

**ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK ARAŞTIRMASI VE KABLOLAR
ÜZERİNDE TESTLERİ**

Merve Hatice KARATAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2010
ANKARA**

Merve Hatice KARATAŞ tarafından hazırlanan “Elektromanyetik uyumluluk araştırması ve kablolar üzerinde testleri” adlı bu tezin Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Nursel AKÇAM

Tez Danışmanı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile

Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

(Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi)

Yrd.Doç.Dr. Nursel AKÇAM

(Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi)

Yrd.Doç.Dr. Elif URAY AYDIN

(Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Atılım Üniversitesi)

Tarih: 21 / 04 / 2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Merve Hatice KARATAŞ

**ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK ARAŞTIRMASI VE KABLOLAR
ÜZERİNDE TESTLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Merve Hatice KARATAŞ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2010

ÖZET

Bu çalışmada öncelikle elektromanyetik uyumluluk ve temel kavramları açıklanmıştır. Elektromanyetik soğurma ve girişimden korunma yöntemleri belirtilmiştir. Elektromanyetik uyumluluk test ve ölçüm metodları için düzenlenen ortamlar hakkında bilgi verilerek ülkemizde bu testlerin gerçekleştirilmesi için kurulan mevcut altyapı incelenmiştir. Uluslar arası ve ulusal bazda elektromanyetik uyumluluk için hazırlanan standartlar araştırılmış ve standartlar arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Bu standartlara göre uygulanan elektromanyetik uyumluluk test ve ölçümlerin uluslar arası alanda yeterliliğinin gösterilebilmesi için gerçekleştirilen akreditasyon çalışmaları hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. EN ISO 50289-1-6 standardına göre kablolarda elektromanyetik uyumluluk testleri incelenmiş, laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş ve alınan deneysel sonuçlar matematiksel hesaplama ve simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılarak ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bilim Kodu : 905.1.034
Anahtar Kelimeler : Elektromanyetik Uyumluluk, EMU
Sayfa Adedi : 128
Tez Yöneticisi :Yrd.Doç.Dr. Nursel AKÇAM

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY RESEARCH AND TESTS ON CABLES

(M.Sc. Thesis)

Merve Hatice KARATAŞ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2010

ABSTRACT

Primarily in this thesis, electromagnetic compatibility and its fundamental concepts were explained. Electromagnetic absorption and some prevention techniques from electromagnetic interference were specified. Information regarding environment for electromagnetic test and measurement methods were given in detail. National and international standards related with electromagnetic compatibility were searched and analysed for future studies. To show competence of measurements and tests, information on accreditation studies were given in detail. Finally electromagnetic compatibility tests in cables according to EN ISO 50289-1-6 standards were studied and performed in laboratory conditions. Also the experiment result was analyzed comprehensively by comparing with the mathematical and simulation result.

Science Code : 905.1.034

Key Words : Electromagnetic Compatibility, EMC

Page Number: 128

Adviser : Ass.Prof. Nursel AKÇAM

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM'a manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşim Soner KARATAŞ'a ve sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ELEKTROMANYETİK VE TEMEL KAVRAMLAR.....	8
2.1.Elektrik Alan	8
2.2.Manyetik Alan.....	8
2.3.Elektromanyetik Alan.....	9
2.4.Elektromanyetik Girişim	9
2.5.Biyo-Elektromanyetik	14
2.5.1.Elektromanyetik soğurmadan (EMA) korunma yöntemleri.....	17
2.6.Elektromanyetik Uyum	17
2.7.Elektromanyetik Girişimden Korunma Yöntemleri	18
2.7.1.Ekranlama.....	18
2.7.2.Topraklama.....	20
2.7.3.Kablolar ve konnektörler.....	21
2.7.4.Filtreler.....	24

Sayfa

3. EMU TEST VE ÖLÇÜMLERİ.....	26
3.1.Açık Saha Test Alanı (ASTA).....	26
3.2.Tam Yansız Oda (TYO)	27
3.3.GTEM Hücresi (GigaHertz Transverse Electromagnetic)	29
4. ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK TEMEL STANDARTLARI.....	30
4.1.Standardın Tanımı	30
4.2.Standardın Yararları	30
4.3.Standart Çeşitleri	32
4.4.Standardın Oluşturulma Yöntemleri	32
4.5.Ulusal Standart Kuruluşları	33
4.6.Bölgesel Standart Kuruluşları	39
4.6.1.CEN (European Committee for Standardization)	40
4.6.2.CENELEC (European Committee Electrotechnical Standardization)...41	
4.6.3.ETSI (European Telecommunications Standards Institute)	41
4.7. Uluslararası Standart Kuruluşları	42
4.7.1.ISO (International Organization for Standardization)	43
4.7.2.IEC (Uluslar arası Elektroteknik Komisyonu).....	44
4.7.3.CISPR (Uluslar arası Radyo Girişimi Özel Komitesi)	45
5. EMU TEST VE ÖLÇÜMLERİNDE AKREDİTASYON.....	46
5.1. TÜRKAK- Türk Akreditasyon Kurumu	46
5.2. TÜRKAK'tan EMC Testleri Alanında Akredite Kurumlar	47
5.2.1.Türk Standardları Enstitüsü	47

Sayfa

5.2.2. Tübitak.....	53
5.2.3. Diğer kuruluşlar	61
5.3. Kablolarda HAR Belgelendirmesi	61
6. KABLOLARDA ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK VE EKRANLAMA VERİMLİLİĞİ.....	66
6.1. Kablolarda Elektromanyetik Uyumluluk Ekranlama Verimliliği Deneyleri	66
6.1.1. Transfer empedansı ölçümünde üç eksenli metot.....	66
6.1.2. Transfer empedansı ölçümünde hat enjeksiyon metodu.....	75
6.1.3. Ekranlama zayıflaması ölçümünde üç eksenli metot.....	77
6.1.4. Kuplaj zayıflaması ve ekranlama zayıflaması ölçümünde emen kelepçe metodu.....	81
6.1.5. Üç eksenli metod kullanılarak transfer empedansı ölçümünün uygulamalı olarak gerçekleştirilmesi.....	84
6.1.6. Transfer empedansının hesaplanması ve simülasyonu	104
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR.....	113
EKLER.....	116
EK-1. CENELEC Tarafından Yayınlanan EMU Standartları.....	117
EK-2. CEN Tarafından Yayınlanan EMU Standartları.....	119
EK-3. ETSI Tarafından Yayınlanan EMU Standartları.....	120
EK-4. IEC Tarafından Yayınlanan EMU Standartları.....	122
EK-5. CISPR Tarafından Yayınlanan EMU Standartları.....	124
EK-6. TSE Tarafından Yayınlanan EMU Standartları.....	126
ÖZGEÇMİŞ.....	128

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Elektromanyetik girişim kaynağı, ortamı ve etkilenen çizelgesi.....	13
Çizelge 4.1. Ulusal standart kuruluşları.....	33
Çizelge 4.2. Bölgesel standart kuruluşları.....	39
Çizelge 4.3. Uluslararası standart kuruluşları.....	43
Çizelge 5.1. Faraday kafesi 1-2 deneyleri ve deney standartları.....	50
Çizelge 5.2. Faraday kafesi 3 deneyleri ve deney standartları.....	51
Çizelge 5.3. TÜBİTAK EMC birimi test ortamları.....	54
Çizelge 5.4. ASTA teknik bilgileri.....	55
Çizelge 5.5. YYO teknik bilgileri.....	57
Çizelge 5.6. Ekranlı oda-1 teknik bilgileri.....	58
Çizelge 5.7. Ekranlı oda-2 teknik bilgileri.....	58
Çizelge 5.8. Ekranlı oda-3 teknik bilgileri.....	59
Çizelge 5.9. Ekranlı oda-4 teknik bilgileri.....	60
Çizelge 5.10. GTEM hücresi teknik bilgileri.....	60

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Elektrik alan çizgileri	8
Şekil 2.2. Manyetik alan çizgileri.....	9
Şekil 2.3. Elektromanyetik girişim (EMG) örnekleri.....	10
Şekil 2.4. Elektromanyetik girişim örnekleri-2.....	11
Şekil 2.5. Elektromanyetik parazit.....	12
Şekil 2.6. Elektromanyetik girişim unsurları.....	13
Şekil 2.7. Elektromanyetik girişim kaynakları.....	14
Şekil 2.8. EMU ve BEM.....	15
Şekil 2.9. Elektromanyetik tayf.....	16
Şekil 2.10. Tek nokta topraklama.....	20
Şekil 2.11. Çok nokta topraklama.....	21
Şekil 2.12. Hibrit topraklama.....	21
Şekil 2.13. Bakır ekranlama ile üretilmiş kablo.....	23
Şekil 2.14. Faz ve nötr kablolarda EMC problemi.....	23
Şekil 2.15. Elektronik filtreler.....	24
Şekil 2.16. Ferrit Filtreler.....	25
Şekil 3.1. Açık saha test alanı (ASTA).....	26
Şekil 3.2. ASTA yerleşim planı.....	27
Şekil 3.3. Tam yansız oda (TYO) yerleşimi.....	28
Şekil 5.1. TSE deney laboratuvarları merkezi başkanlığı organizasyon şeması....	47
Şekil 5.2. TSE-HAR markası.....	62
Şekil 6.1. Elektromanyetik alan altındaki koaksiyel kablo numunesi	67
Şekil 6.2. Ekran üzerindeki bir delikten sızmalar.....	68
Şekil 6.3. Kapasitif kuplaj empedansı Z_F 'in tanımı.....	68
Şekil 6.4. Koaksiyel kablo üzerinde transfer empedansı Z_T gösterimi	69
Şekil 6.5. Kuplaj admittansı Y_C	69
Şekil 6.6. Kabloların ekranlama verimliliği ölçümünde kullanılan eşdeğer devre..	71
Şekil 6.7. Ölçme ekipmanları	73

Şekil	Sayfa
Şekil 6.8. Koaksiyel kabloların deneye hazırlanması.....	73
Şekil 6.9. Tüple bağlantı	74
Şekil 6.10. Simetrik ve çok iletkenli kabloların deneye hazırlanması	74
Şekil 6.11. Deney düzeneği	74
Şekil 6.12. Hat enjeksiyonu test metodu eşdeğer devre modeli	75
Şekil 6.13. Hat enjeksiyonu metodu ile eşdeğer transfer empedansı ölçüm düzeneği.....	77
Şekil 6.14. Emen kelepçe test düzeneği	83
Şekil 6.15. 0.5m uzunluğundaki çift örgülü koaksiyel kablo üzerinde hat enjeksiyon metodu ile emen kelepçe metodunun karşılaştırılması.....	84
Şekil 6.16. Transfer empedansı-frekans grafiği.....	97
Şekil 6.17. Doğru olmayan transfer empedansı-frekans grafiği.....	97
Şekil 6.18. RG 058 anten kablosu için transfer empedansı-frekans değişim grafiği	103
Şekil 6.19. TELASS 0.7/4.7 VPE kablo transfer empedansı-frekans değişim grafiği.....	104
Şekil 6.20. Örgü ekranlı bir kablonun transfer empedansının izlediği tipik yol.....	105
Şekil 6.21. Örgü ekran yapısı.....	106
Şekil 6.22. Simulink-Transfer empedansı hesaplama bloğu	108
Şekil 6.23. RG-058 kablosu-üç eksenli metod kullanılarak ölçülmesi sonucu elde edilen frekans-transfer empedansı değişimi.....	109
Şekil 6.24. Simülasyon sonucu elde edilen frekans-transfer empedansı değişimi..	109

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. ASTA ortamı.....	27
Resim 3.2. Tam yansız oda iç görünüşü.....	28
Resim 3.3. GTEM hücresi.....	29
Resim 4.1. CENELEC Haritası	41
Resim 5.1. Yarı yansız oda.....	49
Resim 5.2. Faraday kafesi 1-2	49
Resim 5.3. Faraday kafesi- 3.....	50
Resim 5.4. Aydınlatma tıktı deneyi.....	51
Resim 5.5. Harmonik ve kırışma deneyleri.....	52
Resim 5.6. Şebeke bozulmaları deneyleri.....	52
Resim 5.7. Açık alan deney sahası.....	53
Resim 5.8. Açık saha test alanı (Uzaktan görünüş).....	54
Resim 5.9. Açık saha test alanı (Yakından görünüş).....	55
Resim 5.10. Yarı yansız oda, iç görünüş ve YYO kontrol odası.....	56
Resim 5.11. Yansız oda, traktörün ışınlama bağışıklık testi.....	56
Resim 5.12. Ekranlı oda-1 (Güç kalitesi) test ve ölçüm düzenekleri.....	57
Resim 5.13. Ekranlı oda-2 test ve ölçüm düzenekleri.....	58
Resim 5.14. Ekranlı oda-4 iletimle bağışıklık test ve ölçüm düzenekleri.....	59
Resim 5.15. SAR ölçüm düzeneği.....	60
Resim 6.1. Devre bağlantı ekipmanları.....	87
Resim 6.2. Farklı uzunluk ve çaptaki deney tüpleri.....	87
Resim 6.3. Devre uyumlama dirençleri.....	88
Resim 6.4. Devre analizörü.....	88
Resim 6.5. H05 VVC4 V5 – K tipi kablo numunesi.....	89
Resim 6.6. Uygun konnektörlerin seçilmesi ve bağlanması.....	90
Resim 6.7. Ekranlama kutusunun vidalanması.....	91
Resim 6.8. Uyumlama direncinin bağlanması.....	91

Resim	Sayfa
Resim 6.9. Test tüpünün kelepçesinin takılması.....	92
Resim 6.10. Tüpün bir ucunun bağlantısının en son vidalama işlemi ile tamamlanması.....	92
Resim 6.11. Tüpün diğer ucu için uygun konnektörlerin seçilmesi.....	93
Resim 6.12. Tüpün ikinci ucunun hazırlığının tamamlanması.....	93
Resim 6.13. Kalibrasyon işleminin yapılması.....	94
Resim 6.14. Test düzeneğinin sinyal üretecine bağlanması.....	95
Resim 6.15. Tüpün diğer ucunun analizöre bağlanması.....	95
Resim 6.16. Tüpün uçlarının Network analizöre bağlanması.....	96
Resim 6.17. WinComet programı ile düzeneğin �l��lmesi.....	96
Resim 6.18. RG 058 tipi kablo numunesi.....	98
Resim 6.19. Kablo numunesinin bir ucunun deney hazırlığı için lehimlenmi� ucu	98
Resim 6.20. Uygun bağlantı ekipmanlarının ve tüpün seçilmesi.....	99
Resim 6.21. Uygun konnektör ve bağlantı ekipmanlarının seçilmesi.....	99
Resim 6.22. Tüpün sinyal ucunun hazırlanması.....	100
Resim 6.23. Konnektörlerin içi i�e geçirilmesi.....	100
Resim 6.24. Ekranlama kutusunun yerine yerleştirilmesi.....	101
Resim 6.25. Analizörün sinyal �retecisi ucunun tüpe takılması.....	101
Resim 6.26. Tüpün diğer ucu için uygun konnektörlerin seçilmesi.....	102
Resim 6.27. Tüpün diğer ucunun hazırlanması.....	102
Resim 6.28. TELASS 0.7/4.7 VPE tipi kablo için kablo numunesi.....	103

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler	Açıklama
A/m	Manyetik Alan Birimi
E	Elektrik Alan Şiddeti
H	Manyetik Alan
J	Yüzey Akım Yoğunluğu
V/m	Elektrik Alan Birimi
Kısaltmalar	Açıklama
AA	Alternatif Akım
AB	Avrupa Birliği
AC	Alternatif akım (Alternating current)
AG	Alçak gerilim
AM	Genlik modülasyonu (Amplitude modulation)
ANSI	Amerikan Milli Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute)
BEM	Biyoelektromanyetik (Bioelectromagnetic)
CE	Avrupa Uygunluk Markası (Conformity Europe)
CEN	Avrupa Standartlaştırma Komitesi (Comitee Europeen de Normalisation)
CENELEC	Avrupa Elektroteknik Standartlaştırma Komitesi(Comitee Europeen de Normalisation Electrotechnique)
CISPR	Uluslar Arası Özel Radyo Girişim Komitesi (International Special Committee on Radio Interference)
DA	Doğru Akım
dB	Desibel

Kısaltmalar	Açıklama
DFFT	Ayrık Hızlı Fourier Dönüşümü (Discrete Fast Fourier Transform)
DFT	Ayrık Fourier Dönüşümü (Discrete Fourier Transform)
DTM	Dış Ticaret Müsteşarlığı
DUT	Test Altındaki Cihaz (Device Under Test)
EA	Avrupa Akreditasyon Birliği
EE	Ekranlama Etkinliği
EEA	Avrupa Ekonomik Alanı (European Economic Area)
EFTA	Avrupa Serbest Ticaret Alanı (European Free Trade Association)
EM	Elektromanyetik (Electromagnetic)
EMC	Elektromanyetik Uyum (Electromagnetic Compatibility)
EME	Elektromanyetik emisyon
EMF	Elektromanyetik alan (Electromagnetic field)
EMI	Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference)
EMP	Elektromanyetik Darbe (Electromagnetic Pulse)
EMU	Elektromanyetik Uyumluluk
EN	Avrupa Standardı (European Norm)
ESD	Elektrostatik Deşarj (Electrostatic Discharge)
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (European Telecommunication Standard Institute)
EUT	Test Altındaki Cihaz (Equipment Under Test)
FCC	Ulusal İletişim Komisyonu-Amerika Birleşik Devletleri (Federal Communications Commission)
FD	Frekans Bölgesi (Frequency Domain)
FFT	Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform)
FM	Frekans modülasyonu

Kısaltmalar	Açıklama
GATT	Ticaret ve Tarifeler Genel Antlaşması
GHz	Gigahertz
HF	Yüksek Frekans (High Frequency)
HFD	Hızlı Fourier Dönüşümü
ICNIRP	İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Korunumu Uluslararası Komitesi (International Committee on Non-Ionising Radiation Protection)
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission)
IEEE	Uluslararası Elektrik Elektronik Mühendisleri Birliği (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IGBT	İzole kapılı bipolar transistör (Insulated Gate Bipolar Transistor)
IRPA	Uluslararası Radyasyon Koruma Demeği (International Radiation Protection Association)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (Institute Standards Organization)
KCL	Kirchoff'un Akım Kanunu (Kirchhoff's Current Law)
KVL	Kirchoff'un Gerilim Kanunu (Kirchhoff's Voltage Law)
LF	Alçak Frekans (Low Frequency)
MOM	Moment Metodu (Method of moment)
OG	Orta gerilim
PC	Kişisel Bilgisayar (Personal Computer)
PE	Koruma Topraklaması
PEN	Birleşik Koruma Topraklaması
RF	Radyo Frekans (Radio Frequency)
RFI	Radyo Frekans Girişimi (Radio Frequency Interference)

Kısaltmalar	Açıklama
SF₆	Kükürt Hegza Florür
TC	Teknik Komiteler (Technical Committee)
TD	Zaman Bölgesi (Time Domain)
TDH	Toplam Harmonik Bozulma (Total Harmonic Distortion)
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel Tetkik ve Araştırma Kurumu
TÜRKAK	Türk Akreditasyon Kurumu
UHF	Ultra Yüksek Frekans (Ultra high frequency)
UTE	Fransa Elektrik Teknik Bir. (Union Technique de l'Electricite en France)
UV	Mor Ötesi (Ultra Viyole)
VHF	Çok yüksek frekans (Very high frequency)
WG	Çalışma Grubu (Work Group)
ZRT	Sıfır Yansıma (Zero Reflection)
ZSF	Zamanda Sonlu Farklar (FDTD)

1. GİRİŞ

Günlük yaşamda kullandığımız cihazların birbirleri ile ya da çevredeki elektromanyetik gürültüler ile etkileşimi sonucunda cihazların düzgün çalışmasını engelleyerek kendini gösteren elektromanyetik girişim olayı, cihazlar ya da sistemlerin performansını düşürdüğü gibi, beklenen davranışından farklı bir davranış sergilemesine bile sebep olabilmektedir. Bazen bir televizyonun görüntü kaybı gibi istenmeyen bir sonuca sebep olabileceği gibi bazen de bir uçağın elektronik göstergesinin yanlış değer göstermesine sebep olabilmektedir.

Elektromanyetik girişim olayı tamamen doğal bir olay olup çevredeki elektromanyetik işaretlerin biraraya gelerek toplamda farklı işaretler oluşturmaları ve cihazların beklenen çıkışı vermesi için gerekli olan giriş işaretinden farklı bir alana maruz kalmasından dolayı, beklenen çıkışı değil, maruz kaldığı girişe karşılık verdiği cevabın cihazda görülmesidir. Bu durumda uygulanması gereken çözümün mantığında ise, cihazlara bu istenmeyen gürültülerden korunması için bir koruma kalkanı yapmak ya da cihaza bu istenmeyen gürültülere karşı bağışıklık kazandırmak yatmaktadır.

Elektronikğin hergeçen gün hayatımıza daha fazla girmesiyle, cazip bir konu haline gelen elektromanyetik uyumluluk üzerine ülkemizde ve uluslar arası alanda birçok araştırma yapılmış, yayın hazırlanmış ve birçok tasarım ya da projede dikkat edilmesi gereken başlıca faktörlerden biri olarak bilimde yerini almıştır. Bu tez çalışması sırasında bu konuda birçok kaynak taranarak bir birikim oluşturulmuştur. Ülkemizde bu konuda yapılan ilgili çalışmalar şu şekildedir:

Mustafa Berkant Selek Ağustos 1997 yılında “Elektromanyetik Uyumluluk” konulu tezinde elektromanyetik uyumluluk problemlerinin genel yapısını anlatmış ve onları kategorize etmiştir[1]. Bu problemlerin çözümü ve bir ışıma ortamında oluşan elektromanyetik girişimi ölçmüştür, dolayısıyla elektromanyetik girişimi iletim hattının ışıma ortamı olması durumunda ve özellikle ışıma emisyonu açısından incelemiş ve buna ilişkin gözlemlerini sunmuştur. Emisyon testleri açık alanda geniş

bantlı antenlerle gerçekleştirilmiş ve ölçümlerin sık sık yerden yansıyan ve/veya çevreden gelen istenmeyen sinyallerle etkilendiği tespit edilmiştir. Tezde bu ölçüm sonuçlarının yanında bu probleme çözüm olarak yansız oda yerine ekranlı odaların kullanılmasıyla daha iyi sonuç alınacağı da belirtilmiştir.

Yine aynı sene Bektaş Çolak, cihaz üretiminde dikkat edilmesi gereken parçalardan biri olan baskılı devre kartlarında oluşabilecek elektromanyetik emisyon kaynaklanacak elektromanyetik bozulmaları araştırmak için iki farklı test ortamında (GTEM-GigaHertz Transverse Electromagnetic ve TYO-Tam Yansız Oda) testler gerçekleştirmiş, bu ölçümler sonucunda hatların kalınlığının değil, ama hatlar arasındaki mesafelerin emisyon artışına sebep olduğu gibi tespitlerde bulunmuştur. Tüm bu tespitler ışığında elektromanyetik girişimin etkilerini minimuma indirmek için baskılı devre tasarımında dikkat edilmesi gereken hususları belirtmiştir[2].

İsa Araz 1998 yılında, elektromanyetik uyumluluk ölçümlerinde kullanılan Açık Saha Test Alanında (Asta) ve Tam Yansız Odada ölçümler yapmış, ölçüm sonuçlarını korelasyona tabi tutmuş ve her iki ortam ile ilgili tespitlerini paylaşmıştır[3].

Servet Parlak 2000 yılında, elektrik ve elektronik sistemlerin beklenen çalışma performansını göstermesi için bu sistemler üzerinde elektromanyetik uyumluluğun sağlanması gerektiği ve uygulanması gereken elektromanyetik uyumluluk yaklaşımları üzerine araştırma yapmıştır[4].

M. Orhan Özyalçın 2002 yılında, iletim hattı matrisi yöntemini kullanarak elektromanyetik problemleri modellemiş ve simüle etmiştir[5]. Aynı yıl A.Yahya Teşneli geniş bantlı bir EMC anteni tasarlamış, antenin sayısal analizi yapmış ve antenin VSWR değeri ve elektrik alan şiddeti ölçümlerini, yansız oda kullanarak gerçekleştirmiştir[6].

M.Murat Atabey 2003 yılında uçak sistemlerini elektromanyetik uyumluluk açısından incelemiş ve yüksek frekans telsiz sistemine ait antenlerin elektromanyetik analizini yapmıştır[7]. Aynı yıl İhsan Koşalay, transformatör merkezlerindeki elektromanyetik uyumluluk ve kirliliği yapay sinir ağlarını kullanarak incelemiştir[8].

Deniz Öztürk, 2004 yılında elektromanyetik uyumluluk kavramı, Avrupa Birliği uyum çalışmaları çerçevesinde yapılan uygunluk değerlendirmeleri ve CE işaretlendirmesinde elektromanyetik uyumluluk konularını araştırmıştır[9]. Aynı yıl Ersoy Özdemir, bir EMC problemi olarak Ortak Mod ve Farksal Mod akımlarını analiz etmiştir[10].

Erkan Dursun, 2006 yılında elektrik sistemlerinde elektromanyetik uyum konusu ile ilgili araştırma yapmış, elektrik sistemlerinde bu alandaki CE işaretlemesi üzerinde durmuştur[11].

Uluslararası bilimsel yayınlar arasından yapılan araştırmalar sonucunda da şu kaynaklara ulaşılmıştır:

Fowler, 1994 yılında kablo ve konnektörlerin ekranlanması üzerine bir araştırma yapmıştır [12]. Bu araştırmada EMU kontrolünde transfer empedansı değerlerine göre farklı kablo ve konnektörlerin ekranlama verimliliğinin belirlenebileceğini belirtilmiş ve farklı kablo ve konnektörler için karşılaştırmalar yapılmıştır.

Alcatel Kablo'dan Otto Breitenbach ile Thomas Hähner ve Bedea firmasından Bernhard Mund, 1998 yılında kabloların pasif elemanlar olmasına rağmen bağlantılı oldukları aktif EMU cihazları kadar EMU açısından önemli olduklarından yola çıkarak bir araştırma yapmışlardır[13]. Bu araştırmada özellikle çok yüksek frekanslardaki bilgi teknolojisi ve kablo dağıtımli televizyon sistemlerindeki artan kablo kullanımının bu kablolarda yeni ekranlama etkinliği ölçüm metodlarını gerektirdiği belirtilmiştir. Bu metodların ucuz, kullanımı kolay, GHz derecelerine

kadar uygulanabilen ve iyi tekrarlanabilirliği olması gerektiği vurgulanmıştır. Araştırma göstermektedir ki, yaygın olarak düşük frekanslar için tek taraflı kısa devreli bilinen üç-eksenli (triaxial) ölçüm metodu GHzler mertebesinde de iyi sonuçlar vermektedir. Bu üç-eksenli metodun yüksek frekanslar için genişletilmesi ilk olarak 1993 yılında Almanya’da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, iki yıllık tartışma ve geliştirme sonucunda IEC altında faaliyet gösteren uluslar arası çalışma grubu IEC TC46/WG5 tarafından “IEC 46A/320/CDV”komite taslak dokümanı olarak olarak yayınlanmıştır.

Aynı yıl Finlandiya’da Lauri Halme ve Rauno Kytonen, IEC TC46/WG5 çalışma grubunun yayınladığı IEC teknik raporu 46A/267/CDVY 1996 [IEC 61917:1997] üzerine bir çalışma yapmışlardır[14]. Bu çalışmada ekranlamanın teorisi ve ilgili parametreleri tanımlanmış, paralel hatlar arasındaki kuplaj mekanizması ve kablo uzunluğu ile frekansın etkisi incelenmiş ve ekranlama zayıflamasından bahsedilmiştir. Farklı kablo ekranlama parametreleri ile teorik eğriler gösterilmiş ve üç-eksenli test metodu anlatılmıştır.

Ayrıca yine 1998 yılında Almanya Dresden University of Technology’den Tiedemann, R. ve Gonschorek, K. H., yayınladıkları makalede kablo transfer empedansının koaksiyel kabloların kalitesini tanımlayan bir büyüklük olduğunu, ekranlı kabloların gürültü kuplajının analiz edilebilmesi için transfer empedansının kesin değerinin belinmesi gerektiğini belirtmişlerdir[15]. Makalede o güne kadar yapılmış kablo transfer empedansı belirleme prosedürleri hakkında yapılan araştırmadan ve ölçüm prosedürlerinin zorluğundan bahsedilmiştir. Ayrıca ölçümler osiloskop ve network analizörü kullanılarak tekrarlanmış, ölçüm sonucunda network analizörü kullanımı ile daha yüksek ölçüm doğruluğu, daha yüksek dinamik aralık, daha fazla konfor ve daha kısa ölçüm zamanı sağlandığı belirtilerek, transfer empedansı ölçümlerinde osiloskop kullanmak yerine network analizörü kullanmanın daha avantajlı olduğu vurgulanmıştır.

Alcatel Kablo firmasından Thomas Hähner ve Bedea firmasından Bernard Mund, 1999 yılında yeni üç-eksenli test metodu ile dengeli ve dengesiz kabloların ekranlama verimliliğini tanımlayan bütün parametrelerin bir test düzeneği ile ölçülebileceğini belirtmişlerdir[16]. Bu yayında yeni üç-eksenli test düzeneğinin prensipleri anlatılmıştır.

Alcatel Kablo firmasından Thomas Hähner ve Bedea firmasından Bernard Mund, 2002 yılında IEC 61196-1 standardına uygun olarak tasarladıkları ekranlama zayıflaması (uzun üç-eksenli) test düzeneğini kullanmışlar ve bu düzeneği konnektörler ve komple kablo için geliştirmişlerdir. Bu metod IEC TC46/WG5 çalışma grubu tarafından da tartışmaya alınmıştır[17].

Ayrıca daha önce hiç bahsedilmiş olan ve kablo imalatçıları dışında pek tanınmayan, oysaki ülkemizin ve sanayicimizin belge sayısı olarak Avrupa’da ilk üç sırada yer alarak, saygın bir yerde olduğu kablolardaki HAR belgelendirmesi faaliyetleri hakkında bilgi verilmiştir. Tüm bu çalışmalar sırasında standartların araştırmalarda en faydalı kaynaklardan biri olduğu, literatür araştırmalarında makalelerin yanı sıra konu ile ilgili güncel standart araştırmasının da önemi vurgulanmak istenmiştir.

Teze ilk olarak elektromanyetik alanında kullanılan terimler ve kavramların açıklanmasıyla başlanmıştır. Elektromanyetik alanın iki bileşeni olan elektrik alan ve manyetik alan açıklanmış, elektromanyetik girişimin oluşumu, cihazlar ve sistemlerin yanı sıra canlılar üzerindeki etkileri de anlatılmıştır. Bunlarla birlikte elektromanyetik uyum anlatılarak, elektromanyetik soğurma ve elektromanyetik girişimden korunma yöntemleri açıklanmıştır. Bu yöntemler cihazlar ve sistemler için ekranlama, topraklama ve filtreleme başlıkları ile anlatılırken, bu cihaz ya da sistemleri birbirine bağlayan hat ile ilgili olarak da kablolar ve konnektörler ile ilgili korunma yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, elektromanyetik uyumluluk alanında gerçekleştirilen Açık Saha Test Alanı (ASTA), Tam Yansız Oda (TYO) ve GTEM Hücresi (GigaHertz Transverse Electromagnetic) test metodları açıklanmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde, elektromanyetik uyumluluk temel standartları anlatılmıştır. Bu bölümde öncelikle standardın tanımı, yararları, çeşitleri ve oluşturulma yöntemleri açıklanarak, elektromanyetik uyumluluk alanında çalışan ulusal, bölgesel ve uluslararası standart kuruluşlarının çalışmalarından bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde ise, elektromanyetik test ve ölçümü yapan kuruluşlar olan TSE, TÜBİTAK ve özel test laboratuvarlarının hizmetleri anlatılmış ve bu kuruluşların uluslararası seviyede hizmet verebilmesi için gerekli akreditasyon çalışmalarını ülkemizde yürüten Türk Akreditasyon Kurumu'nun (TÜRKAK) çalışmalarına yer verilmiştir.

