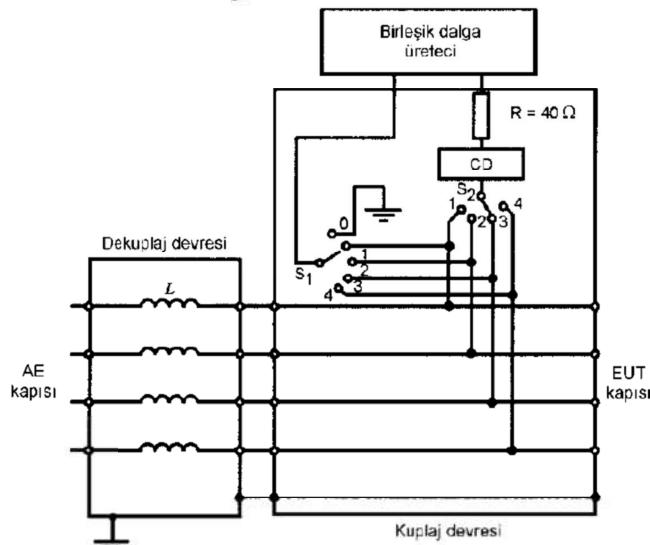


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Surge CDN (Coupling/Decoupling Networks)

55



- 1) Anahtar S₁
 - Hat – toprak: Konum 0
 - Hat – hat: Konum 1 ila 4
- 2) Anahtar S₂: konum 1 ila 4
 - Deney sırasında, S₂ anahtarının konumu S₁ anahtarının konumundan farklıdır.

Kuplaj devresi ve dekuplaj devresine ait bağlantı şeması



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Surge CDN (Coupling/Decoupling Networks)

56



Surge CDN (CNV 504N/508N series)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-11

- 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 Değişmeleri İle İlgili Bağışıklık Deneyleri, Ekim 2006.
- Amaç: Amacı gerilim çukurları, kısa kesintiler ve gerilim değişimlerine karşı bağışıklık deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Elektrik ve elektronik donanımlara sahip cihazların gerilim çukurları, kısa kesintiler ve gerilim değişimlerine karşı bağışıklık deney şartları ve sınır değerlerini belirlemek.



TS EN 61000-4-11

- Temel Deney Aşamaları:
 1. EUT mümkün olan en kısa kablo ile UCS ön paneldeki girişe bağlanır.
 2. AkışDiyagramı'nda verilen adımlara göre test ayarlaması yapılır.
 3. EUT çalışır konumdayken test başlatılır.
 4. Deney sırasında EUT gözlemlenir.
 5. EUT'nin deney sonucu Bölüm 7'de verilen kriterlere göre belirlenir.



TS EN 61000-4-11

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
Gerilim Çukurları	%0 gerilimde 0,5 çevrim (10ms)	B
	%0 gerilimde 1 çevrim (20 ms)	B
	%70 gerilimde 25 çevrim (500 ms)	C
Gerilim Kesilmeleri	%0 gerilimde 250 çevrim (5 s)	C

TS EN 61000-6-1 standardına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Mesken, ticari ve hafif sanayi ortamlar



TS EN 61000-4-11

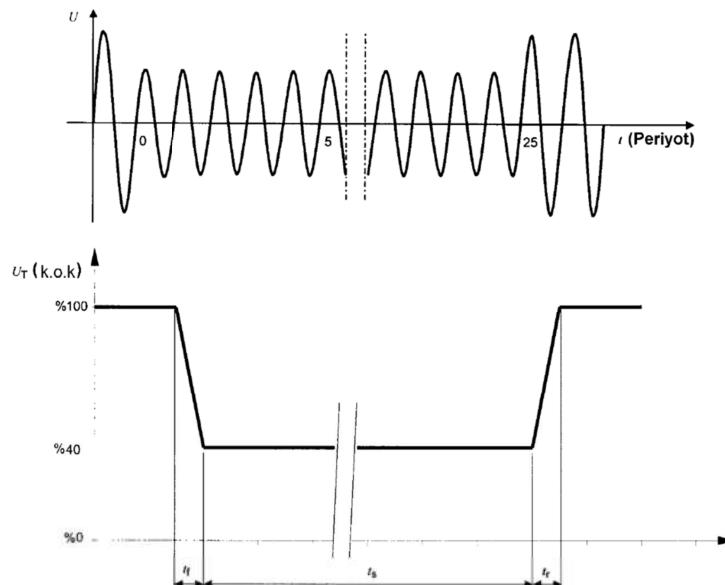
	Deney Özelliği	Performans Kriteri
Gerilim Çukurları	%0 gerilimde 1 çevrim (20ms)	B
	%40 gerilimde 10 çevrim (200 ms)	C
	%70 gerilimde 25 çevrim (500 ms)	C
Gerilim Kesilmeleri	%0 gerilimde 250 çevrim (5 s)	C

TS EN 61000-6-2 standardına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Endüstriyel ortamlar



TS EN 61000-4-11

%70 gerilim
çukuru sinüs
dalgası ve %40
gerilim cukuru
rms
grafiği



t_r Gerilim yükselme zamanı
 t_f Gerilim düşme zamanı
 t_s Düşürülmüş gerilim için süre



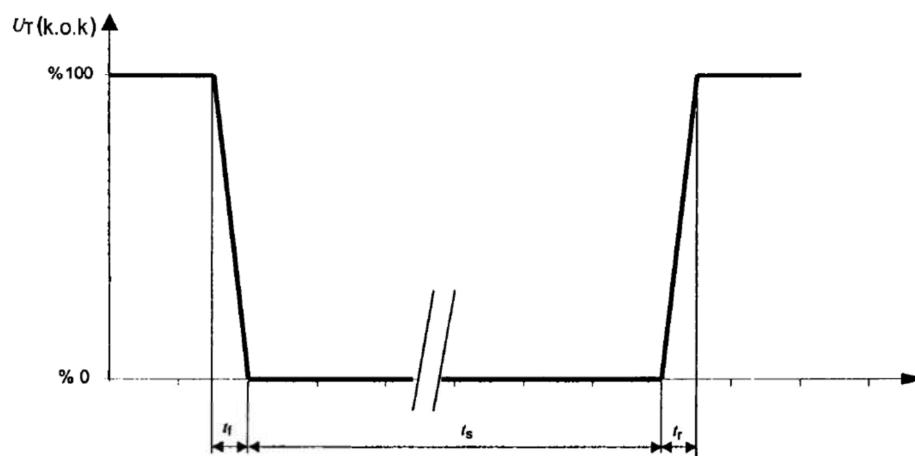
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

TS EN 61000-4-11

t_r Gerilim yükselme zamanı
 t_f Gerilim düşme zamanı
 t_s Düşürülmüş gerilim için süre

Kısa kesinti grafiği



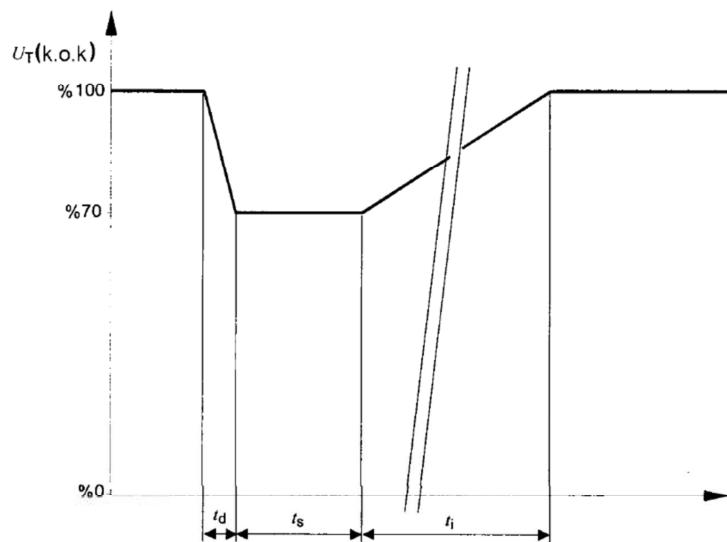
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

TS EN 61000-4-11

**Gerilim
değişimi
grafiği**

t_r Gerilim yükselme zamanı
 t_f Gerilim düşme zamanı
 t_s Düşürülmüş gerilim için süre



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Burst / Surge Simülatörü



Burst / Surge Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

TS EN 61000-4-3

- 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.
- Amaç: Talimat amacı ışıyan elektromanyetik alanlara karşı bağışıklık deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Elektriksel ve elektronik cihazların ışıyan radyo frekanslı elektromanyetik alanlara maruz kalmaları durumundaki çalışma niteliklerini değerlendirmek.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Test seviyeleri

