T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

50HZ VE 100HZ LCD TV'LARIN EN55013 EMU YAYINIM STANDARDINA GÖRE TEST EDİLMESİ VE SONUÇLARININ ANALİZİ

Seher RODOP

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

KONYA, 2010

50HZ VE 100HZ LCD TV 'LARIN EN55013 EMU YAYINIM STANDARDINA GÖRE TEST EDİLMESİ VE SONUÇLARININ ANALİZİ

ÖZET

Elektromanyetik uyumluluk (EMU, EMC); bir sistem veya cihazın içinde bulunduğu elektromanyetik ortamda fonksiyonlarını, giderilemeyecek bir elektromanyetik bozulma olmaksızın yerine getirebilme yeteneği şeklinde tanımlanmaktadır.

Günümüzde farklı tipteki birçok elektronik cihaz aynı ortamda çalışmaktadır. Önceleri yüksek performanslı, uzun ömürlü cihaz tasarımı önemliyken, artık çevreye daha az zarar veren ve daha fazla dayanıklılık gösteren cihaz tasarımı ön plana çıkmaktadır. Elektromanyetik uyumluluk gereği, bir cihazın çevresindeki diğer cihazları etkileyecek istenmeyen elektromanyetik işaretler yaymayacak (yayınım, emission), aynı zamanda diğer cihazların yaydığı istenmeyen işaretlerden de etkilenmeyecek (ürün bağışıklığı, immunity) şekilde tasarlanması gerekmektedir. Avrupa Birliği (AB) ve Amerika'da satılmak üzere üretilen tüm elektronik cihazların dışarıya "yayacak" oldukları alan gücü, hükümet yasaları tarafından belli değerlerle sınırlandırılmıştır. Bir cihazı satışa sunabilmek için, cihazın yasalarla izin verilen elektromanyetik enerji yayınım seviyesinden daha düşük seviyede yayınım yaptığı ölçümlerle kanıtlanmalıdır. Bu nedenle cihaz, kontrollü bir ortamda çalışıyor iken elektromanyetik uyumluluk testlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında öncelikle elektromanyetik uyumluluk kavramı açıklanmış, EMU'nun tarihçesi, tanımları, ilgili temel standartları, ölçü ve test yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Daha sonrasında günümüzde gelişen görüntü iyileştirme teknikleri neticesinde kullanımı oldukça yaygınlaşan 100Hz LCD TV'lerin geleneksel 50Hz LCD TV'lere oranla hangi miktarda yayınım yaptığının tespiti amacıyla EMU yayınım testleri, EMU konusunun yayınım (emission, sızıntı) bölümünü düzenleyen EN55013 standardının öngördüğü şekilde yapılmıştır.

Bu testler akredite bir laboratuvar ortamında yapılırken, teste tabi tutulan 2 farklı LCD TV'de anakart, power kartı, panel büyüklüğü, panelin üretici firması gibi parametreler sabit tutulup sadece satır tarama frekans parametresi 100Hz ve 50Hz değerlerinde değişken olarak kabul edilmiştir. Bu iki farklı ferkansta çalışan LCD televizyonlar için elde edilen test sonuçları kıyaslanmış ve günümüz koşullarında görüntü teknolojisi gelişirken cihaz yayınımlarının bundan ne oranda etkilendiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 50 Hz ve 100 Hz LCD TV, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU), Elektromanyetik Girişim, Bağışıklık, Yayınım/Sızıntı, EN55013 Standardı, CISPR Standardı, CENELEC Standartları.

ABSTRACT

MS Thesis

TESTING 50HZ AND 100HZ LCD TV's ACCORDING TO EN55013 EMC EMISSION STANDARD AND ANALYSIS OF RESULTS

Seher RODOP

Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electrical-Electronics Engineering Branch

Advisor: Yrd.Doç.Dr. S.Sinan GÜLTEKİN

2010, 194 Page

Jurry: Doç. Dr. Hakan Işık
Yrd.Doç.Dr. A. Afşin KULAKSIZ
Yrd.Doç.Dr. S.Sinan GÜLTEKİN

We can basicly summarize that Electromagnetic Compatibility (EMC) means; a system or a device which is in an electromagnetic environment can operate its functions without any electromagnetic interference that can not be solved.

In today's world, several different electronic devices can operate very well in the same close environment. At the time, it was important to design devices with the highest performance and the longest lived. But nowadays, it is much more important to damage the environment at minimum levels, beside that device should operate its functions without any negative effects can be caused by other devices. In the terms of electromagnetic compatibility,a device shouldn't effect functions of other devices negatively by emitting electromagnetic signals. (It is called emission) At the same time it should not get effected from the unwanted signals that emit by other devices. (It is called immunity) All manufactured electronic devices that would be sold in USA and EU are restricted by goverment regulations to a very limited "radiated" field strength leaking out of the case. For marketting a device, it must be proved by measurement that the device emits fields that are lower than the permitted levels. Because of that it must be done to the these kind of tests to any devices which would be sold in the market.

In this thesis, firstly concept of electromagnetic compatibility has been explained, beside that historical evolution of EMC, its definitions, related basic standards, methods for measurements and tests have been examined.

After that, EMC tests have been made for 2 different LCD TVs taking EN55013 as the base standard. First LCD was operating in 50Hz line scanning frequency while the other one was operating in 100Hz which is being more popular in the market as a result of picture enhancement techniques. The aim was to determine emission of 100Hz LCD TV comparing the traditional 50Hz LCD TVs.

These tests are done in an accredited laboratory environment. Only one parameter, line scanning frequency, was different like 50Hz and 100Hz for 2 LCD TVs which were tested. All other parameters such as mainboard, powerboard, panel size, panel manufacturers are kept same during the selection of TV sets. Finally, results of EMC tests for 100Hz and 50 Hz LCD TVs have been compared and it has been determined that how equipment emissions have been affected from picture enhancement technologies.

Nowadays, in parallel with the picture enhancement technologies, 100Hz LCD TVs are being more popular than traditional 50Hz LCD TVs.

Key Words: 50 Hz ve 100 Hz LCD TV, Electromagnetic Compatibility (EMC), Electromagnetic Interference (EMI), Immunity, Emission, EN55013 Standart, CISPR Standart, CENELEC Standart.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, kıymetli görüş ve önerileri ile çalışmalarımı yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. S. Sinan GÜLTEKİN' e, tezimin laboratuvar çalışmaları aşamasında labaratuavarı kullanma imkanı sağlayan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren Vestel Elektronik A.Ş. EMC Labaratuar sorumlusu EMC Mühendisi Feridun YILMAZ' a, her konuda desteğini asla esirgemeyen sevgili eşim Seyit RODOP' a, aileme ve erken uyuyarak bana akşamları çalışma imkanı sağlayan sevgili oğlum Yiğit RODOP' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET…….	i
ABSTRACT……..	ii
TEŞEKKÜR……..	iv
İÇİNDEKİLER……..	v
ÇİZELGELER DİZİNİ…….....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ…….....	xiv
SEMBOLLER VE KISALTMALAR…….....	xix
BÖLÜM I	
GİRİŞ…….....	1
1.1. Giriş……	1
1.2. EMU'nun Tarihçesi ve Amerika ve Avrupa Birliğinde EMU Standartları…….	2
1.3. CE Uyumluluğu…….….	5
BÖLÜM II	
EMU PROBLEMİ, EMU 'nun BÖLÜMLERİ VE TEMEL EMU STANDARTLARI……	8
2.1. EMU Problemi, EMU'nun Bölümleri ve Temel EMU Standartları..	8
2.2. EMU'nun Bölümleri……..	11
2.3. EMU'nun Temel Kuramları ve Anten……...	16
2.3.1. Elektrik ve Manyetik Dipoller……	18
2.4. EMU'dan Korunma Yöntemleri……	22
2.4.1. Ekranlama……...	22
2.4.1.1. Kablolar ve Ekranlama Etkinliği……	30
2.4.2. Filtreler……	31
2.4.2.1. Elektronik Filtreler……..	32
2.4.2.2. Ferrit Filtreler……..	34
2.4.3. Kablo ve Konektörler……..	39

2.5. EMU Standartları…….. 48
2.5.1. Temel Standartlar…… 48
2.5.2. Branş Temel Standartlar……. 49
2.5.2.1. Elektromanyetik Yayınım Standartları…… 50
2.5.2.2. Elektromanyetik Bağışıklık Standartları……. 51
2.5.3. Ürün Ailesi Standartları…….. 53
2.5.4. Ürün Standartları……. 54
2.6. EMU Kuruluşları……... 54
2.6.1. Uzman Otorite…… 54
2.6.2. Uzman Kuruluş…….. 54
2.6.3. Atanmış Kuruluş…… 55
2.6.4. Akreditasyon ve Akredite Labaratuar…… 55
2.7. TV Yayını Alıcıları ve İlgili Cihazlarında EMU Standartları…….. 55
2.7.1. EN 55020…… 56
2.7.2. EN 55013…… 57
2.7.3. EN 61000-3-2……. 58
2.7.4. EN 61000-3-3……. 58

BÖLÜM III
EMU TESTLERİ/ÖLÇÜMLERİ…… 59

3.1. Giriş…… 59
3.2. EMU Test/Ölçü Ortamları……. 62
3.2.1. Ekranlı Oda…… 63
3.2.2. Yansımasız (Yankısız) Oda…… 65
3.2.2.1. Yarı Yansımasız (Yarı Yankısız) Oda…… 67
3.2.2.2. Tam Yansımasız (Tam Yankısız) Oda…… 69
3.2.3. GigaHertz TEM Hücreleri…….. 70
3.2.4. Açık Alan Test Sahası…… 71

BÖLÜM IV
50HZ VE 100HZ LCD TV 'LARIN EN55013 EMU YAYINIM STANDARDINA GÖRE TEST EDİLMESİ……. 73

4.1. EN 55013 Standardıyla İlgili Testler……. 73

4.1.1. Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (Disturbance Voltage at the Mains Terminals) (İletim Yoluyla Yayınım, Conducted Emission, CE)……... 74

4.1.1.1. 42" W 100Hz TFT LCD IDTV İçin Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (CE)……. 75

4.1.1.2. 42" W 50Hz TFT LCD IDTV İçin Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (CE)……. 102

4.1.2. Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission, RE)……. 137

4.1.2.1. 42" W 50Hz TFT LCD IDTV İçin Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission)…… 138

4.1.2.2. 42" W 100Hz TFT LCD IDTV İçin Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission)…… 148

4.1.3. Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi (Disturbance Voltage at the Antenna Terminals (Anzac))……. 155

4.1.3.1. 42" W 50Hz TFT LCD IDTV İçin Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi……. 157

4.1.3.2. 42" W 100Hz TFT LCD IDTV İçin Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi……. 164

BÖLÜM V
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME…… 171

BÖLÜM VI
KAYNAKLAR…… 173

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1	IEC, CISPR ve CENELEC standartları	3
Çizelge 2	Tipik ekranlama değerleri (E: EM alan, P: EM güç)	28
Çizelge 3	Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Limitleri	75
Çizelge 4	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	80
Çizelge 5	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	79
Çizelge 6	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	81
Çizelge 7	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin Av"	81
Çizelge 8	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	82
Çizelge 9	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin Av"	82
Çizelge 10	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	83
Çizelge 11	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	84
Çizelge 12	Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	85
Çizelge 13	Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	85
Çizelge 14	Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	86

Çizelge 15	Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	87
Çizelge 16	Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	88
Çizelge 17	Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	88
Çizelge 18	Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	89
Çizelge 19	Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	90
Çizelge 20	Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	91
Çizelge 21	Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	91
Çizelge 22	Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	92
Çizelge 23	Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	93
Çizelge 24	Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	94
Çizelge 25	Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	94
Çizelge 26	Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	95
Çizelge 27	Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	96
Çizelge 28	Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	97

Çizelge 29	Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	99
Çizelge 30	Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	99
Çizelge 31	42" W 100Hz TFT LCD IDTV cihazı için iletim yollu yayınım testinden elde edilen ölçüm değerleri ile sınır değerleri arasındaki fark (margin) değerlerinin ortalama değerleri	101
Çizelge 32	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	105
Çizelge 33	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	105
Çizelge 34	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	107
Çizelge 35	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	107
Çizelge 36	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	109
Çizelge 37	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	109
Çizelge 38	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	111
Çizelge 39	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	111
Çizelge 40	Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	113
Çizelge 41	Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	113
Çizelge 42	Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	115

Çizelge 43	Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	115
Çizelge 44	Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	117
Çizelge 45	Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	117
Çizelge 46	Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	119
Çizelge 47	Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	119
Çizelge 48	Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	121
Çizelge 49	Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	121
Çizelge 50	Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	123
Çizelge 51	Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	123
Çizelge 52	Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	125
Çizelge 53	Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	125
Çizelge 54	Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	127
Çizelge 55	Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz)Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	127
Çizelge 56	Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	129
Çizelge 57	Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	129
Çizelge 58	Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	131

Çizelge 59	Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	131
Çizelge 60	Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	133
Çizelge 61	Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	133
Çizelge 62	Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	135
Çizelge 63	Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"	135
Çizelge 64	42" W 50Hz TFT LCD IDTV cihazı için iletim yollu yayınım testinden elde edilen ölçüm değerleri ile sınır değerleri arasındaki fark (margin) değerlerinin ortalama değerleri	136
Çizelge 65	EN 55013, RE testti için uygulanan Limit Değerleri	141
Çizelge 66	42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz) için RE Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	143
Çizelge 67	42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) (503.25 Mhz) için RE Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"	144
Çizelge 68	42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator, Dijital Mode İçin RE Ölçüm Sonuçları	146
Çizelge 69	42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator, Analog Mode İçin RE Ölçüm Sonuçları	147
Çizelge 70	42" W 100Hz TFT LCD IDTV Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) için RE Ölçüm Sonuçları	152
Çizelge 71	42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator Dijital Modda RE Ölçüm Sonuçları	154
Çizelge 72	42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator Analog Modda RE Ölçüm Sonuçları	154
Çizelge 73	Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi İçin Limitler	156
Çizelge 74	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL BG Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	158
Çizelge 75	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	159