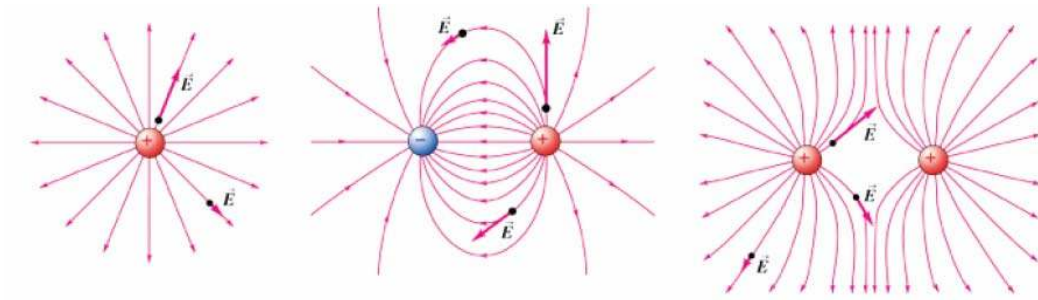
Tezin altıncı bölümünde, anlatılan teorik bilgilerin ışığında haberleşme sistemlerinde kullanılan kabloların elektromanyetik uyumluluğu konusunda gerçekleştirilen deneylere ilişkin olarak ilk olarak 2002 yılında CENELEC tarafından, daha sonra da 2006 TSE tarafından yayınlanmış olan TS EN 50289-1-6 “Kablolar-Haberleşme Kabloları-Deney Metotları İçin Özellikler-Bölüm1-6 – Elektriksel Deney Metotları-Elektromanyetik Performans” standardında, özellikle haberleşme kablolarının elektromanyetik uyumluluklarını belirlemek için tanımlanmış, dört farklı metot anlatılmıştır. Metotlar, kablolarda elektromanyetik uyumluluk için ekranlamanın kalitesi, transfer empedansının ve ekranlama zayıflamasının ölçülmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu deney metotlarından 3 eksenli metot kullanılarak kablolarda ekranlama etkinliğinin ifade edilmesinde kullanılan transfer empedansı ölçüm deneyleri yapılmıştır. Bununla birlikte transfer empedansı matematiksel olarak analiz edilerek elde edilen analiz sonuçları matlab ve simulink yardımıyla simüle edilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları ve deney sonuçları ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır.

Tezin son bölümünde, yapılan deney ve simülasyon sonuçları, elde edilen grafikler teorik bilgiler ışığında yorumlanarak değerlendirilmiştir.

2. ELEKTROMANYETİK VE TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Elektrik Alan

Bir elektrik yükünün etkisini gösterdiği bölgeye o yükün elektrik alanı denir. Elektrik alanı E vektörü ile gösterilir. Eksi yük için elektrik alan vektörü eksi yüke doğru yönelmiştir. Artı yük için ise artı yükten dışarı doğrudur. Elektrik alan vektörü elektrik alan çizgilerini oluşturur ve iki yük arasındaki alan çizgileri geçişi Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Zıt kutuplu iki yük için elektrik alan çizgileri artıdan çıkarak eksiye doğru gitmekteyken, aynı kutuplu iki yük için elektrik alan çizgileri birbirlerini bükerekler[18].

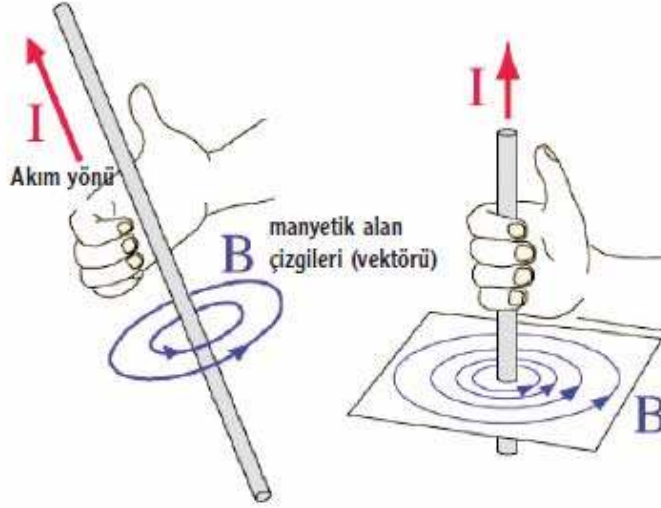


Şekil 2.1. Elektrik alan çizgileri

2.2. Manyetik Alan

Elektrik alan duran yüklerin oluşturduğu bir alan çeşidiyken, manyetik alan ivmesiz düzgün doğrusal hareket eden yüklerin oluşturduğu bir alan çeşididir. Manyetik alan elektrik alanı gibi vektörel bir büyüklüktür ve manyetik alan vektörü H simgesiyle gösterilir. H manyetik alan vektörünün yönü yüklerin hareket yönüne diktir. Manyetik alan çizgileri ile elektrik alan çizgileri arasındaki fark manyetik alan çizgilerinin bir yükte başlayıp diğer yükte son bulmamasıdır. Bununla birlikte manyetik alan çizgileri kendi üzerine kapanan eğriler oluşturur ve elektrik alan çizgileri gibi birbirini kesmezler. Manyetik alan çizgilerinin sıklığı akım akan telden uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır. Manyetik alan vektörünün yönü, sağ el kuralı ile bulunmaktadır. Bu kurala göre sağ el baş parmağı akım yönünde tutulurken

diğer parmaklar teli doladığında parmakların gösterdiği yön manyetik alan vektörünün yönüdür (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Manyetik alan çizgileri

2.3. Elektromanyetik Alan

Faraday ve Ampera kanunları, elektrik alan ve manyetik alan kavramlarının yüklerin hareketinden kaynaklandığını ve zamana göre değişen elektrik alanın manyetik alan oluşturacağını aynı şekilde zamana göre değişen manyetik alanın elektrik alanı oluşturacağını ispatlamışlardır. Bu bağlamda elektromanyetik alan, elektrik alan ve manyetik alanın birleşmiş halidir.

2.4. Elektromanyetik Girişim

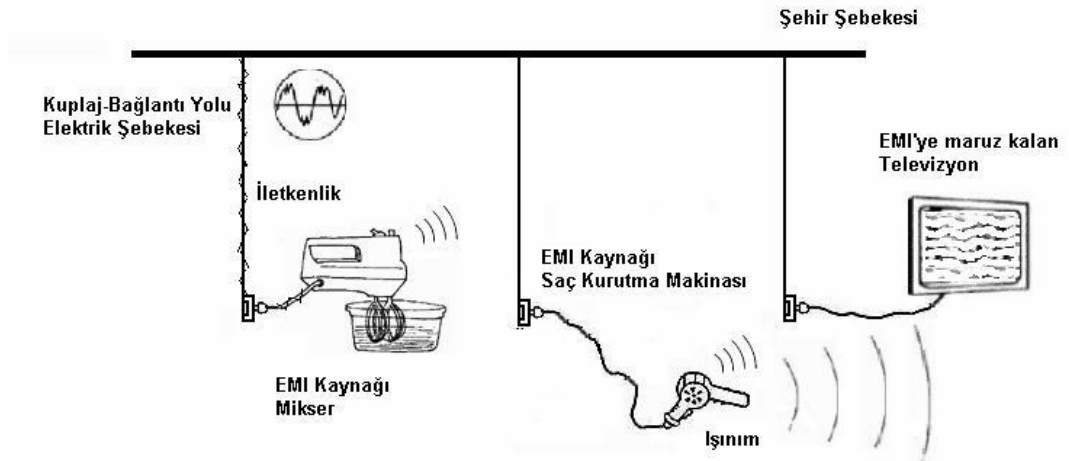
Elektrik ve elektronik sistemler normal çalışma durumlarında elektromanyetik enerji yayarlar. Yine bu sistemler çalışmaları sırasında istenmeyen elektromanyetik ışımlar yaparlar. Oluşan bu elektromanyetik kirlilikler, çoğu zaman hassas elektronik cihazlar ve sistemler üzerinde olumsuz etki gösterirler. Elektromanyetik enerjinin iletim hattı veya ışıma yoluyla elektronik sistemlere kuplaj olmaları (kenetlenme, bağlanma) sonucu cihazların ve sistemlerin olumsuz etkilenmelerine Elektromanyetik Girişim (EMG) denilir. Genel olarak elektromanyetik girişim;

istenmeyen işaretin, temel işaret üzerine binerek oluşturduğu bozulma olarak ifade edilir. Elektromanyetik girişim sonucunda cihazın veya sistemin performansı düşer. Elektromanyetik girişimin sonuçları farklı şekillerde kendini gösterirler. Bazen televizyonların karlanması gibi etkileri olabileceği gibi bazen de füze sistemlerinin istenmeden ateşlenmesi gibi etkileri olabilir. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de EMG için örnekler verilmektedir.

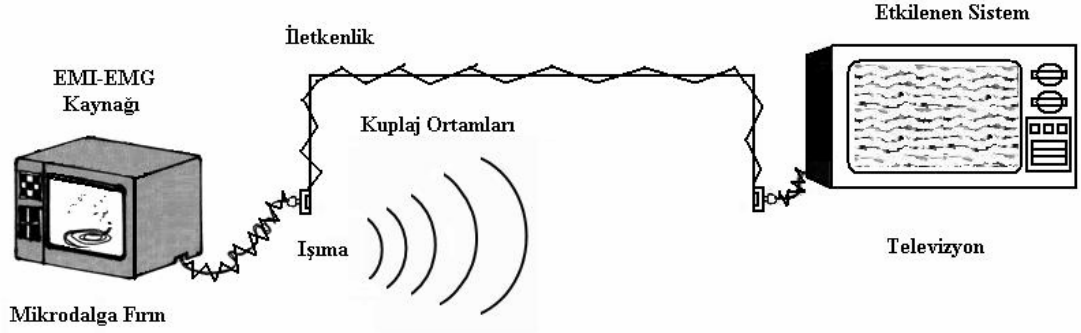
Günlük yaşamda karşılaşılan elektromanyetik girişim olaylarına

- Yıldırım sonucu radyo yayınlarında görülen bozulmalar,
- Elektrik süpürgesinin, saç kurutma makinasının, radyo ve televizyon yayınlarını bozması,
- Florasan lambaların yandığında televizyon yayınının bozulması,
- Cep telefonlarının ya da bilgisayarların, araçların elektronik sistemlerinde bozulmalara yol açması,
- Radar kulesi yakınlarında uçan helikopterlerin kontrolden çıkması,

olmak üzere örnekler verilebilir.



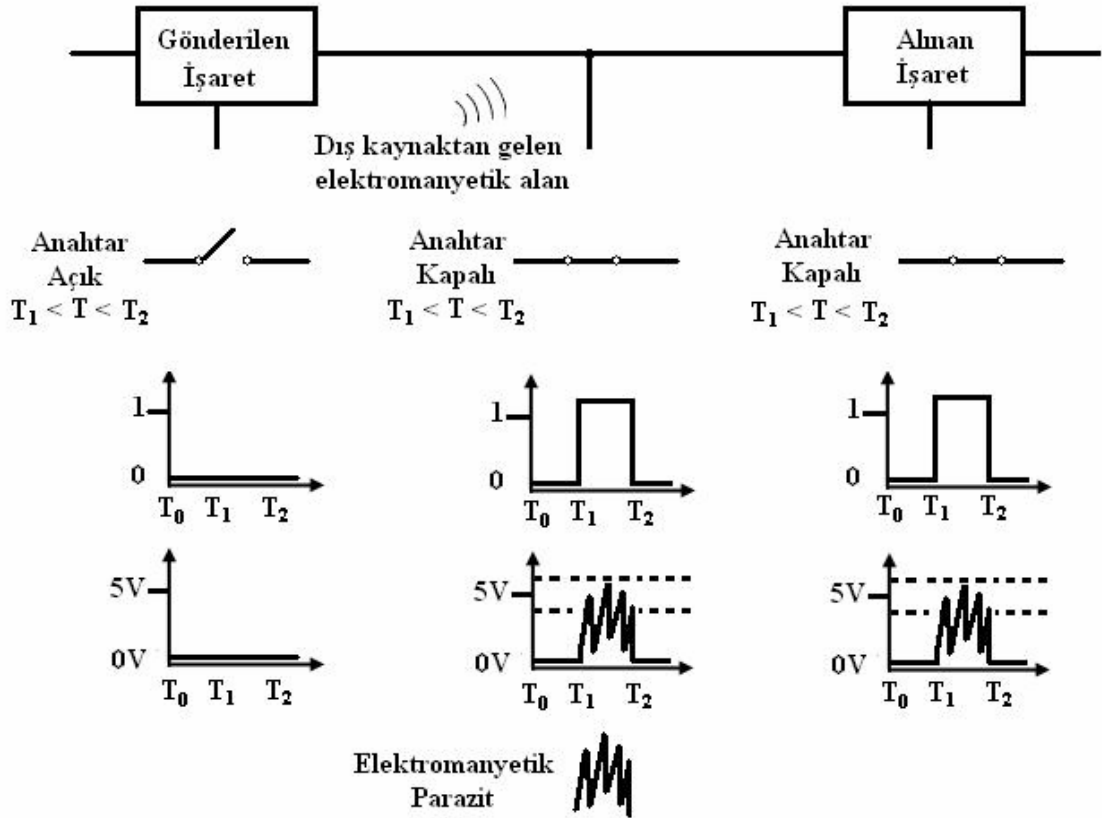
Şekil 2.3. Elektromanyetik girişim (EMG) örnekleri



Şekil 2.4. Elektromanyetik girişim örnekleri-2

Elektromanyetik Girişim ile ilgili ilk sorunlar 1930’lu yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda kullanılan radyo alıcılarının elektrik motorları, benzinli motorlar gibi cihazların elektromanyetik emisyonlarından etkilendiği görülmüştür. Bu nedenle karşılaşılan ilk olaylar Radyo Frekans Girişimi (RFI) olarak adlandırılmıştır. İkinci Dünya savaşı sırasında radar ve telsiz haberleşmesiyle birlikte elektronik alt sistemler arasındaki girişim olayları artmıştır. Son yüzyıl içinde ortaya çıkan bazı olayların nedenlerinin araştırılması ile elektromanyetik girişimin büyük felaketlere neden olabileceği anlaşılmıştır. 1967 yılında, Forrestal uçak gemisinde füze patlaması sonucu 134 kişinin ölmesinin sebebinin elektromanyetik girişim olduğu ortaya çıkarılmıştır. 1982 yılından beri ABD ordusundaki Black Hawk helikopter kazalarının çoğunun helikopterlerin radyo vericilerine yakın yaptıkları uçuşlar olduğu görülmüştür. 1984 yılında ABD 911 İmdat telefonlarının anlamsız çağrılar almasının sebebinin bina girişinde kullanılan telsiz telefonlarının 911 telefon numarisına karşı düşen ASCII ve EBCDIC kodları üretmesinin olduğu bulunmuştur. Bir başka yaşanmış olan kötü tecrübeye radyo kontrollü bir vinç beklenmedik bir anda, bir kepçe dolusu erimiş çeliği işçilerin üzerine dökmüştür. Yapılan incelemede yeni radyo linkinin, orjinal açma-kapama düğmesinin kontrolü ile karıştığı ve kazaya bu durumun yol açtığı bulunmuştur. Türkiye’de ise 2005 yılında Balıkesir jet üstünden havalanan F16 savaş uçağının dönüş sırasında kuleyle irtibatının koptuğu görülmüştür. Yapılan araştırmalar sonucu bölgede bulunan uydu alıcısının neden olduğu girişim nedeniyle bağlantının koptuğu anlaşılmıştır. Bunun üzerine Türk Telekomünikasyon Kurumu uydu alıcısı üreticilerini toplantıya çağırması ve EMC

ölçümlerini yapmalarını istemiştir. 1990'lı yıllarda kablosuz iletişim sistemlerinin yaygınlaşmaya başlamasıyla, elektromanyetik girişime karşı resmi önlemler alınmış ve uygulanmıştır. Avrupa Birliği EMC Direktifi (EEC 89/336) bu önlemlere örnek olarak verilebilir.

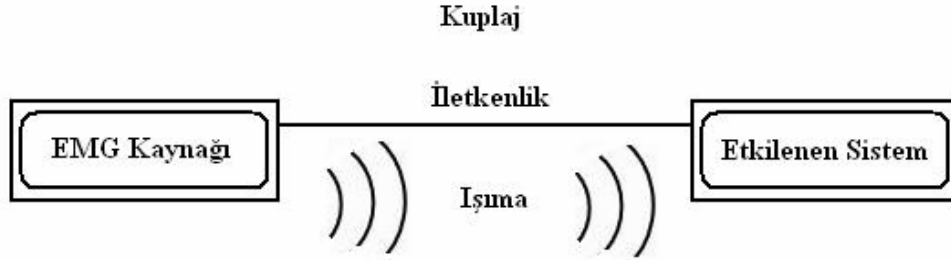


Şekil 2.5. Elektromanyetik parazit

Elektromanyetik girişim sorunu, iki ana başlığa ayrılabilir. Birincisi elektrik-elektronik cihaz ve sistemlerin iletkenlik (conducted interference) ve ışıma (radiated interference) yoluyla yaydıkları elektromanyetik enerji emisyon (yayım) sorunudur. Emisyon sorununda cihaz veya sistem kendisi haricindeki sistemler için tehlike oluşturur. İkincisi elektrik-elektronik cihaz ve sistemlerin iletkenlik ve ışıma yoluyla ortamda bulunan elektromanyetik enerjiden etkilenmesi, alınganlık sorunudur. Alınganlık sorununda cihaz veya sistem kurban durumunda bulunur (Şekil 2.5).

Elektromanyetik girişim olayının gerçekleşmesi üç temel unsura bağlıdır. Bunlar; Elektromanyetik Girişim Kaynağı, Elektromanyetik Girişimden etkilenen sistem ve

bu ikisi arasındaki bağlantı-kuplaj ortamıdır (Şekil 2.6). Ayrıca Çizelge 2.1’de farklı bazı elektromanyetik girişim kaynağı, kuplaj ortamı ve etkilenen sistemlere ait durumlar gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Elektromanyetik girişim unsurları

Çizelge 2.1. Elektromanyetik girişim kaynağı, ortamı ve etkilenen çizelgesi

EMG Kaynağı	Kuplaj Ortamı	Etkilenen Sistem
Radar	Bağlantı kabloları	Radyo alıcıları
Radyo Vericileri	Güç Hatları	Kontrol Sistemleri
Motorlar	Antenden Antene	Elektronik Sistemler
Anahtarlar	Kablodan Kabloya	Analog Sensörler
Atmosferik Gürültü	Işıma ile emisyon	İnsan
Yıldırım	Ortak topraklama Hattı	Yükselteçler

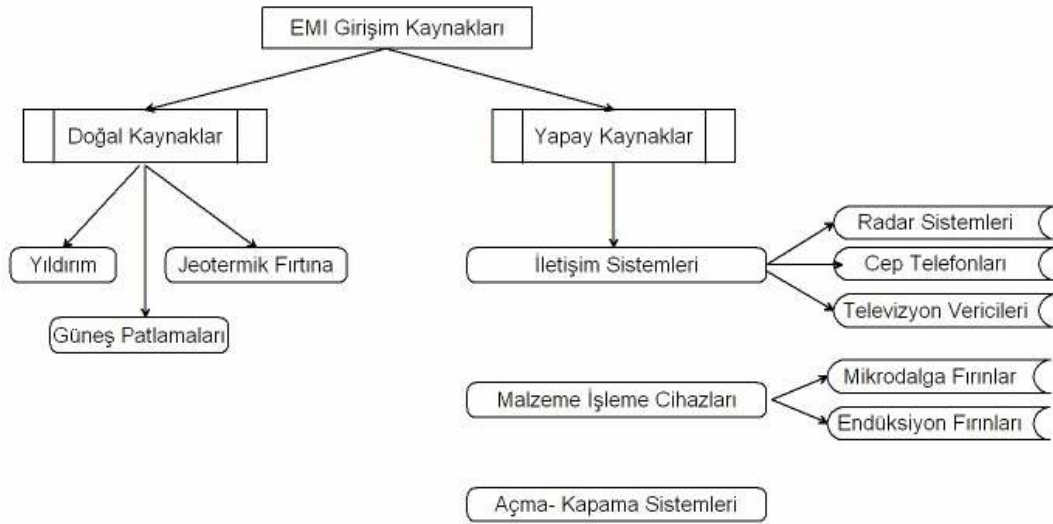
Şekil 2.7’de görüleceği üzere Elektromanyetik Girişim kaynakları genel olarak iki ana başlığa ayrılabilir. Bunlar;

- 1- Doğal Girişim Kaynakları
- 2- Yapay Girişim Kaynakları

Doğal Girişim Kaynakları: Yıldırım, güneş patlaması, jeomanyetik fırtına vb. doğal girişim kaynaklarını oluşturur. Yıldırım düşmesi sonucunda kısa bir zaman diliminde çok büyük bir enerji açığa çıkar. Yıldırım esnasında hızlı akım değişimlerinden geniş bantlı RF sinyalleri yayılır ve bu sinyaller girişim sorunları yaratır. Güneşte meydana

gelen patlamalardan ortaya çıkan elektromanyetik enerji, dünyaya kadar ulaşmakta ve özellikle haberleşme sistemlerinde girişimlere sebep olmaktadır.

Yapay Girişim Kaynakları: İnsan yapımı elektrik-elektronik cihaz ve sistemlerin gerçekleştirdikleri emisyonlar nedeniyle elektromanyetik ortamda etkileşimler meydana gelebilir. Radar sistemleri, Televizyon vericileri, Cep telefonları, mikrodalga fırınlar, açma-kapama sistemleri vb. bunlara örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.7. Elektromanyetik girişim kaynakları

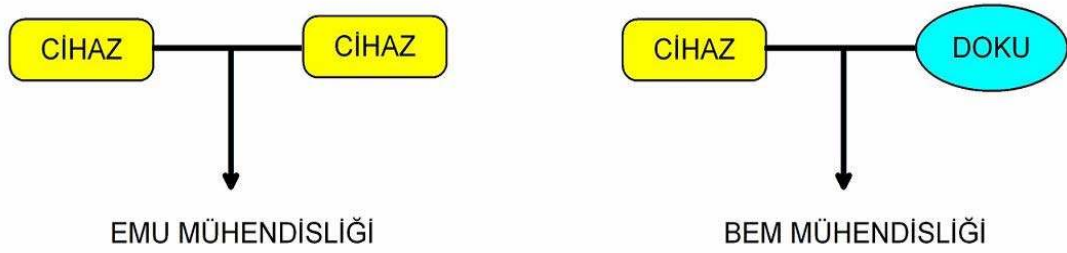
Girişim kaynağından çıkan elektromanyetik enerji, etkilenen sisteme farklı yollardan ulaşır. Girişim kaynağı iletken bir yol, hat kullanarak direk olarak etkileyeceği sisteme ulaşabileceği gibi başka bir girişim kaynağı üzerinden de etkileyeceği sisteme ulaşabilir. İletken yol herhangi bir iletken, güç hatları, sinyal hatları, topraklama hatları olabilir. Elektromanyetik enerji herhangi bir iletken yol kullanmadan ışıma yoluyla da etkilenen sisteme ulaşabilir.

2.5. Biyo-Elektromanyetik

Biyo elektromanyetik (BEM), elektromanyetik enerjinin canlı dokular üzerindeki etkisini inceler (Şekil 2.8). Her geçen gün elektromanyetik enerji yayan cihaz ve

sistemlerin artmasıyla birlikte biyo elektromanyetik konusu önem kazanmış, üniversitelerin ve araştırma enstitülerinin bu alandaki çalışmaları hız kazanmıştır.

Genel olarak ayırım yapmak gerekirse; Elektromanyetik uyum (EMC) elektronik cihazlar ve sistemler arasındaki uyumu incelerken, Biyo elektromanyetik, elektronik cihazlar ve sistemler ile canlı dokular arasındaki uyumu inceler.

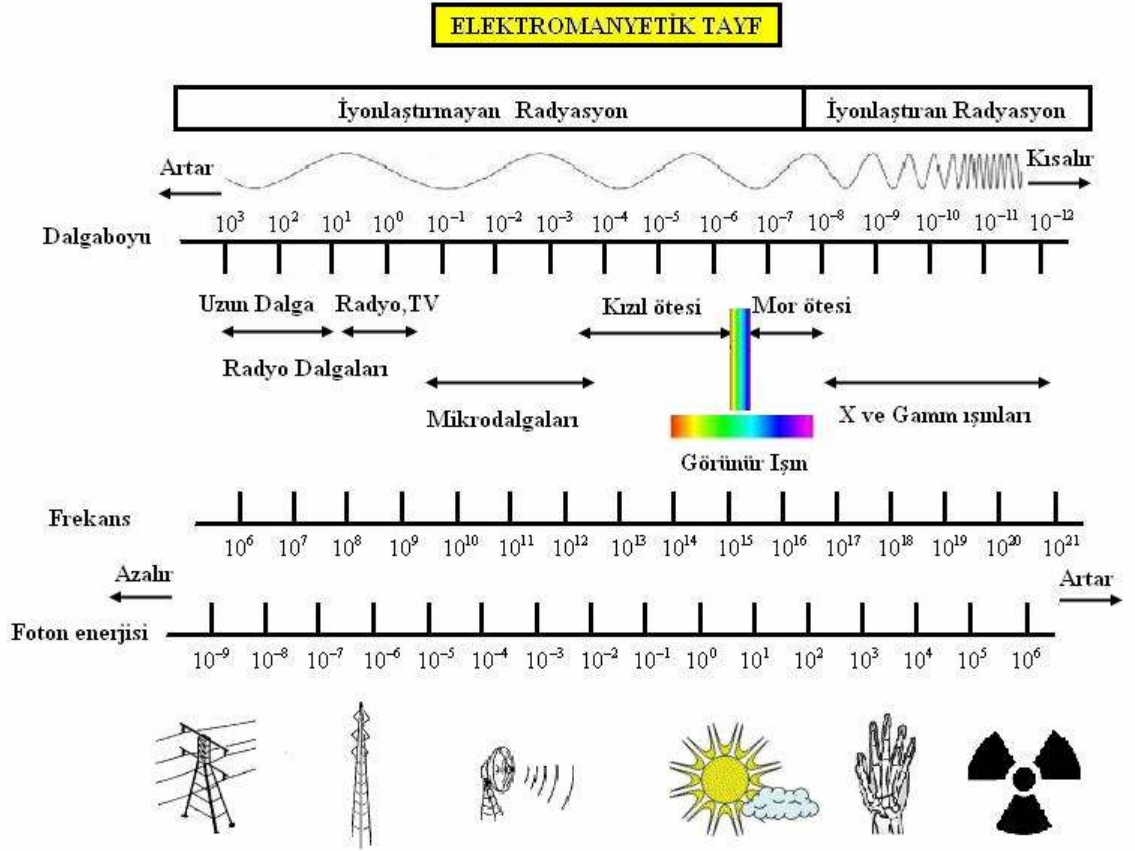


Şekil 2.8. EMU ve BEM

Şekil 2.9’da elektromanyetik tayf görülmektedir. Genel olarak ışınlımların atomlar üzerinde iyonlaşma yapıp yapamamasına göre iki ana başlığa ayrılır.

- İyonlaştırmayan Radyasyon (Düşük frekans ve kızılötesi ışınlar gibi),
- İyonlaştıran Radyasyon (X ve gamma ışınları).

İyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgalar insanlar üzerinde iki tür etki oluşturur. Bunlar, ısı etkileri ve ısı olmayan etkilerdir. Isı etkileri, vücut tarafından soğurulan elektromanyetik enerjinin ısıya dönüşmesi ve dolayısıyla vücut sıcaklığının artmasıdır. Örneğin cep telefonları genellikle beyin bölgelerine etki etmekte ve bu bölgede sıcaklık artışını ortalama olarak 0.1 °C civarında arttırmaktadır. Elektromanyetik dalgaların ısı olmayan etkileri arasında uyku bozuklukları, dikkat bozuklukları ve baş ağrıları bulunur. Yüksek enerjili iyonlaştırıcı elektromanyetik dalgalar, genetik ve DNA üzerinde değişikliklere yol açabilmektedir.



Şekil 2.9. Elektromanyetik tayf

Elektromanyetik dalgaların sahip oldukları enerjinin miktarı frekanslarıyla ilişkilidir. Frekans arttıkça enerji miktarı artar ve dalga boyu azalır. İnsan sağlığı için tehlike arz eden yüksek frekanslı ve yüksek enerjili elektromanyetik ışıınım olan x ve gamma ışıınımlarıdır.

Elektromanyetik enerjinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ölçümünde özgül soğurma hızı (SAR-Specific Absorption Rate) kullanılır. Birimi Watt/kg'dır. İnsan vücudu için 1 derecelik sıcaklık artışı sorun yaratır. İnsan vücudu için bir derecelik sıcaklık artışının gerçekleşmesi için bir kilogram doku parçası başına 4 Watt güç soğurulması gerekir. Standart kuruluşları tarafından sınır değeri olarak bu değerin 50'de biri olan 0.08 Watt/kg kabul edilmiştir.

2.5.1. Elektromanyetik soğurmadan (EMA) korunma yöntemleri

Elektromanyetik Soğurmadan korunmak için aşağıda maddeler halinde verilen durumlara dikkat etmek gerekir.

- CRT ekran yerine LCD ekranları tercih etmek,
- Dizüstü bilgisayar, traş makinası gibi cihazları kablolu değil pil ile çalıştırmak,
- Elektrikli cihazları kullanılmadığı takdirde stand-by konumunda bırakmamak, kapatmak,
- SAR değeri düşük cep telefonları tercih etmek,
- Bilgisayar ve televizyon ekranlarına fazla yaklaşmamak,
- Cep telefonlarını kulaklıkla veya serbest-el modunda kullanmak.

2.6. Elektromanyetik Uyum

Elektromanyetik uyumluluk; elektronik cihazların ve sistemlerin, herhangi bir girişime yol açmadan veya başka bir sistemden kaynaklanan girişimden etkilenmeden çalışması yeteneğidir. Kısaca söylemek gerekirse, sistemde bulunan bütün elektrik-elektronik cihazların birbirlerine zarar vermeden çalışabilmesi elektromanyetik uyumluluktur.

Bir sistemin elektromanyetik olarak uyumlu olabilmesi için üç şartı sağlaması gerekir. Birinci şart; sistem diğer sistemlerle birlikte elektromanyetik girişime neden olmamalıdır. Bir cihaz veya sistemin yaydığı elektromanyetik enerjiden dolayı yakınındaki cihazlar etkilenmemelidir. İkinci şart; elektronik cihaz veya sistemler, diğer sistemlerden yayılan elektromanyetik enerjiye (emisyonlar) karşı bağışıklı olmalı, bu enerjiden etkilenmemelidir. Üçüncü ve son şart ise; sistemin alt bileşenleri de kendi aralarında girişim oluşturmamalıdır.

2.7. Elektromanyetik Girişimden Korunma Yöntemleri

Elektronik bir cihaz ve sistemin üretiminde planlama aşamasından başlanarak ürün aşamasına gelene kadar her safhada elektromanyetik uyum konusunda gerekli önlemlerin alınması gerekir. Ürün ortaya çıktıktan sonra elektromanyetik uyum konusunda sorunları gidermek için yapılacak çalışmaların maliyeti, tasarım aşamasında uygulanan yöntemlerin maliyetine göre daha fazla olmaktadır.

Elektromanyetik girişim sorunlarından korunma yöntemlerinin temel ilkeleri şunlardır.

- Tasarım esnasında anten davranışı gösterebilecek uzun bağlantılar tercih edilmemelidir.
- Yüksek hızlı elemanlar (IGBT gibi) tercih edilmemelidir.
- Hızlı elemanlar kullanılacaksa, devre yerleşim düzeni tekrar kontrol edilmelidir.
- Elektromanyetik girişim etkileri her aşamada hesaba katılmalıdır.

Elektromanyetik uyum sorunlarıyla ilgili olarak korunma yöntemleri genel olarak dört başlık altında toplanır. Bunlar;

- 1-Ekranlama,
- 2-Topraklama,
- 3-Kablo ve Konnektörler,
- 4-Filtrelerdir.