Seviye	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Özel



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

TS EN 61000-6-1 standardına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Mesken, ticari ve hafif sanayi ortamlar

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
80 – 1000 MHz	3 V/m, %80 AM(1kHz)	A

TS EN 61000-6-2 standardına göre deney seviyeleri ve performans kriterleri – Endüstriyel ortamlar

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
80 – 1000 MHz	10 V/m, %80 AM(1kHz)	A

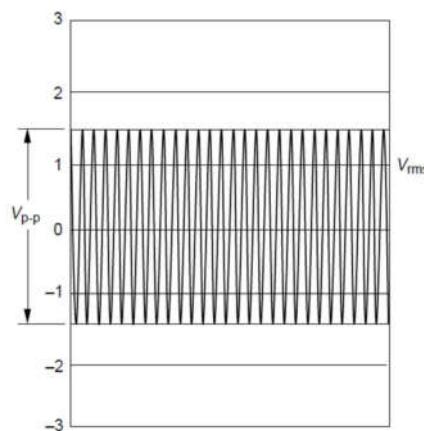


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

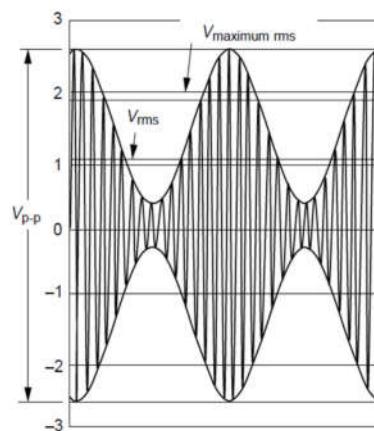
EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3



a) Unmodulated RF-signal
 $V_{p-p} = 2,8 \text{ V}$
 $V_{rms} = 1,0 \text{ V}$



b) Modulated RF-signal 80 % AM
 $V_{p-p} = 5,1 \text{ V}$
 $V_{rms} = 1,15 \text{ V}$
 $V_{maximum rms} = 1,8 \text{ V}$

IEC 029/06

Sinyal osilatörü çıkışında dalga şekilleri ve test seviyeleri



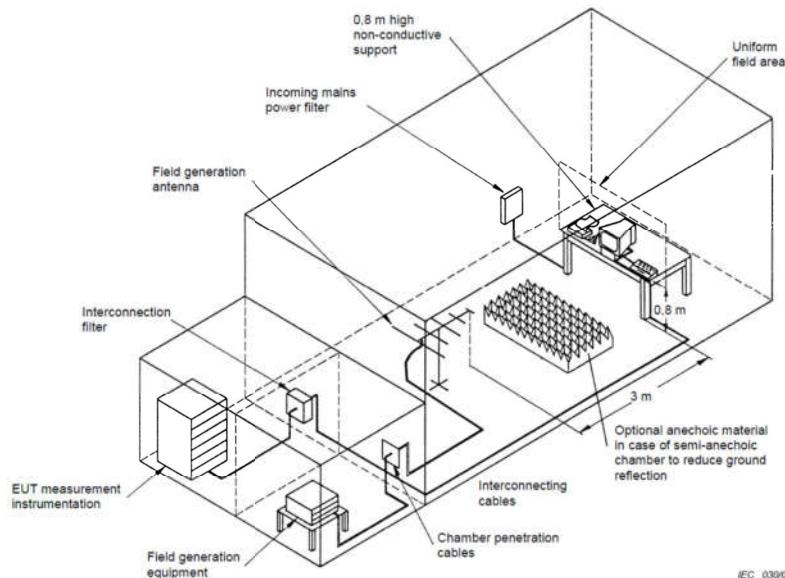
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Deney düzeneği



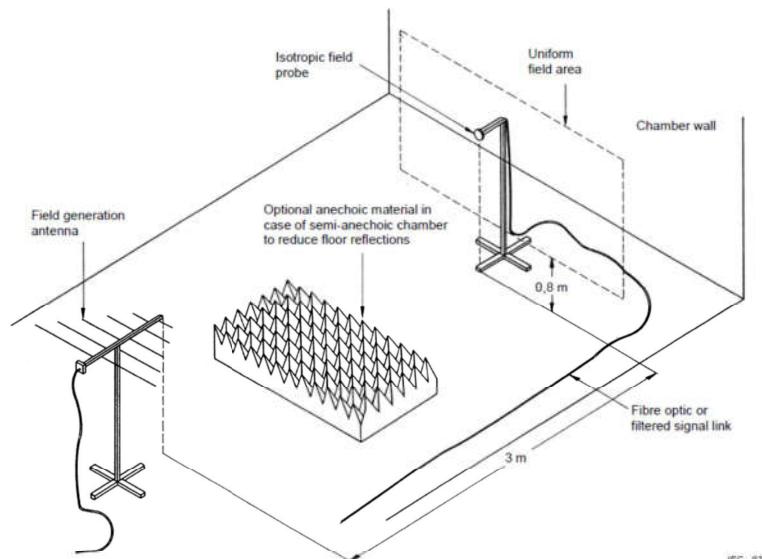
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Alan kalibrasyonu



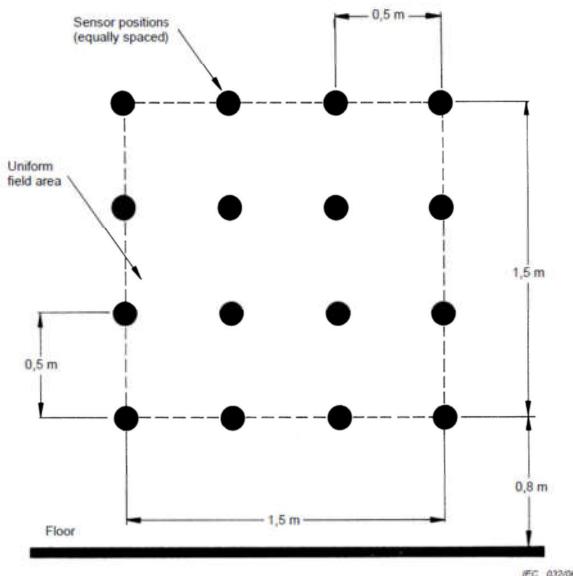
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Alan
düzgünliği için
kullanılan
kalibrasyon
düzeneği



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Position	Forward power dBm
1	27
2	22
3	37
4	33
5	31
6	29
7	23
8	27
9	28
10	30
11	30
12	31
13	40
14	30
15	31
16	31

Position	Forward power dBm
2	22
7	23
1	27
8	27
9	28
6	29
10	30
11	30
14	30
5	31
12	31
15	31
16	31
4	33
3	37
13	40

NOTE
Position 13 : $40 - 6 = 34$, only 2 positions comply.
Position 3 : $37 - 6 = 31$, only 6 positions comply.
Position 4 : $33 - 6 = 27$, 12 positions comply.

Sabit alan kalibrasyon metodu için
ölçülen örnek «forward power»
değerleri



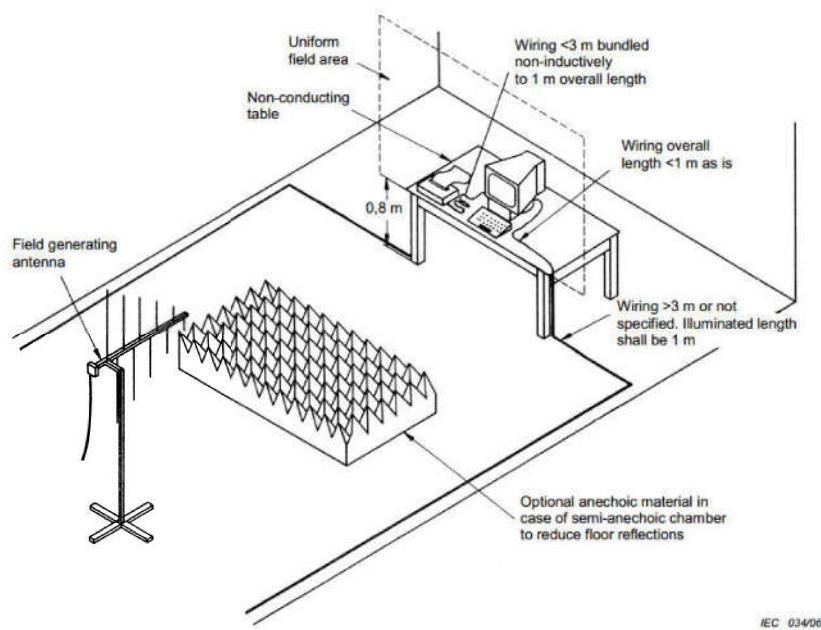
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Masa üstü cihaz
genel kurulumu