Çizelge 76	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	160
Çizelge 77	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM L Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	161
Çizelge 78	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL I Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	162
Çizelge 79	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin 8 MHz UHF DVB-T DVB-C için Ölçüm Değerleri	163
Çizelge 80	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL BG Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	165
Çizelge 81	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	166
Çizelge 82	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	167
Çizelge 83	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM L Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	168
Çizelge 84	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL I Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	169
Çizelge 85	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin 8 MHz UHF DVB-T DVB-C Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri	170

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Tipik EM Girişim Kaynakları	1
Şekil 1.2	EMU Düzenleyici Kuruluşlar	3
Şekil 1.3	EMU Limitleri	5
Şekil 1.4	CE İşareti	6
Şekil 2.1	EM Girişim Kaynakları	8
Şekil 2.2	EMI Ortamı	9
Şekil 2.3	EM Girişim Türleri	11
Şekil 2.4	EMU'nun Bölümleri	12
Şekil 2.5	EMI Yolları	13
Şekil 2.6	Elektromanyetik Enerji Transferi	13
Şekil 2.7	Endüktif kublaj (manyetik alan)	14
Şekil 2.8	Yakın Endüktif kublaj (manyetik alan)	14
Şekil 2.9	Kapasitif kublaj (elektrik alan)	15
Şekil 2.10	Korumalı Kapasitif kublaj (elektrik alan)	15
Şekil 2.11	Microstrip Karakteristik İletim Hattı Yeryüzüne Yakınlığından Etkilenme Empedansı: Z = Yüksek	16
Şekil 2.12	Microstrip Karakteristik İletim Hattı Yeryüzüne Yakınlığından Etkilenme Empedansı: Z = Düşük	16
Şekil 2.13	Elektrik (çizgisel) ve manyetik (halka) dipoller ve tipik ışımaları	18
Şekil 2.14	Elektrik ve manyetik dipollerin mesafeyle ışıma dirençlerinin değişimi	19
Şekil 2.15	Analitik modele dayalı yaklaşım	21
Şekil 2.16	Ekranlama Etkinliğinin Tanımı	23
Şekil 2.17	Elektrik ve manyetik dipoller için ekranlama etkinliğinin frekansla değişimi	24
Şekil 2.18	Kalınlığı t olan bir duvarın ekranlama etkinliği bileşenleri	25
Şekil 2.19	Delik ve yarıkların tipik ekranlama etkinliği davranışları	29
Şekil 2.20	Havalandırma paneli ve ekranlama etkinliği	30
Şekil 2.21	İletim hattı tipleri ve ekranlama etkinliği performasları	31

Şekil 2.22	Temel devre elemanları ve (filtre) frekans karakteristikleri	32
Şekil 2.23	Temel devre elemanları ve frekans karakteristikleri	33
Şekil 2.24	Ferrit Filtre kullanımı, tipik davranışı ve çeşitleri	35
Şekil 2.25	Ferrit bilezik filtre eşdeğeri	37
Şekil 2.26	Ferrit (bilezik) filtre örneği	37
Şekil 2.27	Ferrit filtre ve İşaret Kablolarına Uygulanması	38
Şekil 2.28	Tipik bir filtre uygulaması	39
Şekil 2.29	Günümüzde kullanılan tek ve çift ekranlı tipik kablolar, (üstte) sadece elektriksel ekranlama, (altta) elektriksel ve manyetik ekranlama	40
Şekil 2.30	Kablo ekranlaması ve ekran kesim frekansı (Etkili manyetik ekranlama için frekans kesim frekansının en az beş katı olmalıdır)	41
Şekil 2.31	Kablolarda toprak bağlantılarına örnekler	42
Şekil 2.32	Kablolarda ekranlama ve etkileri (üstte) Etkili elektrik alan ekranlama sağlanırken manyetik alan ekranlanmaz, (altta) Etkili elektriksel ekranlama sağlanırken manyetik alan da etkili biçimde zayıflatılır.	43
Şekil 2.33	EMU Bağlantı contaları (Örgülü contalar, Elastomer contalar, Tekstil contalar, Spiral yay contalar, Karbon Katkılı Elastomer contalar)	44
Şekil 2.34	Elektriksel ekranlama açından eşdeğer kanallar	46
Şekil 2.35	Enerji ve işaret kablolarının yan yana aynı kanalda yerleşimi	47
Şekil 2.36	Enerji ve işaret kablolarının yan yana aynı kanalda yerleşimi	47
Şekil 2.37	EMU Standart Yapısı	48
Şekil 3.1	Doğruluk Tanımı	60
Şekil 3.2	Hassasiyet Tanımı	60
Şekil 3.3	Tipik Yayınım (Sızıntı) Ölçü Düzeneği	62
Şekil 3.4	Örnek Ekranlı Oda	64
Şekil 3.5	Tipik Ferrit Malzeme İle Kaplanmış Yansımasız Oda	67
Şekil 3.6	Tipik Yarı Yansımasız (Yarı Yankısız) Oda	68
Şekil 3.7	75/322 Avrupa Topluluğu Direktifine göre Yarı Yansımasız Oda içinde Zırhlı Araç Işınımla Bağışıklık Deneyi	69
Şekil 3.8	Örnek Tam Yansımasız Oda	70
Şekil 3.9	Örnek GTEM Hücresi-Yandan Görünüş	71
Şekil 3.10	Örnek Açık Saha Test Alanı	71
Şekil 4.1	42" W 100Hz TFT LCD IDTV ‘nin Ön ve arkadan Görünüşü	76

Şekil 4.2	CISPR 13 © IEC:2001+A1:2003+A2:2006'ya göre CE testinin yapılabilmesi için hazırlanması gereken düzenek	76
Şekil 4.3	CE Testi İçin Kurulan Düzenek	77
Şekil 4.4	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	78
Şekil 4.5	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	80
Şekil 4.6	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	82
Şekil 4.7	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	83
Şekil 4.8	Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraklı	84
Şekil 4.9	Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraklı	86
Şekil 4.10	Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraksız	87
Şekil 4.11	Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraksız	89
Şekil 4.12	Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	90
Şekil 4.13	Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	92
Şekil 4.14	Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	93
Şekil 4.15	Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	95
Şekil 4.16	Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraklı	96
Şekil 4.17	Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraklı	97
Şekil 4.18	Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraksız	98
Şekil 4.19	Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraksız	100
Şekil 4.20	42" W 50Hz TFT LCD IDTV 'nin Ön ve arkadan Görünüşü	102
Şekil 4.21	42" W 50Hz TFT LCD IDTV Cihazına CE Testtini Uygulamak İçin Kurulan Düzenek	103
Şekil 4.22	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	104

Şekil 4.23	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	106
Şekil 4.24	Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	108
Şekil 4.25	Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	110
Şekil 4.26	Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraklı	112
Şekil 4.27	Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraklı	114
Şekil 4.28	Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraksız	116
Şekil 4.29	Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraksız	118
Şekil 4.30	Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	120
Şekil 4.31	Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı	122
Şekil 4.32	Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	124
Şekil 4.33	Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız	126
Şekil 4.34	Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraklı	128
Şekil 4.35	Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraklı	130
Şekil 4.36	Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraksız	132
Şekil 4.37	Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraksız	134
Şekil 4.38	CISPR 13 © IEC:2001+A1:2003+A2:2006’ Ya Göre RE Testinin Yapılabilmesi İçin Hazırlanması Gereken Düzenek	138
Şekil 4.39	Standart Renk Barı Test Sinyali	139
Şekil 4.40	RE Testtinin Yapıldığı Yarı Yansımasız Oda	140
Şekil 4.41	EMI Receiver Ekranında Görülen Grafik Örneği	142
Şekil 4.42	42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz)	143
Şekil 4.43	42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (506 Mhz)	145
Şekil 4.44	42" W 100Hz TFT LCD IDTV Cihazına RE Testtini Uygulamak İçin Kurulan Düzenek	148

Şekil 4.45	42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) (503.25 Mhz)	149
Şekil 4.46	42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) (503.25 Mhz)	151
Şekil 4.47	42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (506 Mhz)	152
Şekil 4.48	42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Anzac Testini Uygulamak İçin Hazırlanan Düzenek	157
Şekil 4.49	42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Anzac Testini Uygulamak İçin Hazırlanan Düzenek	164

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

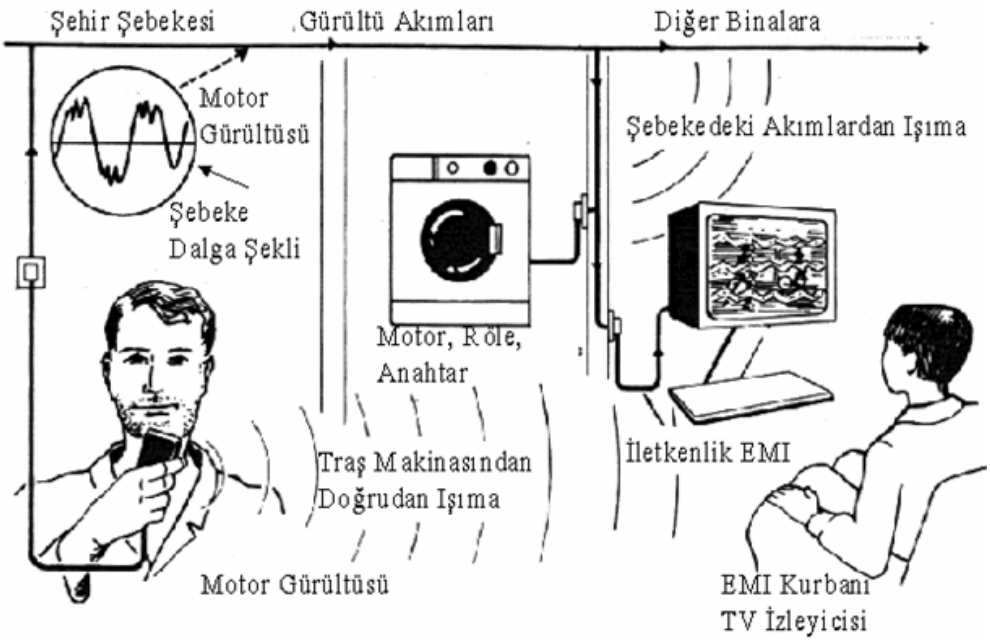
AATS : Açık Alan Test Sahası
BEM : Biyo-Elektromanyetik
CE : İletim Yollu Yayınım
CENELEC : Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi
CISPR : Uluslararası Özel Radyo Girişim Komitesi
EM : Elektromanyetik
EMI : Elektromanyetik Girişim
EMU : Elektromanyetik Uyumluluk
FCC : Federal Haberleşme Komisyonu
IEC : Elektroteknik Komisyonu
RE : Işınım Yollu Yayınım
YO : Tam Yansımasız Oda
YYO : Yarı Yansımasız Oda

BÖLÜM I

1.1 Giriş

Elektromanyetik uyumluluk (EMU), elektronik sistemlerin öngörülen elektromanyetik (EM) ortamda, amaçlanan verimlilikte çalışabilmeleri olarak açıklanabilir. Elektroteknik Sözlüğü IEV 161-01-07 ´ye göre EMU, bir cihaz veya sistemin kendi elektromanyetik ortamında kabul edilebilir değerlerin dışında kalan elektromanyetik parazitlere yol açmadan ve bunlardan etkilenmeden, işlevini uygun biçimde yerine getirebilme yeteneğidir. (http://www.sistemer.com/emc.php)

Eskiden sınırlı sayıda EM kirlilik kaynağı var iken günümüzde mikroişlemci kontrollü birçok cihaz, mutfak fırını, videokaset çalarlar, TV' lar, ekmek yapma makineleri, kişisel bilgisayarlar vb. gibi sayısı ve çalışma sıklığı artan çok sayıda ürün, birbirlerini EM girişim kaynağı olarak etkilemektedir.



Şekil 1.1. Tipik EM Girişim Kaynakları

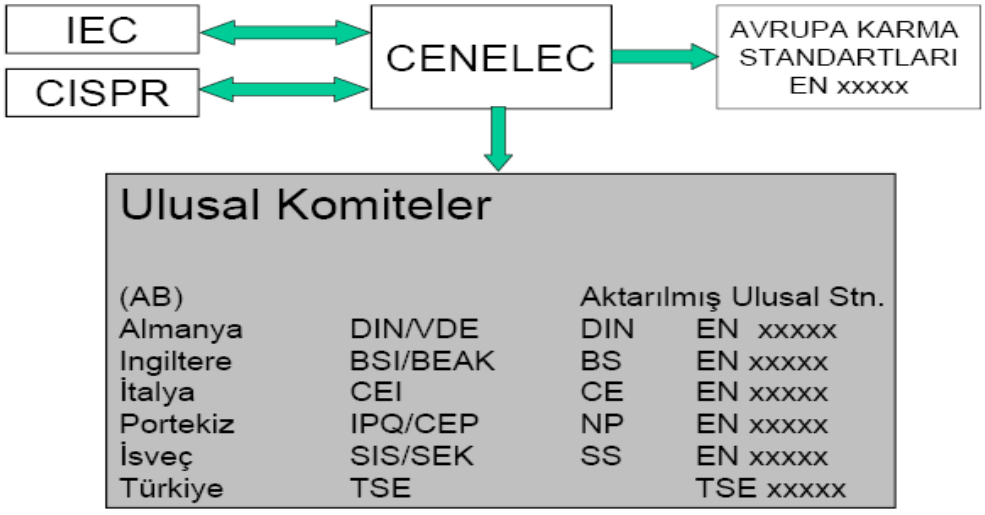
Sık karşılaştığımız; düşen bir yıldırımın telefon sistemlerini, evlerdeki elektronik cihazları çalışamaz duruma getirmesi, evdeki veya ofisteki bilgisayarın FM dalga radyo yayınlarını bozması, el blendırının TV'lerde karlamaya neden olması, floresan lambaların yandığında bilgisayar ekranının kırpışması, klima her devreye girdiğinde video cihazının saatinin sıfırlanması, cep telefonu veya bilgisayarların araçların ABS fren sistemini kilitlemesi ve benzeri olaylar elektromanyetik etkileşim ve grişim olaylarından sadece birkaçıdır ki Şekil 1.1.'de simgelendiği gibi EMU' nun günlük yaşantımızla ne kadar iç içe geçtiğini anlamak açısından önemlidir.