2.7.1. Ekranlama

Elektronik sistem ve cihazların bir arada, girişimlerden etkilenmeden sorunsuz olarak çalışabilmesi için elemanlar arasında elektromanyetik olarak yalıtıma ihtiyaç duyulur. Tanım olarak ekranlama, iki ortamı elektromanyetik açıdan yalıtımak şeklinde verilir.

Ekranlanacak kaynak, elektrik dipolü veya manyetik dipolü gibi davranış gösterir. Elektrik dipolü özelliği gösteren kaynakların yakınında elektrik alan, manyetik dipolü özelliği gösteren kaynakların yakınında ise manyetik alan oluşur. Dolayısıyla elektrik dipol özelliği gösteren girişim kaynaklarında elektriksel ekranlama, manyetik dipol özelliği gösteren girişim kaynaklarında ise manyetik ekranlama yapılır. Genel olarak bir iletken tel üzerinden akım geçirilirse, tel elektrik dipol gibi davranır. Bununla birlikte halka şeklindeki bir iletkenin içinden akım akıtılırsa, halka şeklindeki iletken manyetik dipol gibi davranır.

Elektriksel ekranlama için iletken duvarlar, manyetik ekranlama için ferro-manyetik malzemeler kullanılır. Ekranlamanın başarısı ekranlama etkinliği (Shielding Effectiveness-SE) ile ölçülür. Ekranlama etkinliği SE, ekranlama yapılmadığı andaki alan şiddetinin, ekranlama yapıldığı andaki alan şiddetine oranı olarak verilir. Ekranlama etkinliği'nin birimi desibel'dir (dB) ve SE değerinin yüksek olması ekranlamanın iyi yapıldığını gösterir.

Gerçekleştirilmiş olan ekranlamanın performansı;

- Çalışma frekansına,
- Ekranlamada kullanılan malzemenin özelliklerine,
- Girişim kaynaklarına,
- Ekran üzerinde bulunan boşluklara,
- Ekran parçaları arasındaki bağlantılara

bağlıdır.

Elektriksel Alan Ekranlaması genel olarak 30 MHz gibi yüksek frekanslarda önem taşır. Manyetik Alan Ekranlaması ise 30 MHz'in altındaki frekanslarda önem kazanır. Çeşitli etkenler ekranlama performansını düşürür.

Bunlar;

- Ekran duvarında, havalandırma delikleri gibi bırakılması zorunlu olan açıklıklar,
- Ekran duvarında lehimler, perçinler gibi ek noktalarıdır.

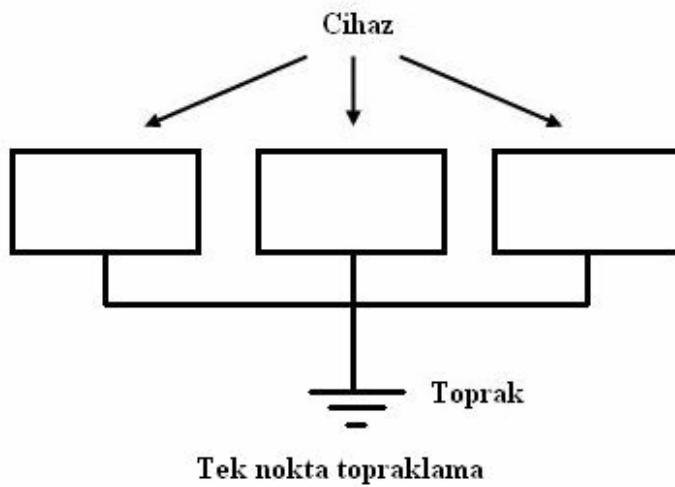
2.7.2. Topraklama

Toprak ifadesi, bir sistem için referans olan sıfır empedansa sahip eşpotansiyel noktasıdır. Pratik uygulamalarda eşpotansiyel nokta seviyesini elde etmek oldukça zordur. IEEE’de topraklama tanımı; “bir elektrik devresi veya cihazının iletken bir bağlantı ile yeryüzü (toprak potansiyeline) veya toprak yerine geçebilecek büyüklükte referans olan bir yüzeye bağlanması” şeklinde yapılır. Günlük uygulamalarda toprak yerine geçebilecek yapılar şu şekilde olabilir.

- Otomobil, Uzay gemisi gibi araçların gövdeleri,
- Topraklama plakası, kafesi,
- Çelik kafesli binalar,
- Su boruları,
- Toprak elektrodlu sistemler.

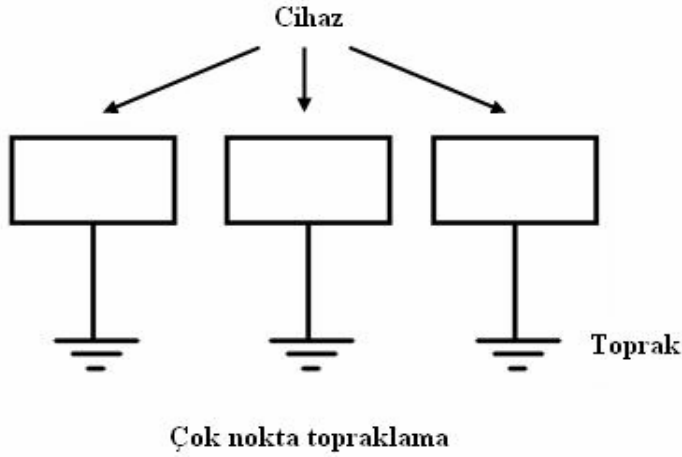
Genel olarak topraklama tek nokta, çok nokta ve hibrit topraklama olarak üç ana başlığa ayrılır.

Tek nokta topraklama metodunda, mevcut tüm alt sistemler aynı topraklama yüzeyine topraklanır. Genellikle alçak frekanslarda iyi sonuçlar verir (Şekil 2.10).



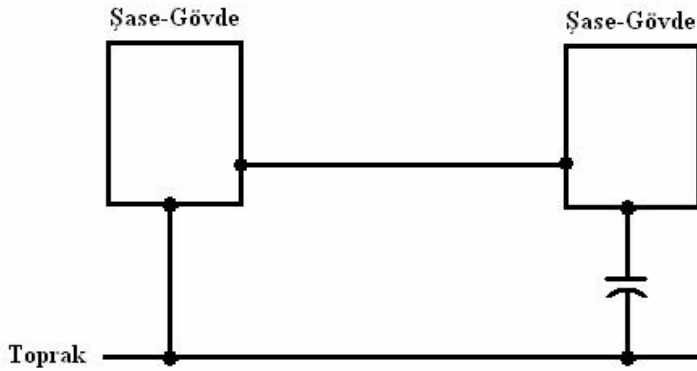
Şekil 2.10. Tek nokta topraklama

Çok nokta topraklama; Şekil 2.11’de görüldüğü gibi mevcut tüm alt sistemler topraklama yüzeyine topraklanır. Bu topraklama metodu 1 MHz’den daha yüksek frekans sistemlerinde kullanılır.



Şekil 2.11. Çok nokta topraklama

Hibrit topraklama metodunda toprak, alçak frekanslarda tek nokta topraklama, yüksek frekanslarda çok nokta topraklama gibi davranır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Hibrit topraklama

2.7.3. Kablolar ve konnektörler

Kablo ve konnektör seçimleri elektromanyetik uyumluluk konusunun önemli bir bileşenidir. Kablolar girişim kaynağının işaretlerini bir noktadan diğer bir noktaya

iletkenlik yoluyla girişim yaparak iletebileceği gibi üzerinde bulunan sinyali bir anten gibi ışıyım yoluyla girişim sergileyerek yayabilir. Kabloların EMC performansını belirleyen iki ana öge vardır. Bunlar;

- Ekranlama malzemesinin kalitesi
- Kablo ekran topraklamasıdır.

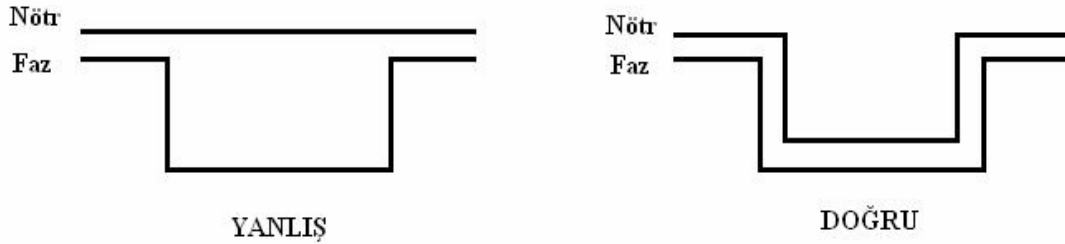
Kablolarda ekranlama malzemesi seçimi, çeşitli faktörler hesaba katılarak yapılır. Kablonun kullanıldığı ortam şartları, kablonun kullanım amaçları, istenilen elektromanyetik duyarlılığı ve tabii ki maliyet bu seçimde rol oynayan başlıca etkenlerdir. Örneğin kablo esnekliğinin fazla olmasının istenildiği bir durumda folyo ekranlama metodu yerine örgü yapılı ekranlama tercih edilir. Elektromanyetik uyumluluğun çok daha önem kazandığı haberleşme kablolarında örgü sıklığı diğer elektromanyetik uyumluluk ihtiyacının daha az olduğu kullanım alanlarındaki kablolarla göre daha fazladır. Tüm bu seçimler, ilgili kablo üretim standardında belirtilen limit değerler sağlanacak şekilde yapılmaktadır. Ekran ne kadar iyi yapılırsa ölçüm sonuçları o kadar limit değerden uzaklaşır ve kablo kalitesi bir o kadar artar. Fakat kablo maliyeti de kullanılan malzeme ve işçilik açısından doğru orantılı olarak artar.

Bakır ekranlama ile üretilmiş kablolar herhangi bir girişim kaynağından gelebilecek elektrik alan girişimine karşı korunmakta, fakat manyetik alan girişimine karşı korunmasızdır. Ferrit izolasyon kullanılarak manyetik alan girişimine karşı korunma sağlanabilir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Bakır ekranlama ile üretilmiş kablo

Faz ve nötr kablolarının boyları birbirlerinden farklı ise bu EMC problemlerine neden olabilir. Bu nedenle uygulamalarda mümkün olduğunca faz ve nötr kablo boyları eşit seviyede tutulmalıdır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Faz ve nötr kablolarında EMC problemi

EMC sorunları açısından kablolar gibi bir diğer önemli konu da konnektörlerdir. Elektromanyetik enerji yarık, çatlak ve aralık noktalarından kolayca sızıntı yapar. Elektronik sistemlerde kapak, gövde ve giriş panelleri gibi bir çok süreksizlik noktaları bulunur. Bu noktalardaki elektromanyetik sızıntıyı engellemek için kontak ve bağlantı elemanları kullanılır. Bağlantı noktalarında dikkat edilmesi gereken noktalar şöyledir.

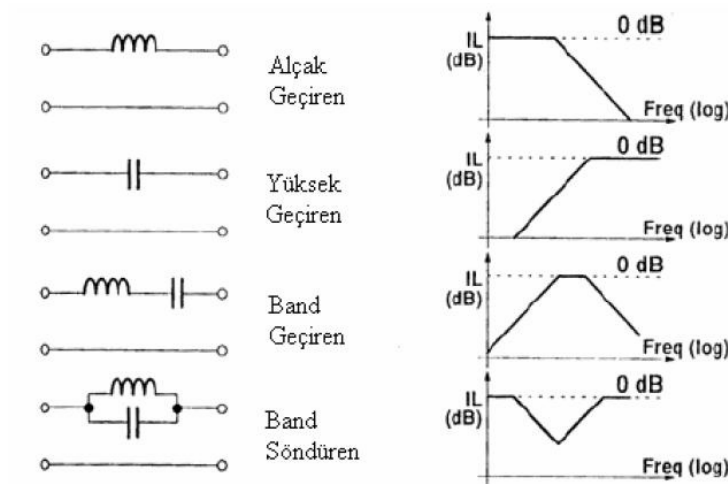
- Kabloların panele, yüzeye veya başka bir kabloya bağlanması esnasında sıkı temas sağlanmalıdır.
- Yüzeylerin teması sırasında açıklık bırakmamak için plastikler, contalar ya da yaylar kullanılmalıdır.

- Yüzey montajları için temas yüzeyleri temiz olmalı ve sıkı temas sağlanmalıdır.
- Bağlantı noktaları nemden korunmalıdır.

2.7.4. Filtreler

Elektriksel işaretler farklı frekans değerlerine sahiptir. Kullanılan işaret ile elektromanyetik girişim işareti farklı frekans değerlerinde ise, filtreler kullanılarak elektromanyetik girişim işareti süzülebilir (Şekil 2.15). Genel olarak filtreler elektronik filtreler ve ferrit filtreler olarak iki ana başlığa ayrılır.

Elektronik Filtreler: Temel elektronik devre elemanlarının kullanılmasıyla filtre düzenekleri oluşturulur. EMC sorunlarını gidermek üzere şebeke güçkaynağı filtreleri, DC güç kaynağı filtreleri ve telekomünikasyon filtreleri kullanılır. Filtre seçiminde çalışma özellikleri, elektriksel özellikler ve mekanik özellikleri belirleyici rol oynar.



Şekil 2.15. Elektronik filtreler

Ferrit Filtreler: Kablo boyunca ilerleyen işaretlerin oluşturduğu manyetik alanı engellemek için Şekil 2.16'da görüldüğü gibi tel etrafına ferrit bilezik takılır. Yaygın olarak bilgisayarların iç ve dış veri kablolarında, elektronik devrelerin iç ve dış enerji kablolarında, kartlar arası bağlantılarda kullanılırlar.

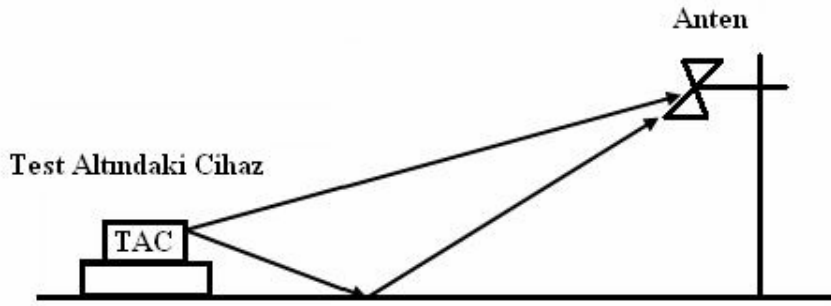


Şekil 2.16. Ferrit Filtreler

3. EMU TEST VE ÖLÇÜMLERİ

3.1 Açık Saha Test Alanı (ASTA)

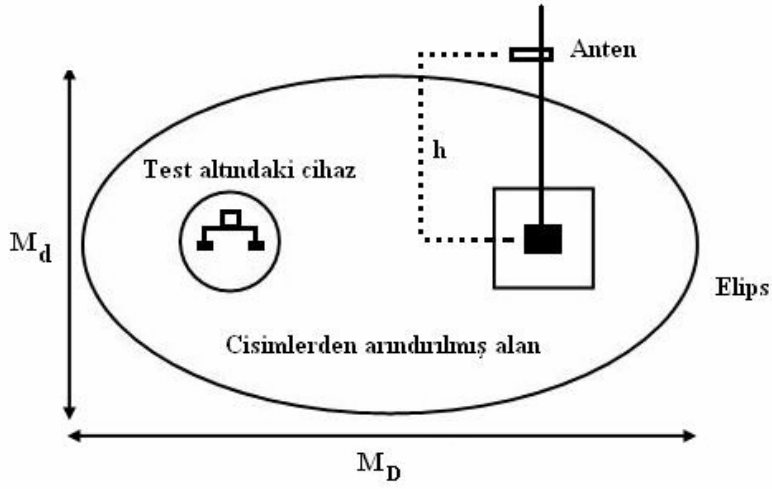
Uluslararası standartları belirleyen kuruluşlar; ışıma ile emisyon testi ve ışıma ile bağışıklık testleri için standart test ortamı olarak Açık Saha Test Alanını (ASTA) belirlemişlerdir. ASTA'nın kurulum yeri elektromanyetik kirliliğin az olduğu şehir merkezlerinden uzak kırsal bölgelerdir. Kurulum yerlerinin bu şekilde seçilmesinin sebebi, test altındaki cihazın gerçekleştirdiği ışımanın tam olarak belirlenmesinin istenmesi ve ortamda bulunan sinyaller ile test altındaki cihazın herhangi bir girişimde bulunmasının istenmemesidir.



Şekil 3.1. Açık saha test alanı (ASTA)

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi ışıma ile emisyon testinde ölçülen sinyalin birden fazla bileşeni vardır. Bunlar test altındaki cihazdan direkt gelen ve zeminden yansıtılarak gelen sinyallerdir. Işıma ile emisyon testinin amacı; test altındaki cihazın frekansa bağlı olarak yapmış olduğu ışımanın tepe değerinin belirlenmesidir.

Test alanında, test altındaki cihaz ile alıcı anten arasında toprak zemin yerine iletken zemin kullanılır (Şekil 3.2 ve Resim 3.1). Bunun nedeni toprak zeminin test altındaki cihazın yaydığı elektromanyetik ışımanın bir bölümünü alıcı antene ulaşmadan soğurmasıdır. İletken metal ise yansıtıcı bir ayna gibi davrandığından elektromanyetik ışımanın alıcı antene ulaşmasını sağlar.



Şekil 3.2. ASTA yerleşim planı



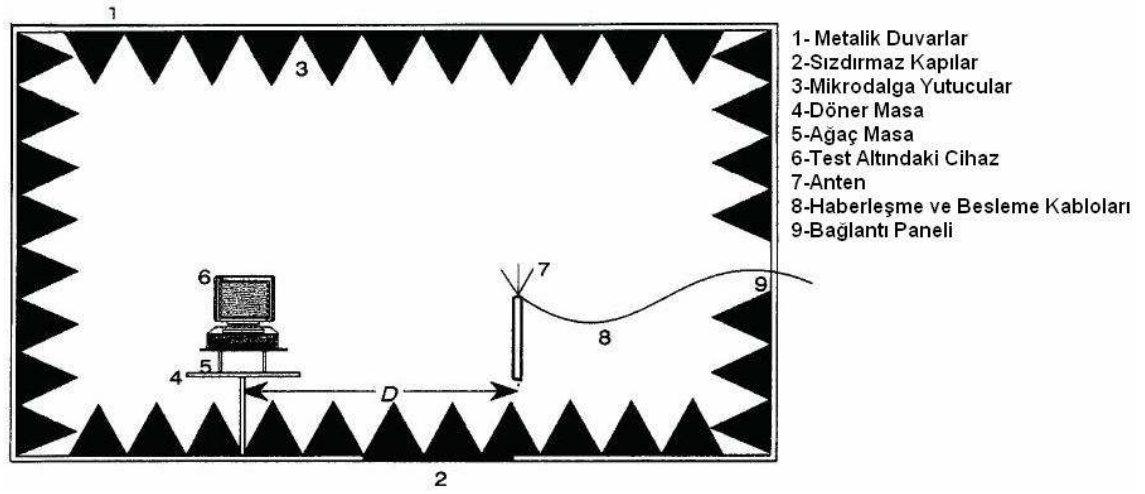
Resim 3.1. ASTA ortamı

3.2. Tam Yansısız Oda (TYO)

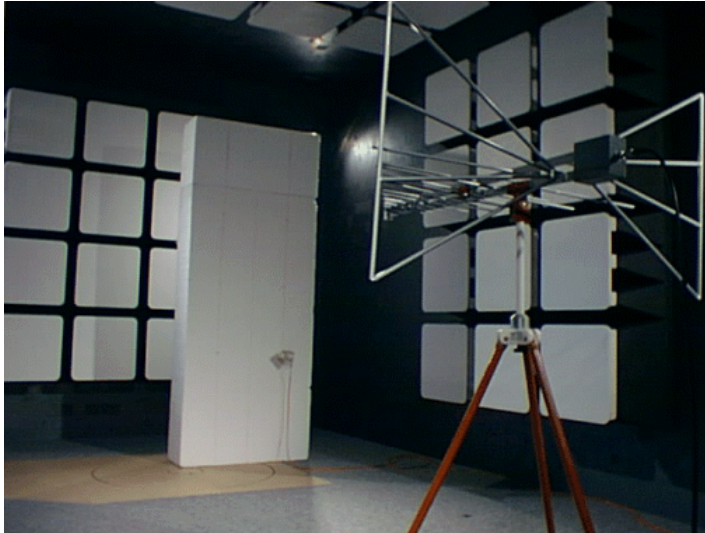
Laboratuvar ortamında elektromanyetik uyumluluk ölçümleri için tam yansısız oda (TYO) veya yarı yansısız oda test ortamları kullanılır (Şekil 3.3). Endüstriyel bölgelerde açık alanda bulunan gürültü seviyesinin yüksekliği ASTA ölçümlerini zorlaştırır. TYO ölçümleri ASTA'dan farklı olarak kapalı bir oda içinde gerçekleştirilir. Genellikle odanın dışı ile içerisi arasında 100 dB'den daha büyük bir izolasyon bulunur. Böylelikle ölçümün dış ortam gürültülerinden en az şekilde

etkilenmesi sağlanır ve çok düşük işaret seviyelerinde dahi güvenilir ölçümler yapılabilir. TYO ölçümlerinde, ölçüm zamanı ASTA' ya göre daha kısa olmaktadır.

TYO galvenizli saçtan yapılır ve oda içi yüzeyleri ferrit malzeme ile kaplanır (Resim 3.2). Personel ve cihaz giriş çıkışı için yaygın olarak sızdırmaz gasketli kapılar kullanılır.



Şelik 3.3. Tam yansız oda (TYO) yerleşimi



Resim 3.2. Tam yansız oda iç görünüşü

3.3. GTEM Hücresi (GigaHertz Transverse Electromagnetic)

GTEM hücresi 50 ohm yük ile sonlandırılmış ve dış yüzeyi gittikçe genişleyen piramit yüzey şeklindeki iletim hattıdır (Resim 3.3). GTEM hücreleri ASTA ölçümleri ya da TYO/YYO ölçümleri öncesinde yapılacak ölçümler için kullanılır. GTEM hücresinin belirgin özelliklerinden biri emisyon ve bağışıklık testlerinin gerçekleştirilmesi için açık alanlarda ve yansımatsız odalarda kullanılan geniş bantlı antenlere ihtiyaç duymamasıdır. Testler diğer ortamlara göre daha çabuk yapılabilmekte ve tasarım aşamasında maliyet düşmektedir.



Resim 3.3. GTEM hücresi

Bu 3 elektromanyetik uyumluluk test ortamı kablolarla elektromanyetik uyumluluk testleri için de kullanılabilir; fakat bu test ortamları kapsamlı oldukları, birçok çevresel düzenden oluştuğu ve kabloya özel ölçüm metodları olmadıkları için kablo ölçümlerinde verimli sonuçlar alınamamaktadır. Kablodan elde edilen değerler, çevresel ekipmanlar ve ortam tarafından çok fazla etkilenmektedir. Bu tezin 6. bölümünde detaylı olarak anlatılan 3 eksenli (triaksiyel) ölçüm düzeneği özel olarak kablolarla uygun olarak hazırlanmış bir elektromanyetik ölçüm düzeneğidir. Bu metodta transfer empedansı ölçümü yapılarak kabloların elektromanyetik uyumluluk açısından en önemli parçası olan ekranın verimliliği test edilmektedir. Bu metodla elde edilen sonuçlar, dış etkenlerden ve test düzeneğinden çok daha az etkilenmektedir.

4. ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK TEMEL STANDARTLARI

4.1. Standardın Tanımı

TSE (Türk Standardları Enstitüsü)'nin tanımına göre standartlar, insan sağlığını, can ve mal güvenliğini ön planda tutan, ürünlerin bir örnek, kaliteli, kullanım amacına elverişli ve bilhassa ekonomik olarak üretilmelerini öngören, bilimsel, teknik ve deneysel çalışmaların kesinleşmiş sonuçlarını esas alan, doğrulukları ispatlanmış dokümanlardır. BSI (İngiliz Standart Enstitüsü)'nin tanımına göre basit anlamda standart, bir şeyler yapmak için üzerinde anlaşılmış ve tekrarlanabilir yoldur. ISO (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu) 'nun tanımına göre ise; imalatta, anlayışta, ölçme ve deneyde bir örnekliktir. Standart, teknik spesifikasyonlar içeren ya da kesin kriterler ile tasarlanmış tutarlı kurallar, kılavuzluk bilgileri veya tanımlamalar içeren basılı bir dokümandır. Genel uygulamaları değil, üzerinde anlaşılmış en iyi uygulamaları tarif eder.

ISO 'nun tanımına göre standardizasyon ise; belirli bir faaliyetle ilgili olarak ekonomik fayda sağlamak üzere ilgili tarafların yardım ve işbirliği ile belirli kurallar koyma ve bu kuralları uygulama işlemidir.

Üretimde ya da hizmet sektöründe standardizasyon bir lüks değil, hayatı kolaylaştırmak için gerekliliktir. Standardizasyonla, hem üreticiler en uygun maliyetle kalite sınırında ürün üretebilir, hem de satıcılar ve kullanıcılar ürün ya da hizmetin her türlü güvenlik şartlarını karşıladığını bilir ve ürün ya da hizmetten emin olurlar.

4.2. Standardın Yararları

Standartlara uygun üretim yapmanın ya da hizmet sunmanın üreticiye, pazarlamacılara, tüketicilere ve ekonomiye faydası vardır.

Üreticiye Faydaları:

Standardizasyon üreticiye;

- Ürünün özelliklerini tayin etme,
- Üretimin programlanması,
- Yenilikçiliği artırma ve yeni üretilere geçme,
- Seri üretime geçilmesi,
- Kayıpların azaltılması,
- Verimin artması,
- Maliyetin düşürülmesi,
- Sektöründe farkındalık yaratma,
- Müşteri güvenini kazanma,
- Rekabette avantaj,

olanağını sağlar.

Tüketiciye Faydaları:

Standardizasyon tüketiciye;

- Alınan ürün ya da hizmetten emin olma,
- Ürünler arasında karşılaştırma,
- Can ve mal güvenliğini sağlama,
- Ürün ya da hizmetin kalitesinden emin olma,
- Fiyat avantajı,
- Bilinçli tüketim,

olanağı sağlar.

Ekonomiye Faydaları:

Standardizasyon ekonomide;

- Ürün ya da hizmetler hakkında ortak dilde konuşma,
- Ticarete kolaylık,
- Piyasada düzenleme,
- Piyasada güvenli ürün ya da hizmetin dolaşımı,
- Piyasada kaliteli ürün ya da hizmetin dolaşımı,

- Rekabetin teşvik edilmesi,
 - Gelişim,
- olanağı sağlar.

4.3. Standart Çeşitleri

Kabul gören, ortak olarak kullanılan teknik dokümanların çeşitleri vardır. Bunlar:

- Temel Standartlar (Basic Standards)
- Genel Standartlar (Generic Standards)
- Ürün Ailesi Standartları (Product Family Standards)
- Ürüne Özel Standartlar (Product Specific Standards)

4.4. Standardın Oluşturulma Yöntemleri

Direktif ya da düzenlemeleri hayata geçirmek için her türlü konu ya da ürünü açıkça tanımlayan standartlar gereklidir. Standartlar ulusal, bölgesel ya da uluslar arası standart kuruluşları tarafından oluşturulur.

TSE İhtisas Kurulları'nda, ülke şartları, can ve mal güvenliği, üretim ve ihracatı geliştirme, ithalatı denetleme, tüketici meseleleri, özel sektör ihtiyaçları, kanuni düzenlemeler, kalite ve çevre konularına öncelikli olmak üzere, yayımlanmış uluslar arası (ISO,IEC vb.) ve bölgesel (EN, HD vb.) standartlar ya da diğer gelişmiş ülkelerin milli standartları (BS, DIN, ASTM vb.) esas alınarak milli standartlarımız oluşturulur ve bu standartlar TSE Teknik Kurulları'nda onaylanır. TSE tarafından hazırlanan ve yayınlanan standartlar Türk Standardı olarak adlandırılır ve başına TS eklenir.