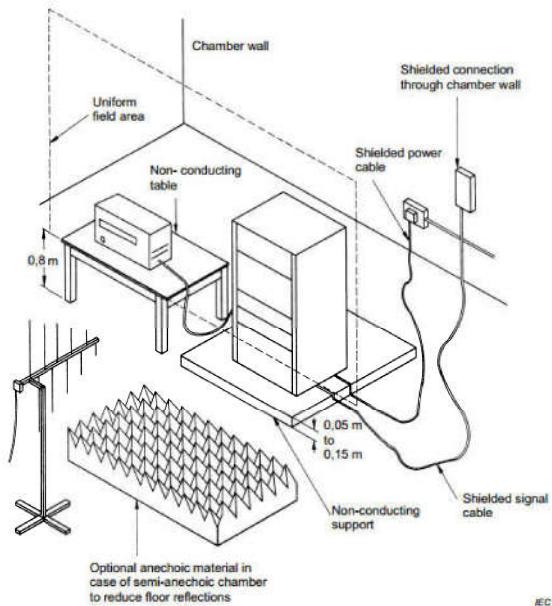
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

Zeminde duran
cihaz için genel
kurulum



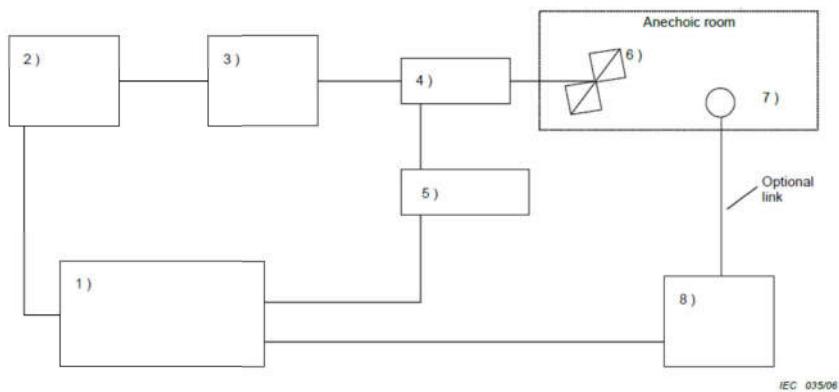
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-3

- 1) Kontrolör (PC)
- 2) Sinyal jeneratörü
- 3) RF güç amfiliyatörü
- 4) Directional Coupler
- 5) Power metre
- 6) Verici anten
- 7) Alan sensörü
- 8) Alan metre



Ölçüm blok düzeneği

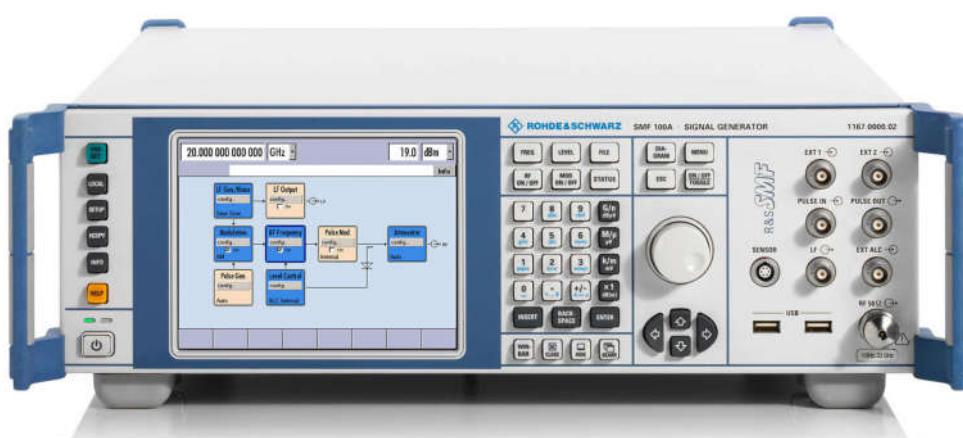


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Mikrodalga Sinyal Üreteci



Mikrodalga Sinyal Üreteci



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Mikrodalga Sinyal Üreteci



RF Power Amplifier (AR 50W1000B)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Log-periyodik Anten



HL046E VHF/UHF
Log Periyodik High
Power Anten (80
MHz - 3 GHz)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Bikonik Anten



Bikonik anten (3104C 20 MHz to 200 MHz)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Geniş Band EMR Ölçer



Geniş Band EMR Ölçer



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6

- 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 iletim yoluyla yayılan bozulmalara karşı bağışıklık (IEC 61000-4-6:2013), Nisan 2014.
- Amaç: Talimat amacı temasla oluşan elektromanyetik alan rahatsızlıklarına karşı bağışıklık deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Elektriksel ve elektronik cihazların temasla oluşan radyo frekanslı elektromanyetik rahatsızlıklara maruz kalmaları durumundaki çalışma niteliklerini değerlendirmek.



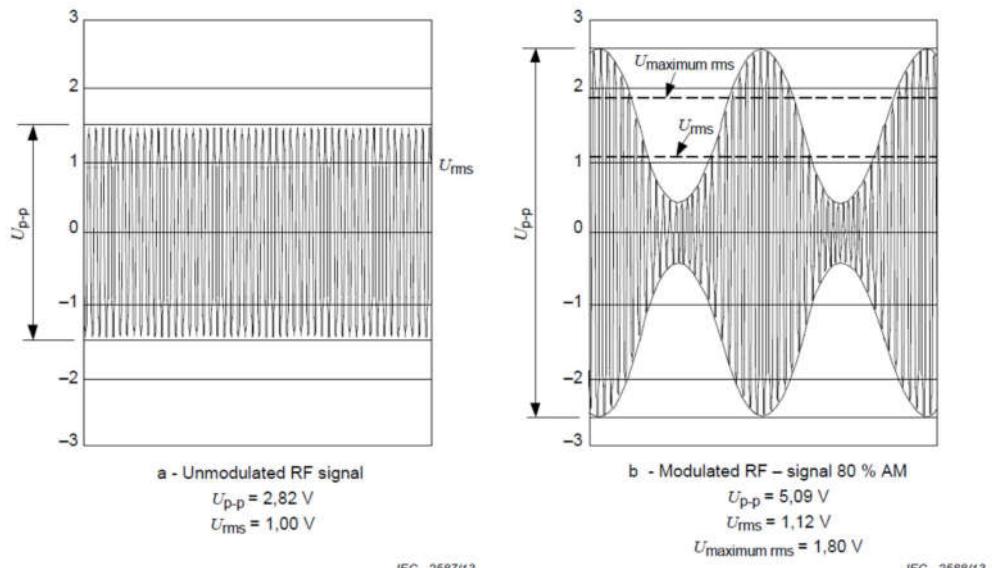
TS EN 61000-4-6

Test seviyeleri (150 kHz to 80 MHz)

	Deney Özelliği	Performans Kriteri
80 – 1000 MHz	U_0 (V)	U_0 (dB μ V)
1	1	120
2	3	129.5
3	10	140
X	Özel	



TS EN 61000-4-6



Seviye 1 için EUT portunda işaret seviyeleri



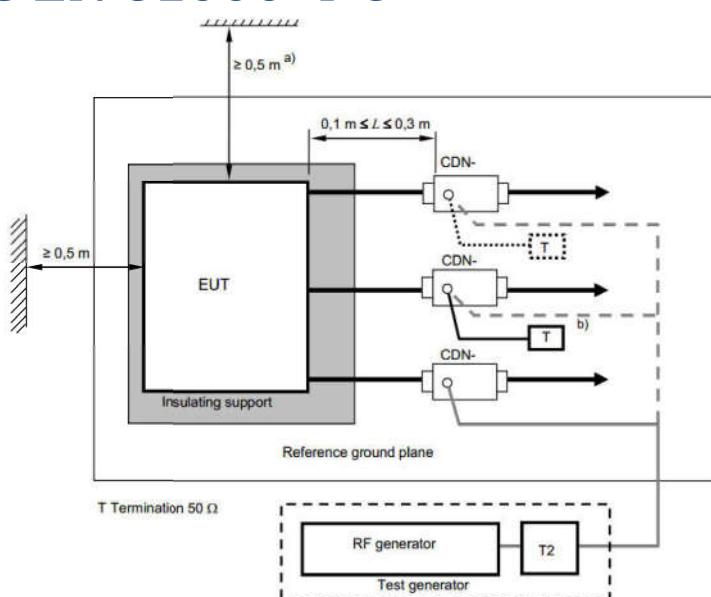
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6

Masa üstü cihaz
için genel
kurulum (üstten
görünüş)