1.2 EMU'nun Tarihçesi ve Amerika ve Avrupa Birliğinde EMU Standartları

EMU, ilk olarak askeri alanlarda özelliklede gemiler gibi kapalı ve yakın bir ortamda birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışması gereken, güçlü radyo frekans dalgaları altında haberleşme, yön bulma (navigasyon), bilgi işleme vb. gibi işleri gerçekleştiren değişik tipte elektronik cihazların bir arada bulunduğu yerlerde bir sorun olarak ortaya çıkmıştır.

EMU problemleri ciddi olarak yaşanmaya başladıktan sonra çözüm getirmek için 1933 yılında Paris'te Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC, International Electrotechnical Commission) toplanmıştır. Bu toplantıda CISPR (International Special Committee on Radio Interferance) kurulmuştur. (Sevgi, 2003) Bağışıklığa (immunity) ilişkin Temel EMU standartları IEC, yayınıma (emission) ilişkin Temel EMU standartları CISPR tarafından düzenlenmektedir. CISPR, elektromanyetik girişim (EMI, Electromagnetic Interference) ölçümü için gerekli cihazların ayrıntılı dökümanlarını hazırlamıştır. CISPR, II. Dünya Savası sonrası yeniden yapılanmış ve 1946 yılında ölçüm yöntemleri ve uyulması gereken limitler yayınlanmıştır. Daha sonra AB'de ihtiyaç duyulan EMI limitlerini belirlemek, çevrenin korunması da dahil elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler alanlarında ürün kalitesi ve güvenliği ile

hizmet kalitesi ve güvenliğinin iyileştirilmesine öncülük etmek, üyeleri ve ilgili tarafların elektroteknik sanayinin, işbirliği yapılan kuruluşların ve sosyal ve ekonomik ortakların menfaatlerine hizmet etmek, koordinasyon içinde çalışmalarını sürdürmek amacı ile 1973 yılında CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) kurulmuştur. CENELEC, IEC'yi desteklemektir. ABD'de Federal Communications Commission (FCC), 1979'da elektronik cihazlardan yayılıma iliskin limitlerle ilgili standartlar yayınlamıştır.(Hoolihan, 2004)



Şekil 1.2. EMU Düzenleyici Kuruluşlar

Bu kuruluslar ve onların belirledigi teknik uzman kadrolarca hazırlanan degisik standartlar birbirinden farklı olarak kodlanır. Örnegin Çizelge 1' de bu üç kuruluşun hazırladıgı standartlara ayrılan kodlar gösterilmistir.

Çizelge 1 IEC, CISPR ve CENELEC standartları

CENELEC standartları	EN 50 000 + X	Örnegin EN 50 081
CISPR standartları	EN 55 000 + X	Örnegin EN 55 013
IEC standartları	EN 60 000 + X	Örnegin EN 60 555

1992 yılında Avrupa Birliği (AB) 4 yıllık bir geçiş döneminden sonra 1996 yılında tek pazar olan AB için uyulması gereken limit ve yöntemleri belirleyerek uygulamaya koymuştur. Bu kapsamda AB, EMU tanımlarından yola çıkarak bazı direktifler hazırlamıştır.

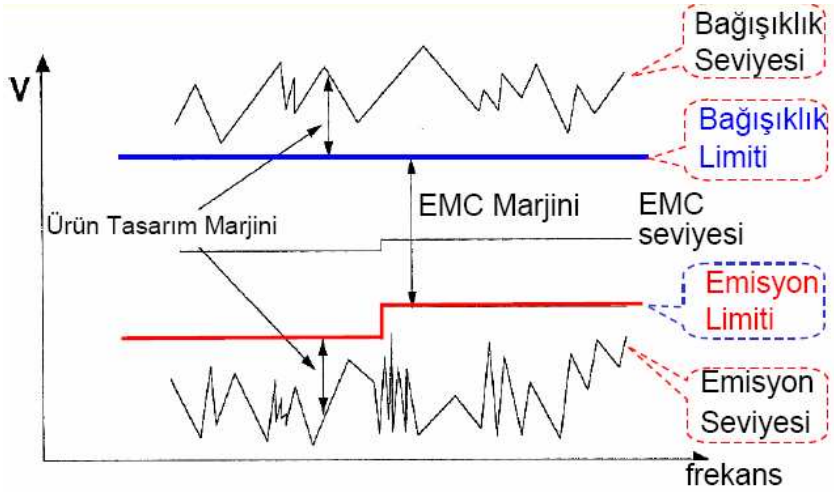
Örneğin ev gibi sivil alanlarda kullanılan cihazlar EMU anlamında sınıflandırılırken Class B grubu olarak değerlendirilir. Class B'ye giren cihazların sızıntı (emission, yayınım) üretimi ve ışımaları (radiated), Federal Haberleşme Komisyonu (F.C.C) kurallarının 15. bölümüne uymak zorundadır. Fakat henüz Amerikada bu cihazların satılabilmesi için bağışıklık (immunity) testlerinin yapılması zorunlu değildir. Yine Amerika'da endüstri, medikal ve bilimsel alanlar gibi sivil olmayan ortamlarda kullanılan cihazlarda Class A sınıfında değerlendirilmektedir. (Björklöf, 1999)

Avrupa Birliğinde satılmak üzere üretilen cihazlarda EMU için CE işareti uygulaması yapılmaktadır. Elektronik cihazlar için EMU düzenleyici direktif 89/336/EEC 'dir.

EMU uyumlu cihaz ve aletler, şu şekilde tasarlanır ve üretilir;

a.) radyo ve telekomünikasyon cihazlarına izin verilen seviyeyi aşmayacak şekilde bir bozukluk yaratabilir

b.) EMU'un uygun elverişli bir bağışıklık seviyesine sahiptir. (89/336/EEC direktifi, 4. Bent) (http://www.analab1.com/emc.html)



Şekil 1.3. EMU Limitleri

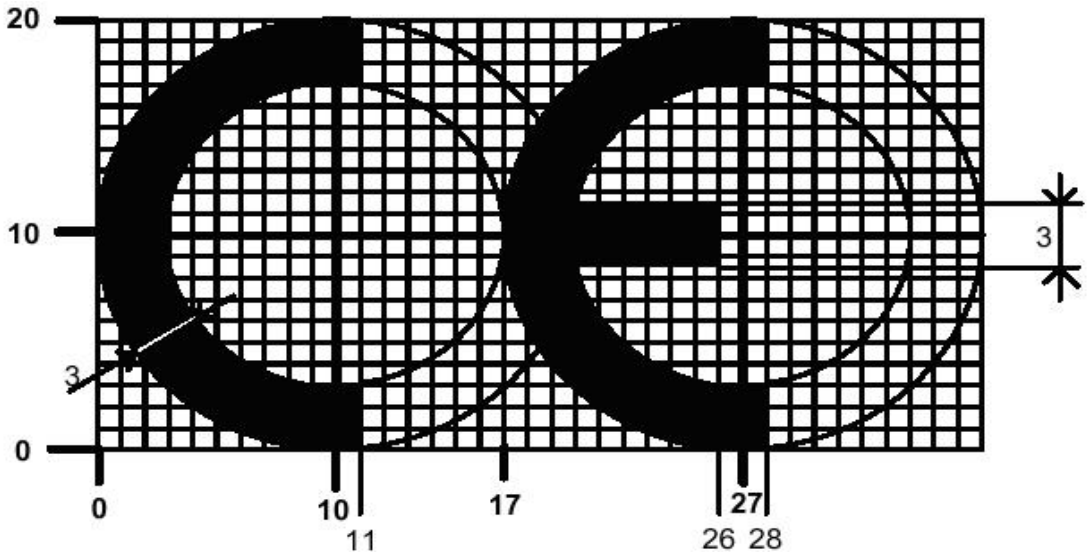
Açıkçası, Avrupa EMU direktiflerinin köklü gereksinimlerine uymak, bağışıklık karakterlerini ve üretim emissionunu değerlendirmeyi gerektirir. Asıl bağışıklık, elektronik cihazın kendi etrafında bulunan normal elektromanyetik çevre tarafından, çalışma performansı düşürülmeyecek şekilde üretilmesi gerektiğini dikte eder. Örneğin Avrupadaki bir üretici şunu sağlamak zorundadır; evinizdeki güvenlik için kurdurduğunuz sistemin izleme monitörünün çalışmasını, yakından geçen ve içinde hastene ile acil müdahale ekibinin konuştuğu yani iki yönlü radio haberleşmesinin sağlandığı bir ambulansın geçmesi etkilememelidir. Ayrıca bu direktife göre üreticiler cihazlarını, hava yoluyla yayılan RF alanlarından değil aynı zamanda diğer elektromanyetik alanlardanda etkilenmeden çalışacak yani bağışıklığı olacak şekilde üretmeleri gerekiyor. Hem sivil hayatta hemde askeri alanda çalışma sıklıkları ve sayıları giderek artan cihazlar için EMU, sağlanması gereken en önemli özelliklerden biri olup, özellikle askeri alanda EMU testlerini geçemeyen bir cihazın kabulü asla düşünülememektedir.

1.3 CE (Conformite Europeennee) Uyumluluğu

Avrupa Birliği Ülkelerinde elektromanyetik parazite neden olabilen veya kendi performansı böyle parazitler ile bozulabilen cihazların üreticileri veya yetkili

temsilciliklerinin Elektromanyetik Uyumluluk açısından uymaları gereken gereksinmeleri 89/336/EEC direktifi düzenler. Bu direktifte belirtilen gerekler; cihazın yarattığı azami elektromanyetik bozucu etkilerin ulusal radyo ve televizyon alıcıları, sanayi üretim ekipmanı, mobil radyo donanımı, mobil radyo ve ticari telsiz telefon donanımı, tıbbi ve bilimsel aletler, bilgi teknolojisi donanımı, ev aletleri ve elektronik ev eşyaları, hava ve deniz radyo (telsiz) ekipmanları, elektronik eğitim araçları, telekomünikasyon ağları ve ekipmanları, radyo ve televizyon yayını vericileri, lambalar ve floresan lambaların kullanımını engelleyemeyeceğini belirlemektedir. (CENELEC., 1989) (Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği (89/336/AT), 2006) (CENELEC. Interpretation Sheet 1 EN 55013:2001+A1:2003+A2:2006/IS1:2009)

Ancak bütün elektrikli ve elektronik cihazlara bu direktif gereklerini yerine getirmesi sonucunda, Şekil 1.4’ de gerçek boyutlarıyla gösterilen Fransızca "Conformité Européenné" kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuş CE İşareti iliştirilebilir. Birden fazla yönetmeliğin kapsamına girdiği takdirde, ancak bu yönetmeliklerin (direktiflerin) tümünün gerekliliklerini yerine getirmesi şartıyla, bir cihaza CE- İşareti iliştirilebilir. Cihaza CE-İşareti iliştirebilmek için ayrıca, cihazın alt parçalarının da test raporları ve CE-İşaretleri olması gerekmektedir.



Şekil 1.4. CE İşareti

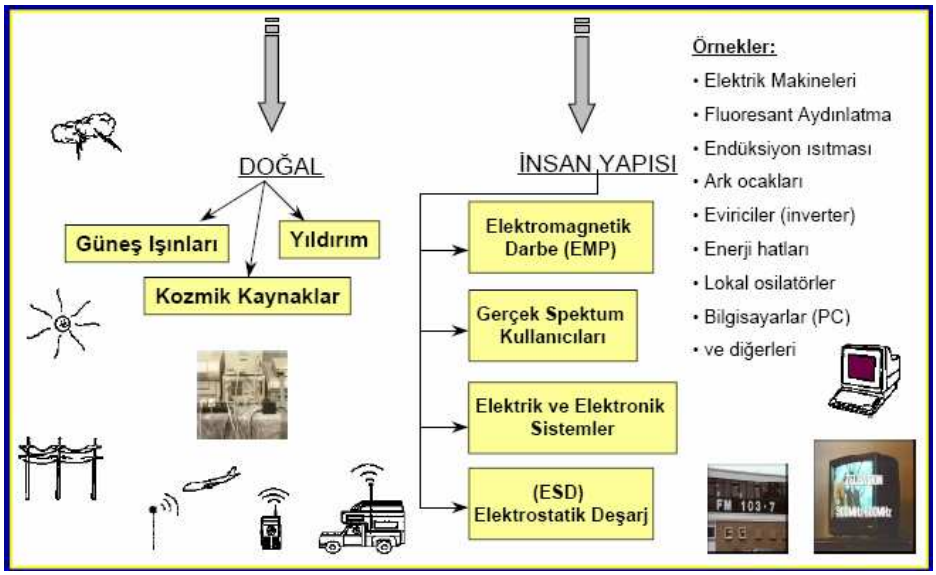
EMU Direktifinin getirdiği sistem 1 Ocak 1992'den beri uygulanabilmektedir. 22 Temmuz 1993'te, Avrupa Birliği Konseyi, CE işaretinin yanında iliştirildiği yılın da bulunması yükümlülüğünü 1 Ocak 1995'ten itibaren ortadan kaldıran 93/68/EEC sayılı Direktifi kabul etmiştir. 1 Ocak 1996'dan bu yana bu direktifin uygulanması zorunludur. Direktifin Avrupa Birliği'nde mümkün olduğu kadar açık bir yorumuna ulaşılabilmesi amacıyla Konsey, direktifte geçen çok sayıda kavram için daha geniş açıklamalar içeren "89/336/EEC Direktifinin Uygulanması İçin Kılavuz"u hazırlamıştır. (Eur-op 1997, ISBN 92-828-0762-2).

BÖLÜM II

EMU PROBLEMİ, EMU'NUN BÖLÜMLERİ VE TEMEL EMU STANDARTLARI

2.1 EMU Problemi ve Elektromanyetik Girişim Kaynakları

Radyo, TV gibi tek yönlü haberleşme sistemleri ile telefon, radar gibi iki yönlü sistemlerde haber işaretlerinin bir yerden bir başka yere iletilmesi elektromanyetik (EM) dalgalarla ile gerçeklenir. Haber taşıyan EM işaretlerin başka EM işaretlere karışmasına Elektromanyetik Girişim (EMI, electromagnetic interference) adı verilir. Haber işaretine faydalı işaret, bozucu işarete ise istenmeyen işaret adı verilir. Amaca ve ortama göre faydalı ve istenmeyen işaretler değişebilir. Bir telefon işareti abonenin kendisi için faydalı, diğer abonelere göre istenmeyen işarettir. Benzer şekilde, bir radar işareti bir TV işareti için, bir TV işareti de bir radar için karşılıklı istenmeyen bozucu işaretlerdir.