4.5. Ulusal Standart Kuruluşları

Gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkenin kendi ulusal standart kuruluşları vardır. Bu kuruluşlar Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Ulusal standart kuruluşları

Ülkesi	Ulusal Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Almanya	Deutsches Institut für Normung	DIN	www.din.de
Amerika	American National Standards Institute	ANSI	www.ansi.org
Arjantin	Instituto Argentino de Normalización	IRAM	www.iram.com.ar
Avusturalya	Standards Australia	SA	www.standards.org.au
Avusturya	Austrian Standards Institute	ON	www.on-norm.at
Bangladeş	Bangladesh Standards and Testing Institution	BSTI	www.bstibd.org
Barbados	Barbados National Standards Institution	BNSI	www.bnsi.com.bb
Belarus	Committee for Standardization, Metrology and Certification of Belarus	BELST	www.gosstandart.gov.by
Belçika	The Belgian Institution for Standardization	IBN/BIN	www.ibn.be
Belçika	The Belgian Electrotechnical Committee	BEC/CEB	www.bec-ceb.be
Bolivya	Instituto Boliviano de Normalización y Calidad	IBNORCA	www.ibnorca.org
Bosna Hersek	Institute for Standards, Metrology and Intellectual Property of Bosnia and Herzegovina	BASMP	www.basmp.gov.ba
Brezilya	Associação Brasileira de Normas Técnicas	ABNT	www.abnt.org.br
Brunei Sultanlığı	Construction Planning and Research Unit, Ministry of Development	CPRU	www.mod.gov.bn
Bulgaristan	Bulgarian Institute for Standardization	BDS	www.bds-bg.org

Çizelge 4.1. (Devam) Ulusal standart kuruluşları

Ülkesi	Ulusal Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Cezayir	Institut algérien de normalisation	IANOR	www.ianor.org.dz
Çek Cumhuriyeti	Czech Standards Institute	CSNI	www.cni.cz
Çin	Standardization Administration of China	SAC	www.sac.gov.cn
Çin	China Standards Information Center	CSSN	www.cssn.net.cn
Danimarka	Dansk Standard	DS	www.ds.dk
Ekvator	Instituto Ecuatoriano de Normalización	INEN	www.inen.gov.ec
El-Salvador	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT	www.conacyt.gob.sv
Endonezya	Badan Standardisasi	BSN	www.bsn.or.id
Ermenistan	National Institute of Standards and Quality	SARM	www.sarm.am
Estonya	Eesti Standardikeskus	EVS	www.evs.ee
Etyopya	Quality and Standards Authority of Ethiopia	QSAE	www.qsae.org
Fas	Service de Normalisation Industrielle Marocaine	SNIMA	www.mcinet.gov.ma/snim a
Filipinler	Bureau of Product Standards	BPS	www.bps.dti.gov.ph
Filistin	Palestine Standards Institution	PSI	www.psi.gov.ps
Finlandiya	Finnish Standards Association	QSAE	www.sfs.fi
Fransa	Association française de normalisation	AFNOR	www.afnor.org
Granada	Grenada Bureau of Standards	GDBS	www.gdbs.gd
Guatemala	Comisión Guatemalteca de Normas	COGUANOR	www.mineco.gob.gt
Guyana	Guyana National Bureau of Standards	GNBS	http://www.gnbs.info/
Güney Afrika	South African Bureau of Standards	SABS	www.sabs.co.za
Hırvatistan	State Office for Standardization and Metrology	DZNM	www.dznm.hr

Çizelge 4.1. (Devam) Ulusal standart kuruluşları

Ülkesi	Ulusal Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Hindistan	Bureau of Indian Standards	BIS	www.bis.org.in
Hollanda	Nederlands Normalisatie Instituut	NEN	www.nen.nl
Hong Kong	Innovation and Technology Commission	ITCHKSA R	www.itc.gov.hk
İngiltere	British Standards Institution	BSI	www.bsi-global.com
İran	Institute of Standards and Industrial Research of Iran	ISIRI	www.isiri.org
İrlanda	National Standards Authority of Ireland	NSAI	www.nsai.ie
İspanya	Asociación Española de Normalización y Certificación	AENOR	www.aenor.es
İsrail	The Standards Institution of Israel	SII	www.sii.org.il
İsveç	Swedish Standards Institute	SIS	www.sis.se
İsviçre	Swiss Association for Standardization	SNV	www.snv.ch
İtalya	Ente Nazionale Italiano di Unificazione	UNI	http://www.uni.com/uni/controller/en
İzlanda	Icelandic Council for Standardization	IST	www.stadlar.is
Jamaika	Bureau of Standards, Jamaica	BSJ	www.jbs.org.jm
Japonya	Japan Industrial Standards Committee	JISC	www.jisc.go.jp
Kanada	Standards Council of Canada	SCC	www.scc.ca
Kanada	Canadian Standards Association	CSA	www.csa.ca
Kazakistan	Committee for Standardization, Metrology and Certification	KAZMEMST	www.memst.kz
Kenya	Kenya Bureau of Standards	KEBS	www.kebs.org

Çizelge 4.1. (Devam) Ulusal standart kuruluşları

Ülkesi	Ulusal Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Kırgızistan	State Inspection for Standardization and Metrology	KYRGYZ ST	www.kmc.gov.kg
Kolombiya	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	ICONTEC	www.icontec.org.co
Kore	Korean Agency for Technology and Standards	KATS	www.ats.go.kr
Kosta Rika	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica	INTECO	www.inteco.or.cr
Kuveyt	Public Authority for Industry, Standards and Industrial Services Affairs	KOWSMD	www.pai.gov.kw
Küba	Oficina Nacional de Normalización	NC	www.nc.cubaindustria.cu
Letonya	Latvian Standard	LVS	www.lvs.lv
Litvanya	Lithuanian Standards Board	LST	www.lsd.lt
Lübnan	Lebanese Standards Institution	LIBNOR	www.libnor.org
Lüksemburg	Service de l'Energie de l'Etat, Organisme Luxembourgeois de Normalisation	SEE	www.see.lu
Macaristan	Magyar Szabványügyi Testület	MSZT	www.mszt.hu
Malezya	Department of Standards Malaysia	Standards Malaysia	www.standardsmalaysia.gov.my
Malta	Malta Standards Authority	MSA	www.msa.org.mt
Maritus	Mauritius Standards Bureau	MSB	www.gov.mu/portal/sites/msb/index.htm
Meksika	Dirección General de Normas	DGN	www.economia.gob.mx
Mısır	Egyptian Organization for Standardization and Quality Control	EO	www.eos.org.eg

Çizelge 4.1. (Devam) Ulusal standart kuruluşları

Ülkesi	Ulusal Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Moldova	Department of Standardization and Metrology	MOLDST	old.ournet.md/~standard
Nikaragua	Dirección de Tecnología, Normalización y Metrología	DTNM	www.mific.gob.ni/
Nijerya	Standards Organisation of Nigeria	SON	www.sononline-ng.org
Norveç	Standards Norway	SN	www.standard.no
Pakistan	Pakistan Standards and Quality Control Authority	PSQCA	www.psqca.com.pk
Panama	Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas	COPANIT	www.mici.gob.pa
Papua Yeni Gine	National Institute of Standards and Industrial Technology	NISIT	www.nisit.gov.pg
Peru	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual	INDECOP I	www.indecopi.gob.pe
Polonya	Polish Committee for Standardization	PKN	www.pkn.pl
Portekiz	Instituto Português da Qualidade	IPQ	www.ipq.pt
Romanya	Asociatia de Standardizare din România	ASRO	www.asro.ro
Rusya	Federal Agency for Technical Regulation and Metrology	Rostekhnreg ulirovaniye	www.gost.ru
Seyşeller	Seychelles Bureau of Standards	SBS	www.seychelles.net/sbsorg
Sırbistan Karadağ	Institution for Standardization of Serbia and Montenegro	ISSM	www.jus.org.yu
Singapur	Standards, Productivity and Innovation Board	SPRING SG	www.spring.gov.sg

Çizelge 4.1. (Devam) Ulusal standart kuruluşları

Ülkesi	Ulusal Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Slovakya	Slovak Standards Institute	SUTN	www.sutn.gov.sk
Slovenya	Slovenian Institute for Standardization	SIST	www.sist.si
Suriye	The Syrian Arab Organization for Standardization and Metrology	SASMO	www.sasmo.org
Suudi Arabistan	Saudi Arabian Standards Organization	SASO	www.saso.org.sa
Şili	Instituto Nacional de Normalizacion	INN	www.inn.cl
Tayland	Thai Industrial Standards Institute	TISI	www.tisi.go.th
Tayvan	The Bureau of Standards, Metrology and Inspection	BSMI	www.bsmi.gov.tw
Trinidad ve Tobago	Trinidad and Tobago Bureau of Standards	TTBS	www.ttbs.org.tt
Türkiye	Türk Standardları Enstitüsü	TSE	www.tse.org.tr
Uganda	Uganda National Bureau of Standards	UNBS	www.unbs.org
Ukrayna	State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine	DSSU	www.dssu.gov.ua/control/en
Umman	Directorate General for Specifications and Measurements	DGSM	www.mocioman.gov.om/
Uruguay	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas	UNIT	www.unit.org.uy
Ürdün	Jordan Institution for Standards and Metrology	JISM	www.jism.gov.jo
Vietnam	Directorate for Standards and Quality	TCVN	tcvn.gov.vn
Yeni Zellanda	Standards New Zealand	SNZ	www.standards.co.nz
Yunanistan	Hellenic Organization for Standardization	ELOT	www.elot.gr

4.6. Bölgesel Standart Kuruluşları

Çeşitli ülkeler biraraya gelerek belirli bir alana yönelik ya da genel olarak ortak standart geliştirmek amacıyla çeşitli bölgesel standart kuruluşları oluşturmaktadır. Bölgesel bazlı bu kuruluşlar Çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Bölgesel standart kuruluşları

Bölgesi	Bölgesel Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
Afrika	African Regional Organization for Standardization	ARSO	www.arso-oran.org
	Southern African Development Community (SADC) Cooperation in Standardization	SADCSTAN	www.sadcstan.co.za
Amerika	Pan American Standards Commission	COPANT	www.copant.org
	MERCOSUR Standardization Association	AMN	www.amn.org.br
	CARICOM Regional Organisation for Standards and Quality	CROSQ	www.crosq.org
Asya-Pasifik	Pacific Area Standards Congress	PASC	www.pascnet.org
	ASEAN Consultative Committee for Standards and Quality	ACCSQ	www.aseansec.org
Avrupa	European Committee for Standardization	CEN	www.cen.eu
	European Committee for Electrotechnical Standardization	CENELEC	www.cenelec.org
	United Registrar of Systems	URS	www.urs.co.uk
	European Telecommunications Standards Institute	ETSI	www.etsi.org

Çizelge 4.2. (Devam) Bölgesel standart kuruluşları

Avrupa	Euro-Asian Council for Standardization, Metrology and Certification	EASC	www.easc.org.by
	Institute for Reference Materials and Measurements	IRMM	irmm.jrc.ec.europa.eu
Ortadoğu	Arab Industrial Development and Mining Organization	AIDMO	http://www.arifonet.org.ma
	International Arabic Union	IAU	www.ia-union.org

EMU konusu da dahil olmak üzere çeşitli konular hakkında standart geliştiren bölgesel kuruluşlardan en önemlisi Avrupa’da faaliyet gösteren CEN,CENELEC ve ETSI’dir.

4.6.1. CEN (European Committee for Standardization)

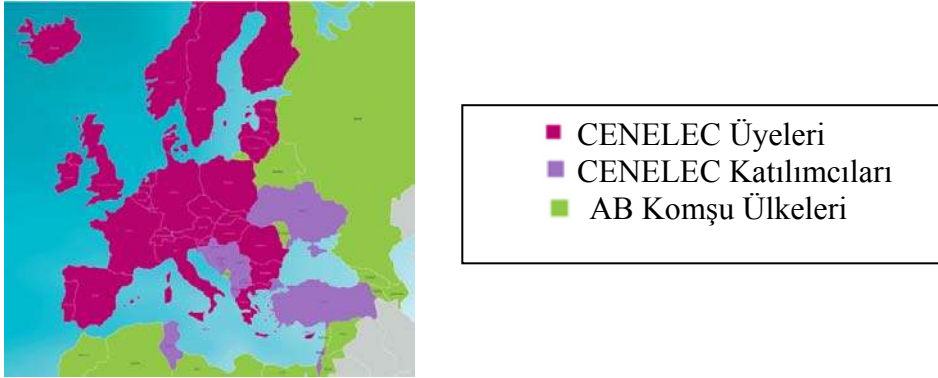
Avrupa Standart Komitesi olan CEN, Avrupa endüstrisi ve tüketicisi için ticaretteki engelleri kaldırmak üzere gerekli standardizasyon çalışmalarını yapan bir kuruluştur. Avrupa Standartları (EN) ve teknik spesifikasyonlarını geliştirmek için gerekli ortamı sağlar.

CEN’e üye 30 ulusal standart kuruluşu birlikte gönüllü olarak çalışarak Avrupa Standartları’nı geliştirir. CEN’in Yönetim Merkezi Brüksel’de olup, Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC), Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) ve Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) ile yakın olarak çalışmaktadır.

CEN tarafından yayınlanan EMU Standartları EK-2’de verilmiştir.

4.6.2. CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi CENELEC, iki Avrupa organizasyonu olan CENELCOM ve CENEL'in 1973 yılında birleşmesiyle oluşmuştur. Belçika kanunları altında kar amacı gütmeyen teknik bir organizasyon olup, 30 Avrupa ülkesinin ulusal elektroteknik komitelerinden oluşur. Bununla birlikte Türkiye'nin de içinde bulunduğu komşu 8 ülkenin ulusal komiteleri CENELEC çalışmalarına katılırlar (Resim 4.1). CENELEC tarafından yayınlanan EMU Standartları EK-1'de verilmiştir.



Resim 4.1. CENELEC Haritası

4.6.3. ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) sabit, mobil, radyo, yayın ve internet teknolojileri dahil, bilişim ve haberleşme teknolojileri için tüm dünyada uygulanabilen standartları geliştirir. Avrupa Komisyonu tarafından resmi bir Avrupa standart organizasyonu olarak tanınır. Kar amacı gütmeyen bir kuruluş olan ETSI dünya çapında 60 ülkeden 700 üye kuruluşa sahiptir.

ETSI ile ilgili taraflar ise;

- Üreticiler,
- Network operatörleri,

- Ulusal yönetimler,
- Servis sağlayıcıları,
- Araştırma kuruluşları,
- Kullanıcı grupları,
- Danışmanlar olmaktadır.

Tüm tarafların işbirliği sonucunda üretilen sürekli gelişen Bilişim ve Haberleşme Teknolojisi standartları aşağıdaki alanları da kapsar:

- Güvenlik,
- Uydu,
- Yayın,
- İnsan Faktörleri,
- Test ve Protokoller,
- Akıllı Nakil,
- Güç-Hattı Haberleşmesi,
- e-Sağlık,
- Akıllı Kartlar,
- Acil Durum Haberleşmeleri,
- ve diğerleri.

ETSI tarafından yayınlanan EMU Standartları EK-3’de verilmiştir.

4.7. Uluslararası Standart Kuruluşları

Ulusal ve bölgesel standart kuruluşlarının haricinde bu kuruluşların çalışmalarına müdahil olmadan, fakat aynı zamanda bu kuruluşların çalışmalarından yararlanarak belli bir alanda ya da genel alanlarda uluslararası standart geliştiren bir çok uluslararası standart geliştiren kuruluş vardır.

Uluslararası standart kuruluşlarının listesi, Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Uluslararası standart kuruluşları

Uluslararası Standard Kuruluşu Adı	Kısa Adı	Web Sitesi
3rd Generation Partnership Project	3GPP	www.3gpp.org
3rd Generation Partnership Project 2	3GPP2	www.3gpp2.org
Accellera Organization	Accellera	www.accellera.org
American Concrete Institute	ACI	www.concrete.org
Association for Information and Image Management	AIIM	www.aiim.org
American National Standards Institute	ANSI	www.ansi.org
Bureau International des Poids et Mesures	BIPM	www.bipm.org
International Special Committee on Radio Interference	CISPR	www.iec.ch/zone/emc/emc_cis.htm
Deutsches Institut für Normung	DIN	www.din.de
Fédération Aéronautique Internationale	FAI	www.fai.org
Global supply chain standards	GS1	www.gs1.org
International Electrotechnical Commission	IEC	www.iec.ch
Institute of Electrical and Electronics Engineers	IEEE	www.ieee.org
International Organization for Standardization	ISO	www.iso.org
The International Telecommunication Union	ITU	www.itu.int
International Union of Pure and Applied Chemistry	IUPAC	www.iupac.org
Media Grid Standards Organization	Media Grid	mediagrid.org
Organization for the Advancement of Structured Information Standards	OASIS	www.oasis-open.org
Open Geospatial Consortium	OGC	www.opengeospatial.org
Organization of Hotel Industry Classification & Certification	OHICC	www.ohicc.com
Website Standards Association	WSA	www.websitestandards.com

EMU konusu da dahil olmak üzere çeşitli konular hakkında standart geliştiren uluslararası kuruluşlardan en önemlileri ISO, IEC, CISPR'dir.

4.7.1. ISO (International Organization for Standardization)

Uluslararası Standart Organizasyonu olan ISO, 157 ülkenin ulusal standart enstitülerinden oluşan bir ağıdır. 1946 yılında İsviçre'nin Cenevre kentinde kurulan organizasyon, IEC'nin (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu) çalışma sahasına

giren elektrik ve elektronik mühendisliği konuları dışında bütün teknik ve teknik olmayan dallardaki standartların belirlenmesi çalışmalarını yürütür.

Uluslararası standartların en büyük geliştiricisi ve yayıncısı olan ISO, toplum ile özel sektör arasında bir köprü görevi görür. Kuruluş hem toplumun hem de özel sektörün ihtiyaçlarını karşılayacak çözümleri üretmek için konsensus sağlar.

Standartlaştırma, ölçme, adlandırma ve yabancı adları çeşitli dillere çevirmeyle, makinelerin, deney idarecilerinin, aletlerin, işlemlerin, yüzeylerin, malzemelerin ve parçaların taşınması gereken özelliklerin ve bu özelliklerin arz edilme biçiminin tespiti gibi konular Uluslararası Standartlar Teşkilatı'nın faaliyet sahasına girer. Bu teşkilat talep üzerine özel bir ilmi standart konusunu çözüme bağlamak üzere uluslararası teknik komiteler kurarak, bu komitelerin çalışmalarının neticelerini yayımlar. Teknolojik ihtiyaçlardan dolayı ISO standartları, her beş yılda bir gözden geçirilir ve gerekli değişiklikler yapılır.

4.7.2. IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu IEC, elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler üzerine uluslararası standart hazırlar ve yayımlar. 1906 yılında Londra'da kurulma fikri ortaya çıkan IEC, bu tarihten itibaren dünya elektroteknik endüstrisine küresel standartlar sağlar. Genel merkezi İsviçre'nin Cenevre kentinde olan IEC'nin Asya-Pasifik, Kuzey Amerika, Latin Amerika olmak üzere üç adet bölgesel merkezi bulunur. Üye sayısı 72 olmakla beraber 83 ülke de çalışmalarında katılımcı olarak yer almaktadır. Çalışmalarını teknik komiteler üzerinden yürüten IEC 174 adet teknik komiteye sahiptir. IEC tarafından yayınlanan EMU Standartları EK-4'te verilmiş olup, IEC'nin günümüze kadar hazırlamış olduğu yayınlar ve sayıları şu şekilde belirtilmiştir:

<u>Yayınlar</u>	<u>Sayıları</u>
• Toplam Yayın Sayısı	6027
• Uluslararası Standartlar	5425
• Teknik Spesifikasyonlar	195
• Teknik Raporlar	340

4.7.3. CISPR (Uluslar arası Radyo Girişimi Özel Komitesi)

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu'nun alt komitelerinden biri olan CISPR elektrik ve elektronik cihazlardaki elektromanyetik girişimi kontrol eden standartların hazırlanması amacıyla 1934 yılında oluşturulmuştur. Farklı alanlardan sorumlu altı alt komiteden oluşur. Bu komiteler ve sorumluluk sahaları şöyledir;

- Alt komite A: Radyo girişim ölçümleri ve istatistiksel metodları,
- Alt komite B: Endüstriyel, bilimsel, tıbbi cihazların, yüksek gerilim ekipmanlarının, güç hatlarının girişim ölçümleri,
- Alt komite D: Motorlu araçlardaki girişim,
- Alt komite F: Ev alet ve gereçleri, aydınlatma cihazlarındaki girişim,
- Alt komite H: Radyo hizmetlerini korumadaki sınırlamaları oluşturma,
- Alt komite I: Bilgi teknoloji ekipmanları, multimedya ekipmanları ve alıcıların elektromanyetik uyumluluğudur.

CISPR tarafından yayınlanan EMU Standartları EK-5'te verilmiştir.

5. EMU TEST VE ÖLÇÜMLERİNDE AKREDİTASYON

5.1. TÜRKAK- Türk Akreditasyon Kurumu

Akreditasyon, uygunluk değerlendirmesi kuruluşlarının yeterliliklerinin onaylanmasıdır. Uygunluk değerlendirmesi ise, ürünlerin veya hizmetlerin istenen şartlara uygunluğunu göstermek amacıyla yapılan; test, analiz, muayene, kalibrasyon ve belgelendirme işleridir. Dolayısıyla uygunluk değerlendirmesi yapan kuruluşlar yani test, analiz, muayene, kalibrasyon ve belgelendirme yapan kuruluşlar, gerçekleştirdikleri bu faaliyetlerdeki yeterliliklerini akreditasyon kuruluşlarından akredite olarak onaylatabilirler.

Ülkemizde de uygunluk değerlendirmesi faaliyetlerini akredite etmek için, 4 Kasım 1999 tarihinde yayımlanan 4457 sayılı kanunla Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) kurulmuştur. TÜRKAK 15 Haziran 2001 tarihi itibarıyla akreditasyon başvurularını kabul etmeye başlamıştır.

TÜRKAK 4 Nisan 2006 tarihinde Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ile Kalite Yönetim Sistemleri Belgelendirmesi, test ve kalibrasyon laboratuvarları ile muayene kuruluşlarının akreditasyonlarının uluslararası tanınabilirliğini sağlayan Çok Taraflı Tanınma Anlaşmasını (MLA) imzalamıştır. Yine aynı şekilde TÜRKAK, Avrupa Akreditasyon Birliği'nin (EA) 14-18 Ocak 2008 tarihleri arasında gerçekleştirdiği denetimle Ürün Belgelendirme, Çevre Yönetim Sistemleri Belgelendirme ve Personel Belgelendirme alanlarında da Karşılıklı Tanınma Anlaşması imzalamaya hak kazanmıştır.

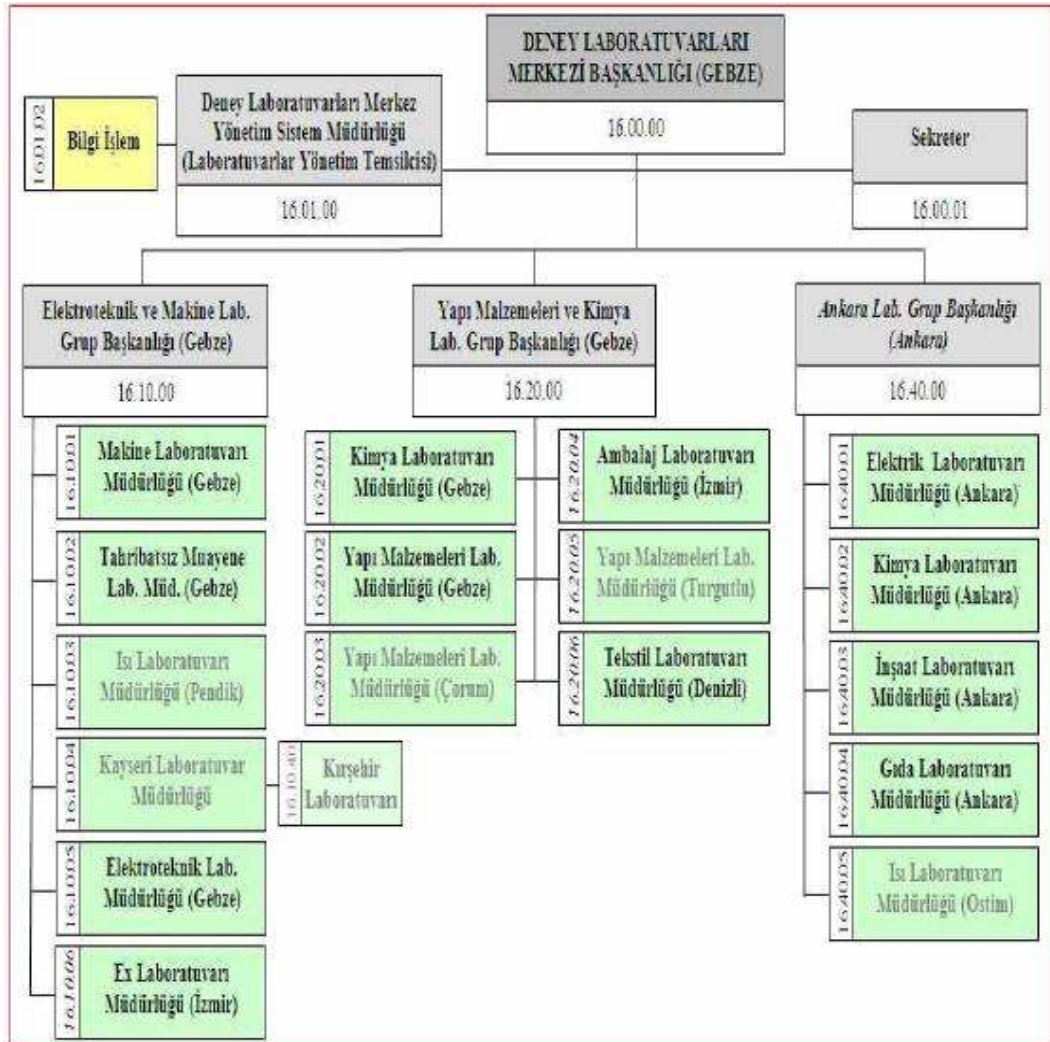
Eylül 2009 itibarıyla TÜRKAK tarafından akredite edilen kuruluş sayıları şöyledir.

- Deney Laboratuvarları: 239
- Kalibrasyon Laboratuvarları: 61
- Sistem Belgelendirme Kuruluşları: 38
- Muayene Kuruluşları: 44
- Ürün Belgelendirme Kuruluşları: 15
- Personel Belgelendirme Kuruluşları: 9

5.2. TÜRKAK'tan EMC Testleri Alanında Akredite Kurumlar

5.2.1. Türk Standardları Enstitüsü

Türk Standardları Enstitüsü, her türlü ürün ve mamüller ile usul ve hizmet standartlarını yapmak amacıyla 1960 yılında kurulmuştur. TSE, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın ilgili kuruluşları arasındadır. Şekil 5.1'de TSE Deney Laboratuvarları Merkezi Başkanlığı organizasyon şeması görülmektedir.



Şekil 5.1. TSE Deney Laboratuvarları Merkezi Başkanlığı organizasyon şeması

Türk Standardları Enstitüsü'nün görevleri şu şekildedir;

- Her türlü standardı hazırlamak ve hazırlatmak,
- Hazırlanmış standartları tetkik etmek ve uygunsa Türk Standardı olarak kabul etmek,
- Kabul edilen standartları yayımlamak,
- Standart konusunda bilimsel ve teknik incelemelerde araştırmalarda bulunmak,
- İhtiyari standartların uygulanmasını kontrol etmek için laboratuvarlar kurmak,
- Metroloji ve kalibrasyon ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmak

Türk Standardları Enstitüsü'nde EMU alanında aşağıda belirtilen test ve deneyler gerçekleştirilir. TSE bu deney kapsamlarının bazılarında TÜRKAK'tan akreditedir ve TSE'nin güncel akreditasyon kapsamı TÜRKAK internet sitesinden yayınlanır. Ayrıca TSE tarafından yayınlanan EMU Standartları EK-6'da verilmiştir. TSE'de yapılan EMU testleri şöyledir:

Yansımasız oda deneyleri: Bu deneyler Resim 5.1'de gösterilen yansımasız odada yapılır ve

- Yayınlanan RF Elektromanyetik Alan Bağışıklık Deneyi.
- Yayılım Bozulması Deneyi

olmak üzere iki çeşittir.

Yayınlanan RF elektromanyetik alan bağışıklık deneyi, EN 61000-4-3 standardına uygun olarak yapılır.

Yayılım bozulması deneyi, EN 55011, EN 55013, EN 55022 standartlarına uygun olarak yapılır.



Resim 5.1. Yarı yansız oda

Faraday kafesi 1-2 deneyleri: TSE’de Faraday kafesi 1-2 deneyleri Resim 5.2’de gösterilen odada yapılır.



Resim 5.2. Faraday kafesi 1-2

Bu odada yapılan deneyler ve bu deneylerin nasıl yapıldığını anlatan deney standartları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Faraday kafesi 1-2 deneyleri ve deney standartları

Deney Adı	Deney Standartları
Elektrostatik Boşalma Bağışıklık Deneyi	EN 61000-4-2
Elektriksel Hızlı Geçici Rejim/Patlama Bağışıklık Deneyi	EN 61000-4-4
Ani Yükselmelere Karşı Bağışıklık Deneyi	EN 61000-4-5RF
Alanlar Taraf.dan End.lenen İlet.Bozul.Karşı Bağışık.Deneyi	EN 61000-4-6
Şebeke Frekanslı Manyetik Alan Bağışıklık Deneyi	EN 61000-4-8
Şebeke Frekanslı Manyetik Alan Bağışıklık Deneyi	EN 61000-4-9
Ger. Çukurları, Kısa Kesintiler ve Gerilim Değişm. ile İlgili Bağış. Deneyi	EN 61000-4-11
Azalan Sönümlü manyetik alan Bağışıklık Deneyi	EN 61000-4-10

Faraday kafesi 3 deneyleri: TSE’de bulunan bir başka Faraday kafesi Resim 5.3’te gösterilmektedir.



Resim 5.3. Faraday kafesi -3

Bu, özel EMU test odasında yapılan deneyler ve deneylerin nasıl yapıldığını anlatan deney standartları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Faraday kafesi 3 deneyleri ve deney standartları

Deney Adı	Deney Standartları
Giriş Bağışıklığı Deneyi	EN 55020
RF Gerilimlerine Bağışıklık Deneyi	EN 55020
RF Akımlarına Bağışıklık Deneyi	EN 55020
Yayılan Alanlardan Bağışıklık Deneyi	EN 55020
Ekranlama Etkisi	EN 55020

Aydınlatma ve tıktırtı deneyleri: Resim 5.4’te gösterilen test düzeneğinde, aydınlatma ve tıktırtı deneyleri yapılır. Bu deneylerden aydınlatma vb. cihazların RF bozulması deneyi EN 55015 standardına, süreksiz girişim bozulması deneyi ise EN 55014 standardına uygun olarak yapılır.



Resim 5.4. Aydınlatma ve tıktırtı deneyi

Harmonik ve kırışma deneyleri: TSE’de, Resim 5.5’te gösterilen test düzeneği ile harmonik ve kırışma deneyleri yapılır. Bu deneylerden harmonik bozulması deneyi

EN 61000-3-2 standardına, gerilim kırışmaları deneyi ise EN 61000-3-3 standardına uygun olarak yapılır.



Resim 5.5. Harmonik ve kırışma deneyleri

Şebeke bozulmaları deneyleri: Şebeke bozulmaları deneyleri, TSE’de Resim 5.6’da gösterilen test düzeneği ile yapılır. Bu düzenek ile EN 55011, EN55013, EN 55014, EN 55015, EN 55022 standartlarına uygun olarak bağlantı ucu gerilim bozulması ölçülürken, EN 55014 standardına uygun olarak da bağlantı ucu güç bozulması ölçülür.



Resim 5.6. Şebeke bozulmaları deneyleri

Açık alan deney sahası: TSE’de Resim 5.7’de gösterilen açık alan deney sahasında EN 55011, EN 55013, EN 55022 standartlarına uygun olarak yayılım bozulması deneyi yapılır.



Resim 5.7. Açık alan deney sahası

5.2.2. Tübitak

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu bünyesinde bulunan Ulusal Metroloji Enstitüsü’nün (UME) amacı, ulusal ölçüm standartlarını oluşturmak ve uluslararası izlenebilirliği sağlamaktır. Fizik grubu altında bulunan Elektromanyetik Metroloji Laboratuvarı üç ana birimden oluşmaktadır. Bunlar; zaman ve frekans, dalgaboyu standartları, elektromanyetik uyum birimleridir. Endüstriyel ürünlerin ve taşıtların Avrupa Birliği üyesi ülke pazarlarında yerlerini alabilmeleri için, Elektromanyetik Uyumluluk testlerinden geçmesi gerekir. Bu testlerden geçen endüstriyel ürünler “CE”, araçlar “e” işaretine sahip olabilir ve pazardaki yerlerini alabilirler. TÜBİTAK-UME Elektromanyetik Metroloji Laboratuvarı EMC biriminde, EMC testlerinin tam uyumlu (fully compliance) bir şekilde yapılması, “CE” ve “e” işaretlerinin verilebilmesi için gerekli test ve ölçüm sistemleri bulunmaktadır. Fransa’daki akredite laboratuvar LCIE ve İngiltere’deki metroloji enstitüsü NPL tarafından, EMC biriminde kurulmuş olan test laboratuvarı ve ölçüm sistemlerinin uygunluğu raporlanmıştır. TÜBİTAK EMC deney kapsamlarının bazılarında TÜRKAK’tan akredite olmakla birlikte güncel akreditasyon kapsamı

TÜRKAK internet sitesinden yayınlanmaktadır. TÜBİTAK-EMC birimi 8 adet test ortamına sahiptir. Bu ortamlar Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. TÜBİTAK-EMC birimi test ortamları

1	Açık Saha Test Alanı (ASTA)
2	Yarı Yansız Oda (YYO)
3	Ekranlı Oda-1 (Güç Kalitesi-Power Quality)
4	Ekranlı Oda-2 (Ani Geçiş Bağışıklığı-Transient Immunity)
5	Ekranlı Oda-3 (İletimle Yayınım-Conducted Emission)
6	Ekranlı Oda-4 (İletimle Bağışıklık-Conducted Immunity)
7	GTEM Hücresi
8	SAR (Specific Absorption Rate) Ölçüm Sistemi

Açık saha test alanı (ASTA): TÜBİTAK'ta bulunan açık saha test alanının (ASTA) uzaktan görünüşü Resim 5.8'de ve yakından görünüşü Resim 5.9'da görülmektedir.



Resim 5.8. Açık Saha Test Alanı (Uzaktan Görünüş)



Resim 5.9. Açık Saha Test Alanı (Yakından Görünüş)

ASTA’da 30 MHz – 40 GHz frekans aralığında ışınlama yayılımı (radiated emission) testi ve yine aynı frekans bandında yönlü antenler kalibrasyonu yapılır. Bu test alanına ilişkin teknik bilgiler Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4. ASTA teknik bilgileri

Serbest yansıtma alan boyutları:	> 100 m x 100m
Topraklanmış yüzey genişliği:	18 m x 22 m
Maksimum ölçüm mesafesi:	10 m
Döner tabla:	Çap 3m, tonaj 3 ton
Anten kulesi tarama yükseklik aralığı:	1 - 4 m
NSA (Normalize Saha Zayıflatması) değeri:	± 1 dB (30 MHz - 1000 MHz)

Yarı yansımaz oda (YYO): TÜBİTAK’ta, Resim 5.10’da görülen yarı yansımaz oda ve bu odanın dışarıdan kontrol edildiği kontrol odası görülmektedir. Resim 5.11’de ise yine bu odada yapılan traktörün ışınlama bağımsızlık testi sırasında çekilen bir görüntü bulunmaktadır.