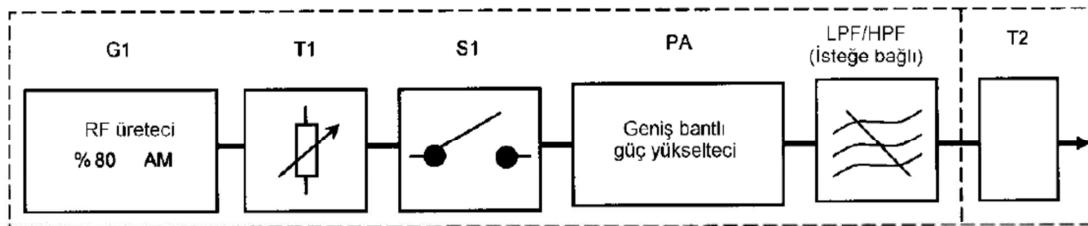


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6



G1 RF üretici
% 80 AM
PA Genişband güç yükselteci
LPF/HPF Alçak geçiren ve/veya yüksek geçiren filtre (isteğe bağlı)

T1 Değişken zayıflatıcı
T2 Sabitlenmiş zayıflatıcı (6 dB)
S1 RF anahtarları

Deney düzeneği (üreteç bölümü)

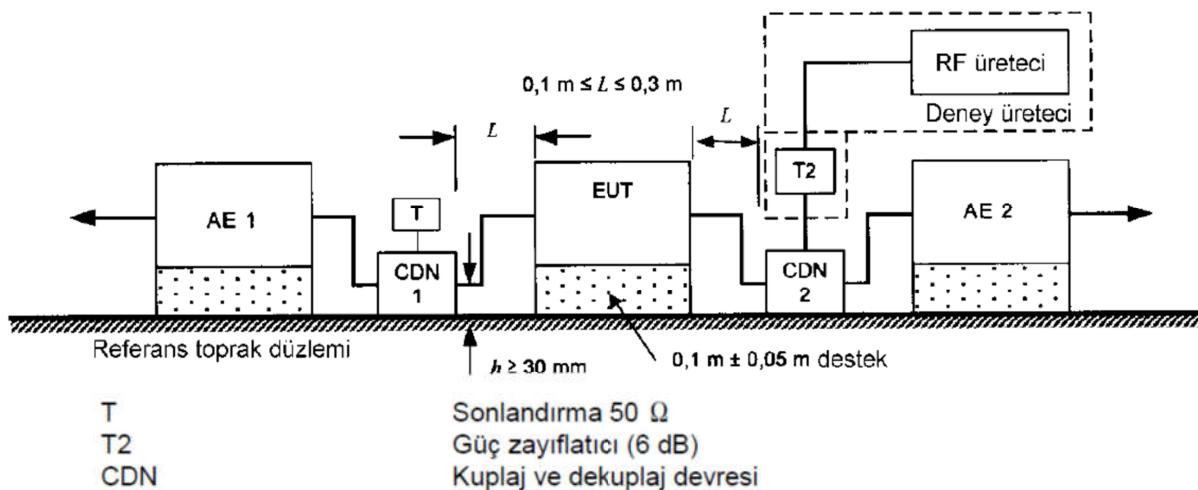


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6



CDN için kullanılan bağışıklık deneyi ile ilgili şematik deney düzeneği



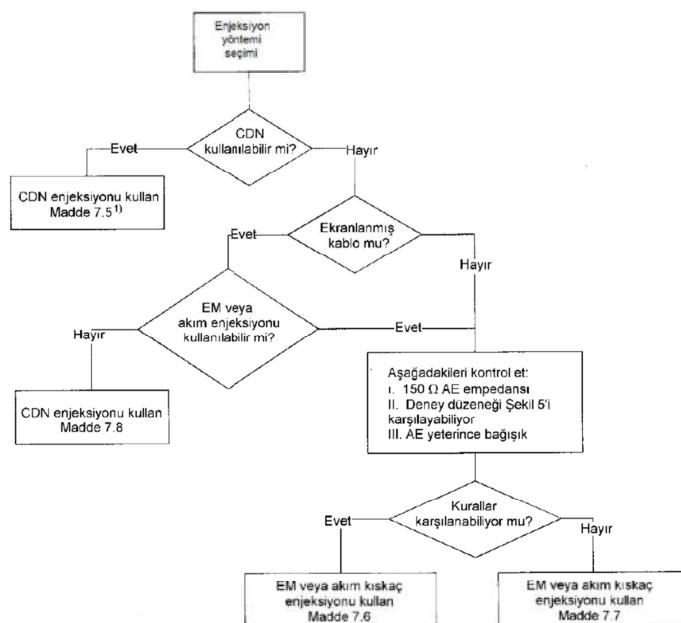
• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6