Şekil 2.1. EM Girişim Kaynakları

Bozucu EM girişim işaretleri genliklerine (düşük / yüksek güçlü), frekansa (dar bandlı sinüzoidal / darbesel), oluşum sürelerine (anlık / sürekli), işaret şekillerine (analog / sayısal) göre sınıflandırılabilir. Doğal bozucu işaretler olabileceği gibi (güneş patlamaları, yıldırım düşmesi, kozmik dengesizlikler) insanın neden olduğu yapay bozucu işaretler de (örneğin araç motorları, TV vericileri, enerji hatları, elektrik makinaları, aydınlatma lambaları, endüstriyel uygulamalar) olabilir.

Kaynağı ve niteliği ne olursa olsun bir EM girişim probleminde;

- EM girişim kaynağı,
- Girişimden etkilenen kurban ve
- Kaynak ile kurban arasındaki iletim (ya da kuplaj ortamı)

olmak üzere üç önemli unsur bulunur.



Şekil 2.2. EMI Ortamı

Örneğin, bir bilgisayar EM girişim kaynağı, yakınındaki bir TV ise kurban olabilir. Girişim kaynağı ile kurban arasında iki önemli girişim/kuplaj yolu söz konusudur. Bunlardan biri şebeke üzerinden birbirine ulaşabilen besleme iletkenleri, diğeri ise bağlantı olmadan direk atmosfer yoluyla oluşan EM dalgalarıdır (ışınım, radiation). Uygulamada iletkenlik yollu girişim ile ışınım yollu girişim için 30 MHz frekansı sınır olarak kabul edilir. Test ve ölçüler, genelde, iletkenlik yollu girişim

için doğru akımdan 30 MHz frekansa kadar, ışınım yollu girişim için ise 30 MHz ve üzerinde yapılır. Kablolar, metal gövdeler gibi yapılar üzerinden gelen iletkenlik yollu girişim işaretleri 30 MHz frekansının üstünde hızlı olarak söner. Bu frekansın üzerinde ise elektriksel işaret ileten her iletken, kablo, levha birer anten gibi davranır, iletimin ötesinde EM ışıma yapar.

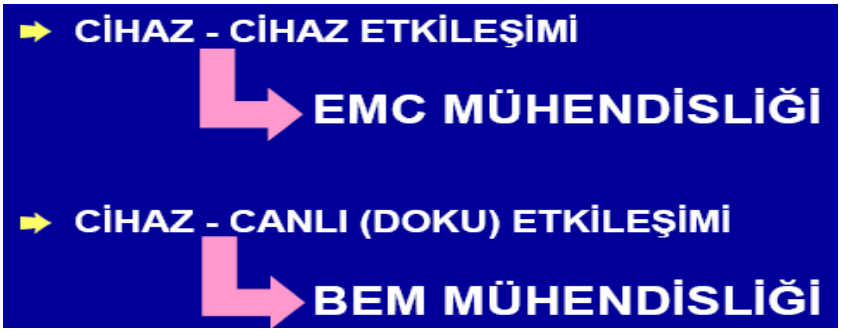
EM girişimin ortadan kaldırılması üç şekilde olabilir.

- Girişim kaynağı yok edilebilir. Yani, girişimin nedeni bulunup ortadan kaldırılabilir. Örneğin, girişime neden olan bilgisayar içerisinde kötü tasarlanmış bir kart olabilir. Kabloların gereksiz yere uzun tutulması, ya da iyi döşenmemiş olması da girişim kaynağı olarak etki yapar. EM sızıntının kaynaklandığı yer saptanarak girişim, uygun karşı önlemlerle yok edilebilir.

- Kurban sağlamlaştırılabilir. Birçok elektriksel cihaz artık bir arada yaşamak zorunda olduğundan istenmeyen bozucu işaretlere karşı daha dayanıklı cihazlar geliştirilebilir, öyle ki, bozucu işaretlerin olması, cihazdan istenen işlevin gerçeklenmesine engel oluşturmayabilir.

- Girişim yolları ortadan kalıdırılabilir, yani kaynak ile kurban arasındaki girişim kuplajı engellenebilir. Bu amaçla EM işaretleri yutan, engelleyen düzenlerden yararlanılabilir. Örneğin, iletkenlik yollu girişimde ferrit filtrelerle bozucu işaretler süzülebilir. Ya da ışınım yollu girişimin önü ekranlama duvarları ile kesilebilir.

EM girişim etkileri çok farklı olabilir. Bu etki televizyonda seyircinin göz zevkini bozan hafif bir karlanma olabileceği gibi, tamamen televizyonun çalışamaz duruma gelmesi şeklinde de ortaya çıkabilir. Bunun ötesinde, bir araç ABS fren sistemini kilitleyerek kazalara neden olabilir. Hatta nükleer bir silahın elektronik ateşleme sistemini kazara harekete geçirip bir felakete yol açabilir.

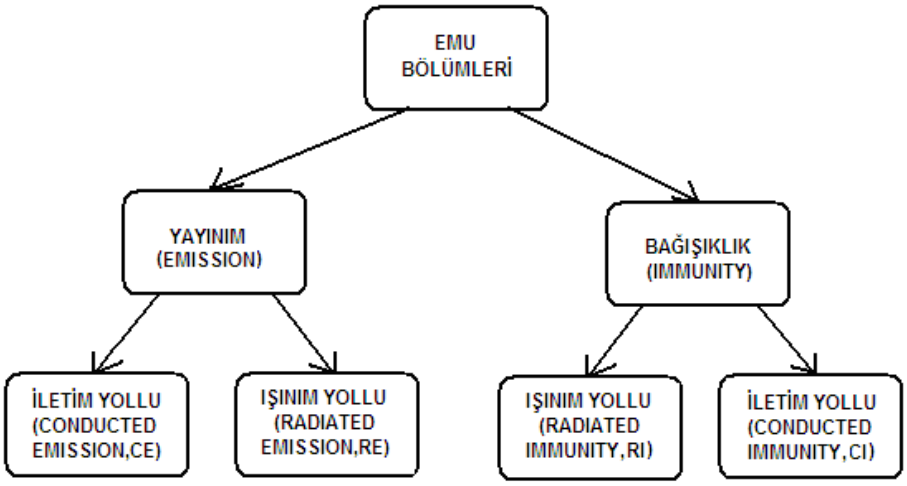


Şekil 2.3. EM Girişim Türleri

EM girişimin cihaz-cihaz etkileri yanında insan sağlığını tehdit eden, kansere yol açabilen, uykusuzluk, baş ağrısı, mide bulantısına neden olan etkileri de olabilir ki bu durumda elektromanyetik etkileşim, EM enerji ile canlı dokular arasındadır. Bu etkileşimle ilgilenen dala da özel olarak Biyo-elektromanyetik (BEM) adı verilmiştir. BEM çalışmalarının amacı EM enerjinin canlı dokularda yaratacağı kısa, orta ve uzun süreli etkileri incelemek ve en aza indirmek yönündedir. EMU; elektrik, elektronik, elektro-mekanik, kimya, fizik gibi birçok disiplini kapsayan ve sistem yönünü de göz önüne alan bir dal iken BEM, bunların yanında tıp biliminin bir dalıdır.

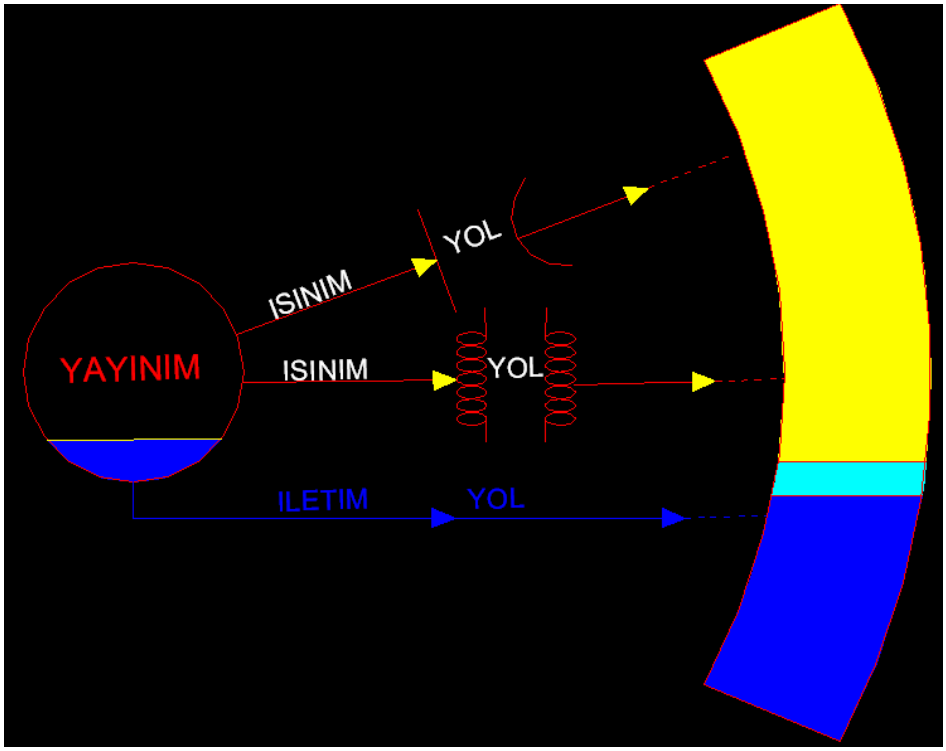
2.2 EMU'nun Bölümleri

Bir EMU probleminde önemli iki unsur bulunur. Bunlar elektromanyetik girişime sebep olan kaynak diğeri girişimden olumsuz etkilenen kurbandır. Bir cihaz çalışma ortamı içinde aynı anda hem kaynak hem kurban durumundadır. Bu yüzden bir cihazla ilgili EMU araştırması yapılırken iki farklı alanda değerlendirme yapmak gerekir. Bunlardan ilki; cihazın kaynak durumuyla ilgili olan yani elektromanyetik parazit yayınımı (emission) ikincisi cihazın kurban olduğu durumda elektromanyetik parazite karşı bağışıklığı (immunity) dır.

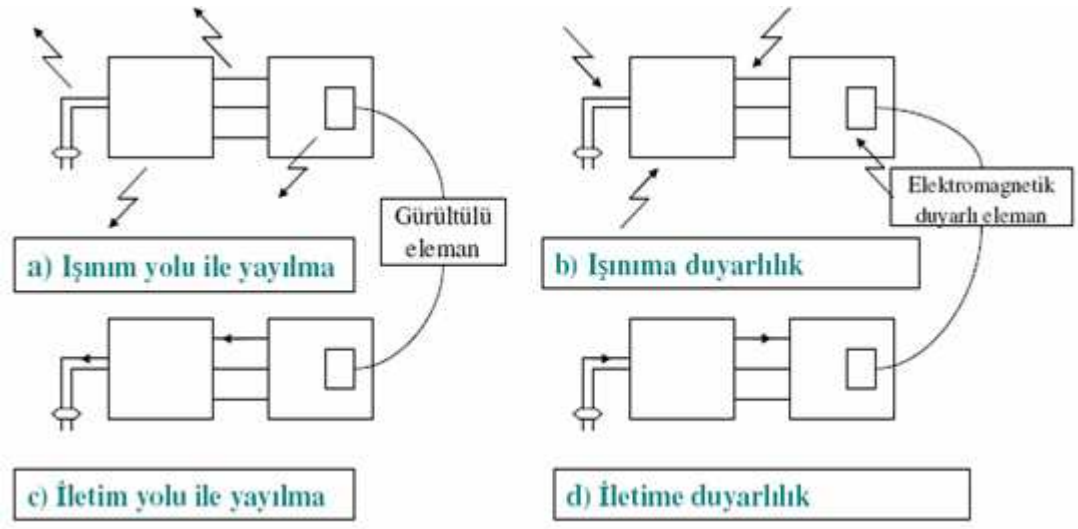


Şekil 2.4. EMU'nun Bölümleri

Elektromanyetik girişim, bir EM işaretin istenmeyen bir EM işaret ile karışımı için yapılan bir tanımlamadır. EMI; atmosferik, galaktik gürültüler, yıldırım düşmesi, şimsek çakması gibi doğal kaynaklarla ya da generatör, motor, ateşleme sistemleri, röleler, bilgisayar saatleri, haberleşme sistemleri ve tüm elektronik endüstriyel cihazlar gibi yapay kaynaklarla meydana gelmektedir. EMI, ya teller veya kablolar üzerinden iletim yollu (CE, Conduction Emission) ya da elektromanyetik dalgalar biçiminde ışınım yollu (RE, Radiation Emission) yayınım nedeniyle oluşmaktadır. (Şekil 2.5) EMI ile sonuçlanan iletim yollu yayınım, farksal ya da ortak moda olabilir ve toprak iletkenlikleri, işaret kabloları, anten sürücüleri üzerinden ilerler. 30MHz üzerinde zayıflama hızla arttığı için genellikle daha düşük frekenslarda etkindir. 30MHz üzerindeki frekanslarda EMI oluşmasına neden olan ışınım yollu yayınımın kaynağı ise gerçek vericiler ile istem dışı vericiler (ilgili frekanslarda istenmeyen ışınım yayan her türlü elektronik cihaz) olarak gösterilebilir.