Resim 5.10. Yarı yansız odanın iç görünüşü ve YYO kontrol odası



Resim 5.11. Yansız odada yapılan traktörün ışınlama bağımsızlık testi

Yarı yansız odada 10 KHz – 40 GHz frekans aralığını kapsayacak şekilde otomotiv endüstrisinde kullanılan parçalara, askeri cihazlara, ticari ürünlere ve telekom ürünlerine yönelik ışınlama yayılım ve bağımsızlık testleri yapılırken, 9 KHz - 40 GHz frekans aralığında izotropik antenlerin kalibrasyonları yapılır. Yarı yansız odaya ait teknik bilgiler Çizelge 5.5’te verilmektedir.

Çizelge 5.5. YYO teknik bilgileri

İç boyutlar:	18 m (u) x 13 m (g) x 9 m (y)
Soğurucu malzeme:	Ferrite ve hybrid
Ek odalar:	Kontrol ve Güç Yükselteç odaları
Frekans aralığı:	9 kHz - 40 GHz
Elektrik alan şiddeti:	200 V/m
Maksimum ölçüm mesafesi:	10 m
Döner tabla:	Çap 3m, tonaj 5 ton
Anten kulesi tarama yükseklik aralığı:	1- 4 m

Ekranlı Oda-1 (Güç Kalitesi-Power Quality): TÜBİTAK'ta Resim 5.12'de gösterilen ekranlı oda (1) ile harmonik, fliker, gerilim çökmesi, gerilim kesimi, gerilim değişimi ve 50 Hz manyetik alan bağışıklığı testleri yapılır.



Resim 5.12. Ekranlı Oda-1 (Güç Kalitesi) test ve ölçüm düzenekleri

TÜBİTAK'ta bulunan bu odanın teknik özellikleri Çizelge 5.6'da verilmektedir.

Çizelge 5.6. Ekranlı oda-1 teknik bilgileri

İç boyutlar:	8.890 (U) m x 3.990 m (G) x 3.530 m (Y)
Frekans aralığı:	9 kHz - 40 GHz
Elektrik alan şiddeti:	200 V/m

Ekranlı Oda-2 (Ani Geçiş Bağışıklığı-Transient Immunity): TÜBİTAK'ta Resim 5.13'te gösterilen ekranlı odada (2) elektrostatik boşalma (Electro Static Discharge-ESD), elektriksel hızlı geçiş (Electrical Fast Transient-EFT), dalgalanma (surge), darbe manyetik (pulse magnetic) ve sönümlü (damped) osilasyonlu manyetik alan testleri yapılır.



Resim 5.13. Ekranlı oda-2 test ve ölçüm düzenekleri

Ani geçiş bağışıklığı testlerinin yapıldığı ekranlı odanın (2) teknik özellikleri Çizelge 5.7'de verilmektedir.

Çizelge 5.7. Ekranlı oda-2 teknik bilgileri

İç boyutlar:	8.890 (U) m x 3.990 m (G) x 3.530 m (Y)
Frekans aralığı:	9 kHz - 40 GHz
Elektrik alan şiddeti:	200 V/m

Ekranlı Oda-3 (İletimle Yayınım-Conducted Emission): TÜBİTAK'ta bulunan ekranlı odada (3) otomotiv endüstrisinde kullanılan parçalara, askeri cihazlara, ticari ürünlere ve telekom ürünlerine yönelik iletimle yayınım testleri yapılır. Bu odanın teknik özellikleri Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Ekranlı oda-3 teknik bilgileri

İç boyutlar:	5.630 m (U) x 3.760 m (G) x 3.530 m (Y)
Frekans aralığı:	9 kHz - 40 GHz
Elektrik alan şiddeti:	200 V/m

Ekranlı Oda-4 (İletimle Bağışıklık-Conducted Immunity): Ekranlı odada (4) otomotiv endüstrisinde kullanılan parçalara, askeri cihazlara, ticari ürünlere ve telekom ürünlerine yönelik iletimle bağışıklık testleri yapılır. Resim 5.14'te ekranlı odada (4) bulunan iletimle bağışıklık test ve ölçüm düzenekleri görülmektedir.



Resim 5.14. Ekranlı odada (4) bulunan iletimle bağışıklık test ve ölçüm düzenekleri

TÜBİTAK'ta bulunan ekranlı odanın (4) teknik özellikleri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Ekranlı oda-4 teknik bilgileri

İç boyutlar:	8.720 (U) m x 5.380 m (G) x 3.530 m (Y)
Frekans aralığı:	9 kHz - 40 GHz
Elektrik alan şiddeti:	200 m

GTEM hücresi: TÜBİTAK'ta bulunan GTEM hücresi ile ufak ebatlardaki ticari ürünlere yönelik, ışınlama yayılım testleri yapılmaktadır. GTEM hücresi testlerinin teknik özellikleri Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. GTEM hücresi teknik bilgileri

Dış boyutlar:	4.95 (U) m x 2.54 m (G) x 2.13 m (Y)
Spektrum Yüksekliği:	1 m
Frekans aralığı:	10 kHz - 18 GHz
Tanımlı Test Hacmi:	(± 4 dB, < 1 GHz): 0.6 m x 0.6 m x 0.3 m
Maksimum Giriş Gücü:	500 Watt

SAR (Specific Absorption Rate) Ölçüm Sistemi: TÜBİTAK'ta Resim 5.15'te bulunan ölçüm düzeneği ile 900 MHz ve 1800 MHz frekans bantlarında çalışan cep telefonlarının CENELEC, FCC ve IEEE standartlarına uygun olarak SAR ölçümleri yapılır.



Resim 5.15. SAR Ölçüm düzeneği

5.2.3. Diğer kuruluşlar

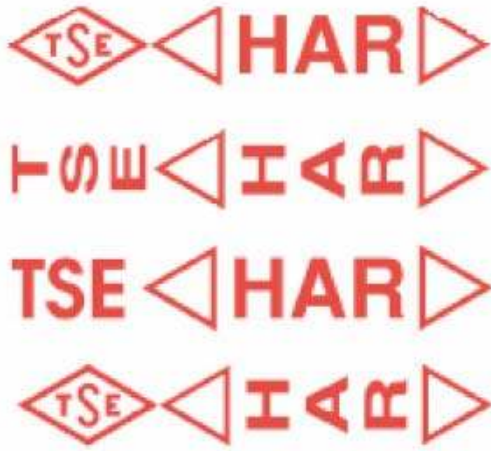
TÜRKAK internet sitesi akredite kuruluş arama bölümünde elektromanyetik uyumluluk testleri alanında akredite olmuş kuruluşlar arandığında görülen kuruluşlar şöyledir:

- ELDAŞ Elektrik Elektronik Sanayi Ve Ticaret A. Ş. - Ankara
- CONSEPT Cihaz Ortam Ve Nit. Sis. Eğt Proje Tas. Ar-ge İth. İhr. Özel Eğt. Ve Dan. Ltd. Şti - Kocaeli
- BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU Piyasa Gözetimi Laboratuvarı - Ankara
- VESTEL ELEKTRONİK A. Ş. EMC Laboratuvarı - Manisa

Bu kuruluşlar hakkında ayrıntılı bilgiler ve akredite oldukları deney kapsamaları TÜRKAK internet sitesinde bulunmaktadır.

5.3. Kablolarda HAR Belgelendirmesi

Çoğumuz gün boyunca evlerimizi kapatıp işlerimize giderken elbetteki milyonluk harcamalar yaptığımız evlerimizi, eşyalarımızı bıraktığımız gibi bulmak isteriz. Ya da elektrikli eşyalarımızda kullanılan kablolardan dolayı elektrik faturalarımızın olması gerekenden fazla gelmesini istemeyiz. Bu ve bunun gibi sorunlarla karşılaşmamak için kablolarda güvenlik ve kalite testlerinin muhakkak yapılması gerekir. Bu anlamda ihtiyacımızı HAR Belgesi karşılar. Kabloların üzerinde gördüğümüz Şekil 5.2’de gösterilen TSE-HAR amblemlerinden biri hem can ve mal güvenliğinizi hem de gereksiz faturalardan korunmanızı sağlar. Bu amblemler, TSE’den HAR belgesi almış ve bu belgenin yükümlülüklerini yerine getiren kablo firmaları tarafından kablolar üzerine basılabilmektedir.



Şekil 5.2. TSE-HAR markası

Türk Standardları Enstitüsü bünyesindeki Elektroteknik Sektörü Belgelendirme Müdürlüğü, IECEE (International Electrotechnical Commission System for Conformity Testing and Certification of Electrical Equipment) ile yapmış olduğu CCA NTR (CENELEC Certification Agreement Notification of Test Results) anlaşması kapsamında Türkiye’de üretim yapan kablo firmalarına TSE-HAR belgesi vermektedir. Elektroteknik Sektörü Belgelendirme Müdürlüğü belgelendirme faaliyetlerinden biri olan HAR belgelendirmesi, kablo üretiminde dünyada hatırı sayılır bir yere sahip olan kablo firmalarımızın en büyük yardımcısıdır. Ülkemizdeki kablo üreticileri kablolarına tip bazında bu belgeyi alarak Avrupa normlarında kaliteli ve özellikle de güvenli üretim yaptıklarını ispat etmekte ve bu belgeyi ibraz ederek kolaylıkla Avrupa ülkelerinde kablo ticareti yapabilmektedir.

HAR Belgesi, Harmonize Edilmiş Özellikler (Harmonised specification) ifadesinin kısaltılmış şekli olarak adlandırılmıştır ve Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komisyonu ‘nın CENELEC (HD standartları) veya EN dokümanlarına (EN standartları) göre düzenlenmektedir. HAR Belgesi kapsamındaki ürün grupları şöyledir:

- PVC-yalıtımlı, anma gerilimi en çok 450/750V olan kablolar, HD 21 standart serisi,
- Kauçuk yalıtımlı, anma gerilimi en çok 450/750V olan kablolar, HD 22 standart serisi,
- Asansörler için bükülgen kablolar, EN 50214 standardı,
- Normal kullanımlar için kauçuk yalıtımlı dairesel asansör kabloları, HD 360 S2 standardı,
- Kablolar-Beyan gerilimi 750 V'u geçmeyen mineral yalıtımlı kablolar, HD 586 standardıdır.

Kablolar da standartların gereği olan güvenlik ve kalite testlerinin yapılarak kablonun uygunluğunun belirlenmesi ve hem ulusal hem de uluslar arası piyasada doğru kablonun dolaşması amacıyla yapılan bir belgelendirme faaliyetidir. HAR anlaşması test standardı olmayan veya test standardı bir HD standardı olarak onaylanmamış kabloları kapsamaz.

HAR Anlaşması içinde Türkiye'nin de (TSE) bulunduğu İngiltere (BASEC), Almanya (VDE), İtalya (IMQ), Belçika (SGS), Portekiz (CERTIF) ve Hollanda (KEMA) gibi 18 Avrupa ülkesinin imzalamış olduğu, Avrupa'da kablo ticaretinde tek bir dili konuşmak ve kablo dolaşımını kolaylaştırmak amacıyla karşılıklı olarak birbirlerinin verdiği belgeleri tanıma esaslı bir anlaşmadır. HAR Belgesi, kablolar için tanınabilirliklerini sağlayan yegane bir pasaport görevi görmektedir.

Anlaşmaya taraf olan ülkeler kablo alanında kullandıkları milli standartları ile, uluslar arası harmonize standartları milli farklılıklarını gözeterek birleştirirler. Böylece kendi ülkelerinde kullanılan kablo standartlarını HAR sistemi içindeki harmonize standartlara dönüştürürler. Örneğin sabit tesisatlarda kullanılan tek damarlı kılıfsız kablolar için kullanılan milli kablo standardımız TS 9758 ile aynı standardın uluslar arası muadili olan HD 21.3 S3 standardının birleştirilerek TS 9758 HD 21.3 S3 harmonize standardının oluşturulması gibi. Böylece kablo ve kordonlar üzerinde gördüğümüz TSE-HAR Markası, bize o ürünün HAR Anlaşması

kapsamına alınmış CENELEC Harmonize dokümanlarına ve bunlarla birebir uyumlu Türk Standartlarına uygunluğunun doğrulandığını gösterir.

Bugüne kadar birçok uluslar arası anlaşmaya taraf olan ve birçok belgelendirmeyi başarıyla gerçekleştiren TSE, Türkiye’de kablo sektöründeki yaşanan hızlı büyüme ve hızla artan ihracatın da getirisiyle, Avrupa’da mevcut HAR belgesi en fazla olan kuruluşlar arasındadır. Hatta bu sebeptendir ki, anlaşmaya taraf kuruluşların bir laboratuvarı varken, TSE Kalite Kampüsü’nde yer alan Gebze Elektroteknik Laboratuvarı bünyesinde faaliyet gösteren kablo laboratuvarının da Mayıs 2008’de HAR Komitesi tarafından gerçekleştirilen tetkik sonrası akredite olması ile TSE’ye bağlı akredite laboratuvar sayısı 2 olmuştur. TSE’ de HAR Belgelendirmesi Ankara Elektroteknik Sektörü Belgelendirme Müdürlüğü altında yapılmaktadır. HAR Anlaşması gereği, yılda dört sefer firmalara üretim yeri incelemesi yapılması zorunludur. Bu fabrika ziyaretlerinde firmanın ilgili kabloyu üretebilme yeteneği sorgulanmakta ve her ziyarette belli sayıda numune alınarak, numunelerin Ankara Elektrik Laboratuvarı ya da Gebze Elektroteknik Laboratuvarı’nda standartların istediği şartları sağlayıp sağlamadığı ilgili muayene ve deneyler uygulanarak kontrol edilmektedir.

HAR belgesi almak için kablo firmaları, TSE kurallarına dolayısıyla HAR-OSM kurallarına uymak zorundadır. Kablo firmalarının yükümlülükleri sadece üretim yaptıkları kablo tipleri bazında HAR belgesi almakla bitmez, belgeleri devam ettiği sürece şartları sağlamalıdır. Kablo firmalarından yılda minimum 50 kablo numunesi alınmakta, alınan numune sayısı firmanın belge sayısına ve yıllık üretim metrajlarına göre artmaktadır. Yılda düzenlenen 4 ara kontrolde alınan numuneler için deneyler sonucunda tespit edilen olumsuzluklara göre hata puanı verilir ve firmalar, hem ara kontrollerde hem de yıllık 4 ara kontrol sonucunda toplamda belli bir hata puanını aşmamalıdır. Firmaya ve üretimine ait bilgiler sürekli olarak TSE’de tutulmaktadır. Hatalı üretim yapan ya da belli sürede yeterli numuneyi veremeyen firmalara uyarıda bulunulur, verilen süre içinde gerekli düzenlemeleri yapamayan firmaların belgeleri iptal edilir. Belgelendirmeye esas kurallar ayrıntılarıyla HAR-

OSM'nin yayınlamış olduğu ve sadece üye belgelendirme kuruluşlarının ulaşabildiği teknik dokümanlarda tanımlanmıştır.

HAR Anlaşmasına taraf ülkelerin temsilcileri her sene Ekim ayında düzenlenen HAR-OSM Toplantısı (Operational Staff Meeting)'nda bir araya gelirler ve HAR Belgelendirmesi üzerine teknik konular hakkında görüşlerini sunarlar. Bu toplantıda, kapsamdaki standartların ve uygulamalarının geliştirilmesi, laboratuvarlar arası karşılaştırma deneylerinin yapılması gibi konularda fikir birliğine varılarak kararlar alınır. HAR-OSM toplantısı 2007 yılında Londra'da düzenlenmiştir. Toplantıda bu belgelendirmede önemli bir söz sahibi olan Türkiye'nin 2008 yılındaki toplantıya ev sahibi olması istenmiş ve bu nedenle, 7-8 Ekim 2008 tarihlerinde İstanbul'da 2008 HAR-OSM Toplantısı düzenlenmiştir.

Kablo ve kordonlar üzerinde gördüğümüz TSE-HAR Markası, bize o ürünün HAR Anlaşması kapsamına alınmış CENELEC Harmonize dokümanlarına ve bunlarla birebir uyumlu Türk standartlarına uygunluğunun doğrulandığını gösterir. Bu anlaşma çerçevesinde TSE'den HAR Belgesi almış üreticilerimizin kablo ve kordonları, Avrupa'da kabul gördüğü gibi Asya ve Afrika'da çok sayıda ülke tarafından da alımlarda tercih edilmektedir. Üreticiler pek çok ülkede ek test ve sertifikalara gerek duymaksızın ürünlerinin EN ve HD standartlarına uygunluğunu HAR belgesi ile ispat edebilmektedirler. Ülkemizdeki kablo üreticileri bu belge sayesinde başta İngiltere, Fransa olmak üzere dünya çapında kolaylıkla ihracat yapabilmektedirler.

6. KABLOLARDA ELEKTROMANYETİK UYUMLULUK VE EKSPANLAMA VERİMLİLİĞİ

6.1. Kablolarda Elektromanyetik Uyumluluk ve Ekspanlama Verimliliği Deneyleri

Haberleşme sistemlerinde kullanılan kabloların elektromanyetik uyumluluğu konusunda gerçekleştirilen deneylere ilişkin olarak 2002 yılında CENELEC tarafından EN 50289-1-6 standardı hazırlanmıştır. Bu standard temel alınarak hazırlanan TS EN 50289-1-6 “Kablolar - Haberleşme Kabloları - Deney Metotları İçin Özellikler - Elektriksel Deney Metotları - Elektromanyetik Performans” standardı 2006 yılında TSE tarafından yayınlanmaya başlamıştır. Ayrıca deney uygulaması sırasında IEC 61196-1 standardı da kullanılmıştır.

Bu standart ile haberleşme sistemlerinde kullanılan kabloların elektromanyetik uyumluluklarını elektromanyetik performans üzerinden belirlemek için uygulanan dört farklı metot açıklanmıştır.

- 1- Transfer Empedansı, Üç eksenli Metot,
- 2- Transfer Empedansı, Hat Enjeksiyon Metodu,
- 3- Ekspanlama Zayıflaması Metodu, Üç Eksenli Metot,
- 4- Kuplaj Zayıflaması ve Ekspanlama Zayıflaması, Emen Kelepçe Metodu,

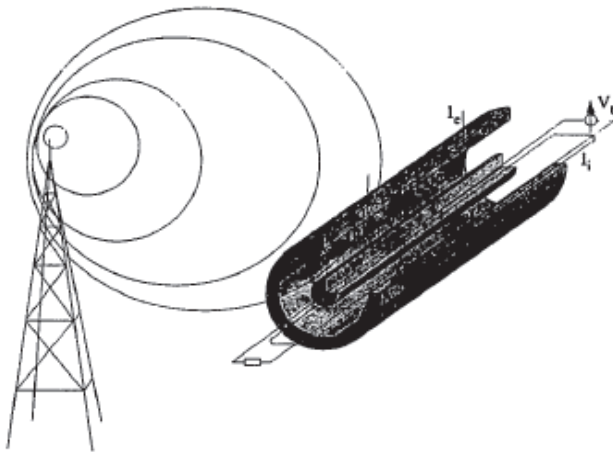
Deney metotlarından da görüleceği üzere kablolarda elektromanyetik uyumluluk için ekspanlamanın kalitesi, transfer empedansının ve ekspanlama zayıflamasının ölçülmesiyle tespit edilir.

6.1.1. Transfer empedansı ölçümünde üç eksenli metot

Elektromanyetik alan kuplajı, kablolarda ekran yüzeyinde I_e girişim akımı oluşmasına sebep olur. I_e akımı, kendini oluşturan elektromanyetik alan ile girişim halinde bulunan bir elektromanyetik alan oluşturur. Bu elektromanyetik alanın bir kısmı ekran tarafından yansıtılır, bir kısmı da deri etkisinden (skin effect) dolayı

ekran içinde iletilir. İletilen elektromanyetik alan Şekil 6.1’de I_i olarak gösterilen akım döngüsünü oluşturur. Bunun sonucunda da ekran ile iç iletken arasında V_t gerilimi tespit edilir. Bu gerilim ne kadar az olursa ekranın kalitesi (nicelik olarak ekranlama verimliliği cinsinden) de o kadar iyi olur. Kablonun ekran kalitesini ölçmek için bir başka hesaba katılması gereken parametre Z_T transfer empedansıdır; çünkü bu parametre V_t geriliminin I_e akımına oranından elde edilir. Ekran üzerinden I_e akımı akarsa, yüksek ekranlama verimliliği olan kablunun Z_T değeri düşük olur ve bu da kablunun ekranlama performansının açık bir şekilde çok iyi olduğunu gösterir. Transfer empedansı dış iletkenin ya da ekranın iletim hattını dışarıdaki bir elektromanyetik alana karşı koruma yeteneğini hesaplayan bir parametredir. [19]

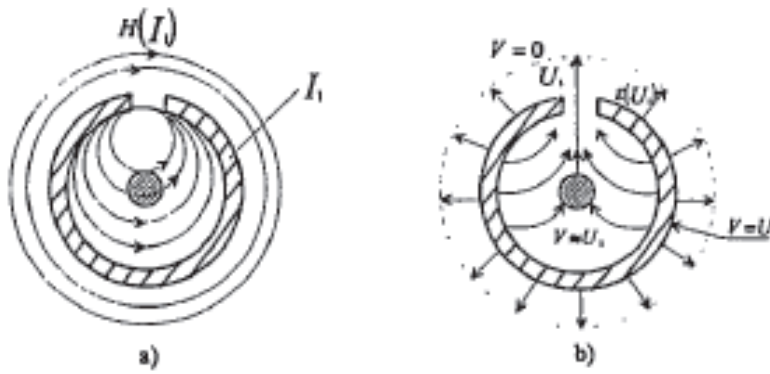
Transfer empedansı, kablunun ekranında indüklenme sonucu oluşan gerilimin kablo içerisinden geçen akıma oranı olduğundan ve ekranda oluşan istenmeyen akımın dışarı sinyal gönderilmesine sebep olup, dışarıdaki istenmeyen sinyallerle kuplaja girip bağışıklığı da etkilemesinden dolayı transfer empedansı elektromanyetik uyumluluğu oluşturan temel parametreleri yani yayılım ve bağışıklığı kablolar için karakterize eder. Transfer empedansı 1934 yılında Bell Laboratuvarları’nda bilim adamı Schelkunoff tarafından ilk kez tanımlanmıştır.



Şekil 6.1. Elektromanyetik alan altındaki koaksiyel kablo numunesi

Dış elektromanyetik alan ekran üzerinde akım ve yükleri endükler. Bu akım ve yükler, elektromanyetik alan ile ekranlı bir iletkenin iç iletkeni arasında kuplaja

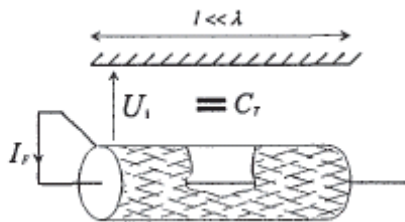
neden olur. Bu çeşit kuplajlar Şekil 6.2’de gösterildiği gibi sırasıyla manyetik ve elektrik kuplajlardır. Delikten içeri sızan manyetik alan ekran üzerinde akan akım tarafından üretilmiştir ve Z_T karakteristik empedansı cinsinden ifade edilir. Delikten içeri sızan elektrik alan ise yüklerden oluşan elektrik alan ve bu alanın delikler boyunca kuplaja uğradığı dışarıdaki elektrik alandır ve Z_F kapasitif kuplaj empedansı cinsinden ifade edilir.



Şekil 6.2. Ekran üzerindeki bir delikten a) manyetik alan sızması b) elektrik alan sızması

Şekil 6.3’de verilen şekle göre, kapasitif kuplaj empedansı Z_F ‘in matematiksel ifade edilişi Eş. 6.1’deki gibi yapılabilir.

$$Z_F = Z_1 \cdot Z_2, Y_c = Z_1 \cdot Z_2 \cdot j\omega C_r = Z_1 \cdot Z_2 \cdot (I_F / U_1 \cdot l) \quad (6.1)$$



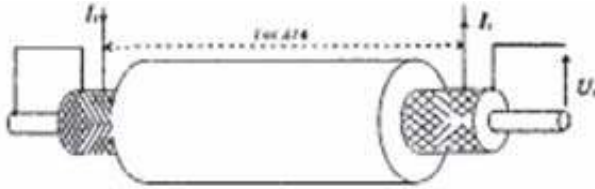
Şekil 6.3. Kapasitif kuplaj empedansı Z_F ‘in tanımı

Ekranlama etkinliğinin ifade edilmesinde, transfer empedansı Z_T , kapasitif kuplaj admitansı Y_C ve kapasitif kuplaj empedansı Z_F , parametreleri kullanılır. Bu

parametreler kullanılarak normalize edilmiş ekranlama zayıflaması dB cinsinden hesaplanır. IEC 61196-1 standardında, bir kablonun transfer empedansı Z_T , birim uzunluğa bağlı olarak dış devrede endüklenen gerilimin iç devredeki akıma oranı veya tersi olarak tanımlanır.

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1 \cdot L} \quad (6.2)$$

Burada U_2 dış devrede endüklenen gerilim, I_1 iç devredeki akım ve L kuplaj uzunluğudur (Şekil 6.4).

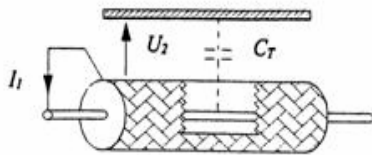


Şekil 6.4. Koaksiyel kablo üzerinde transfer empedansı Z_T gösterimi

Yine aynı standart IEC 61196-1’de, bir kablonun kapasitif kuplaj admitansı Y_C , iç devrede kapasitif kuplajın neden olduğu akımın dış devredeki gerilime oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$Y_C = \frac{I_1}{U_2 \cdot L} = j\omega C_T \quad (6.3)$$

Burada C_T , geçiş kapasitansıdır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Kuplaj admittansı Y_C

Yukarıdaki eşitliklerdeki geçiş kapasitansı C_T ve kapasitif kuplaj admittansı Y_C , dış devrenin geometrisine ve geçirgenliğine bağlı olarak değişir. Kapasitif kuplaj empedansı Z_F , dış devrenin geometrisi ve geçirgenliği ile değişmeyen ve transfer empedansı ile mukayese edilebilen bir büyüklük elde etmek için hesaplanır.

$$Z_F = Z_1 \cdot Z_2 \cdot Y_C \quad (6.4)$$

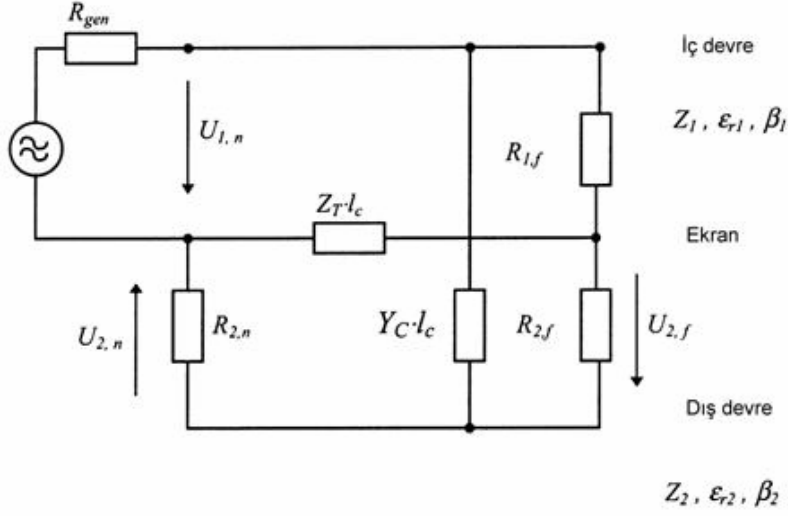
Burada Z_1 iç devrenin karakteristik empedansı, Z_2 dış devrenin karakteristik empedansıdır.

Ekran üzerinde delikler yoksa, C_T ve Z_F sıfır olarak değerlendirilir. Bununla birlikte tek örgülü yapıda Z_T ve Z_F yaklaşık aynı değerdedir ve Z_F hesaba katılmalıdır. Elektriksel olarak kısa kabloların ($l \ll \lambda$) ekranlama etkinliğini ifade etmek için, transfer empedansı uygun bir kriter oluşturur.

IEC 61196-1'de koaksiyel RF-kabloların transfer empedansının nasıl ölçüleceğini açıklayan iki metot mevcuttur: üç eksenli ve hat enjeksiyon metodu. Simetrik ve çok iletkenli kablolar için bu metotlar, TS EN 50289-1-6 standardında detaylı olarak açıklanmıştır. İlâve olarak IEC 61196-1, kablo empedansının deney teçhizatının empedansından farklı olması durumunda kullanılacak empedans uyumlama devreleri hakkında kılavuz sağlar.

Transfer empedansı ölçümünde kullanılan üç eksenli metot ile düşük frekanslarda (en fazla 100 MHz) ölçme yapılabilirken, hat enjeksiyon metodu ile daha yüksek frekanslarda ölçüm yapılabilir.

Eşdeğer devre: Kabloların ekranlama etkinliğinin ölçüldüğü metotlarda genel olarak Şekil 6.6.'daki eşdeğer devre kullanılır.



Şekil 6.6. Kabloların ekranlama verimliliği ölçümünde kullanılan eşdeğer devre

Kullanılan eşdeğer devrede bulunan parametrelerin açıklamaları şu şekildedir:

- β_1 : İç devrenin faz sabiti,
- β_2 : Dış devrenin faz sabiti,
- ϵ_{r1} : İç devrenin bağıl dielektrik geçirgenliği,
- ϵ_{r2} : Dış devrenin bağıl dielektrik geçirgenliği,
- L_c : Kuplaj uzunluğu,
- M_T : Birim uzunluk başına etkin karşılıklı indüktans,
- R_{gen} : Üretcin çıkış direnci,
- $R_{1,f}$: Uzak uçtaki iç devrenin yük direnci,
- $R_{2,f}$: Uzak uçtaki dış devrenin yük direnci,
- $R_{2,n}$: Yakın uçtaki dış devrenin yük direnci,
- R_T : Birim uzunluk başına ekran direnci,
- $U_{1,n}$: Yakın uçtaki iç devreyi besleyen gerilim,
- $U_{2,f}$: Uzak uçtaki dış devreye kuplajlanan gerilim,
- $U_{2,n}$: Yakın uçtaki dış devreye kuplajlanan gerilim,
- Y_C : Birim uzunluk başına kapasitif transfer admitansı $= j\omega C_T$,
- Z_F : Birim uzunluk başına kapasitif kuplaj empedansı $= Z_1 Z_2 Y_C$,
- Z_1 : İç devrenin karakteristik empedansı,

Z_2 : Dış devrenin karakteristik empedansı,

Z_T : Birim uzunluk başına transfer empedansı = $R_T + j\omega M_T$

Örgülü ekranlar için $M_T = M'_{12} - M''_{12}$ olmaktadır. M'_{12} doğrudan kaçak manyetik akı ile ve M''_{12} örgüdeki manyetik akı ile ilgilidir.

Deney altındaki kablo (iç devre) beslenir ve indis numarası 1 olarak gösterilir. Ekran yüzeyi ve üç eksenli tüpü ihtiva eden dış devre 2 numaralı indis ile gösterilir. Kısa muntazam bir kablonun transfer empedansı Z_T , deney altındaki ekran ve ölçme tüpünün oluşturduğu dış devrede endüklenen boylamasına gerilimin iç devredeki akıma oranı veya tersi olarak tanımlanır.