Enjeksiyon yöntemi seçimi

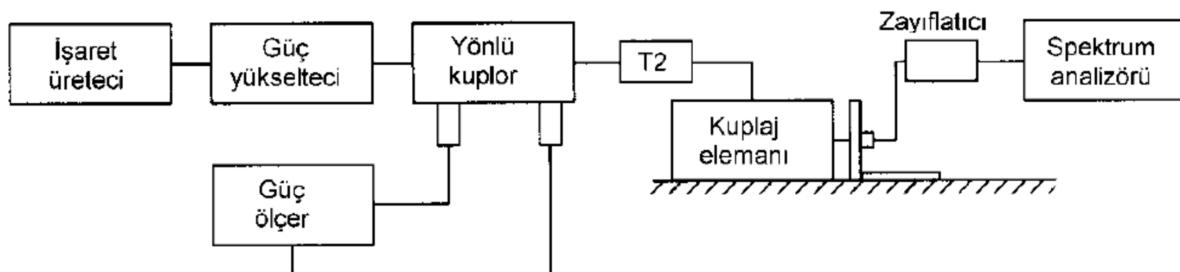


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6



Yükselteç doğrusallığı ölçüme düzeneği

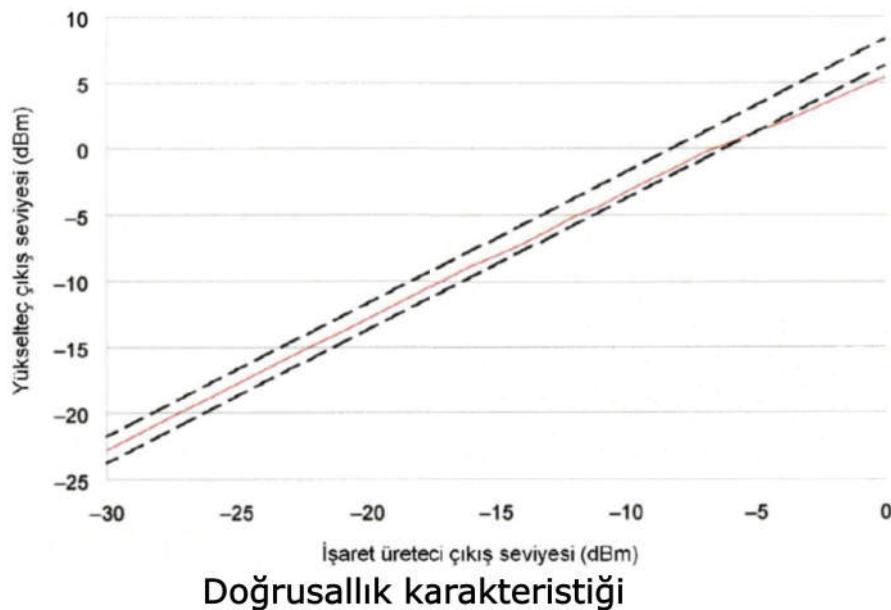


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6

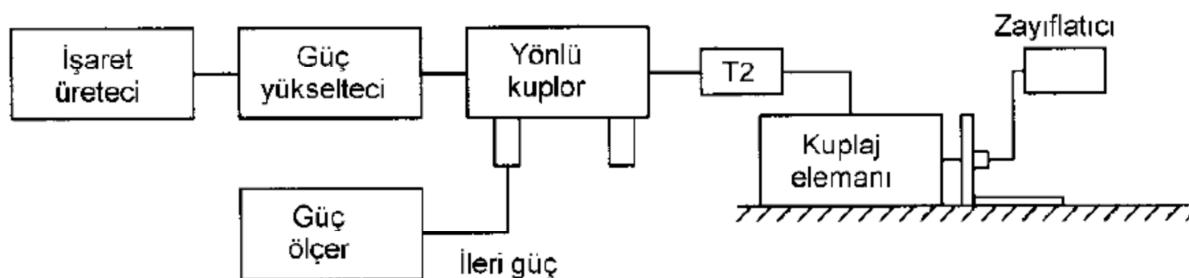


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-4-6



Modülasyon derinliği için ölçme düzeneği

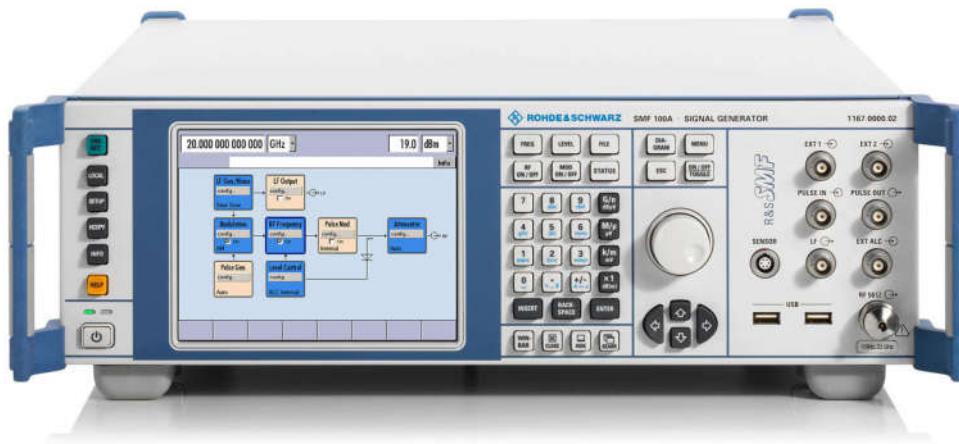


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Mikrodalga Sinyal Üreteci



Mikrodalga Sinyal Üreteci



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

Mikrodalga Sinyal Üreteci



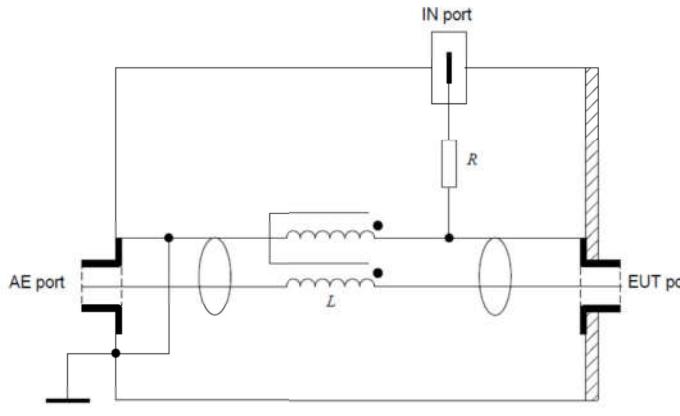
RF Power Amplifier (AR 50W1000B)



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

(Coupling/Decoupling Networks)



$R = 100 \Omega$
 $L \geq 280 \mu\text{H}$ at 150 kHz

CDN-S1 basitleştirilmiş devre diyagramı



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

IEC / EN 61000-4-6 CDN

(Coupling/Decoupling Networks)



CDN (Frankonia CDN-M1 / -M2 / -M2+3 / -M4 / -M5 Series)

Description



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

1, TS EN 55015

- 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 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.



1, TS EN 55015

- 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 aletler, elektrikli aletler ve benzeri cihazlar için kurallar- Bölüm 1: Yayılım (CISPR 14-1:2005), 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.



TS EN 55011, TS EN 55022, TS EN 55015

- Kapsam: Ortama yayılan emisyon seviyesinin (BTC ve SBT cihazları, aydınlatma cihazları vb.) ölçme metodlarını ve sınır değerlerini açıklar.
- Terimler ve Tanımlamalar
 - BTC: Bilgi Teknolojisi Cihazı (Örn. veri işleme cihazları, ofis makineleri)
 - SBT: Sanayi, Bilimsel ve Tıbbi Cihaz
 - LISN: Line Impedance Stabilization Network (Empedans Kararlaşturma Ağı)
 - EUT: Equipment Under Test (Deneyden Geçirilen Cihaz)
 - YYO: Yarı Yansımasız Oda (Semi-Anechoic Chamber)



BTC için Radyo Frekans Bozulma Deneyi

Sınıflandırması (TS EN 55022)

- 1. BTC'nin sınıflandırması yapılır:
- i) B Sınıfı BTC : Ev vb. Yerlerde kullanım için tasarlanan BTC;
 - Sabit bir kullanım yeri olmayan, bataryalı taşınabilir cihazlar
 - Haberleşme terminalli cihazlar
 - Kişisel bilgisayarlar ve çevre birimleri
- ii) A Sınıfı BTC : B sınıfı BTC'nin dışında kalan bütün BTC. Kullanım kılavuzunda aşağıdaki uyarı bulunmalıdır:
 - “Uyarı Bu ürün bir A sınıfı ürünüdür. Evsel ortamda bu ürün kullanıcının yeterli ölçümleri almasını gerektirebilen durumlarda radyo parazitine sebep olabilir.”



BTC için İletim Bozulmaları Sınır Değerler ⁹⁹ (55022-CE)

A Sınıfı BTC – İletim Bozulmaları Sınır Değerler : Besleme Uçları(Conducted Emission)

Frekans Aralığı (MHz)	Sınır Değerler (dB μ V)	
	Quasi-Peak	Average
0,15-0,50	79	66
0,50-30	73	60

B Sınıfı BTC – İletim Bozulmaları Sınır Değerler : Besleme Uçları(Conducted Emission)

Frekans Aralığı (MHz)	Sınır Değerler (dB μ V)	
	Quasi-Peak	Average
0,15-0,50	66-56*	56-46*
0,50-5	56	46
5-30	60	50



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

BTC için İletim Bozulmaları Sınır Değerler ¹⁰⁰ (55022-RE)

A Sınıfı BTC – 10m Mesafede Yayınım Bozulması Sınır Değerler
(Radiated Emission)

Frekans Aralığı (MHz)	Sınır Değerler (dB μ V/m)	
	Quasi-Peak	
30-230	40 (50)	
230-1000	47 (57)	

B Sınıfı BTC – 10m Mesafede Yayınım Bozulması Sınır Değerler
(Radiated Emission)

Frekans Aralığı (MHz)	Sınır Değerler (dB μ V/m)	
	Quasi-Peak	
30-230	30 (40)	
230-1000	37 (47)	

Not 1: Değerler 10 m uzaklıktan ölçüm içindir.

Not 2: 3 m uzaklıktan ölçüm için sınır değerler parantez içinde verilmiştir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Sınıflandırması (55011)

- SBT Gruplara Ayrılır:
 - Grup 1 : Grup 2 sınıflandırması dışında kalan tüm cihazlar Grup 1 cihazlardır.
 - Grup 2 : 9 kHz – 400 GHz aralığında RF enerjinin özellikle üretiliği ve kullanıldığı veya yalnızca kullanıldığı, induktif ya da kapasitif olarak malzeme işlenmesi, muayenesi, analizi ve kırılcım aşındırma cihazlarında elektromanyetik yayılım olarak kullanılan tüm SBT'ler. Örnekler için 55011-Ek.A'ya bakılabilir.
- SBT Sınıflara Ayrılır:
 - A Sınıfı SBT : Ev vb. yerlerde kullanılan, binaları besleyen düşük güçlü şebekeye doğrudan bağlanarak kullanılan cihazlar dışında bütün yerlerde kullanılan SBT'ler.
 - B Sınıfı SBT : A sınıfı olmayan tüm SBT'ler.



SBT için İletim Bozulmaları Sınır Değerler 102

(55011 - Conducted Emission)

A Sınıfı SBT için Besleme Uçları İletim Bozulmaları Sınır Değerler

Frekans Aralığı (MHz)	GRUP 1 (dB μ V)				GRUP 2 (dB μ V)			
	Anma Gücü \leq 20 kVa		Anma Gücü \geq 20 kVa		Anma Gücü \leq 75 kVa		Anma Gücü \geq 75 kVa	
	Q-Peak	Average	Q-Peak	Average	Q-Peak	Average	Q-Peak	Average
0,15-0,50	79	66	100	90	100	90	130	120
0,50-5	73	60	86	76	86	76	125	115
5-30	73	60	90-73*	80-60*	90-73*	80-60*	115	105

B Sınıfı SBT için Şebeke Uçları İletim Bozulmaları Sınır Değerler

Frekans Aralığı (MHz)	GRUP 1 (dB μ V)		GRUP 2 (dB μ V)	
	Q-Peak	Average	Q-Peak	Q-Peak
0,15-0,50	66-56*	56-46*	66-56*	56-46*
0,50-5	56	46	56	46
5-30	60	50	60	50



Değerler (55011 – Radiated Emission)

A Sınıfı Grup 1 SBT için Yayınım Bozulmaları Sınır Değerler (10 m mesafede)