Şekil 2.5 EMI Yolları



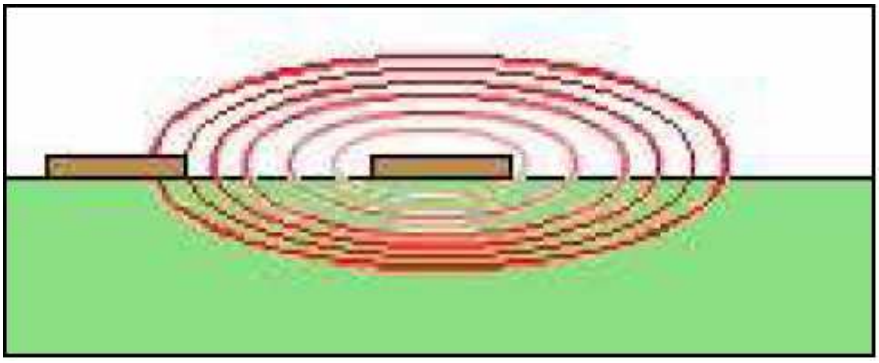
Şekil 2.6. Elektromanyetik Enerji Transferi

Herhangi bir tasarımda EM uyumluluğunun tanımına uygun olarak gerçekleştirilebilmesi için: EMI kaynakları yeteri kadar bastırılmalı; Kuplaj yolları yeteri kadar azaltılmalı ve zayıflatılmalı; EM ortam içinde çalışacak cihazlar yeteri kadar güçlendirilmelidir. (http://williamson-labs.com/index.html)

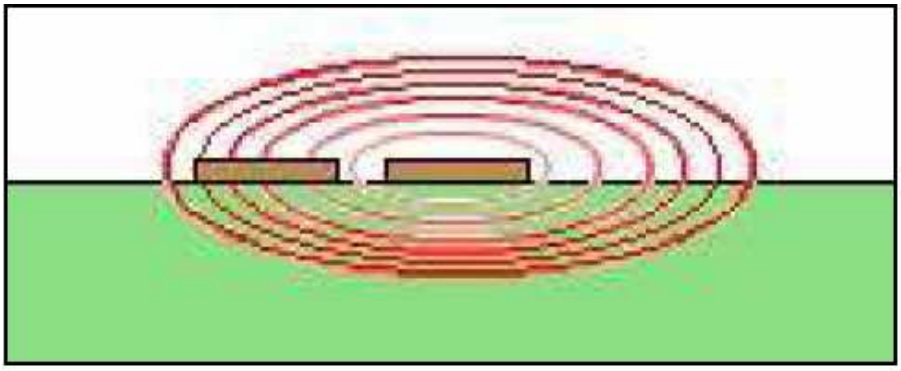
Işınım ve iletim yollu oluşan enerjinin meydana gelme şekilleri;

- Işınım (elektromanyetik alan)
- Endüktif kublaj (manyetik alan)
- Kapasitif kublaj (elektrik alan)
- İletim (elektrik alan) ‘dir.

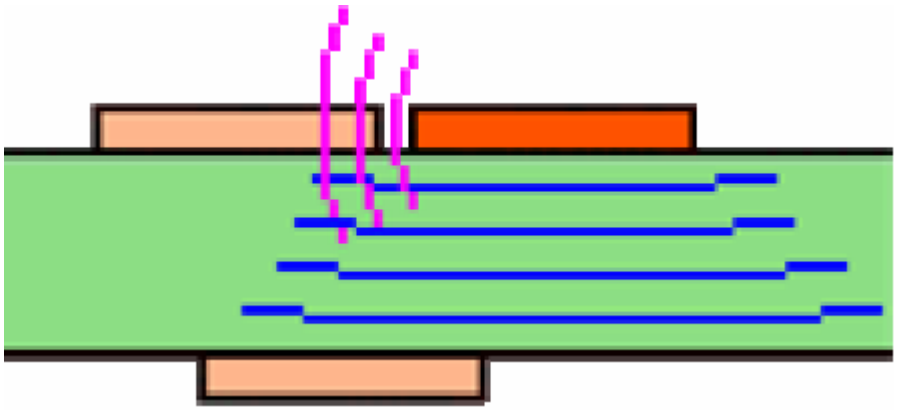
Bazı EMU kublaj yolları aşağıdaki resimlerle gösterilmiştir.



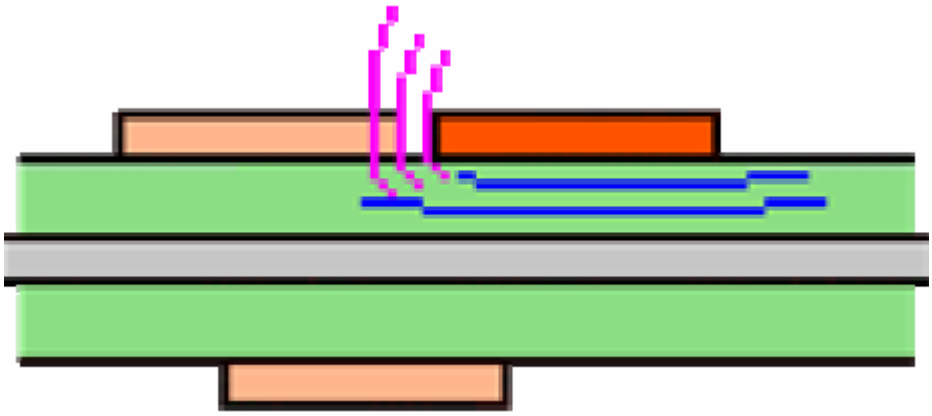
Şekil 2.7 Endüktif kublaj (manyetik alan)



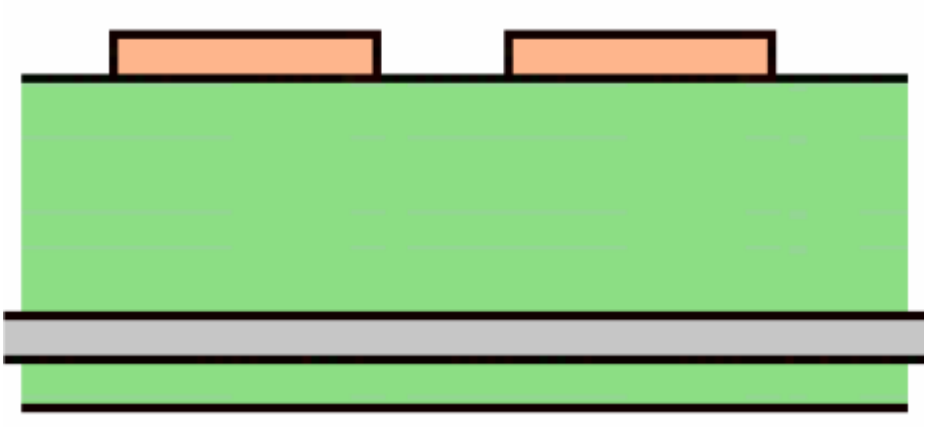
Şekil 2.8 Yakın Endüktif kublaj (manyetik alan)



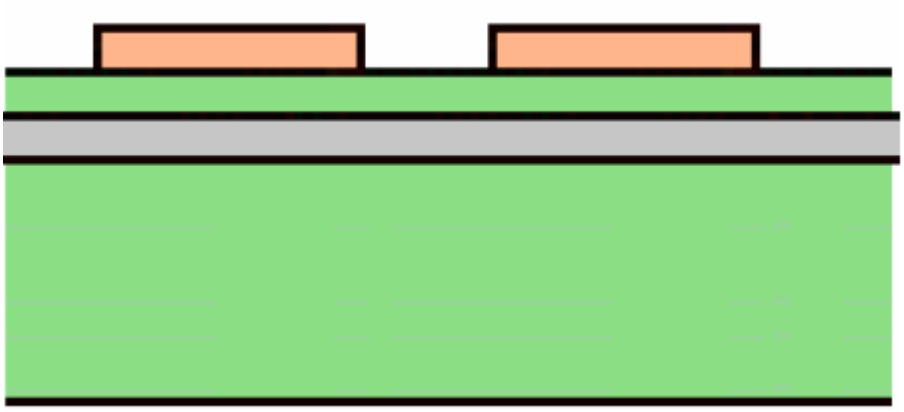
Şekil 2.9 Kapasitif kublaj (elektrik alan)



Şekil 2.10 Korumalı Kapasitif kublaj (elektrik alan)



Şekil 2.11 Microstrip Karakteristik İletim Hattı Yeryüzüne Yakınlığından Etkilenme Empedansı: Z = Yüksek



Şekil 2.12 Microstrip Karakteristik İletim Hattı Yeryüzüne Yakınlığından Etkilenme Empedansı: Z = Düşük

2.3. EMU'un Temel Kuramları ve Anten

Elektrik mühendisliğinde iki temel kuram; alan kuramı ve devre kuramı kullanılmaktadır. Alan kuramında elektrik ve manyetik alanlarla, devre kuramında

ise akım ve gerilimlerle ilgilenilir. Ancak, her iki kuram birbirinden bağımsız değildir. Bir kuramdan diğerine eşdeğerlik kurarak herhangi bir elektrik problemini hem alan hem de devre kuramı ile çözmek olasıdır. Ele alınan bir problem, doğası gereği, kuramlardan birisine daha uygun olabilir. Örneğin, bir anten probleminde eğer yapının ışıma karakteristikleri isteniyorsa problem alan kuramına daha uygundur. Aynı yapının giriş empedansı ya da devreden çektiği güç söz konusuysa devre kuramı daha uygun olmaktadır.

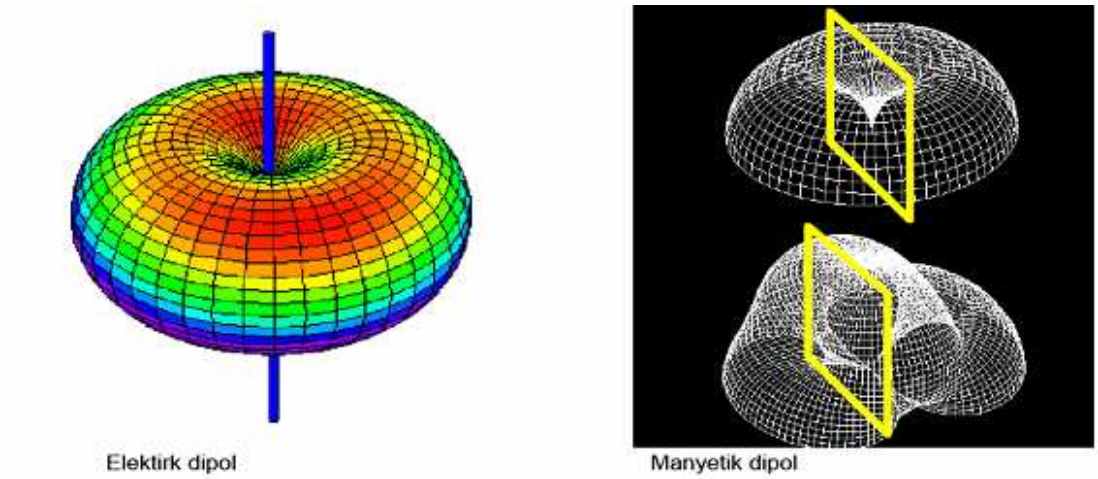
Alan ya da dalga kuramı iki bağımsız değişken ile gösterilir. Bunlar elektrik alan ve manyetik alanlardır. Maxwell denklemleri gibi diferansiyel denklemlerin ardında aslında şu temel fizik kuralları bulunur.

- Duran elektrik yükleri etrafında elektrik alan oluşur.
- Hareketli yükler etrafında manyetik alan oluşur.
- Hareketli yükler zamanla değişiyorsa (AC akım) hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Buna elektromanyetik dalga (EM) adı verilir.
- EM dalgalar etkileştikleri cihaz/malzeme üzerinde yüzey akımları oluşturur ve bunun sonucu bu cihaz/malzeme ikinci bir kaynak gibi EM ışıma yapar.

EM girişim problemlerinin çoğu işaret taşıyan (iletken tel, toprak levhası, ekran kutusu gibi) elemanların belli koşullarda EM sızıntıya neden olmasından kaynaklanmaktadır. Sorun her elemanın koşullar uygun olduğunda anten gibi davranabilmesidir. Hangi eleman niçin ve ne zaman anten gibi davranır sorusu yanıtlanmadan EM girişim problemlerini çözmek çok zordur. Anten bir dönüştürücüdür. Besleme noktalarına uygulanan Volt büyüklüğündeki gerilimi Volt/metre büyüklüğündeki elektrik alana dönüştürür. Buna verici anten denir. Antenler resiprok elemanlardır. Yani, verici anten aynı zamanda alıcı anten gibi de kullanılabilir. O halde belli bir ortamda bulunan elektromanyetik dalgalardan kaptığı Volt/metre büyüklüğündeki elektrik alanı Volt büyüklüğünde bir gerilim farkına dönüştürür.

2.3.1.Elektrik ve Manyetik Dipoller

Bütün EMU problemlerinin ardında iki temel elektriksel kaynak söz konusudur. Bunlar elektrik dipolü ve manyetik dipolüdür. Elektrik dipolü birbirine çok yakın iki zıt yük (ya da eşdeğer olarak içinden akım akan çok küçük doğrusal bir iletken) ile oluşur. Elektrik dipolü üzerinden akım akan bir iletkenden başka bir şey değildir. Manyetik dipol ise üzerinden akım geçen halka şeklinde bir iletkendir. Örneğin, iki iletkenli bir hat parçası sonu açık devre iken elektrik, kısa devre iken manyetik dipol gibi davranır. Şekil 2.13' de bu iki dipol ve ışıma diyagramları üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Her iki dipolün de ışıma paternleri frekansa göre değişir. Her iki dipolün de etrafında elektromanyetik alanlar oluşturur. Elektrik dipolünün yakın civarındaki elektromanyetik alanların baskın bileşeni elektrik alandır. Elektrik alanın manyetik alana göre şiddeti çok daha yüksektir.