Kuplaj uzunluğu, ölçülen en büyük frekansa bağlı olur.

$$L_{c, \text{en büyük}} = \frac{50 \cdot 10^6}{\sqrt{\epsilon_{r1}} \cdot f_{\text{en büyük}}} \quad (6.5)$$

En küçük kuplaj uzunluğunun 0,3 m olması gerekmektedir. Ölçülecek en büyük frekans, $f_{\text{en büyük}}$, izin verilen en kısa kuplaj uzunluğu L_c , en küçük 0,3 m ile verilir:

$$f_{\text{en büyük}} \leq \frac{167 \cdot 10^6}{\sqrt{\epsilon_{r1}}} \quad (6.6)$$

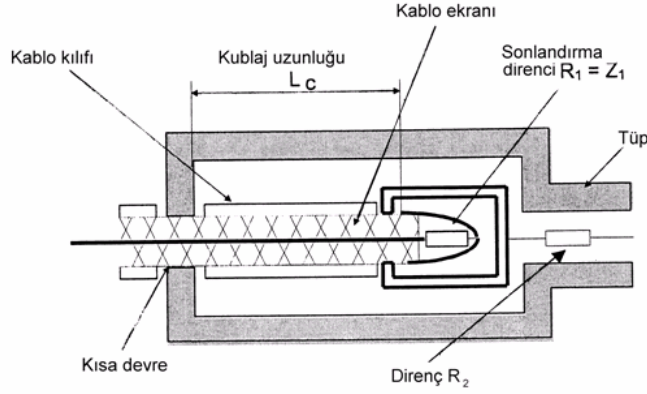
Yukarıdaki eşitliklerde ;

$L_{c, \text{en büyük}}$: En büyük kuplaj uzunluğu, m,

$f_{\text{en büyük}}$: En büyük frekans, Hz,

ϵ_{r1} : Kablo dielektriğinin sonuçtaki bağlı geçirgenliğidir

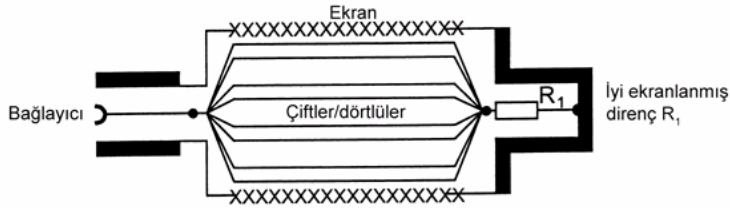
Deneyin Yapılışı: Transfer Empedansı Ölçümü, bir devre analizörü kullanılarak yapılır. Şekil 6.7’de ölçme ekipmanları gösterilmektedir.



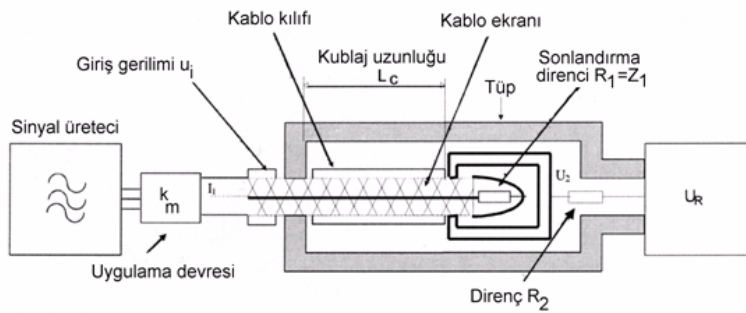
Şekil 6.9. Tüple bağlantı

Ekranlanmış simetrik kablolar, dörtlü koaksiyel sistem gibi davranırlar. Bundan dolayı bütün iletken çiftlerin, her iki uçta birbirine bağlanması gerekir. Bütün ekranlar, ayrıca müstakil olarak ekranlanmış çiftlerin ve dörtlülerin ekranları dahil her iki uçta birbirine bağlanır. Ekranlanmış çok iletkenli kablolar, deney için simetrik kablolar gibi hazırlanırlar.

Deney düzeneğinin genel şeması Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de gösterilmiştir.



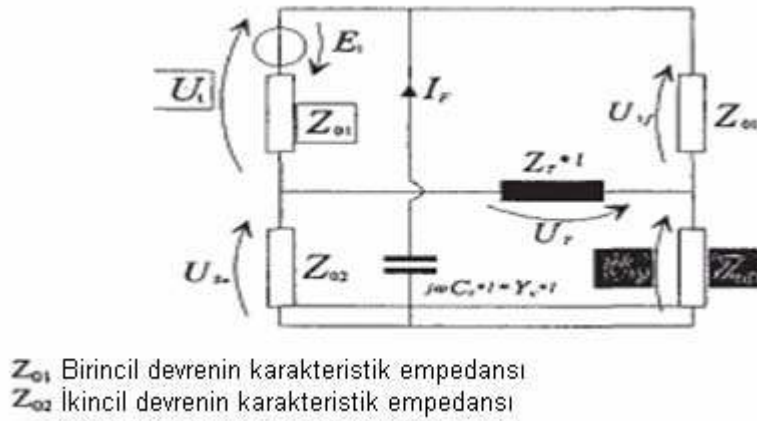
Şekil 6.10. Simetrik ve çok iletkenli kabloların deneye hazırlanması



Şekil 6.11. Deney düzeneği

6.1.2. Transfer empedansı ölçümünde hat enjeksiyon metodu

Şekil 6.12’de gösterilen eşdeğer elektrik devresi birbirine bağlanmış iki farklı devreden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi dış dünya ile ekran arasındaki kuplajı temsil ederken, ikinci devre ekran ile iç iletken arasındaki kuplajı ifade eder. Bu eşdeğer devre modeli gösteriminde, Bölüm 6.1.1’de anlatılan kablonun maruz kaldığı iki etkileşim olayı kapasitif kuplaj empedansı Z_F (elektiriksel kuplajdan kaynaklanan ve C_T terimi ile gösterilen) ve transfer empedansı Z_T (manyetik kuplajdan ve Z_T terimi ile gösterilen) büyüklükleri ile incelenmiştir.



Şekil 6.12. Hat enjeksiyonu test metodu eşdeğer devre modeli

Son yıllardaki çalışmalar göstermiştir ki, 1 MHz’in üstündeki frekanslarda C_T (kapasitans boyunca, elektiriksel kuplaj) ve Z_T (transfer empedansı, manyetik kuplaj)’den kaynaklanan iki kuplaj etkisini ayrı ayrı belirlemek mümkün değildir; çünkü ölçüm sonuçları iki kuplajın etkilerini de içermektedir ve her iki parametreyi de içerecek eşdeğer transfer empedansı Z_{TE} tanımlanmıştır. Bununla birlikte, devre analizi yaklaşımı ile eşdeğer transfer empedansı, birincil devrede enjekte edilen U_1 gerilimi ve iç iletkeninde indüklenen U_2 gerilimi arasında matematiksel bir bağlantı kurmak mümkündür.

Hat enjeksiyon metodu bu kuplajları tanımlanmış bir test laboratuvarı düzeneği ile simüle etmektedir. Bu metod, Şekil 6.13’te de gösterildiği gibi belli bir uzunluktaki

numune üzerinde I_1 akımının kablo ekranına enjekte edilmesi ve kablonun iç iletkeni üzerinde endüklenen U_2 geriliminin ölçülmesinden oluşur. Bu methodda ölçülen eşdeğer transfer empedansı Şekil 6.12’de gösterilen eşdeğer devreden türetilen Eş.6.7 ile verilen formülle ifade edilir.

$$Z_{TE} = + \left(\frac{2}{l} \right) \cdot Z_{12} \cdot \left(T - \frac{A_c}{2} - \frac{A_L}{2} \right) \quad (6.7)$$

Eş. 6.7’de kullanılan parametreler şöyle ifade edilebilir:

$$Z_{12} = \sqrt{Z_{01} - Z_{02}}$$

l : Kuplaj uzunluğu

Z_{01} : Birincil devrenin karakteristik empedansı

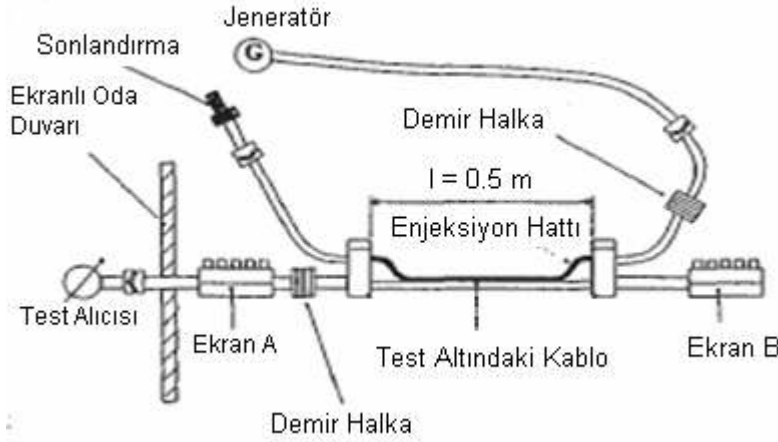
Z_{02} : İkincil devrenin karakteristik empedansı

$T = U_2/U_1$ Transfer fonksiyonu

A_c : Test altındaki kablonun zayıflaması

A_L : Enjeksiyon hattının zayıflaması

Eşdeğer transfer empedansı ölçümü, test altındaki kablonun ve hat enjeksiyonunun zayıflamaları da hesaba katılarak birincil devre ile ikincil devre arasındaki transfer fonksiyonunun ölçümüdür. Hat enjeksiyon metodunun ölçüm düzeneği Şekil 6.13’de gösterilmektedir. Sinyal jeneratörü, bir şerit kablo (enjeksiyon hattı) ile ekrana gerilim enjekte eder ve alıcı (receiver) ekran ile iç iletken arasında endüklenen gerilimi ölçer. Enjeksiyon devresi, bir veya daha fazla telden oluşan iletim hattı gibi tasarlanır.



Şekil 6.13. Hat enjeksiyonu metodu ile eşdeğer transfer empedansı ölçüm düzeneği

Şekil 6.13’de gösterilen test düzeneğinde transfer fonksiyonu T , test altındaki kablunun zayıflaması ve enjeksiyon hattının zayıflaması ölçülüp, Eş. 6.7’de yerine konularak eşdeğer transfer empedansının hesaplaması yapılır.

Hat enjeksiyon test metodunun en önemli avantajı test düzeneğinin çok geniş bir yelpazedeki kablo geometrileri için esnek kullanım sağlamasıdır. Çalışmalar göstermektedir ki, hat enjeksiyon metodu 3 GHz frekansa kadar diğer ölçüm sonuçlarına göre iyi sonuç göstermektedir. Ayrıca ekranlama zayıflaması ölçümünde hat enjeksiyonu metodu ile mode stir odasında ölçüm metodunun birleştirilmesi ile ölçüm frekans aralığının DC’den 18 GHz’e kadar genişletilmesi üzerine yapılmış çalışmalar da mevcuttur [20].

6.1.3. Ekranlama zayıflaması ölçümünde üç eksenli metot

Elektriksel olarak uzun kabloların ($l \gg \lambda$) ekranlama etkisini açıklamak için uygun kriter transfer empedansından daha ziyade ekran zayıflamasıdır. Ekranlama zayıflaması a_s , kabloyu besleyen gücün (P_{besleme}) yayılan en büyük tepe gücüne ($P_{\text{yayılan}}$) logaritmik oranı olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle ekranlama zayıflaması, ikincil (dış) devredeki maksimum gücün birincil (iç) devreye yayılan güce oranıdır.

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{P_{\text{besleme}}}{P_{\text{yayılan, en büyük}}} \right| \quad (6.8)$$

$$a_s = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{\vec{E}_1}{\vec{E}_2} \right| = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) dB$$

Uzun kablolar için kablo ekranının transfer empedansının frekansla doğrusal değiştiği frekans aralığında, ekranlama zayıflaması uzunluktan ve frekanstan bağımsız olur. Öte yandan transfer empedansı, düşük frekanslarda uzunluktan bağımsız olur ve ekranlama zayıflaması ile karşılaştırıldığında kablo içi ve dışında faz sabiti farklarına bağımlı değildir. Bu nedenle transfer empedansı, ekranlama zayıflamasının direkt ölçümüne göre kablo ekran performansının tayininde daha kuvvetli karakterizasyon sağlar.

Z_T sadece kablonun ekranlama özelliklerine bağlıdır ve test düzeneğinin eğriselliği gibi dış devrenin yapısına bağlı değildir. Bu sebeple literatürde yüzey transfer empedansı birincil ekranlama parametresi olarak tanımlanmıştır. Kapasitif transfer empedansı dış devre geometrisi ve dielektrik sabitine bağlıdır. Pratikte kapasitif kuplaj yüksek performanslı mikrodalga kabloları için önemsizdir, sadece RG 316 gibi tek örgülü kablolar için önemsizdir. Yüzey transfer empedansı ölçümleri test altındaki kablonun elektriksel olarak kısa olmasını gerektirdiği için, transmisyon hatları için uygun değildir; fakat transfer empedansı ölçümü mikrodalga konnektörlerin ölçümlerinde kullanılabilir.

Ekranlama zayıflaması ölçümlerinde test altındaki kablonun elektriksel olarak kısa olması zorunluluğu olmadığından, mikrodalga kabloları gibi elektriksel uzun nesneler için de kullanılabilir. Ekranlama zayıflaması, gerçekte de sadece elektriksel uzun nesneler için tanımlanmıştır ve mekanik uzunluğa bağlı değildir. Ekranlama zayıflaması ölçümleri sadece test altındaki kablonun ekranlama özelliklerine bağlı olmakla kalmaz, ayrıca ölçüm sistemine de test düzeneğinin eğriselliğinin ve test altındaki kablonun hız ve empedans farklarına göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle,

transfer empedansı bu açıdan ekranlama zayıflamasına göre daha kararlı ölçüm sonuçları vermektedir ve ekranlama zayıflaması ekranlama performansında literatürde ikincil parametre olarak tanımlanmaktadır.

Ekranlama verimliliği dış iletkenin dış dünyadaki elektromanyetik sinyallerin iç iletkene ulaşmasını engelleme ve içindeki sinyallerin dış iletkenin dış dünyaya ışımasını engelleme kabiliyetidir. Sinyallerin kablo ya da konektörlere sızması çok çeşitli yollarla olurken, başlıca iki tip sızma olduğu söylenebilir:

30 MHz'in altındaki frekanslarda dışarıdaki manyetik alanlar elektrik akımlarını dış iletkenin endükler. Bu durum bir manyetik alanın bir transformer ya da antende elektrik akımı endüklemesine benzetilebilir. Bu alan transfer empedansı (Z_T) olarak $m\Omega$ cinsinden ölçülür.

30MHz'in üstü ve GHz'ler mertebesindeki frekanslarda ise hem manyetik, hem de elektrik alanlar dış iletkenin deliklerinden içeri sızarak iç iletkene taşınırlar. Bu alan ekranlama zayıflaması (a_s) ile dB cinsinden ölçülür.

Ekranlama zayıflaması (a_s) önceleri kablo ve konektörlerin ekranlama verimliliği için tek gösterge olarak kullanılırdı; fakat bu sadece yüksek frekanslarda geçerlidir. Örneğin günümüzde CATV ağları müşterilerine sadece TV sinyallerini iletmekle kalmaz, onlara ayrıca Internet bağlantısı hizmeti de sunar. Bu hizmet için 30MHz'in altındaki frekanslarda dönüş yolu bandı kullanılır. Ayrıca koaksiyel kablolar düşük frekans bölgesinde çok daha düşük ekranlama verimliliğine sahiptir, bu sebeple sinyallerin sinyal yoluna ışıyıp ışımadığının ve internet iletimini kesip kesmediğinin ölçümü önemlidir. Bu ölçüm için tek gösterge transfer empedansıdır. Ayrıca transfer empedansı kullanılarak da ekranlama zayıflaması ölçülebilmektedir.

Ekranlama zayıflamasının üç eksenli metod ile ölçümü, Bölüm 6.1.1'de anlatılan üç eksenli metod kullanılarak yapılan transfer empedansı ölçümü ile aynıdır. Aynı CoMeT tüpleri ve düzenekleri ile standardın anlattığı şekilde ölçümler yapılabilir. Aslında ekranlama zayıflaması ile transfer empedansı tek düzeneğe aynı anda

ölçülebilir ama düşük frekanslarda anlamlı yorumlama transfer empedansı grafiğinden, yüksek frekanslarda ise ekranlama zayıflaması grafiğinden elde edilebilir. Bu ölçümler sırasında ekranlama zayıflaması doğrudan dB cinsinden, transfer empedansı ise metre başına düşen mili Ohm ($m\Omega/m$) cinsinden elde edilir.

Ekranlama zayıflamasının dB cinsinden ölçülmesinin nedeni kablo ya da konnektörün dışındaki sinyalin büyüklüğünün kablo ya da konnektörün içine sızan gürültü sinyaline oranından elde edilmesidir. Transfer empedansı ise kablo ya da konnektörün içinde elektriksel gerilim/tension oluşturan dış iletken üzerindeki elektrik akımlarından dolayı oluştuğundan, bu kablo/konnektör içinde oluşan gerilim/tension ile dış iletken üzerinde oluşan elektiriksel akımın oranı olarak ifade edilir ve Ohm Kanunu'na göre gerilim ile akım arasındaki bu ilişkilendirmeden dolayı transfer empedansı ölçümleri Ohm cinsinden yapılır.

Ekranlama zayıflamasının üç eksenli metod ile ölçülmesi, ölçümlerin diğer metodlara göre düşük maliyetli olması, sonuçların desibel cinsinden doğrudan elde edilmesi, geniş bir frekans aralığında (20 MHz- 4GHz) ölçüme olanak sağlaması, kablo ve konnektörlerin birlikte test edilebilmesi, metalik olmayan dış katmanlı kablo ekranlarının test edilebilmesi, metodun standardlaştırılmış olması ve böylece karşılaştırmalara imkan tanınması açısından avantajlı bir ölçüm metodudur. Ayrıca test ekranlı ve kapalı bir ortamda gerçekleştirildiğinden, genel laboratuvarlar ve üretim yerleri için de kullanım açısından uygundur ve ekranlama verimliliğinin geniş bir aralıkta ölçümüne olanak sağlar. Öte yandan test metodu, minimum 20 MHz frekansta ölçüme olanak sağlar ve deney numunesinin kapalı alana yerleştirilme açısı ve performans değerlerinin tayininde değişkenlikler gösterebilir.

Üç eksenli metod ile ekranlama zayıflamasının ölçülmesi ile ilgili standard oluşturulma aşamasında IEC çalışma grubu WG 5'e temel oluşturan çalışma Kaynaklar bölümünde 23 numaralı makalede verilmektedir.

6.1.4. Kuplaj zayıflaması ve ekranlama zayıflaması ölçümünde emen kelepçe metodu

Kablo ve bağlantı elemanlarının elektromanyetik karakteristiklerini belirlemek için 3 farklı zayıflama tanımı mevcuttur. Bunlardan ilki dengesiz zayıflama (A_u) olup, zayıflamanın dengesiz olduğu durumları tanımlar, yani istenmeyen ortak modlu sinyal gücü ile kablo üzerinden geçmesi istenen diferansiyel mod sinyal gücünün oranı ile kablo karakteristiğini belirlemektir. İstenmeyen ortak modlu sinyalin kablolama sistemindeki yapısal (simetrinin sağlanamaması gibi) hatalardan kaynaklandığı, sistemde elektromanyetik emisyonu sebep olduğu ve sistemin istenmeyen bozucu sinyallere karşı bağışıklığını azalttığı belirlenmiştir. Konnektörler gibi kablolama sistemi komponentlerinde dengesiz zayıflama ölçümleri 100 MHz civarındaki frekanslara kadar yapılırken, kablolarda dengesiz zayıflama ölçüm frekansları kullanılan deney metodlarına göre değişkenlik gösterir.

Diğer bir zayıflama türü ise Bölüm 6.1.3'te anlatılan ekranlama zayıflamasıdır (A_s) ki, bu zayıflama türü kablo, konnektör ve ara kabloların karakteristiklerini ve dolayısıyla ekranlama etkinliğini belirlemede kullanılan parametredir. 30 MHz civarındaki frekanslarda kabloların ekranlama etkinliği transfer empedansı ile belirlenirken, yüksek frekanslarda ekran etkinliği ekranlama zayıflaması ile yani ekranın içindeki iletkenden geçen ortak modlu sinyalin kablonun dışına çıkan sinyale oranı ile karakterize edilir.

Son olarak da denge ve ekran zayıflamasının toplamı olarak tanımlanan kuplaj zayıflaması (A_c), kablodan geçmesi istenen işaretin, kablo dışına yayılan işarete oranı olarak belirlenir. Kuplaj zayıflaması, ekranlı veya ekransız kablolar ve konnektörler için 30 MHz ile 1 GHz arasında ölçülür. Ekranlı dengeli kablolarda kuplaj zayıflaması ekranlama zayıflaması ile denge zayıflamasının toplamıdır ($A_u + A_s = A_c$).

Ekransız kablolarda ise ekran koruması olmadığı için, yerine sarmal yapı kullanılır ve ekranlama zayıflaması olmadığından kuplaj zayıflaması denge zayıflaması değerine eşittir ($A_u = A_c$). Ekransız sarmal kablolar (unshielded twisted pair, UTP)

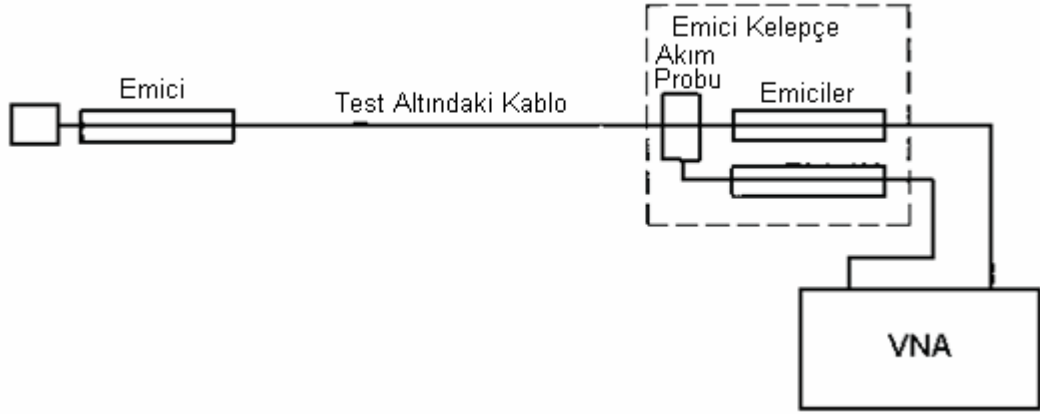
kılıfın içindeki birbirine belli bir uzunluk başına farklı sayılarda sarmallanan kablo çiftlerinden oluşur. Bu tip kablolarda inch başına sarmal sayısı arttıkça kablo maliyeti arttığı gibi, bununla birlikte dış dünyadaki elektronik sistemlerden ve parazitlerden etkilenme azalır, veri hızı ve çalışma frekansı artar. Bu sarmal yapının kabloya sağladığı koruma etkisi, frekans arttıkça azaldığından, iletim hızı arttıkça sistemin çevresel gürültülerden etkilenmesi artmaktadır.

Elektriksel olarak uzun kabloların ($l \gg \lambda$) elektromanyetik performansının dengesiz zayıflama ve ekranlama zayıflamasının birleştirilmiş sonucuna göre 30 MHz ile 1GHz frekans aralığında değerlendirilmesi, kuplaj zayıflama metodunun kullanılmasıyla yapılabilir. Koaksiyel kablolarda bu ölçüm ekranlama zayıflaması değeri ölçümü ile yapılırken, dengeli kablolarda denge ve ekrandan kaynaklanan kablonun yaydığı alanın yarattığı zayıflamanın toplam değerinin ölçümü ile hesaplanır. Bu test metodunun tüm kablolara uygulanabilmesi için TC 46X/WG 3 CENELEC komitesi tarafından çalışmalar yapılmaktadır.

Hat enjeksiyonu metodunda iyi tanımlanmış bir akım kablo ekranına uygulanır ve endüklenen gerilim ölçülüyordu ve enjeksiyon devresi bir veya daha fazla paralel hat kullanılarak oluşturulmuş bir transmisyon hattı gibi oluşturulmuştu. Emen kelepçe metodu, hat enjeksiyon metoduna alternatif bir metod olarak geliştirilmiştir ve bu metodda kablo güç ile beslenir. Kablo ile çevre arasında oluşan elektromanyetik kuplajdan dolayı yüzey dalgaları oluşur ve ekran yüzeyi boyunca her iki yöne yayılır. Bir yüzey akım dönüştürücü, bir emici (genellikle bir ferrit tüp) ile bağlantılı olarak kullanılarak, istenmeyen ortak mod akımlarını bastırmak amacıyla yüzey dalgalarının gücü toplanır.

Hat enjeksiyonu ve emen kelepçe metodu 1 GHz'den yüksek frekanslarda önerilmez; fakat hat enjeksiyonu metodunun 20 GHz'lere kadar genişletildiği yaygın olarak kullanılmayan metodların geliştirildiği çalışmalar da literatürde mevcuttur.

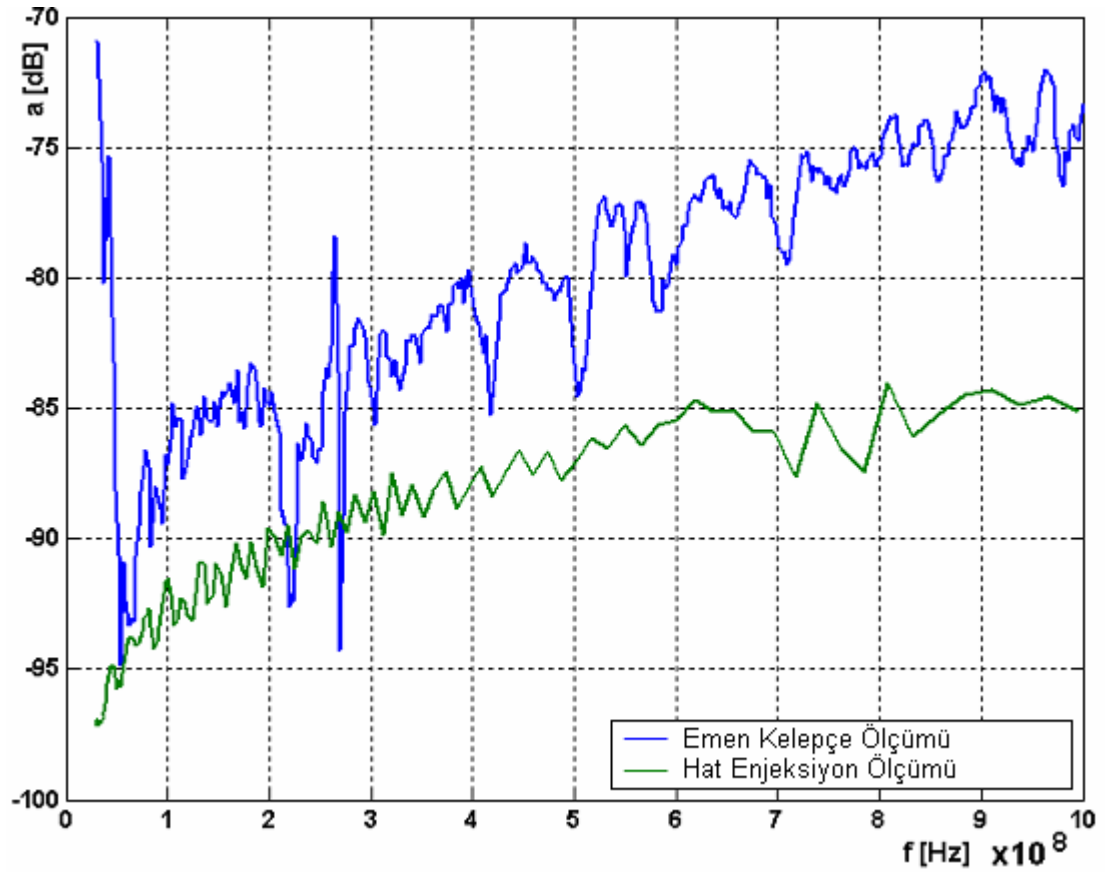
Bu metodun diğer 3 metoddan en önemli farkı ise kuplaj zayıflaması parametresi kullanılarak kablonun elektromanyetik performans karakteristiğinin tayin edilmesinde kullanılabilmesine olanak sağlamasıdır.



Şekil 6.14 Emen Kelepçe Test Düzenneği

Bu ölçüm metodunda test düzeneğinin kalibrasyonu çok önemlidir ve düzgün ölçüm sonuçlarının elde edilmesi için yüzey dalgalarının yeterli derecede emilimi sağlanmalıdır. Bu metodun en önemli avantajı, PCB boardları, özel ekran toprakları gibi uygulamaya özel konfigürasyonlar için kolayca uygulanabilmesidir.

Emen kelepçe ile hat enjeksiyonu metodu aynı ölçümlerle karşılaştırıldığında, emen kelepçe metodunda 30 MHz ve altı için sınırlamalar olduğu gözlemlenmiş, hat enjeksiyon metodu ise DC'ye kadar ölçüme olanak sağlamıştır. 60 dB'in altında yüksek duyarlılık isteniyorsa (çift örgülü koaksiyel kablolar gibi), emen kelepçe metodu güvenilir sonuçlar veremezken hat enjeksiyonu metodu çok daha iyi sonuçlar göstermiştir. Şekil 6.15 0.5m uzunluğundaki çift örgülü koaksiyel kablo üzerinde emen kelepçe ile hat enjeksiyon metodu ile yapılmış ölçüm sonuçlarında emen kelepçe metodunun hat enjeksiyon metoduna göre daha yüksek seviye ve daha gürültülü verisi gösterilmektedir. Hat enjeksiyon metodunun daha hassas sonuçlarının transfer fonksiyonunun kontrollü ve uyumlu empedansı ve katı topraklamadan olduğu düşünülmektedir[20].



Şekil 6.15. 0.5m uzunluğundaki çift örgülü koaksiyel kablo üzerinde hat enjeksiyon metodu ile emen kelepçe metodunun karşılaştırılması

6.1.5. Üç eksenli metod kullanılarak transfer empedansı ölçümünün uygulamalı olarak gerçekleştirilmesi

Deney numunesi, üretece ve dış devre (tüp), alıcıya bağlanır. Deneyde devre analizörü kullanılırsa, bu analizör hem bir sinyal üretici hem de bir alıcı görevi görebilir.

Zayıflama, $a_{ölçme}$, transfer empedansı için belirtilen bütün frekans aralığı boyunca logaritmik frekans taraması yapılarak ölçülür.

$$a_{ölçme} = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{U_{F,ölçme}}{U_{R,ölçme}} \right| \quad (6.9)$$

Eş. 6.9’da kullanılan parametreler şöyledir:

$U_{F,ölçme}$: Ölçme işlemi esnasında deney altındaki kabloyu besleyen gerilim,

$U_{R,ölçme}$: Ölçme işlemi esnasında alıcıdaki gerilim.

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi:

Deney sonucu Eş. 6.10’a göre değerlendirilir:

$$Z_T \cdot L_c = \frac{U_2}{I_1} \quad (6.10)$$

Burada U_2 dış sistemdeki gerilim, I_1 ise iç sistemdeki akımdır.

Deney düzeneğine göre şu eşitlikler elde edilir:

$$U_R = \frac{50}{50 + R_2} \cdot U_2 \quad (6.11)$$

$$U_2 = \frac{50 + R_2}{50} \cdot U_R \quad (6.12)$$

$$I_1 = \frac{U_i}{R_1} = \frac{k_m \cdot U_{F,ölçme}}{R_1} \quad (6.13)$$

$Z_T \cdot L_c \ll R_1$ için ise aşağıdaki eşitlikler elde edilir:

$$Z_T L_c = \frac{U_2}{I_1} = \frac{R_1 \cdot (50 + R_2)}{50 k_m} \cdot \frac{U_R}{U_{F,ölçme}} \quad (6.14)$$

$$Z_T = \frac{R_1 \cdot (50 + R_2)}{50 \cdot k_m \cdot L_c} \cdot 10^{\left\{ \frac{a_{ölçme} - a_{kal}}{20} \right\}} \quad (6.15)$$

Eş. 6.13 – Eş. 6.15’de kullanılan parametreler şöyledir:

- U_i : İç sisteme giriş gerilimi,
 Z_T : Transfer empedansı,
 $a_{ölçme}$: Ölçme işleminde ölçülen zayıflama,
 a_{ka} : Kalibrasyon işleminde ölçülen kompozit kayıp,
 L_c : Kuplaj uzunluğu,
 R_1 : İç sistemdeki sonlandırma direnci,
 R_2 : Dış sistemdeki seri direnç,
 k_m : Uyumlama devresinin gerilim kazancı

Transfer empedansının değerleri, ilgili kablo standardlarında belirtilen özellikler için olan frekanslarda birim uzunluk başına Z_T olarak ifade edilir.