Frekans Aralığı (MHz)	A sınıfı GRUP 1 (dB μ V/m), 10 m mesafede	
	Q-Peak	Q-Peak
	Anma Gücü \leq 20 kVa	Anma Gücü \geq 20 kVa
30-230	40	50
230-1000	47	50

B Sınıfı Grup 1 SBT için Yayınım Bozulmaları Sınır Değerler (10 m mesafede)

Frekans Aralığı (MHz)	B sınıfı GRUP 1 (dB μ V), 10 m mesafede	
	Q-Peak (dB μ V/m)	
30-230	30 (40)	
230-1000	37 (47)	

Not: 3 m uzaklıktan ölçüm için sınır değerler gerekiğinde parantez içinde verilmiştir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi İletim Bozulması Deneyi

104

(SEMAM)

- EUT, arka tarafı oda duvarına paralel, 80 cm yüksekliğindedeki yalıtkan masa üzerine oda duvarlarından en az 80 cm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilir.
- LISN EUT'den en az 80 cm uzakta konumlandırılır. LISN şebekе girişi oda içerisindeki güç giriş kutusundan alınır.
- Receiver içerisinde LISN TRANSDUCER FACTOR seçilir.
- Quasi Peak ölçümü ve Average ölçümü için LINES tuşundan doğru limit çizgileri seçilir.
- SWEET > STEPPED SCAN parametreleri test edilecek frekans aralığında yapılan ölçüme uygun olarak girilir.
- Quasi Peak ölçümü için Measurement Dedector olarak Quasi Peak, Average ölçümü için Measurement Dedector olarak Average seçilir.
- MEAS > RUN PRE SCAN + FINAL MEAS tuşıyla test başlatılır.
- EUT'nin port sayısı kadar ölçüm alınır.
- Sonuçlar kaydedilir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi İletim Bozulması Deneyi (SEMAM)

105

EDIT LIMIT LINE TABLE	
Name:	22CEAA
Domain:	FREQUENCY
Unit:	dB μ V
x-Axis:	LOG
x-Scaling:	ABSOLUTE
y-Scaling:	ABSOLUTE
Limit:	UPPER
Margin:	6 dB
Threshold:	
Comment:	55022 CE için AVERAGE
Frequency	LIMIT / dB μ V
150.000 kHz	79.0000
500.000 kHz	79.0000
500.000 kHz	73.0000
30.000 MHz	73.0000

CE A Sınıfı BTC için Quasi Peak Limitler



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi İletim Bozulması Deneyi (SEMAM)

106

EDIT LIMIT LINE TABLE	
Name:	22CEAA
Domain:	FREQUENCY
Unit:	dB μ V
x-Axis:	LOG
x-Scaling:	ABSOLUTE
y-Scaling:	ABSOLUTE
Limit:	UPPER
Margin:	6 dB
Threshold:	
Comment:	55022 CE için AVERAGE
Frequency	LIMIT / dB μ V
150.000 kHz	66.0000
500.000 kHz	66.0000
500.000 kHz	60.0000
30.000 MHz	60.0000

55022 CE A Sınıfı BTC için Average Limitler



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi İletim Bozulması Deneyi

(SEMAM)

107

STEPPED SCAN TABLE					
	RANGE 1	RANGE 2	RANGE 3	RANGE 4	RANGE 5
Scan Start	150 kHz				
Scan Stop	30 MHz				
Step Mode	LIN				
Start	150 kHz				
Stop	30 MHz				
Step Size	4 kHz				
Res BW	9 kHz				
Meas Time	10 ms				
Auto Ranging	OFF				
RF Attn	10 dB				
Preamp	ON				
Auto Preamp	OFF				
RF Input	INPUT 1				
LN Preamp	OFF				

55022 CE Stepped Scan Parametreleri



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi

(SEMAM)

108

- EUT, arka tarafı oda duvarına paralel, 80 cm yüksekliğindeki yalıtkan masa üzerine oda duvarlarından en az 80 cm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilir.
- HL562 Bikoni Log Periyodik anten, uç noktası EUT'yi görecek şekilde odanın diğer ucuna yerleştirilir.
- Receiver içerisinde transducer faktör seçilir.
- LINES tuşundan limit çizgileri ürün sınıflandırmasına göre seçilir.
- SWEEP > STEPPED SCAN parametreleri test edilecek frekans aralığında girilir.
- TRACE 1 > DEDECTOR Max Peak seçilir.
- MEAS > DEDECTOR tuşundan Measurement Dedector olarak QuasiPeak seçilir.
- Test başlatılır.
- Sonuçlar kaydedilir.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi 109

(SEMAM)

EDIT TRANSDUCER FACTOR			
Name/Unit/Interpolation:	HL562AMP	dB μ V/m	LOG
Comment:			
FREQUENCY	TDF/dB..	FREQUENCY	TDF/dB..
30.00000000 MHz	-4.100	500.00000000 MHz	-7.600
40.00000000 MHz	-9.100	540.00000000 MHz	-7.000
50.00000000 MHz	-15.400	580.00000000 MHz	-6.200
60.00000000 MHz	-19.500	620.00000000 MHz	-5.900
70.00000000 MHz	-17.500	660.00000000 MHz	-5.000
80.00000000 MHz	-14.800	700.00000000 MHz	-4.700
90.00000000 MHz	-14.400	740.00000000 MHz	-4.100
100.00000000 MHz	-14.100	780.00000000 MHz	-4.000
110.00000000 MHz	-13.700	820.00000000 MHz	-3.300
120.00000000 MHz	-13.300	860.00000000 MHz	0.000
130.00000000 MHz	-14.200	900.00000000 MHz	-2.400
140.00000000 MHz	-14.900	940.00000000 MHz	-2.100
150.00000000 MHz	-15.400	980.00000000 MHz	-2.000
160.00000000 MHz	-15.800	1.00000000 GHz	-1.700
180.00000000 MHz	-15.100		
200.00000000 MHz	-15.900		
220.00000000 MHz	-14.900		
240.00000000 MHz	-14.100		
260.00000000 MHz	-13.500		
280.00000000 MHz	-12.900		
300.00000000 MHz	-12.200		
340.00000000 MHz	-11.000		
380.00000000 MHz	-9.900		
420.00000000 MHz	-9.200		
460.00000000 MHz	-8.300		

55022 RE Ölçümü için Transducer Factor



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi 110

(SEMAM)

EDIT LIMIT LINE TABLE	
Name:	22REAQ3
Domain:	FREQUENCY
Unit:	dB μ V/m
x-Axis:	LOG
x-Scaling:	ABSOLUTE
y-Scaling:	ABSOLUTE
Limit:	UPPER
Margin:	6 dB
Threshold:	
Comment:	3M LIMIT
Frequency	LIMIT/dB μ V/m
30.000 MHz	50.0000
230.000 MHz	50.0000
280.000 MHz	57.0000
300.000 MHz	57.0000
1.000 GHz	57.0000

55022 RE Ölçümü için Transducer Factor



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi 111

(SEMAM)

STEPPED SCAN TABLE					
Scan Start	30 MHz	Range 1	Range 2	Range 3	Range 4
Scan Stop	1 GHz				
Step Mode	LIN				
Start	30 MHz				
Stop	1 GHz				
Step Size	40 kHz				
Res BW	120 kHz				
Meas Time	10 ms				
Auto Ranging	OFF				
RF Attn	10 dB				
Preamp	OFF				
Auto Preamp	OFF				
RF Input	INPUT 1				
LN Preamp	OFF				

55022 RE Ölçümleri için Stepped Scan Parametreleri



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

112

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi

R & S ESU8 Resolution Bandwidth ve Step Size ayarları

Frekans	RBW	Step Size
150 kHz – 30 MHz	9 kHz	4 kHz
30 MHz – 1 GHz	120 kHz	40 kHz

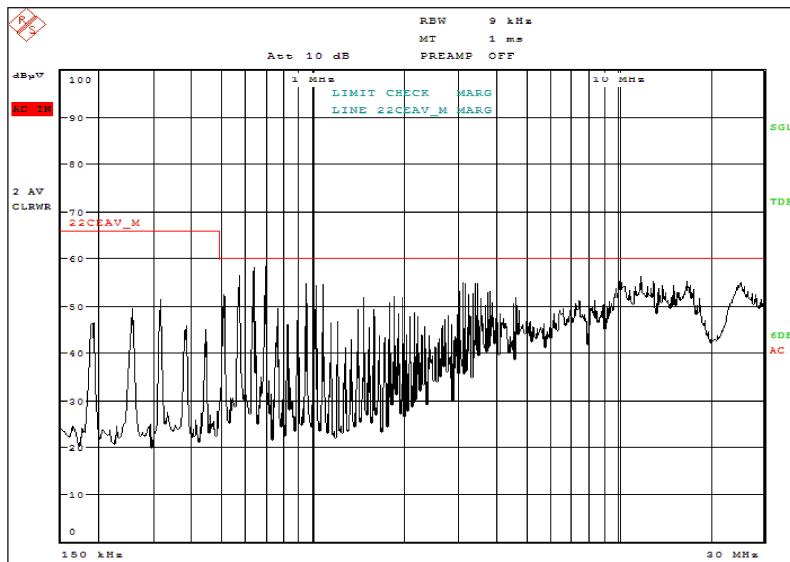


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi 113 (SEMAM)