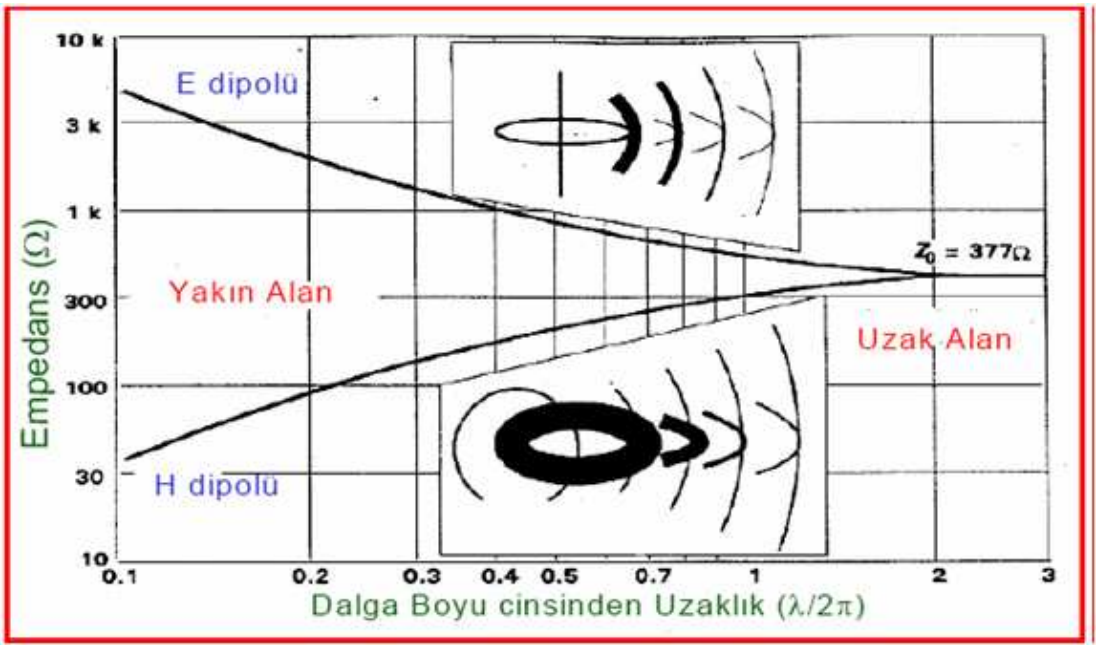


Şekil 2.13 Elektrik (çizgisel) ve manyetik (halka) dipoller ve tipik ışımaları

Bir EM girişim problemlerinde girişim kaynağının elektrik veya manyetik dipol gibi davranmasının belirlenmesi önemlidir. Hemen bütün istenmeyen EM sızıntılar ya elektriksel dipol gibi ya da manyetik dipol gibi davranan bir elemandan

kaynaklanmaktadır. İstenmeyen EMI kaynağının elektrik dipol mü yoksa manyetik dipol mü olduğu EM uyumluluk önlemleri açısından da belirleyicidir. Şekil 2.13' deki ışıma paternlerinde, solda, ortasından beslenen bir çubuk anten (elektrik dipol), sağda ise bir kare şeklinde bir çerçeve anten (manyetik dipol) ve alan dağılımları yer almaktadır. Her iki dipolün de ışıma karakteristikleri frekansla birebir değişir. Frekans arttıkça ışımanın minimum ve maksimumları (kulakçık sayıları) artar ve yön değiştirebilir. Bu nedenle, yüksek frekanslarda hemen her yönde istenmeyen ışıma söz konusu olabilir.

Ortasından beslenen l uzunluğundaki bir iletken çubuk (örneğin ince bir tel) anten görevi görür ve şekilde gösterildiği gibi oluşan elektromanyetik dalgaların elektrik alan bileşeni çubuk eksenine paraleldir. Anten etrafında doğrultuya bağlı olarak alan şiddeti yükseltmekte veya düşmektedir. Antenin yaydığı güç, anten boyuna ve çalışma frekansına bağlıdır. Anten boyu işaret dalga boyundan çok küçük ise yayılan güç küçük olur. Bunun nedeni anten ışıma direncinin çok küçük olmasıdır. Oysa anten boyu yarım dalga boyuna yakın ise yayılan güç maksimum olur. Bu tip antenlere rezonanslı antenler adı verilir.



Şekil 2.14 Elektrik ve manyetik dipollerin mesafeyle ışıma dirençlerinin değişimi

Şekil 2.13’ de verilen diyagramlar elektrik ve manyetik dipollerin uzak alan davranışlarıyla ilgilidir. Oysa EM girişim problemlerinde çoğu kez yakın alanlar söz konusudur. Bu nedenle her iki elemanın yakın alan davranışlarının iyi bilinmesi alınacak önlemler açısından son derece önemlidir. Şekil 2.14’ de her iki dipolün yakın alan davranışları resmedilmiştir.

Şekilde yatay eksen dipolden itibaren uzaklığı düşey eksen ise dalga empedansını göstermektedir. Elektrik dipolün dalga empedansı dipol yakınında çok yüksektir (~ 5 -10 kΩ). Oysa manyetik dipolün dalga empedansı birkaç Ω ’lar mertebesindedir. Dalga boyu cinsinde olan uzaklık $\lambda/2\pi$ [m]’yi aştığında her iki dipol için de aynı dalga empedansına, boşluk düzlem dalga empedansı (377 Ω), ulaşılmaktadır. Bu $\lambda/2\pi$ mesafesi yakın alan uzak alan sınırı olarak kabul edilir (bazen güvenlik payı olarak bunun bir kaç katı alınır).

Elektrik dipolü gibi davranan elemanlarını neden olduğu girişimi ortadan kaldırmak için elektriksel ekranlama yeterli olurken (örneğin basit bir alüminyum folyo ile bile 15-20 dB ekranlama sağlanabilir), manyetik dipol gibi davranan elemanların neden olduğu girişimde bu yöntem kullanılamaz (örneğin, güçlü bir trafonun civarında elektriksel ekranlama işe yaramaz). Bu durumda manyetik filtreleme (örneğin ferritler) kullanılmalıdır. Özetle, girişim tipine bakmadan ezbere uygulanacak bir önlem işe yaramayacağı gibi, problemleri daha da karmaşık hale sokabilir.



Şekil 2.15 Analitik modele dayalı yaklaşım

Çevremizde kullanmakta olduğumuz cihazların neden olabilecekleri EM sızıntı seviyeleri hakkında bir fikir vermek için Şekil 2.15' deki basit baskı devresi hazırlanmıştır. Şekilde biri elektrik diğeri manyetik dipol gibi davranan iki iletkenden 3 m ötede ölçülen EM sızıntının değişik frekanslardaki değerleri gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, 10 cm uzunluğunda bir tel parçasından 1μA gibi düşük değerli bir akımın akması bile bu mesafede birkaç dBμV/m' lik elektrik alanları yaratabilmektedir. Benzer şekilde, 0.5 cm × 5 cm boyutlarında bir küçük kapalı çevreden akan 1 mA değerindeki bir akım benzer etkileri yaratabilmektedir. Standartlarda bu frekanslarda verilen sınır değerler, örneğin evsel cihazlar için, 40 - 60 dBμV/m'ler mertebesindedir. Şekilde verilen ölçü değerlerin standartlarda belirlenen sınır değerlere yaklaştığı, bazı frekanslarda ise aşabildiği görülmektedir. Bu küçük örnek bile, bir kaç santimetre boyutlarında iletkenlerin neden olabileceği EM girişimin sınır değerlerin üzerine çıkabileceğini, dolayısıyla EMU testlerini geçemeyebileceğini göstermektedir ki üzerinde onlarca işaret ve besleme yolları bulunan baskı devrelerin tasarımında EMU kurallarının ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. (Sevgi, 2003)

2.4 EMU’dan Korunma Yöntemleri

EM uyumluluk problemleri elektronik bir cihazın, tasarımından üretimine dek her aşamada göz önünde bulundurulması gereken problemlerin başında gelmektedir. EMU problemlerinin çözümleri tasarım aşamasına taşındığı oranda basitleşmekte ve ucuzlamaktadır. Aksine, ürün ortaya çıktıktan sonra karşılaşılan EMU problemlerinin koruyucu yöntemlerle çözülmek istenmesi giderek zorlaşmakta ve pahalılaşmaktadır. Her şeye karşın bir üründe karşılaşılan bir EMU problemi için başlıca korunma yöntemleri; ekranlama, topraklama, kablo ve konnektörler ve filtreler olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır.

EMU korunma yöntemlerinin temel birkaç ilkesi şöyle sıralanabilir;

- Olası EMU etkileri en baştan en sona her aşamada göz önünde tutulmalıdır
- Tasarımda elektrik dipolü (anten) gibi davranacak uzun bağlantılardan kaçınılmalıdır
- Gerekmedikçe yüksek hızlı elemanlar kullanmamalıdır
- EMU problemleri için en yüksek frekanslı bileşenleri göz önünde bulundurulmalıdır
- Daha hızlı eleman ailesine geçişte mutlaka devre yerleşim düzeni yeniden ele alınmalıdır.

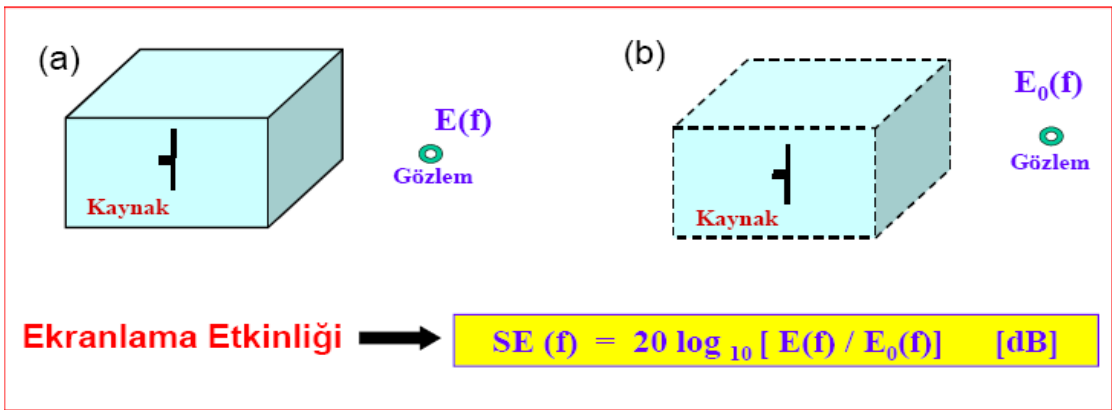
EMU test ve ölçülerinde önemli sorunlardan birisi istenmeyen girişim kaynağının test edilen cihaz olduğunu garanti etmektir. Yani cihazı test süresince diğer etkilerden izole etmek gerekir. Ayrıca, karmaşık devrelerin bir arada çalışması için de çoğunlukla devre elemanları arasında izolasyon gerekir. Bu izolasyonu sağlamak ekranlama ile olasıdır. Benzer şekilde, devrelerde istenmeyen işaretlerin oluşmasının önemli nedenlerinden birisi de topraklama bozukluklarıdır.

2.4.1. Ekranlama

Ekranlama; kart, devre ya da cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik anlamda izole etmek olarak tanımlanır. Ekranlamanın etkili olması ekranlanacak kaynağın cinsine bağlıdır. EMU problemlerinde, elektrik dipolü gibi davranan kaynaklar ve manyetik dipol gibi davranan kaynaklar olmak üzere iki tip girişim kaynağı söz konusudur. İçinden akım akan iletken tel parçaları elektrik dipol gibi, içinden akım akan halka şeklindeki parçalar ise manyetik dipol gibi davranır. Elektrik dipol yakınında güçlü elektrik alan, manyetik dipol ise yakınında güçlü manyetik alan oluşur. Uzak alanda iki kaynağın etkileri açısından bir fark yoktur. Öyleyse;

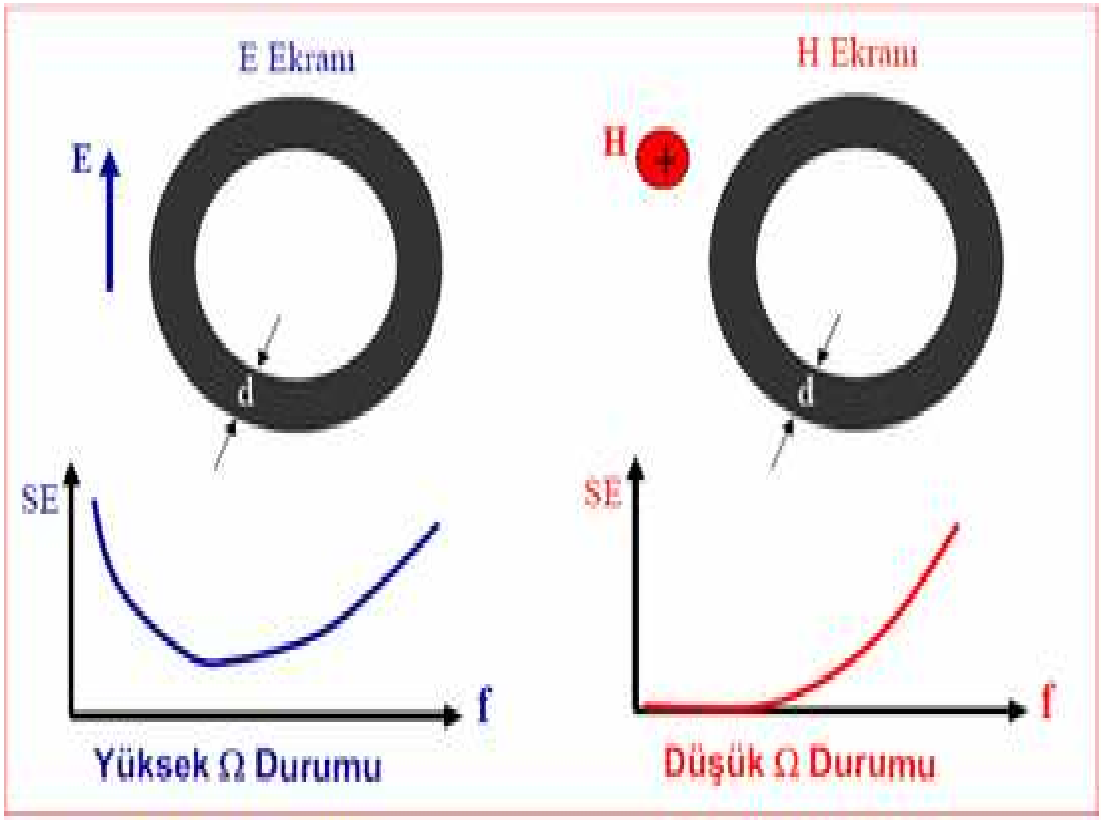
- Elektrik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında elektriksel ekranlama
- Manyetik dipol gibi davranan girişim kaynağı yakınında manyetik ekranlama gereklidir.