Uygulama

Üç eksenli metod (Triaxial Test Set-up) için test düzeneği aşağıdaki ekipmanlardan oluşur:

- Rohde & Schwarz ZVB 4 Vector Network Analyzer marka devre analizörü,
- Bedea-Rosenberger marka kablo ekranına sonlandırılmış üç eksenli tüp ve devre analizörü,
- Yazma vasıtası olarak devre analizörünün WinCoMet marka analiz programı yüklü bilgisayar,
- Empedans uyumlama devresi.



Resim 6.1. Devre bağlantı ekipmanları



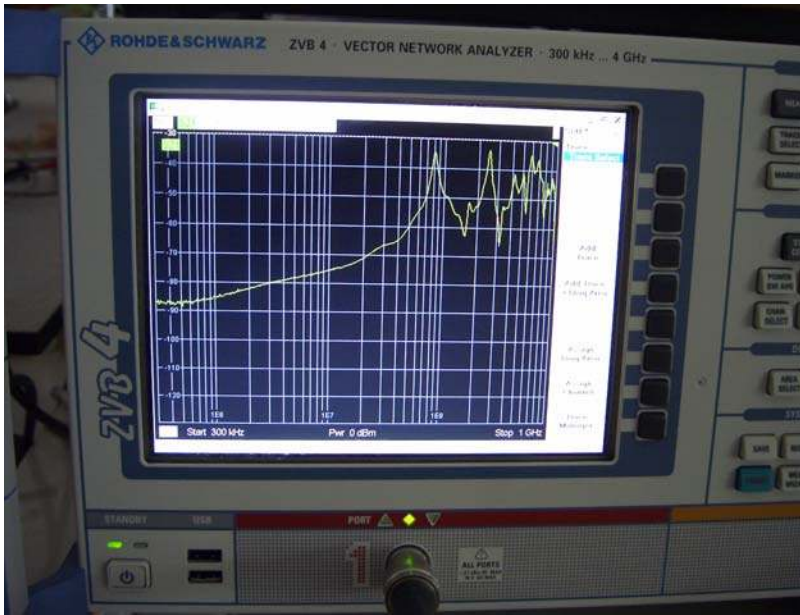
Resim 6.2. Farklı uzunluk ve çaptaki deney tüpleri

Resim 6.1’de deney sırasında kullanılan devre bağlantı ekipmanları ve Resim 6.2’de deney devresini tamamlayan tüpler görülmektedir. Bu tüpler farklı kablo türleri için farklı çap ve uzunluklardadır.



Resim 6.3. Devre uyumlama dirençleri

Resim 6.3.'da deney devrelerini tamamlayan uyumlama devrelerinde kullanılan farklı direnç türleri görülmektedir. Resim 6.4'te ise deney ölçümlerini almaya yarayan devre analizörü görülmektedir.



Resim 6.4. Devre analizörü



Resim 6.5. H05 VVC4 V5 – K tipi kablo numunesi

Öncelikle kablo numunesi hazırlanıp, bağlantı için uçları uygun şekilde bükülür ve uygun yerinden lehimlenir. Kablo numunesi transfer empedansı ölçümünde uzun olmamalıdır ($l \ll \lambda$). İlk uygulamada kullanılan deney numunesi olan H05 VVC4 V5 – K tipi kablo Resim 6.5’te gösterilmektedir.

Bu devre düzeneği ile ekranlama zayıflaması uzun tüp (2m – 3m) ile ölçülürken, transfer empedansı kısa tüpte (0,5 m) ölçülmelidir. Bu nedenle kabloya uygun tüp seçilmelidir. Kablo numunesi tüpün içinden geçirilir ve kablonun tüpün içinde tam merkezde durabilmesi sağlanmalıdır. Bunun için de bağlatı uçlarının tamamen uygun seçilmesi, bağlantının doğru yapılması ve destek mekanizması kullanılması gerekir. Bağlantıdaki yarım mm’lik sapma, gevşeklik ya da kablonun tam merkezde durmaması, sonuç grafiğinin tamamen istenilenden farklı çıkmasına sebep olur.

Test edilecek kablo numunesinin sinyal üreticiye bağlanabilmesi için, kablonun bir ucuna uygun konnektörün seçilip takılması gerekir. Kablonun diğer ucunun da devreye bağlanabilmesi için, kablonun iç ve dış iletkenleri arasında bir uyumlama

direnci lehimlenir. Bu işlem yapılırken iç ve dış devre arasında bir kısa devre olmamasına dikkat edilmelidir.

Ekranın bağlantısı için, kablo kılıfı yeterli miktarda soyulmalıdır. Kablo kılıfı soyulurken örgüye zarar verilmemelidir. Burada bağlantıda kullanılan bağlantı uçlarının konik şekli kablo uzatılıp gerildiğinde iyi bir bağlantı sağlar. Resim 6.6.'da kablo numunesi ucuna bağlanan bağlantı konnektörleri görülmektedir.

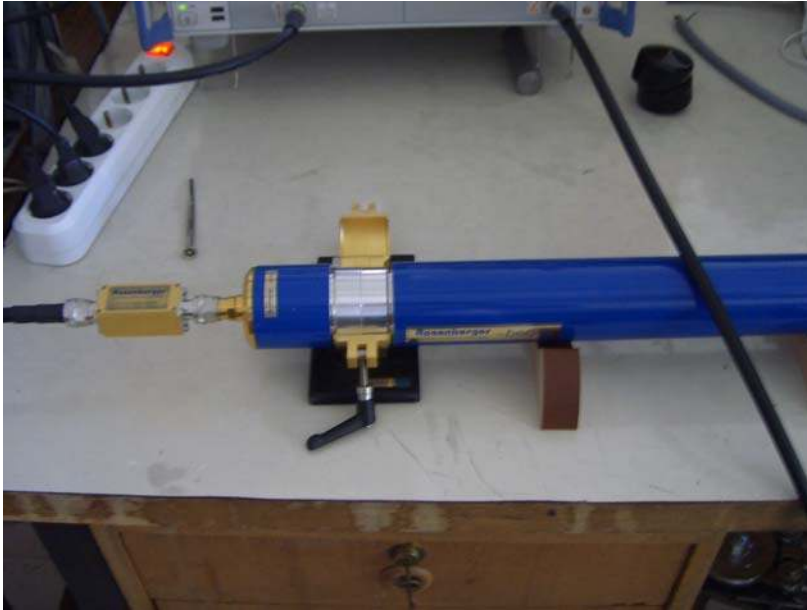


Resim 6.6. Uygun konnektörlerin seçilmesi ve bağlanması

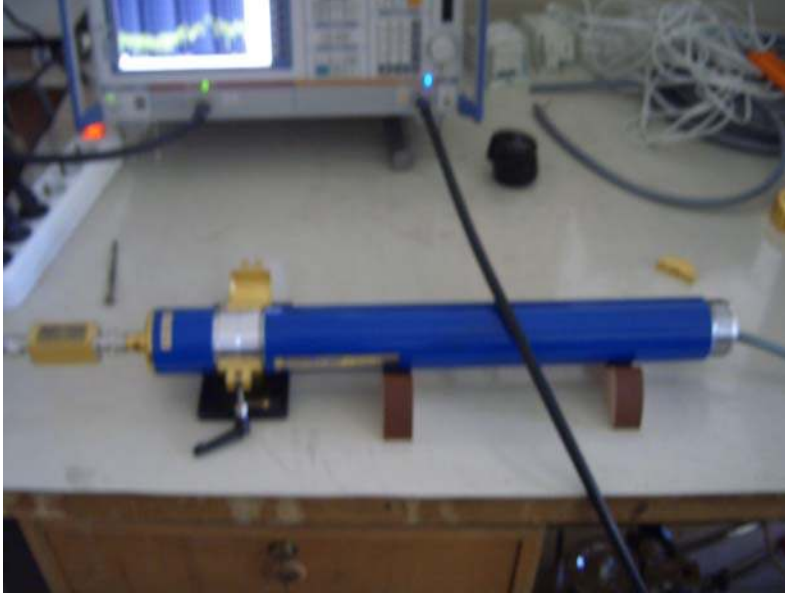
Ekranlama kutusu, Resim 6.7'de görüldüğü gibi kabloya geçirilerek tüpün ölçüm başına vidalanır. Ekranlama kutusu ve ölçüm başının karakteristik empedansı 50 ohm' dur. Ekranlama kutusunun diğer ucuna Resim 6.8'de görüldüğü gibi uyumlama direnci bağlanır.



Resim 6.7. Ekranlama kutusunun vidalanması



Resim 6.8. Uyumlama direncinin bağlanması



Resim 6.9. Test tüpünün kelepçesinin takılması



Resim 6.10. Tüpün bir ucunun bağlantısının en son vidalama işlemi ile tamamlanması



Resim 6.11. Tüpün diğer ucu için uygun konnektörlerin seçilmesi



Resim 6.12. Tüpün ikinci ucunun hazırlığının tamamlanması

Transfer empedansı ölçümünde frekans aralığının düşük frekanslarda tutulması gerektiğinden, sinyal üretici düşük frekanslara ayarlanmalıdır. Zaten ölçüm yaptığımız kablounun ürün standardı gereği 30 MHz'deki frekans cevabı bize istenilen tranfer empedansı değerini verir.

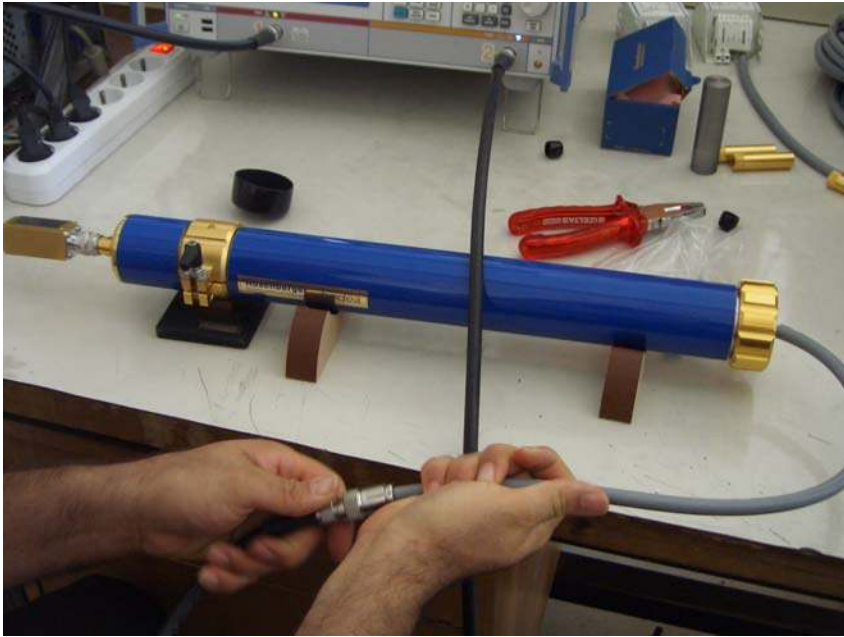


Resim 6.13. Kalibrasyon işleminin yapılması

Test düzeneğinin hazırlanması Resim 6.9-6.12’de gösterilmektedir. Test düzeneği kurulduktan sonra tüp devreye bağlanmaksızın cihazın iki ucu birbirine bağlanarak cihaz kalibre edilir (Bkz. Resim 6.13). Böylece kalibrasyon sonucunda tüp ve uyumlama devresi olmadan cihaz ile başlangıç değerleri ölçülür. Bu değerler, tüpün devreye takılması ile yapılan test sonucunda transfer empedansı ölçümünde kullanılır.



Resim 6.14. Test düzeneğinin sinyal üreticisine bağlanması



Resim 6.15. Tüpün diğ er ucunun analizöre bağlanması

Kalibrasyon işlemi sonrası analizörün uçları birbirinden çıkarılır ve tüpün bir ucu sinyal üreticisine takılır (Bkz. Resim 6.14). Tüpün diğ er ucu ise cihazın analizör kısmına takılır (Bkz. Resim 6.15).



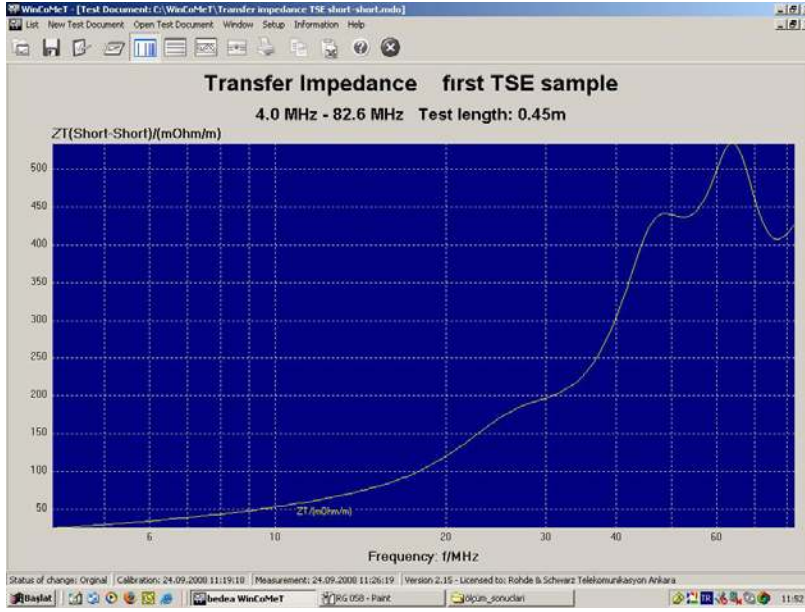
Resim 6.16. Tüpün uçlarının Network analizöre bağlanması

Kalibrasyonun ve test düzeneğinin iki ucunun Resim 6.16’da gösterilen network analizörün uçlarına takılmasının ardından, işaret üreticinin frekans aralığı ayarlanarak, WinCoMet programı vasıtasıyla Resim.6.17’de gösterildiği üzere ölçüm yapılır. Ölçüm sonuçları grafiksel olarak da bilgisayardan çıktı alınabilir.



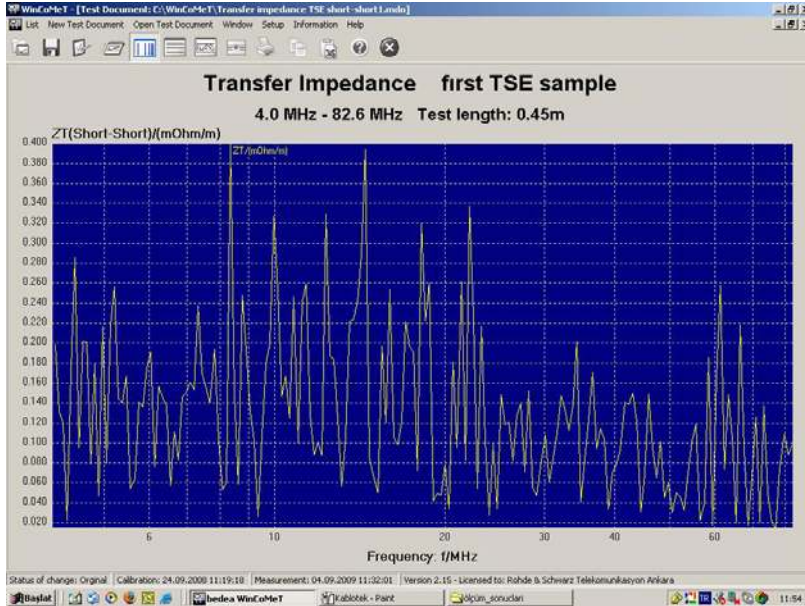
Resim 6.17. WinComet programı ile düzeneğin ölçülmesi

WinCoMet programının çalıştırılmasıyla Şekil 6.16’da gösterilen transfer empedansı ölçüm grafiği elde edilir. Transfer empedansının standardın şartı olan durumla uyduğu yani, 30 MHz’de sınır değer olan $250 \text{ m}\Omega/\text{m}$ ’yi aşmadığı görülür.



Şekil 6.16. Transfer empedansı-frekans grafiği

Kablo bağlantılarının yanlış seçilmesi, bağlantıdaki milimetrik sapmaların sonucunda elde edilen yanlış grafik görüntüsü Şekil 6.17’de verilmiştir.



Şekil 6.17. Doğru olmayan transfer empedansı-frekans grafiği

Deneyin farklı tip uygulaması haberleşme sistemlerinde kullanılan RG 058 tipi anten kablosu ve TELASS 0.7/4.7 VPE tipi kablo için yapılmıştır. Bu iki kablo için hazırlanan düzenek aynı olup, H05 VVC4 V5 – K tipi kablo için hazırlanan düzenden farklıdır. Bu kablolar için daha uzun bit tüp seçilmiş ve kablonun tipine uygun olarak da bağlantı ekipmanları ve dirençler farklı seçilmiştir. Bu kabloların ölçümünde deney numunesi standardda tarif edildiği şekilde farklı hazırlanmaktadır.



Resim 6.18. RG 058 tipi kablo numunesi



Resim 6.19. Kablo numunesinin bir ucunun deney hazırlığı için lehimlenmiş ucu

RG 058 tipi kablo ölçümü için hazırlanan deney numunesi Resim 6.18. ve Resim 6.19’da gösterildiği şekilde hazırlanmıştır. Numunenin bir ucunda dış kılıf soyularak, uyumlama için direnç lehimlenir.



Resim 6.20. Uygun bağlantı ekipmanlarının ve tüpün seçilmesi

Bu tip kablonun ölçümünde, H05 VVC4 V5 – K tipi kablonun ölçümünde kullanılan test tüpüne göre daha uzun bir tüp seçilir (Bkz. Resim 6.20). Kablonun çapı ve tipine uygun olarak standartta tarif edildiği üzere uygun konektörler ve bağlantı ekipmanları seçilir (Bkz. Resim 6.21). Analizörün sinyal çıkışının bağlanacağı tüpün baş kısmındaki kablonun etrafına seçilen konnektörler Resim 6.22’de gösterildiği şekilde geçirilir.



Resim 6.21. Uygun konnektör ve bağlantı ekipmanlarının seçilmesi



Resim 6.22. Tüpün sinyal ucunun hazırlanması

Resim 6.23'te gösterildiği gibi iç içe geçirilen konnektörler ekranlama kutusunun içine yerleştirilir ve bağlantıda boşluk kalmayacak şekilde sıkıca kapatılır.



Resim 6.23. Konnektörlerin iç içe geçirilmesi

Konnektörlerin ekranlama kutusunun içine yerleştirilmesinden sonra Resim 6.24'de gösterildiği gibi tüp, bağlantı kelepçesine oturtulur ve kelepçe sıkıca vidalanır. Bu işlem sırasında da herhangi bir gevşeklik olmamalıdır.



Resim 6.24. Ekranlama kutusunun yerine yerleştirilmesi

Tüpün bir ucunun teste hazırlanmasının tamamlanması üzerine analizörün sinyal üretici kısmı, bu uca Resim 6.25'te gösterildiği gibi bağlanır. Analizör uçları devreye bağlanmadan önce birbirine bağlanarak önce kalibre edilmeli, sonra tüpün uçlarına bağlanmalıdır.



Resim 6.25. Analizörün sinyal üretici ucunun tüpe takılması

Tüpün diğer ucu için de uygun konnektörler seçilir ve tüp sonlandırılır (Bkz. Resim 6.26). Kablonun analizör kısmına takılacak bu ucuna bağlantı aparatı takılarak, analizöre bağlanır (Bkz. Resim 6.27).



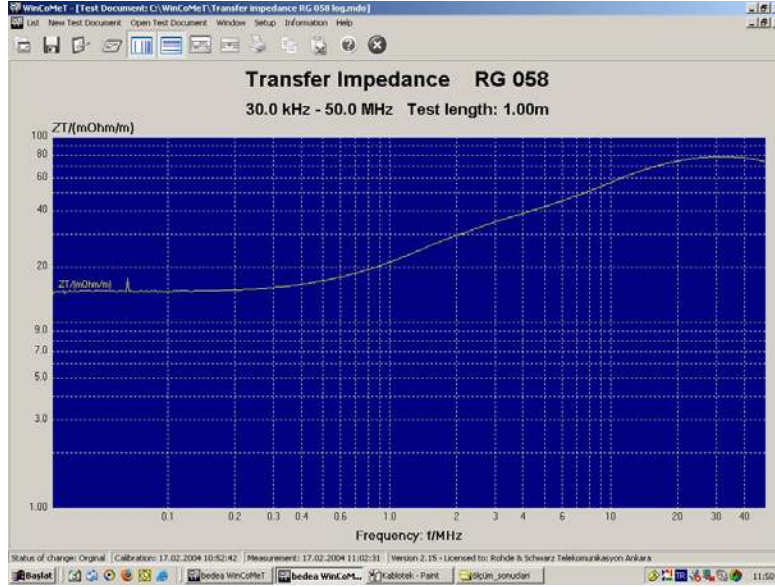
Resim 6.26. Tüpün diğer ucu için uygun konnektörlerin seçilmesi



Resim 6.27. Tüpün diğer ucunun hazırlanması

Bağlantının tamamlanmasının ardından istenilen frekans aralığındaki ölçüm değerlerini göstermesi için programdan gerekli ayarlamalar yapılır ve analizör

çalıştırılır. Ölçüm sonucunda WinCoMET programı çalıştırılarak Şekil 6.18’de verilen transfer empedansı-frekans grafiği elde edilmiştir.



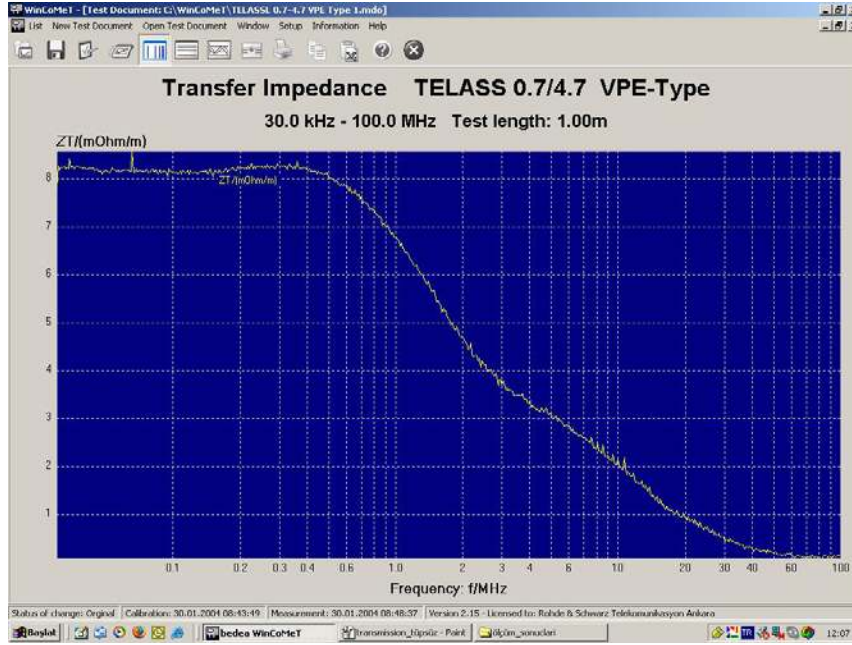
Şekil 6.18. RG 058 anten kablosu için transfer empedansı-frekans değişim grafiği

Aynı test düzeneği bir başka haberleşme kablosu olan TELASS 0.7/4.7 VPE tipi kablo için kullanılmıştır (Bkz Resim 6.28). Sadece kablo çapına uygun olması için seçilen konnektör büyüklükleri değişmiştir.



Resim 6.28. TELASS 0.7/4.7 VPE tipi kablo için kablo numunesi

TELASS 0.7/4.7 VPE tipi kablo için yapılan ölçüm sonucunda elde edilen transfer empedansı-frekans değişim eğrisi Şekil 6.19’da verilmiştir.

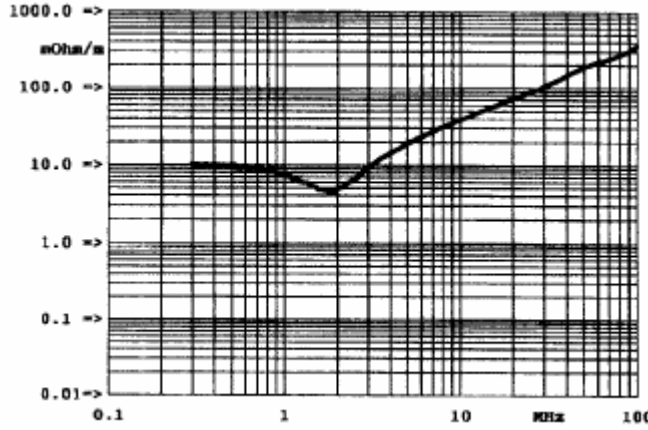


Şekil 6.19. TELASS 0.7/4.7 VPE kablo transfer empedansı-frekans değişim grafiği

6.1.6. Transfer empedansının hesaplanması ve simülasyonu

Ekranlama kalitesini değerlendirmek için, transfer karakteristiği, ağırlıklı olarak kablunun transfer empedansı test edilmelidir. Transfer empedansının hesaplanmasıyla ilgili olarak araştırmacılar tarafından değişik teorik modeller önerilmiştir. Bunlar bu bölümde kısaca incelenmiştir.

Örgü ekranlı bir kablunun transfer empedansının izlediği tipik yol Şekil 6.20’de gösterilmiştir.



Şekil 6.20 Örgü ekranlı bir kablonun transfer empedansının izlediği tipik yol

Bir çok araştırmacı transfer empedansı hesaplamalarının modelizasyonuna ilişkin çeşitli araştırmalar gerçekleştirmiştir. Kaden [21] delikli tüple transfer empedansı hesaplama çalışmalarına başlamıştır. Bir diğer çalışmada Vance [22] dairesel delikler yerine elips şeklindeki delikler üzerinde durmuştur. Tyni [23] ve Tsaliowich [24] örgü katmanını ikiye ayırmışlardır. Yukarıda bahsedilen modellere ilaveten kablonun transfer empedansını hesaplamak üzere çeşitli modeller geliştirilmiştir (Sali [25], Zhou ve Gong [26] vb..). Bu modellerin çoğu yukarıda belirtilen modellerden küçük değişikliklerle oluşturulmuştur.

Bu tezdeki simülasyonda Tyni'nin önerdiği model uygulanmıştır. Bunun başlıca nedeni Tyni'nin önerdiği modelin, yüksek frekans kablo testlerinde basit ve doğru sonuçlar vermesidir.

Daha sonra yapılmış olan çalışmalara temel teşkil eden bu öncü çalışmalar, transfer empedansının hesaplanmasında ölçülmüş olan değerlere yakın sonuçlar vermiştir. Hazırlanmış olan bu tezde Tyni'nin önermiş olduğu transfer empedansının hesaplama modeli ayrıntılı olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilmiş olan simülasyonda bu model kullanılmıştır.

Tyni [23] transfer empedansının hesabına ilişkin oldukça basit ve açık olan bir model önermiştir. Bu modele göre yüksek frekanslarda transfer empedansını arttıran örgü

boyunca sızıntı, iki adet indüktanstan oluşur. Bunlar örgü ve sızıntı indüktanslarıdır. Örgü indüktansı L_b örgünün dokuma doğasından ve sızıntı indüktansı L_h örgünün deliklerinden kaynaklanır. L_b ve L_h Eş. 6.16 ve 6.17'ye göre belirlenir.

$$L_b = \frac{\mu_o h}{4\pi D_m} (1 - \tan^2 \alpha) \quad (6.16)$$

$$L_h = \frac{\mu_o 2N}{\pi \cos \alpha} \left(\frac{b}{\pi D_m} \right)^2 \exp \left(\frac{-\pi d}{b} - 2 \right) \quad (6.17)$$

Eş. 6.16 ve 6.17'de bulunan

α : örgü açısı

D_m : ortalama örgü çapı

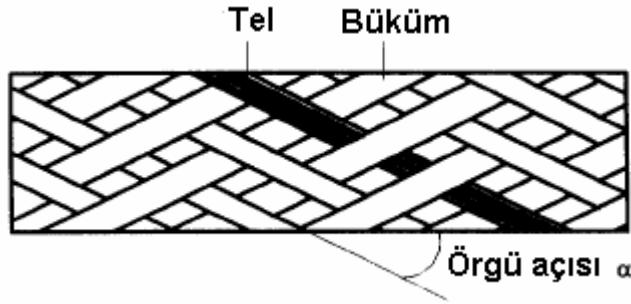
b : delik genişliği

d : örgü-tel çapı

h : radyal iç ayrımı ve

μ_o : serbest uzayın geçirgenliğidir (permeability)

N : Katlama sayısı



Şekil 6.21 Örgü ekran yapısı

Örgü parametreleri: Eş. 6.16 ve 6.17'de verilen örgü indüktansı L_b ve sızıntı indüktansı L_h 'nin hesaplanmasında üreticinin kataloğunda belirtilen iç uzunluğu l , örgü çapı D_0 , tel çapı d , katlama sayısı N ve katlama başına tel sayısı n kullanılmaktadır. Katalogdan elde edilen bu değerler ile D_m , b , $\tan \alpha$, h parametreleri Eş. 6.18, 6.19, 6.20, 6.21'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$D_m = D_0 + 2d \quad (6.18)$$

$$b = \frac{2\pi D_m}{N} \cos \alpha - nd \quad (6.19)$$

$$\tan \alpha = \frac{\pi D_m}{l} \quad (6.20)$$

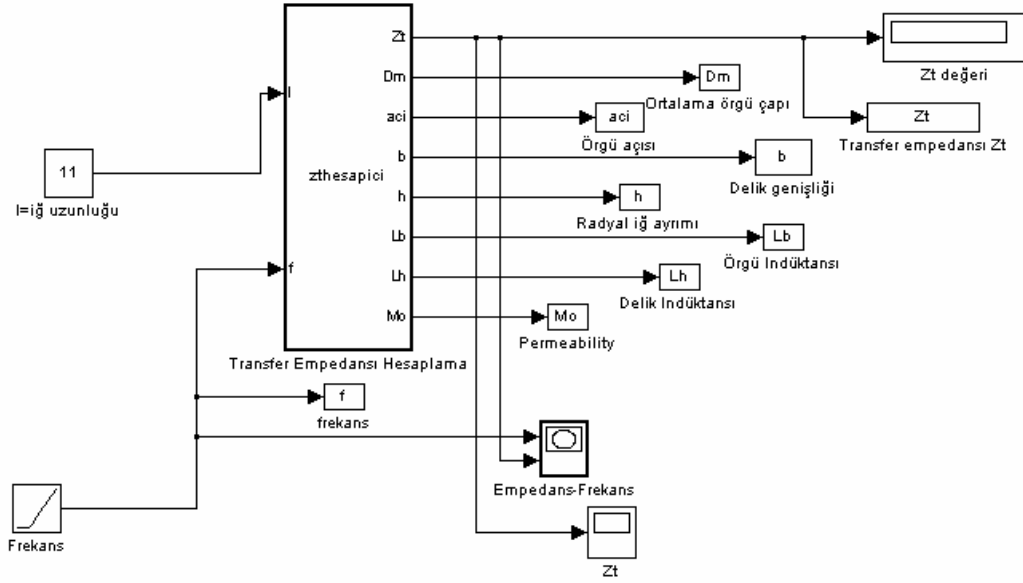
$$h = \frac{2d^2}{b+d} \quad (6.21)$$

Tyni'nin modeline göre transfer empedansının yaklaşık değeri Eş. 6.22'deki gibidir.

$$Z_t \cong R + j\omega(L_h - L_b) \quad (6.22)$$

Bir önceki bölümde deneysel olarak elde edilmiş olan sonuçları hesaplama yöntemiyle bulunan sonuçlarla karşılaştırmak üzere transfer empedansı hesaplamaları için Matlab ve Simulink yazılımları kullanılmıştır.

Simulink yazılımıyla hesap bloğu oluşturulmuş, üretilmiş değerlerin çalışma uzayına atılması, grafiksel olarak çizdirilmesi ve ihtiyaç duyulursa kullanıcıya giriş parametrelerini değiştirme imkanı tanınmıştır.



Şekil 6.22 Simulink-Transfer empedansı hesaplama bloğu

Transfer Empedansı Hesaplama bloğunda Matlab fonksiyonu olarak Tyni'nin önerdiği yöntem yazılmıştır.