CE Average Örnek Ölçüm Sonucu

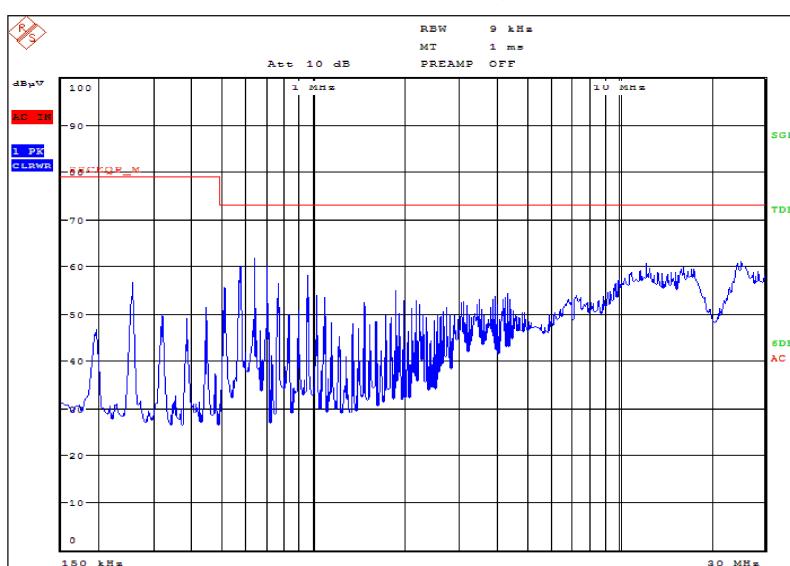


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk



Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi 114 (SEMAM)



CE Quasi Peak Örnek Ölçüm Sonucu



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk



EMI Test Receiver/Spektrum Analizör



EMI Test Receiver/Spektrum Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

LISN (Line Impedance Stabilization Network)

- LIN CENELEG, CSPR, US MIL STD gibi çeşitli tür / otoritelere ait EMC deneylerinde kullanılan temel bir enstrümandır.
- LISN'nin özellikleri aşağıdaki temel başlıklarda sayılabilir.
 - Şebekeden gelebilecek gürültüleri ve EUT'nin bu taraftan etkilemesini engellemek.
 - EUT kaynaklı oluşan iletişim yolu bozulma işaretinin EMI receiver / spektrum analizör tarafına iletmek.
 - Giriş portlarında tanımlı bir empedans sağlar.

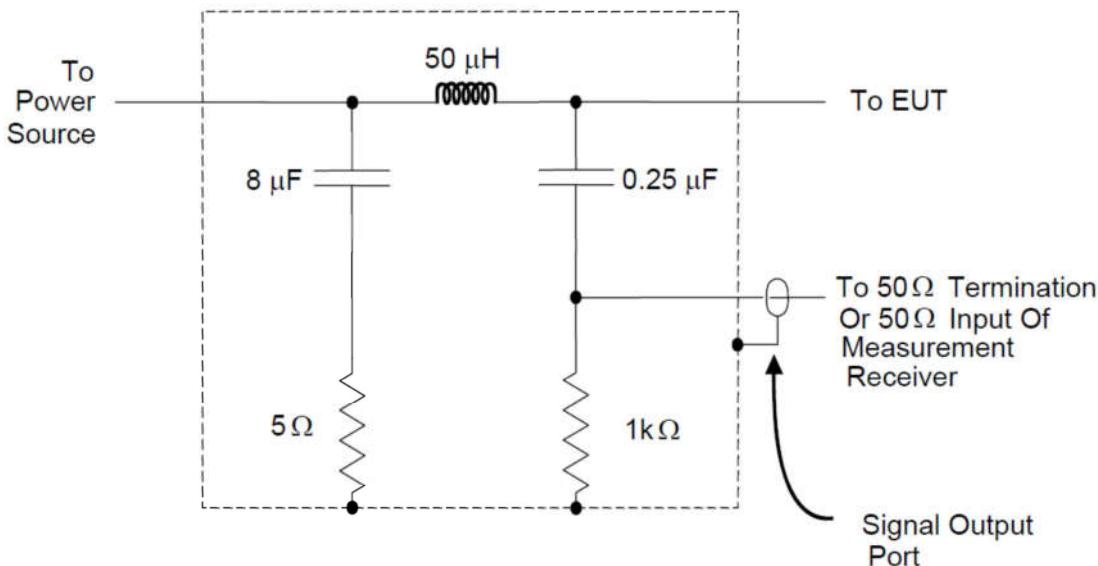


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

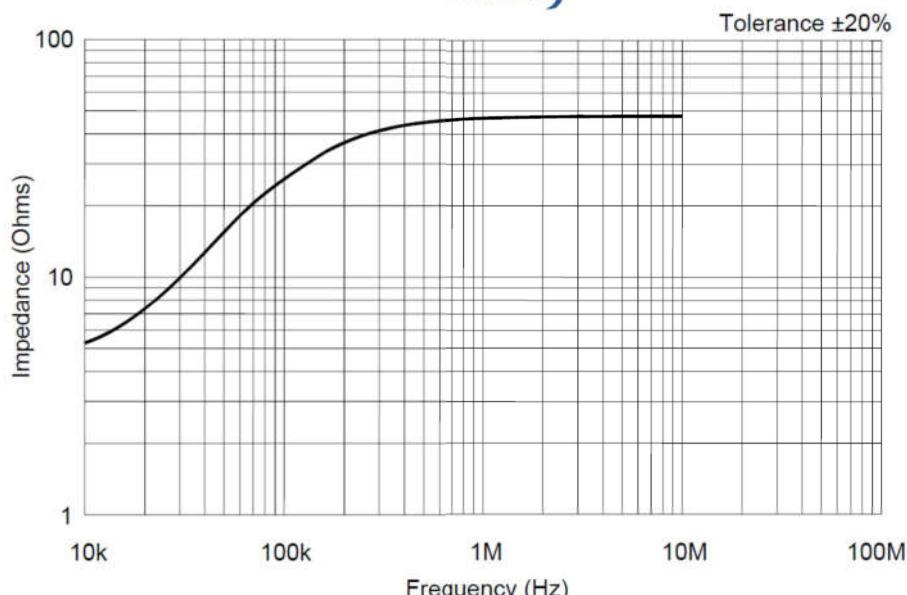
EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Network)



Network)



LISN empedans karakteristiği (MIL-STD 461F)



LISN (Line Impedance Stabilization Network)

119



LISN (NNBL 8226 – HV)

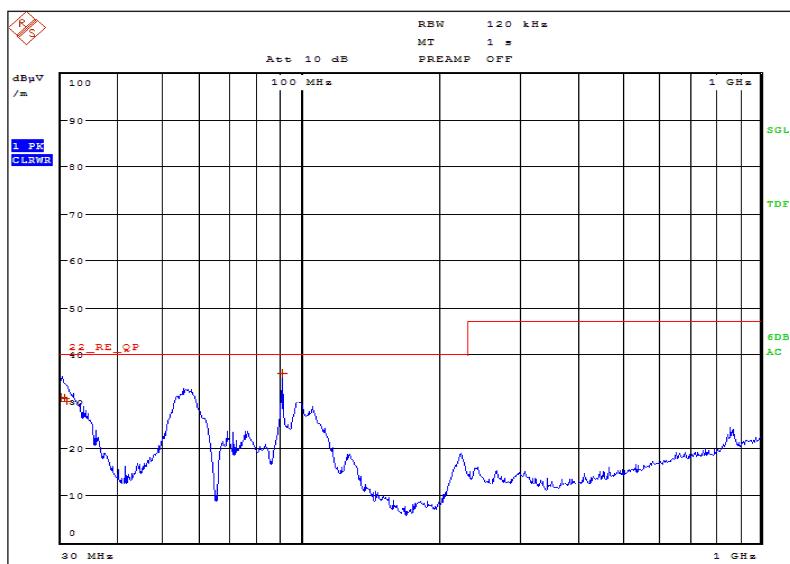


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Radyo Girişimi Yayınım Bozulması Deneyi 120 (SEMAM)