Ekranlamanın tipik bir ölçüsü olarak ekranlama etkinliği (SE, Shielding effectiveness, kaynak ile kurban arasında ekran yok iken ki alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine oranı), kullanılmaktadır. Ekranlama etkinliği, Şekil 2.16 'da gösterildiği gibi, kaynak ile kurban arasında ekran yok iken ölçülen (ya da hesaplanan) elektrik alan şiddetinin ekran varken oluşan alan şiddetine desibel (dB) olarak oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Yüksek SE, iyi ekranlama etkinliği; Negatif SE ise çınlama (rezonans) yani ekranlama bir yana işaretin kuvvetlenmesi anlamına gelmektedir.



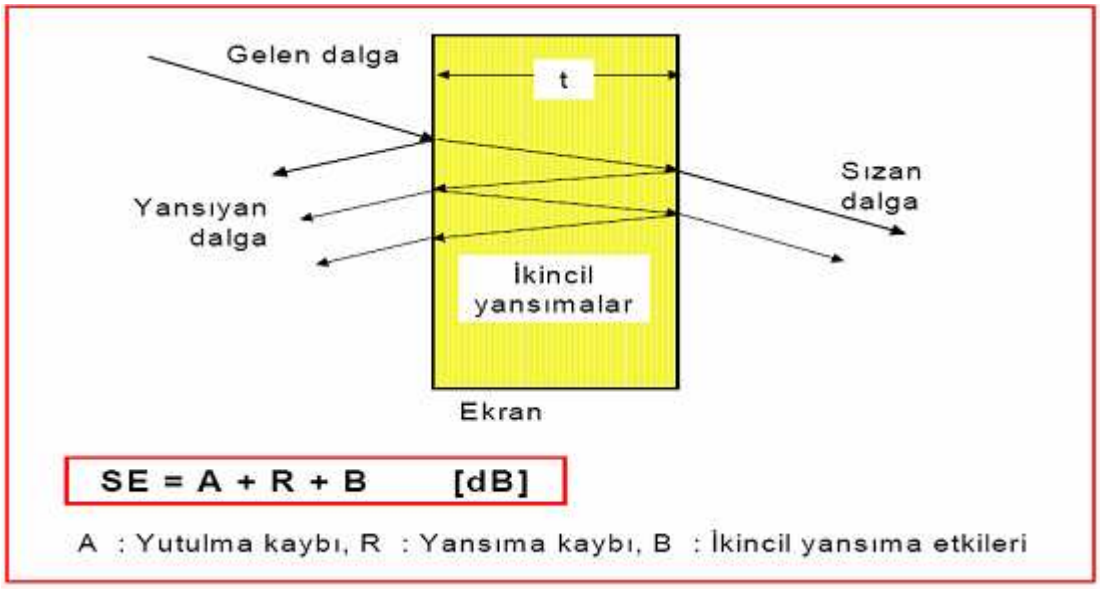
Şekil 2.16 Ekranlama Etkinliğinin Tanımı

Ekranlama performansı açısından bu iki kaynağın karşılaştırması Şekil 2.17' de gösterilmektedir. Şekilde özdeş ve kalınlığı d olan iki metal küre görülmektedir. Kürelerden birinin yakınında yüksek elektrik alan yaratan elektrik dipol bulunurken diğerinin yanında ise yüksek manyetik alan yaratan bir manyetik dipol yer almaktadır. Her iki kürenin içinde ekranlama etkinliğinin frekansla değişimi şekilde gösterilmektedir. Metal kürenin ekranlama etkinliği elektrik dipol tipi girişim kaynakları için alçak frekanslarda yüksek iken manyetik dipol tipi girişimler için ekranlama etkinliği neredeyse yok olmaktadır. Yüksek frekanslara çıkıldığında ise her iki tip kaynak için de ekranlama etkinliği frekans arttıkça artmaktadır.



Şekil 2.17 Elektrik ve manyetik dipoller için ekranlama etkinliğinin frekansla değişimi

Elektriksel ekranlama için mükemmel iletken duvarlar kullanılırken, manyetik ekranlama ferro-manyetik malzemelerden oluşan filtrelerle sağlanır. Alüminyum folyodan oluşan ince metal perdeler bile bazen yeterli elektriksel ekranlama sağlayabilir.



Şekil 2.18 Kalınlığı t olan bir duvarın ekranlama etkinliği bileşenleri

Şekil 2.18' de elektriksel ekranlama için mekanizma gösterilmiştir. Kalınlığı t olan kayıplı bir duvar elektromanyetik dalgaları üç şekilde zayıflatır. Birincisi duvardan yansımalardır. İkincisi duvar içindeki zayıflamalar (yutulma), üçüncüsü ise duvar içerisindeki ardışıl yansıma kayıplarıdır.

Pratikte şu noktalar önemlidir:

- Ekranlama elektrik alanın düşük frekanslarda yansıtılması yüksek frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.
- Ekranlama manyetik alanın düşük frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.
- Yüksek iletkenlik, yansıma ve yutulmayı pozitif yönde etkiler.
- Yüksek manyetik geçirgenlik yüksek yutulmaya neden olurken, düşük yansıma oluşturur.

- Çok düşük frekanslı manyetik kaynakların ekranlanacağı hallerde yüksek manyetik geçirgenlikli malzemeler kullanılır.
- Ekran kalınlığı arttıkça yutulma artar.
- Manyetik alan için kalın ekranlara ihtiyaç duyulurken elektrik alan için ince yapılar (folyo kalınlığında) kullanılabilir.
- Kaynak ile ekran arasındaki uzaklık yansıma özeliklerini değiştirir. Elektrik kaynaklar ekrana yakın, manyetik kaynaklar ekrana uzak yerleştirilmelidir.

Uygulamaya yönelik özel notlar:

- Ekranlama yapısını tasarlamadan önce, elektrik, manyetik ya da her ikisine de ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesi gereklidir (çoğu durumda elektriksel ekranlama gereksinimleri karşılamak için yeterli olmaktadır).
- Manyetik ekranlama frekansın artması ile yükselir.
- Elektriksel ekranlama ise belli bir frekansta minimum gösterir.

Sonuç olarak bir ekranlamanın EMU performansı, kullanılan malzemelerin özelliklerine, çalışma frekansına ve dikkate alınan kaynaklara bağlıdır. Ancak, pratikte

- Girişim kaynağına göre ekranın konumu
- Farklı ekran parçalarının arasındaki bağlantılar
- Ekran üzerindeki delikler ve boşluklar

ve benzeri başka etkenler de baskın rol oynar.

Manyetik Ekranlama; pratik olarak düşük frekanslarda ($f < 30$ MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artar. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir.

Elektriksel Alan Ekranlama; pratik olarak yüksek frekanslarda ($f > 30$ MHz) önemlidir. Değişik parçalar arasındaki kontak direncinin kalitesi önemlidir (izole edilmiş parçalar anten gibi davranır). Delikler ve açıklıklar frekansa bağımlı olarak önemlidir. Kablo bağlantısı yada havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar

ekranlamayı etkiler. Değişik kaynaklarda verilen yaklaşık formüller genelde yarık sayısı ve uzaklığa bağlı olarak ekranlama etkinliğini verir. Sorun bu formüllerin birkaç ölçme ile test edilememesidir. Çoğunlukla teori ile pratik arasında 30 dB'den büyük farklar gözlenir. Bunun nedeni verilen formüllerin hangi uzaklık ve konumda geçerli olduğunun belirtilmemesidir. Deneyimler 10 MHz'e kadar materyal ve bağlantının 10 MHz'in üstünde ise açıklık geometrisinin ekranlama etkinliğini belirlediğini söylemektedir.

Ekranlama amacıyla seçilecek malzemeler üç grupta toplanabilir:

Yüksek performanslı malzemeler:

Çelik, bakır, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yapılmış ve tamamen metal kaplı kutu (80-120 dB ekranlama etkinliği)

Standart performanslı malzemeler:

İletken metal tabakalar ya da Metal parçacıklı plastikler (20-40 dB ekranlama etkinliği)

Zayıf performanslı malzemeler:

Metalleştirilmiş kumaş yapılar iletken kağıt malzemeler (iletken polimerler), (15-30 dB ekranlama etkinliği)

Pratikte verilen ekranlama etkinliği değerlerinin anlamlı olabilmesi için Çizelge 2' deki ekranlama seviyeleri verilmiştir. Çizelge 2'den görüleceği üzere 30 dB ekranlama etkinliği ortalama değer olarak kabul edilmektedir. Pratikte birçok sorunu 40 dB ekranlama etkinliği çözebilir. Askeri sistemlerde 100-120 dB ekranlama etkinliği istenebilmektedir. Telefon kabloları için şartnamelerde istenen değerler 80-90 dB civarındadır.

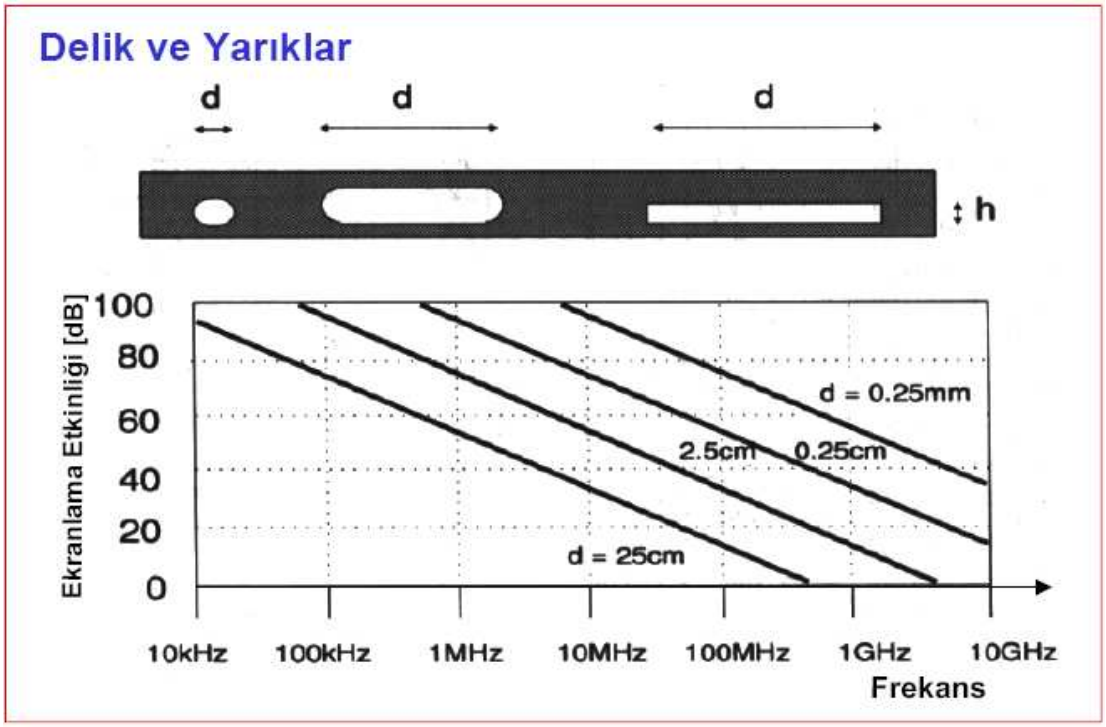
Çizelge 2 Tipik ekranlama değerleri (E: EM alan, P: EM güç)

Ekranlama (SE)	$E_{dış}$ / $E_{iç}$	$P_{dış}$ / $P_{iç}$	Açıklama
10 dB	%32	%10	Kötü
20 dB	%10	%1	Alt sınır
30 dB	% 3.6	% 0.1	Ortalama
60 dB	% 0.1	% 0.0001	İyi
90 dB	% 0.0031	% 0.001 ppm	Çok iyi
120 dB	% 0.0001	% 0.000001 ppm	Olağan üstü

Ekranlama performansını azaltan etmenlerin başında;

- Ekran duvarındaki süreksizlikler (bağlantılar, lehimler, perçinler)
- Ekran duvarında zorunlu bırakılan açıklıklar (havalandırma delikleri, düğmeler, sinyal lambaları, görüntü ekranı, vb)

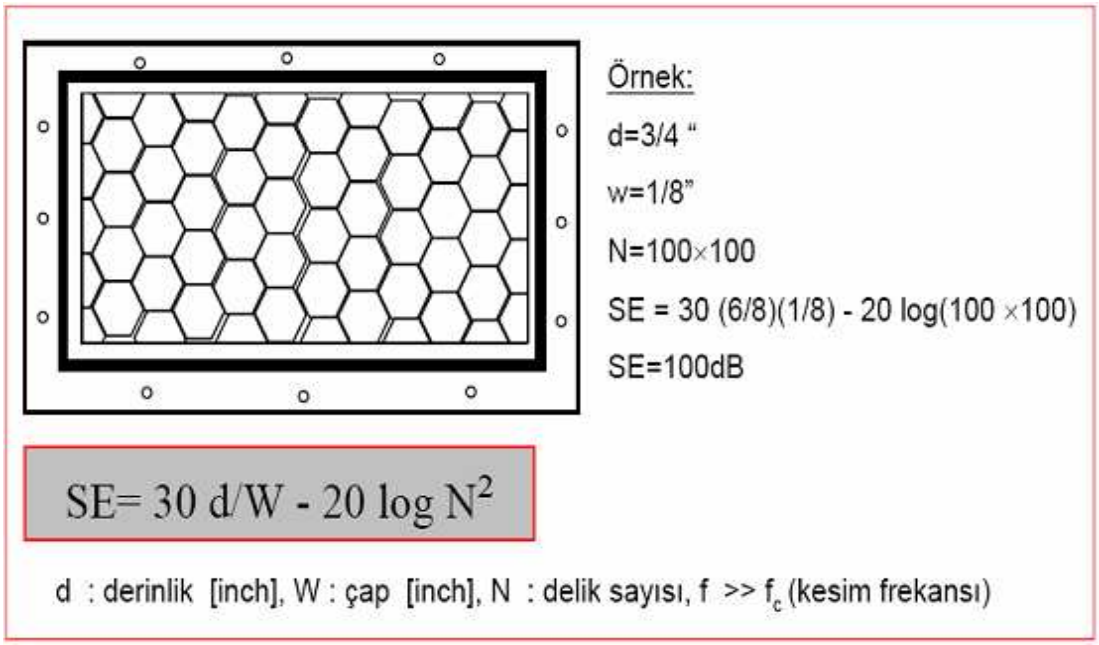
gelir. Bu açıklıkların tasarımında özel dikkat gösterilmelidir. Pratikte kullanılan çeşitli açıklık türleri küçük ya da dar yarıklar, delik ve yarık dizileri, ızgara yada örgülü tabakalar ve kafes yapılar olarak sıralanabilir. Açıklıkların boyutları engellenmek istenen elektromanyetik ışınımın dalga boyundan küçük olmalıdır. Açıklığın (kesitin) en büyük boyutu önemlidir. Engellenmek istenen ışınımın en yüksek frekansı göz önüne alınmalıdır. Burada “küçük” ten kastedilen dalga boyunun en az onda biridir ($\lambda/10$). Şekil 2.19’ da delik ve yarıklar için frekansla ekranlama etkinliğinin değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.19 Delik ve yarıkların tipik ekranlama etkinliği davranışları

25 cm boyunda bir yarık 10 kHz frekansında 90 dB ekranlama sağlarken bu değer 500 MHz'in üstüne çıkıldığında 0 dB' ye düşmektedir. 600 MHz' de işaret dalga boyu 50 cm olduğundan yarık boyu dalga boyunun yarısına denk düşer. Bu durumda da işaret olduğu gibi yarıktan öteye sızar.