Ölçümler ve Hesaplamaların Karşılaştırılması: Bu bölümde deney sonucunda elde edilen transfer empedansı ile Tyni'nin hesaplama yöntemiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Deney numunesi olarak RG-058 kablo kullanılmış ve üretici kataloğundan gerekli üretim parametreleri alınmıştır. Bu değerler

$$l=11.0 \text{ mm}$$

$$Do=2.95 \text{ mm}$$

$$d=0.114 \text{ mm}$$

$$N=16$$

$$n=5$$

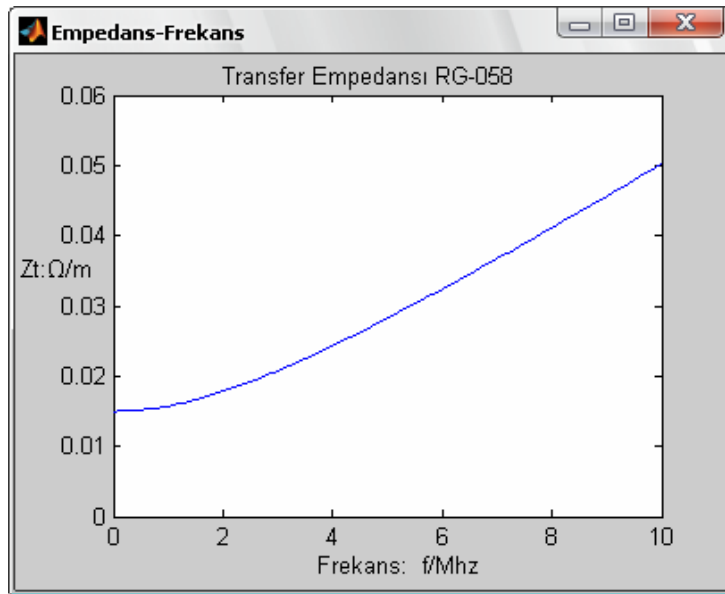
$$Mo=4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ biçimindedir.}$$

Şekil 6.23'te RG-058 kablosunun üç eksenli metod kullanılarak ölçülmesi sonucu elde edilen frekans-transfer empedansı değişimi görülmektedir.

Şekil 6.23'ten de görüleceği üzere kablo'nun DC direnci yaklaşık olarak $15\text{ m}\Omega$ civarındadır. Aynı kablo ve Tyni'nin yöntemi kullanılarak elde edilen simülasyon sonucu ise Şekil 6.24'te verilmiştir.



Şekil 6.23 RG-058 kablosu-üç eksenli metod kullanılarak ölçülmesi sonucu elde edilen frekans-transfer empedansı değişimi



Şekil 6.24 Simülasyon sonucu elde edilen frekans-transfer empedansı değişimi

Yukarıdaki şekillerden de görüleceği üzere ölçüm sonuçları ve Tyni'nin önerdiği hesaplama sonuçları yakın çıkmaktadır. Tyni'nin önermiş olduğu model yüksek frekanslarda yükselen lineer bir doğru çizmektedir.

Örgülü kabloların Z_t ölçüm ve hesaplamaları göstermektedir ki, transfer empedansının frekansla formu değişmektedir. Radyo frekanslarında Z_t ihmal edilebilecek küçüklükte olamamaktadır. Düşük frekanslarda transfer empedansı DC direnç değerine eşit olmaktadır, yüksek frekanslarda eğri yukarı doğru kıvrılmakta ve düz bir çizgi şeklinde yükselmektedir.

Yeterince yüksek frekanslarda resistif bileşen R ihmal edilebilir. Düşük Z_t , düşük sızıntı ve yüksek elektromanyetik bağışıklık anlamına gelmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektromanyetik uyumluluk üzerine son yıllarda bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda elektromanyetik uyumluluğun çeşitli alanlarda uygulamaları incelenmiştir. Bununla birlikte kablo alanında elektromanyetik uyumluluk üzerine yapılmış çalışma ve yayınların az sayıda olduğu görülmüştür.

Hazırlanmış olan bu tezde ilk olarak elektromanyetik uyumluluk üzerine yapılmış olan çalışmaları içeren literatür araştırması yapılmıştır. Elektromanyetik uyumlulukla ilgili temel kavramlar elektrik alan, manyetik alan elektromanyetik girişim ve korunma yöntemleri ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Ulusal ve uluslararası standartlar, bu standartların oluşturulması ve ilgili kuruluşlar hakkında bilgiler verilmiş ve böylece özellikle ülkemizde birçok alanda farklı şekilde anlamlar yüklenen standartlar konusunun daha kolay ve iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Elektromanyetik uyumluluk üzerine standart hazırlayan kuruluşlar incelenerek bu alanda yayınladıkları son güncel standard listeleri verilmiştir. Kablo sektöründe uluslararası piyasada en büyük üreticilerden olan ve bu sektörde en fazla HAR belgesi düzenleyen ülkeler arasında olan Türkiye'nin kablo alanında gerçekleştirmesi son standartlarla zorunlu hale geldiği kablolarda elektromanyetik uyumluluk testleri incelenmiştir. Bu testlerden üç eksenli metod ile transfer empedansı ölçümü ayrıntılı olarak araştırılmış ve deney laboratuvarında uygulaması yapılarak bu test gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kablolarda elektromanyetik uyumluluğun analiziyle ilgili standart açısından değerlendirilmiştir.

Böylece HAR belgesinin düzenlenmesinde önemli bir yeri olan elektromanyetik uyumluluk testi; detaylarıyla açıklanarak, ayrıntılı bir bilgi kaynağı olarak sunulmuştur.

Deneysel çalışmanın yanı sıra, matematiksel olarak transfer empedansı incelenmiş ve simüle edilmiştir. Deneysel sonuçlar ile hesaplamalarla elde edilen sonuçları tutarlı görülmüştür. Ayrıca deney sonucunda network analizörle elde edilen grafik ile Matlab Simulink'te elde edilen grafiğin uyduğu da görülmüştür.

Ölçüm sonuçlarına göre; fiziksel olarak daha sık ekranlara sahip olan haberleşme ve anten kablolarının ekranlama kabiliyetinin, daha seyrek ekranlara sahip olan H05 VVC4 V5 - K tipi iletim kablolarına göre daha iyi olduğu sonucuna da ayrıca varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Selek, M.B., “Electromagnetic Compatibility”, Yüksel Lisans Tezi, ***Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İzmir, 4-26 (1997).
2. Çolak, B., “Elektromanyetik Uyumluluk İçin Baskılı Devre Kartlarından Kaynaklanan Emisyonların Modellenmesi”, Yüksel Lisans Tezi, ***Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Sakarya, 25-45 (1997).
3. Araz, İ., “Elektromanyetik Uyumluluk İçin Açık Saha Test Alanının (Asta) Kalibrasyonu Ve Tam Yansımasız Odanın Asta İle Korelasyonu”, Yüksel Lisans Tezi, ***Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Sakarya, 15-30 (1998).
4. Parlak, S., “Elektrik Sistemlerinde Elektromanyetik Uyumluluk Uygulama Yaklaşımları”, Yüksel Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 49-62 (2000).
5. Özyalçın, M.O., “İletim Hattı Matrisi Yöntemi İle Elektromanyetik Problemlerin Modellenmesi Ve Simülasyonu”, Doktora Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 6-23 (2002).
6. Teşneli, A.Y., “EMC Anten Tasarımı, Analizi ve Ölçümleri”, Doktora Tezi, ***Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Sakarya, 252-254 (2002).
7. Atabey, M.M., “Uçak Sistemleri Üzerindeki Elektromanyetik Uyumluluk Kavramı ve HF Telsiz Sistemine Ait Antenlerin Elektromanyetik Uyumluluk Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 74-81 (2003).
8. Koşalay, İ., “Bir Transformatör Merkezindeki Elektromanyetik Uyumluluk ve Kirliliğin Yapay Sinir Ağlarıyla İncelenmesi”, Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 9-31 (2003).
9. Öztürk, D., “Elektromanyetik Uyumluluk ve Uygunluk Değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Sakarya, 32-37 (2004).
10. Özdemir, E., “Bir EMC Problemi Olarak Ortak Mod ve Farksal Mod Akımların Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Kocaeli, 20-27 (2004).
11. Dursun, E., “Elektrik Sistemlerinde Elektromanyetik Uyum”, Yüksek Lisans Tezi, ***Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, 22-27 (2006).
12. Fowler, E. P., “Screening of cables and connectors”, ***IEEE Xplore***, 6 (2): 93 - 102 (1994).

13. Breitenbach, O., Hähner, T., Mund, B. "Screening of cables in the mhz to ghz frequency range extended application of a simple measuring method", *IEEE Xplore*, 7/1-715 (1998).
14. Halme, L., Kytonen, R., "Background and introduction to EM screening (shielding) behaviours and measurements of coaxial and symmetrical cables, cable assemblies and connectors", *IEEE Xplore*, 4/1 - 428 (1998).
15. Tiedemann, R., Gonschorek, K. H., "Simple method for the determination of the complex cable transfer impedance", *IEEE Xplore*, 1: 100-105 (1998).
16. Hähner, T., Mund, B., "Test methods for screening and balance of communication cables", *XIII. International Zurich Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility*, Zürich, 100 (4) 1-6 (1999).
17. Hähner, T., Mund, B., "Measurements of the screening effectiveness of connectors and cable assemblies", *International Wroclaw Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility*, Wroclaw, (2002).
18. Çınar, K., "Elektromanyetik Alan", *Bilim ve Teknik Dergisi*, Ağustos, (2006).
19. Bluhm, M., Perogli E., Squizzato V., Zich R.E., "Measurements of transfer impedance with the line injection method on cables and connectors", *IEEE Xplore*, 2/599 - 604 (2000).
20. Mueller, J., "Cable Shielding Test Methods", *IEEE Xplore*, 2/599 - 604 (2000).
21. Kaden H., "Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik", Springer Verlag, 1959
22. Vance E.F., "Shielding Effectiveness of Braided-Wire Shields", *IEEE-Trans, EMC-Vol. 17*, 1975
23. Tyni M., "The transfer impedance of coaxial cables with braided outer conductor", *Inst. Telek. Politech*, 1976
24. Tsaliowich A., "Braided shield engineering model: Shielding and transmission performance,optimal design", *Optimal design international, wire and cable symposium*, 1981
25. Sali S., "An improved model for the transfer impedance calculations of braided coaxial cables", *Trans. On EMC, IEEE*, 1991
26. Zhou G. Ve Gong L, "An improved analytical model for braided cable shields", *Trans. On ENMC, IEEE*, 1990.

27. IEC 502 / TS 11178, Beyan Gerilimleri 1 kV'dan 30 kV'a Kadar Olan Ektrüzyonla Çekilmiş Katı Dielektrik Yalıtımlı Güç Kabloları, (1994).
28. IEC 62153-4-3, Metallic communication cables test methods – Electromagnetic compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method, (2006).
29. TS EN 50289-1-6, Kablolar - Haberleşme kabloları - Deney metotları için özellikler - Bölüm 1-6: Elektriksel deney metotları – Elektromanyetik performans,(2006).

EKLER

EK-1. CENELEC Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

Referans	Teknik Komite	Adı	Direktif	Env
<u>CLC/TR 50373:2004</u>	CLC/TC 88	Wind turbines - Electromagnetic compatibility		-
<u>EN 61543:1995/A2:2006</u>	CLC/TC 23E	Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use - Electromagnetic compatibility	<u>2004/108/EC</u>	-
<u>EN 61543:1995/A12:2005</u>	CLC/TC 23E	Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use - Electromagnetic compatibility	<u>2004/108/EC</u>	-
<u>EN 61543:1995/A11:2003</u>	CLC/TC 23E	Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use - Electromagnetic compatibility	<u>2004/108/EC</u>	-
<u>EN 61543:1995</u>	CLC/TC 23E	Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use - Electromagnetic compatibility	<u>2004/108/EC</u>	-
<u>CLC/prTS 61000-1-2</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 1-2: General - Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena		-
<u>FprEN 61000-4-15:2009</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-15: Testing and measurement techniques - Flickermeter - Functional and design specifications		-
<u>EN 61000-4-4:2004/FprA1:2009</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test		-
<u>FprEN 61000-4-20:200X</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-20: Testing and measurement techniques - Emission and immunity testing in Transverse Electromagnetic (TEM) waveguides - Basic EMC publication		-
<u>FprEN 61000-4-20:200X (fragment 1)</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-20: Testing and measurement techniques - Emission and immunity testing in Transverse Electromagnetic (TEM) waveguides - Basic EMC publication		-

EK-1. (Devam) CENELEC Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

Referans	Teknik Komite	Adı	Direktif	Env
<u>EN 61000-4-34:2007/FprA1:2008</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-34: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with mains current more than 16 A per phase		-
<u>EN 61000-4-13:2002/FprA1:2008</u>	CLC/TC 210	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		-
<u>EN 61000-4-14:1999/FprA2:2008</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-14: Testing and measurement techniques - Voltage fluctuation immunity test for equipment with input current not exceeding 16 A per phase		-
<u>FprEN 61000-4-8:200X</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-8: Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test		-
<u>EN 61000-4-16:1998/FprA2:2009</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-16: Testing and measurement techniques - Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz		-
<u>EN 61000-4-2:2009</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test		-
<u>EN 61000-4-28:2000/A2:2009</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-28: Testing and measurement techniques - Variation of power frequency, immunity test for equipment with input current not exceeding 16 A per phase		-
<u>EN 61000-4-17:1999/A2:2009</u>	CLC/TC 210	Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-17: Testing and measurement techniques - Ripple on d.c. input power port immunity test		-

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi CENELEC'in Elektromanyetik uyumluluk alanında yayınladığı standart ve teknik yayınların tamamı listelenmemiştir. Tüm standart ve teknik doküman listelerini görmek ve bu dokümanlara ulaşmak için CENELEC resmi web sitesi olan www.cenelec.eu adresi ziyaret edilmelidir.

EK-2. CEN Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

Avrupa Standart Komitesi CEN'in yayınladığı Elektromanyetik Uyumluluk alanındaki standart ve teknik yayınlar:

Standart Numarası	Adı	Direktif
EN 12015:2004	Electromagnetic compatibility - Product family standard for lifts, escalators and moving walks - Emission	89/336/EEC, 2004/108/EC, 92/31/EEC
EN 12016:2004+A1:2008	Electromagnetic compatibility - Product family standard for lifts, escalators and moving walks - Immunity	2006/42/EC, 98/37/EC, 95/16/EC, 2004/108/EC
EN 12895:2000	Industrial trucks - Electromagnetic compatibility	89/336/EEC, 2004/108/EC
EN 13309:2000	Construction machinery - Electromagnetic compatibility of machines with internal electrical power supply	89/336/EEC, 2004/108/EC, 92/31/EEC
EN ISO 14982:2009	Agricultural and forestry machinery - Electromagnetic compatibility - Test methods and acceptance criteria (ISO 14982:1998)	98/37/EC, 2006/42/EC, 2004/108/EC

EK-3. ETSI Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

ETSI EG 202 414 V1.1.1 (2005-09)

Reference:DEG/ERM- 48365 bytes (9
TG04-01 Source:ERMTG04 Pages) Former price code:

Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Guide to the demonstration of conformity for after market Electric/electronic Sub-Assemblies (ESAs) to the motor vehicle EMC Directive 2004/104/EC

ETSI EG 202 373 V1.1.1 (2005-08)

Reference:DEG/ERM- 627918 bytes (30
TG27-006 Source:ERMTG27 Pages) Former price code:

Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Guide to the methods of measurement of Radio Frequency (RF) fields

ETSI EG 202 150 V1.1.1 (2003-02)

Reference:DEG/ERM- 51022 bytes (12
RP02-056 Source:ERM RP02 Pages) Former price code:

Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);"Common Text" for Application Forms/Short Equipment Description Forms

ETSI EG 201 838 V1.1.1 (2000-10)

Reference:DEG/ERM- 65035 bytes (13
TG14-001 Source:ERMTG14 Pages) Former price code:

Title: ElectroMagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM);Publication of interface specifications under Directive 1999/5/EC;Guidelines for describing radio access interfaces

ETSI EG 201 788 V1.2.1 (2007-02)

Reference:REG/ERM- 70793 bytes (14
RM-054 Source:ERM RM Pages) Former price code:

Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Guidance for drafting an ETSI System Reference Document

ETSI EG 201 784 V1.1.1 (2000-07)

Reference:DEG/ERM- 158349 bytes (31
TG5-001 Source:ERMTG5 Pages) Former price code:

Title: ElectroMagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM);Guidance on the incorporation of ElectroMagnetic Compatibility (EMC) requirements for radio equipment into ETSI standards intended to be referenced under Council Directive 96/98/EC on Marine Equipment

ETSI EG 201 399 V2.1.1 (2005-12)

Reference:REG/ERM- 213087 bytes (37
RM-042 Source:ERM RM Pages) Former price code:

Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);A guide to the production of candidate Harmonized Standards for application under the R&TTE Directive

EK-3. (Devam) ETSI Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

ETSI EG 201 399 V1.3.1 (2003-01)

Reference:REG/ERM- 160266 bytes (28
RM-011 Source:ERM RM Pages) Former price code:
Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);A guide to the
production of candidate Harmonized Standards for application under the R&TTE Directive

ETSI EG 200 053 V1.5.1 (2004-06)

Reference:REG/ERM- 1778304 bytes (159
TG27-004 Source:ERMTG27 Pages) Former price code:
Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Radio site
engineering for radio equipment and systems

ETSI EN 303 213-1 V1.1.1 (2008-12)

Reference:DEN/ERM- 259563 bytes (46
TG25-033-1 Source:ERMTG25 Pages) Former price code:
Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Community
Specification Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) for
application under the Single European Sky Interoperability Regulation EC 552/2004 Part 1:
Level 1 including external interfaces

ETSI EN 302 842-1 V1.2.1 (2006-12)

Reference:REN/ERM- 393821 bytes (75
TG25-030-1 Source:ERMTG25 Pages) Former price code:
Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);VHF air-ground and
air-air Digital Link (VDL) Mode 4 radio equipment;Technical characteristics and methods of
measurement for aeronautical mobile (airborne) equipment;Part 1: Physical layer

ETSI EN 302 842-2 V1.2.1 (2006-12)

Reference:REN/ERM- 2656120 bytes (421
TG25-030-2 Source:ERMTG25 Pages) Former price code:
Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);VHF air-ground and
air-air Digital Link (VDL) Mode 4 radio equipment;Technical characteristics and methods of
measurement for aeronautical mobile (airborne) equipment;Part 2: General description and
data link layer

ETSI EN 302 842-3 V1.2.1 (2006-12)

Reference:REN/ERM- 2102601 bytes (286
TG25-030-3 Source:ERMTG25 Pages) Former price code:
Title: Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);VHF air-ground and
air-air Digital Link (VDL) Mode 4 radio equipment;Technical characteristics and methods of
measurement for aeronautical mobile (airborne) equipment;Part 3: Additional broadcast
aspects

ETSI tarafından Elektromanyetik uyumluluk alanında yayınlanan standart ve teknik yayınların tamamı listelenmemiştir. Tüm standart ve teknik doküman listelerini görmek ve bu dokümanlara ulaşmak için ETSI resmi web sitesi olan www.etsi.org adresi ziyaret edilmelidir.

EK-4. IEC Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

[IEC 60092-501 \(2007-08\)](#)

Electrical installations in ships - Part 501: Special features - Electric propulsion plant
Maintenance Result Date: 2010

[IEC 60118-13 \(2004-11\)](#)

Electroacoustics - Hearing aids - Part 13: Electromagnetic compatibility (EMC)
Maintenance Result Date: 2009

[IEC 60255-26 \(2008-07\)](#)

Measuring relays and protection equipment - Part 26: Electromagnetic compatibility requirements
Maintenance Result Date: 2010

[IEC 60533 \(1999-11\)](#)

Electrical and electronic installations in ships - Electromagnetic compatibility
Maintenance Result Date: 2011

[IEC 60601-1-2 \(2007-03\)](#)

Medical electrical equipment - Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral standard: Electromagnetic compatibility - Requirements and tests
Maintenance Result Date: 2010

[IEC 60601-1-2 \(2007-03\)](#)

Versión Oficial en Español - Equipos electromédicos. Parte 1-2: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial. Norma colateral: Compatibilidad electromagnética. Requisitos y ensayos.
Maintenance Result Date: 2010

[IEC 60601-2-2 \(2009-02\)](#)

Medical electrical equipment - Part 2-2: Particular requirements for the basic safety and essential performance of high frequency surgical equipment and high frequency surgical accessories
Maintenance Result Date: 2012

[IEC 60601-2-34 \(2000-10\)](#)

Medical electrical equipment - Part 2-34: Particular requirements for the safety, including essential performance, of invasive blood pressure monitoring equipment
Maintenance Result Date: 2009

[IEC 60601-2-34 \(2000-10\)](#)

Versión Oficial en Español - Equipos electromédicos. Parte 2-34: Requisitos particulares para la seguridad, incluyendo las características de funcionamiento esenciales, de los equipos de vigilancia invasiva de la presión sanguínea.
Maintenance Result Date: 2009

[IEC 60728-2 \(2002-10\)](#)

Cabled distribution systems for television and sound signals - Part 2: Electromagnetic compatibility for equipment
Maintenance Result Date: 2008

[IEC 60728-12 \(2001-02\)](#)

Cabled distribution systems for television and sound signals - Part 12: Electromagnetic compatibility of systems
Maintenance Result Date: 2009

EK-4. (Devam) IEC Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

IEC 60870-2-1 (1995-12)

Telecontrol equipment and systems - Part 2: Operating conditions - Section 1: Power supply and electromagnetic compatibility
Maintenance Result Date: 2009

IEC 60974-10 (2007-08)

Arc welding equipment - Part 10: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements
Maintenance Result Date: 2010

IEC/TR 61000-1-1 (1992-05)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1: General - Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms
Maintenance Result Date: 2010

IEC/TS 61000-1-2 (2008-11)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1-2: General - Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena
Maintenance Result Date: 2011

IEC/TR 61000-1-3 (2002-06)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1-3: General - The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems
Maintenance Result Date: 2012

IEC/TR 61000-1-4 (2005-05)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1-4: General - Historical rationale for the limitation of power-frequency conducted harmonic current emissions from equipment, in the frequency range up to 2 kHz
Maintenance Result Date: 2010

IEC/TR 61000-1-5 (2004-11)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 1-5: General - High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems
Maintenance Result Date: 2014

IEC/TR 61000-2-1 (1990-05)

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2: Environment - Section 1: Description of the environment - Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems
Maintenance Result Date: 2011

IEC tarafından Elektromanyetik uyumluluk alanında yayınlanan standartların tamamı listelenmemiştir. Tüm standart ve teknik doküman listelerini görmek ve bu dokümanlara ulaşmak için IEC resmi web sitesi olan www.iec.ch adresi ziyaret edilmelidir. Bu standartlardan çoğu TSE tarafından Türk standardı olarak Türkçe'ye çevrilmiş ve "TS" ön kodu ile TSE web sayfasında yer almaktadır.

EK-5. CISPR Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

CISPR Basic EMC Standards

- CISPR 16-1-1 Part 1-1: Measuring apparatus
- CISPR 16-1-2 Part 1-2: Ancillary equipment – Conducted disturbances
- CISPR 16-1-3 Part 1-3: Ancillary equipment – Disturbance power
- CISPR 16-1-4 Part 1-4: Ancillary equipment – Radiated disturbances
- CISPR 16-1-5 Part 1-5: Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz
- CISPR 16-2-1 Part 2-1: Conducted disturbance measurements
- CISPR 16-2-2 Part 2-2: Measurement of disturbance power
- CISPR 16-2-3 Part 2-3: Radiated disturbance measurements
- CISPR 16-2-4 Part 2-4: Immunity measurements
- CISPR 16-4-2 Part 4-2: Uncertainty in EMC measurements

CISPR/IEC Generic EMC Standards

- IEC 61000-6-3 (see annex C.1) Part 6-3: Generic Emission Standard for residential, commercial and light - industrial environment
- IEC 61000-6-4 (see annex C.2) Part 6-4: Generic Emission Standard for industrial environment
- IEC 61000-6-1 () Part 6-1: Generic Immunity Standard for residential, commercial and light industrial environment
- IEC 61000-6-2 () Part 6-4: Generic Immunity Standard for industrial environment

CISPR Product Standards

- CISPR 11 (see annex A.1.1) Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio frequency equipment
- CISPR 12 (see annex A.1.2) Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of vehicles, motor boats and spark -ignited engine driven devices
- CISPR 13 (see annex A.1.3) Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of sound and television broadcast receivers and associated equipment
- CISPR 14-1 (see annex A.1.4) Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical motor-operated and thermal appliances for household and similar purposes, electric tools and similar electric apparatus
- CISPR 14-2 (see annex A.1.5) Requirements for household appliances, tools and similar apparatus. Part 2: Immunity
- CISPR 15 (see annex A.1.6) Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment
- CISPR 20 (see annex A.1.7) Limits and methods of measurement of immunity characteristics of sound and television broadcast receivers and associated equipment
- CISPR 22 (see annex A.1.8) Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of ITE

EK-5. (Devam) CISPR Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

CISPR 24 (see annex A.1.9) Limits and methods of measurement of the immunity characteristics of ITE

CISPR 25 (see annex A.1.10) Limits and methods of measurement of radio disturbance

CISPR Guidance documents

CISPR 16-3TR CISPR technical reports

CISPR 16-4-1 TR Uncertainties in standardized EMC tests

CISPR 16-4-3 TR Statistical considerations in the determination of EMC compliance of massproduced products

CISPR 16-4-4 TR Statistics of complaints and a model for the calculation of limits

CISPR 18-1 (see annex B.1.1) Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment. Part 1: Description of phenomena

CISPR 18-2 (see annex B.1.2) Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment. Part 2: Methods of measurement and procedures for determining limits

CISPR 18-3 (see annex B.1.3) Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage. Part 3: Limits of radio noise from AC lines and installations in the frequency range 0.15 to 30 MHz

CISPR 19 Guidance on the use of the substitution method for measurements of radiation from microwave ovens for frequencies above 1GHz

CISPR 23 Determination of limits for industrial, scientific and medical equipment

EK-6. TSE Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

TS No/Ad

[TS EN 61000-4-14](#) 24.03.2003

Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 4-14:Deney ve Ölçme Teknikleri-Düzensiz Gerilim Değişimi Bağışıklık Deneyi

[TS EN 300674 V 1.1.1](#) 21.03.2000

Elektromanyetik uyumluluk ve radyospektrum konuları (ERM) - Karayolu nakliyatı ve trafik telematikleri (RTTT) - 5,8 GHz endüstriyel, bilimsel,tıbbi (ISM) bandela çalışan veri iletişim cihazları için teknik özellikler ve deney metotları

[TS EN 301011 V 1.1.1](#) 14.04.2003

Elektromanyetik Uyumluluk ve Radyo Spektrum Konuları
Elektromanyetik Uyumluluk ve Radyo Spektrum Konuları (ERM); Deniz Seyyar Hizmetinde Çalışan Dar-Bandlı-Doğrudan-Yazmalı (NBBDP) Navtex Alıcıları İçin Elektromanyetik Uyumluluk (EMC) Standardı

[TS EN 61000-4-28](#) 02.04.2003

Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 4-28: Deney ve Ölçme Teknikleri-Güç Frekansının Değişimi, Bağışıklık Deneyi

[TS EN 301178 V 1.1.1](#) 21.11.2000

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo frekans bandı konuları (ERM) - VHF bandlarında çalışan deniz hareketli hizmetler için taşınabilir çok yüksek frekanslı (VHF) telsiz telefon cihazları için ölçme yöntemleri ve teknik özellikler (GMDSS) haricindeki sistemler için)

[TS EN 50293](#) 22.01.2003

Elektromanyetik Uyumluluk-Yol Trafik İşaret Sistemleri-Ürün Standardı
Direktif : 89/336/EEC (2004/108/EC)

[TS EN 61204-3](#) 21.04.2005

Düşük gerilim güç kaynakları, d.a. çıkışlı - Bölüm 3 : Elektromanyetik uyumluluk (EMU) Direktif : 89/336/EEC (2004/108/EC)

[TS EN 300219-2 V1.1.1](#) 13.03.2003

Elektromanyetik Uyumluluk ve Radyo Spektrum Konuları (ERM); Kara Seyyar Hizmeti; Alıcıda Özel Bir Tepkiyi Başlatan İşaretleri Gönderen Radyo Cihazları; Bölüm 2: R ve TTE Direktifi Madde 3.2 'sine Göre Temel Şartları Kapsayan Uyumlaştırılmış EN Standardı Direktif : 99/5/EC

[TS EN 300220-3 V 1.1.1](#) 13.03.2003

Elektromanyetik Uyumluluk ve Radyo Spektrum Konuları (EMR); Kısa Mesafeli Cihazlar (SRD); Güç Seviyesi 500 mW'a Kadar Olan 25 MHz-1000 MHz Aralığında Kullanılan Radyo Cihazları; Bölüm 3: R ve TTE Direktifi Madde 3.2 'sine Göre Temel Şartları Kapsayan Uyumlaştırılmış EN Standardı

[TS EN 301489-5 V1.3.1](#) 9.03.2004

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo spektrum konuları (ERM);Radyo cihaz ve hizmetleri için elektromanyetik uyumluluk (EMU) standardı
Bölüm 5: Özel karasal seyyar radyo (PMR) ve yardımcı cihaz (konuşmalı ve konuşmasız) için özel şartlar Direktif : 99/5/EC

EK-6. (Devam) TSE Tarafından Yayınlanan EMU Standartları

TS EN 301489-8 V1.2.1 30.03.2004

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo spektrum konuları (ERM); Radyo cihazı ve hizmetleri için elektromanyetik uyumluluk (EMC) standardı ; Bölüm 8: GSM baz istasyonları için özel şartlar Direktif : 99/5/EC

TS EN 301489-10 V1.3.1 30.03.2004

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo spektrum konuları (ERM); Radyo cihaz ve hizmetleri için elektromanyetik uyumluluk (EMC) standardı - Bölüm 10: Birinci (CT1 ve CT1+) ve ikinci nesil kablosuz telefon (CT2) cihazı için özel şartlar Direktif : 99/5/EC

TS EN 301489-15 V1.2.1 01.04.2004

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo spektrum konuları (ERM)- Radyo cihazı ve hizmetleri için elektromanyetik uyumluluk (EMC) standardı- Bölüm 15: Ticari olarak bulunabilen amatör radyo cihazları için özel şartlar Direktif : 99/5/EC

TS EN 301489-16 V1.2.1 28.04.2004

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo spektrum konuları (ERM); Radyo cihazı ve hizmetleri için elektromanyetik uyumluluk (EMC) standardı; Bölüm 16: Seyyar ve taşınabilir analog hücreli radyo haberleşme cihazları için özel şartlar Direktif : 99/5/EC

TS EN 301489-19 V1.2.1 01.04.2004

Elektromanyetik uyumluluk ve radyo spektrum konuları (ERM); Radyo cihazı ve hizmetleri için elektromanyetik uyumluluk(EMC) standardı; Bölüm 19: Veri iletişimi sağlayan 1,5 GHz bandında çalışan sadece alıcı seyyar yer istasyonları (ROMES) için özel şartlar Direktif : 99/5/EC

TS EN 61000-4-27 26.04.2003

Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 4-27: Deney ve Ölçme Teknikleri- Dengesiz, Bağışıklık Deneyi

TS EN 61000-4-29 27.04.2003

Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 4-29: Deneyler ve Ölçme Teknikleri- d.a. Güç Giriş Ucunda Ani Gerilim Düşmeleri, Kısa Kesintiler ve Gerilim Değişimleri İçin Bağışıklık Deneyleri

Bu standartlar TSE tarafından EMU hakkında yayınlanmış standartların bir bölümüdür. Tüm standart listelerini görmek ve bu standartlara ulaşmak için TSE resmi web sitesi olan www.tse.org.tr adresi ziyaret edilmelidir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARATAŞ, Merve Hatice
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 24.09.1982 Çorum/Osmancık
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 416 16 00
 Faks : 0 (312) 416 67 30
 e-mail : merveolmez@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Elek.-Elktronik M.	-----
Lisans	Yıldız Teknik Üni./ Elek. Haber. M.	2005
Lise	Mimar Sinan Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2010	Türk Standartları Enstitüsü	Mühendis
2005-2006	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Almanca

Fransızca

Hobiler

Tiyatro, Müzik, Yüzme