55022 RE Quasi Peak Ölçüm Sonucu

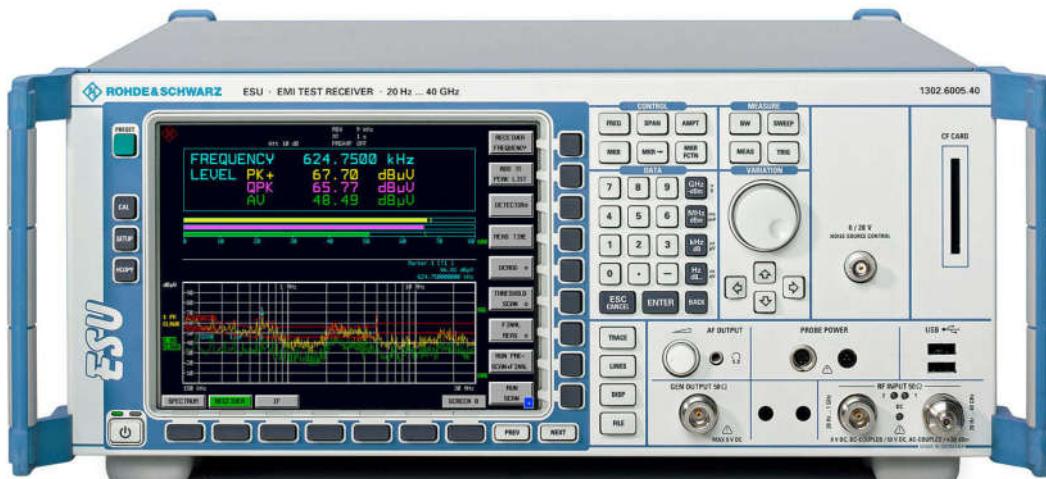


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

EMI Test Receiver/Spektrum Analizör



EMI Test Receiver/Spektrum Analizör



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Biconi-Log periyodik Anten



HL562 Ultralog Broadband (30 MHz - 3 GHz)

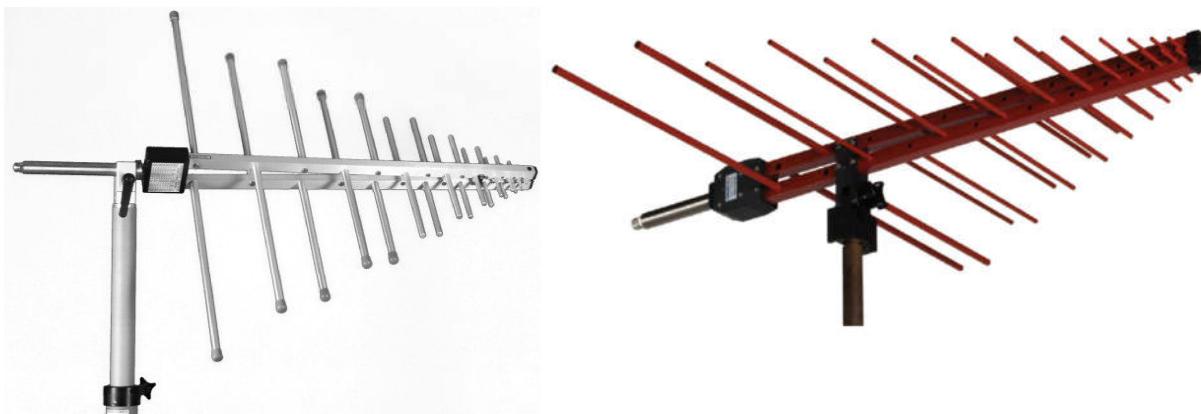


• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

Log-periyodik Anten



Log Periyodik Anten (3148B 200 MHz - 2 GHz)



TS EN 61000-3-2

- 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
- Amacı harmonik akım emisyon deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Faz başına 16 A'e kadar olan elektrik ve elektronik donanımlara sahip cihazların giriş çıkış uçlarından şebekeye yaydığı emisyon seviyesinin tayini için deney şartları ve sınır değerleri belirlemek.



TS EN 61000-3-2

- Performans kriterleri TS EN 61000-3-2 standardında açıkça belirtilen sınır değerlerin EUT sınıfına göre karşılıklarından oluşur. Harmonik akım değerleri sınır değerlere eşit veya altında olmayan EUT deneyden kalmış olur.

EUT Sınıflandırması

A sınıfı	Dengeli 3 fazlı donanım D sınıfı haricindeki ev tipi donanım Taşınabilir olanlar hariç aletler Akkor lambalar için dimmerler Ses donanımları
B sınıfı	Taşınabilir aletler Profesyonel olmayan kaynak cihazları
C sınıfı	Aydınlatma donanımı
D sınıfı	600 W altındaki bilgisayarlar ve monitörleri, televizyon alıcıları, kompressor kontrolcüsü birden fazla olan buzdolabı ve dondurucular



TS EN 61000-3-2

**A sınıfı
EUT sınır
değerleri
(B sınıfı
EUT için
sınır bu
tabloda
verilen
değerleri
n 1.5
katıdır.)**

Harmonik	Maksimum izin verilen harmonik akım (A)
Tek Harmonikler	
3	2,30
5	1,14
7	0,77
9	0,40
11	0,33
13	0,21
$15 \leq n \leq 39$	$0,15 * \frac{15}{n}$
Çift Harmonikler	
2	1,08
4	0,43
6	0,30
$8 \leq n \leq 40$	$0,23 * \frac{8}{n}$



TS EN 61000-3-2

C sınıfı EUT için sınır değerler

Harmonik	Giriş akımının yüzdesi cinsinden maksimum izin verilen harmonik akım seviyesi (%)
2	2
3	$30 * \lambda^a$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (Sadece tek harmonikler)	3
λ^a , devrenin güç faktörüdür.	



TS EN 61000-3-2

D sınıfı EUT için sınır değerler

Harmonik	Watt başına maksimum izin verilen harmonik akım (mA/W)	Maksimum izin verilen harmonik akım (A)
3	3,4	2,3
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
$13 \leq n \leq 39$ (sadece tek harmonikler)	$\frac{3,85}{n}$	Tablo 1'e bakınız.



Harmonik ve Flicker Simülatörü



Harmonik ve Flicker Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-3-3

- 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 kırışma ile ilgili sın (IEC 61000-3-3:2013) Şubat 2014.
- Amaç: Amacı flicker emisyon deneyi sırasında izlenmesi gereken işlemleri belirlemektir.
- Kapsam: Faz başına 16 A'e kadar olan elektrik ve elektronik donanımlara sahip cihazların giriş çıkış uçlarındaki gerilim dalgalanmaları ve kırışma seviyesinin tayini için deney şartları ve sınır değerleri belirlemek.



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•

TS EN 61000-3-3

- Performans kriterleri TS EN 61000-3-3 standardında açıkça belirtilen sınır değerlerden oluşur. Flicker değerleri sınır değerlere eşit veya altında olmayan EUT deneyden kalmış olur.
- Flicker Deneyi kriterleri:
 - Pst'nin değeri 1'den büyük olmamalıdır,
 - Plt'nin değeri 0.65'ten büyük olmamalıdır,
 - Tmax 500 ms'den büyük olmamalıdır
 - Maksimum durgun-durum bağıl gerilim değişimi dc, %3.3'ü geçmemelidir
 - Maksimum bağıl gerilim değişimi dmax; (%4, %6, %7))



TS EN 61000-3-3

- Flicker Deneyi kriterleri (devam):
 - Gözlem süresi Pst için 10 dakika, Plt için 2 saat olmalıdır.
 - Pst ve Plt gereksinimleri manuel anahtarlama sonucunda ortaya çıkan voltaj değişimlerine uygulanmamalıdır.
 - Limitler acil durum anahtarlaması veya acil durum kesintileriyle bağlantılı voltaj değişimlerine uygulanmamalıdır.
 - Pst değerlendirmesi için işlem döngüsü eğer ilgili standartta aksi bir ifade yoksa gözlem süresi boyunca devamlı tekrarlanmalıdır.
 - Örnek hesaplama: 45 dakikalık bir işlem döngüsü olan ekipman için 50 dakikada sıralı 5 Pst değeri ölçülür ve 2 saatlik ölçümde geri kalan 7 Pst değeri 0 olarak alınır.
 - Belirlenen kriterleri sağlayan cihazlar deneyden geçmiş sayılırlar.



Harmonik ve Flicker Simülatörü



Harmonik ve Flicker Simülatörü



• Doç. Dr. Ş. Çağrı YENER

EEM465 – Elektromanyetik Uyumluluk

•