Özellikle binalarda, içlerinde yüksek güçlü trafoların bulunduğu odalarda soğutma ve ekranlama aynı anda gerçeklenmek istendiğinde Şekil 2.20' deki yaklaşım kullanılabilir. Havalandırma panelindeki delik sayısına, derinliğe ve delik çaplarına bağlı olarak ampirik formülden ekranlama etkinliği hesaplanabilir. Şekil 2.20' deki örnekten görüleceği üzere 100 dB civarında ekranlama etkinlikleri sağlamak olasıdır. Şekildeki formülün kesim frekansının oldukça (birkaç kat) üstünde geçerli olduğu dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.20 Havalandırma paneli ve ekranlama etkinliği

Yüksek zayıflama elde edebilmek için iki koşul vardır:

- Ekran kalınlığı, açıklık çapının en az iki katı olmalıdır.
- Açıklığın büyük kenarı ekran kalınlığının 1/6'sından küçük olmalıdır.

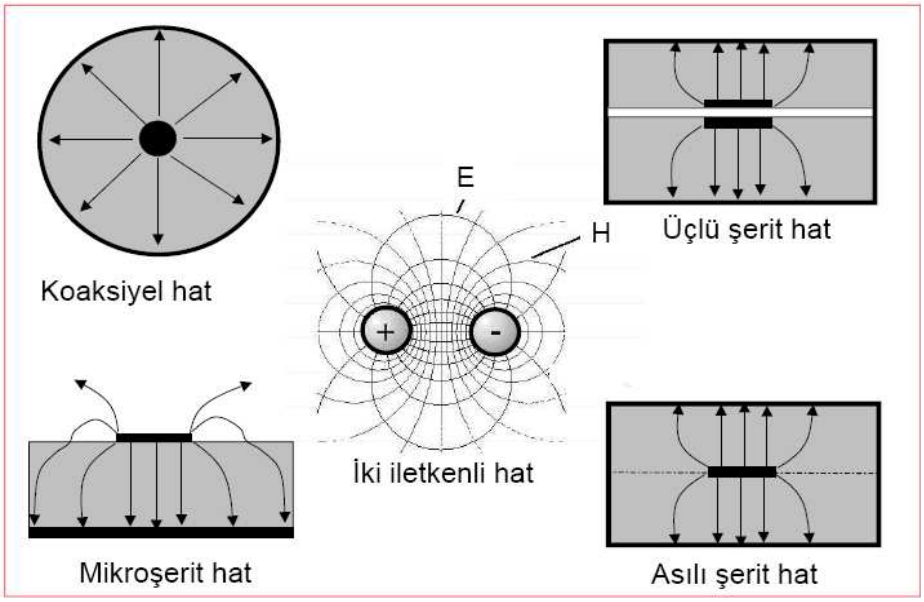
Açıklık malzemesinin direnci çeşitli parçalar arasındaki dirençler de dahil olmak üzere küçük olmalıdır (bunun anlamı ızgaralı yapılar yerine delikli levhalar tercih edilmelidir). Boş bir açıklığın ya da deliğin içine hiç bir zaman bir iletken yerleştirmemelidir. Bu durumda, kılavuzun kesim frekansı değiştirilmiş olur. (Sevgi, 2004)

2.4.1.1. Kablolar ve Ekranlama Etkinliği

Ekranlama etkinliği açısından bir karşılaştırma da hemen her türlü elektriksel cihazda kullanılan bağlantı elemanları, yani kablolardır. Şekil 2.21' de değişik tipte kablo ve iletim hatları ve oluşan elektrik alan çizgileri gösterilmiştir. Şekilde

gösterilen alan çizgileri dağılımından da iletim hatlarının ekranlama etkinliği performansları belli olmaktadır. Örneğin, iki iletkenli hat ile mikroşerit hatlar açık hatlar olduklarından ekranlama performansları kötüdür. Oysa koaksiyel ve diğer hatlar doğal ekranlara sahip olduklarından iyi ekranlama etkinliği performansı vermektedirler.

Özetle, ekranlama etkinliği frekansla değişmekte ve değişimin nasıl olacağı ise (kestirimi çok zor olduğundan) ancak ölçü ya da sayısal benzetimler yoluyla saptanabilmektedir. Bu yüzden EMU mühendisliğinin temeli hassas ve tekrarlanabilir ölçülere ve gerçekçi modeller üzerinden yapılan simülasyonlara dayanır. (Sevgi, 2004)



Şekil 2.21 İletim hattı tipleri ve ekranlama etkinliği performasları

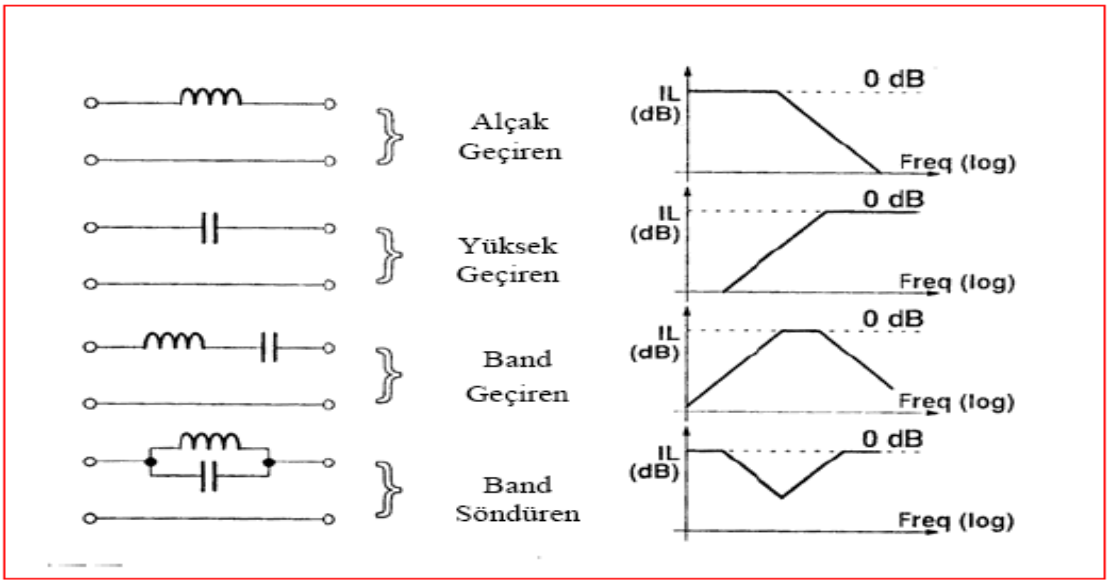
2.4.2. Filtreler

EMU problemlerinin giderilmesinde kullanılan yaygın ve etkili tekniklerden birisi de filtre kullanmaktır. Yararlı olsun istenmeyen olsun, tüm elektriksel işaretler

frekans bölgesinde belli bir bölge kapsar. Eğer yararlı işaret ile istenmeyen işaret farklı frekanslarda ise filtre kullanarak istenmeyen işaretler süzülebilir. Filtreler elektronik filtreler ve ferrit bilezikler olarak sınıflandırılabilir.

2.4.2.1. Elektronik Filtreler

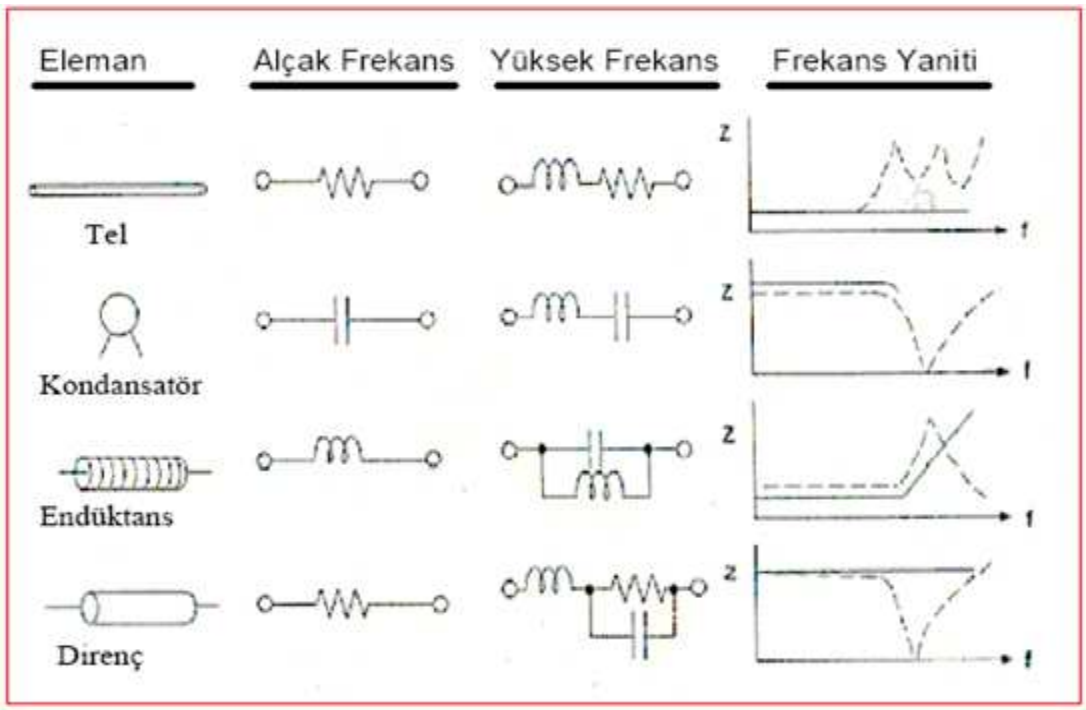
Şekil 2.22' de temel devre elemanlarının seri/paralel kullanımı ile elde edilebilecek basit, 2-kapılı filtre düzenleri gösterilmektedir.



Şekil 2.22 Temel devre elemanları ve (filtre) frekans karakteristikleri

2-kapılı bir devrede giriş çıkış arasına bağlanan seri bir endüktans alçak frekansları geçirir, endüktansın değerine bağlı olan belli bir kesim frekansından ötesini geçirmez, hızla zayıflatır. Benzer şekilde yine seri bağlı bir kondansatör üst geçiren bir filtre gibi davranır. DC ve alçak frekanslarda kondansatör açık devre gibi davrandığından alçak frekanslar bloke edilir. Kondansatörün sığasına bağlı olarak belli bir frekansın üstü geçirilir. Giriş çıkış arasına seri bağlanan LC elemanları band

geçirirken, paralel LC elemanları band söndüren karakteristiğe sahiptirler. Filtrelerin şekildeki davranışları ideal durumu yansıtmaktadır. Oysa pratikte bu davranışlar belli bir frekanstan sonra tamamen farklı olabilir. Bunun nedeni temel pasif elektronik devre elemanlarının ideal davranışlarını gösterememesidir. Şekil 2.23' de temel elemanlar ve pratikteki davranışları gösterilmektedir.



Şekil 2.23 Temel devre elemanları ve frekans karakteristikleri

Bir tel parçası alçak frekanslarda bir direnç etkisi yaratırken yüksek frekanslarda endüktans etkisi de göstermeye başlar ve seri RL devresi gibi davranır. Direnç elemanı için de davranış benzer şekildedir. Bir kondansatör yüksek frekanslara doğru gidildiğinde bağlantı ve lehim noktalarındaki istenmeyen kaçak etkiler nedeniyle seri bir LC devresi gibi davranır. Bir endüktans ise, yine yüksek frekanslarda bağlantı noktaları arasında oluşan kaçak kapasite etkileri nedeniyle paralel LC devresi gibi etki yapar. Yani hiçbir basit devre elemanı yüksek frekanslarda sadece kendisinden beklenen etkiyi gösteremez.

EMU sorunlarını gidermek amaçlı kullanılan filtreler şebeke güç kaynağı filtreleri, DC güç kaynağı filtreleri ve telekomünikasyon filtreleri olarak sınıflandırılabilir. Şebeke güç kaynağı filtreleri lineer yapıda olup elektromanyetik gürültünün sisteme girmesini engellemek amacı ile ekran içine ve şebeke güç kaynağı girişine konulur. DC güç kaynağı filtreleri de şebeke güç kaynağı filtreleri ile aynı yapıdadır. Ancak kesim frekansları mümkün olduğunca düşük seçilmiştir. Telekomünikasyon filtreleri ise her türlü olabilir.

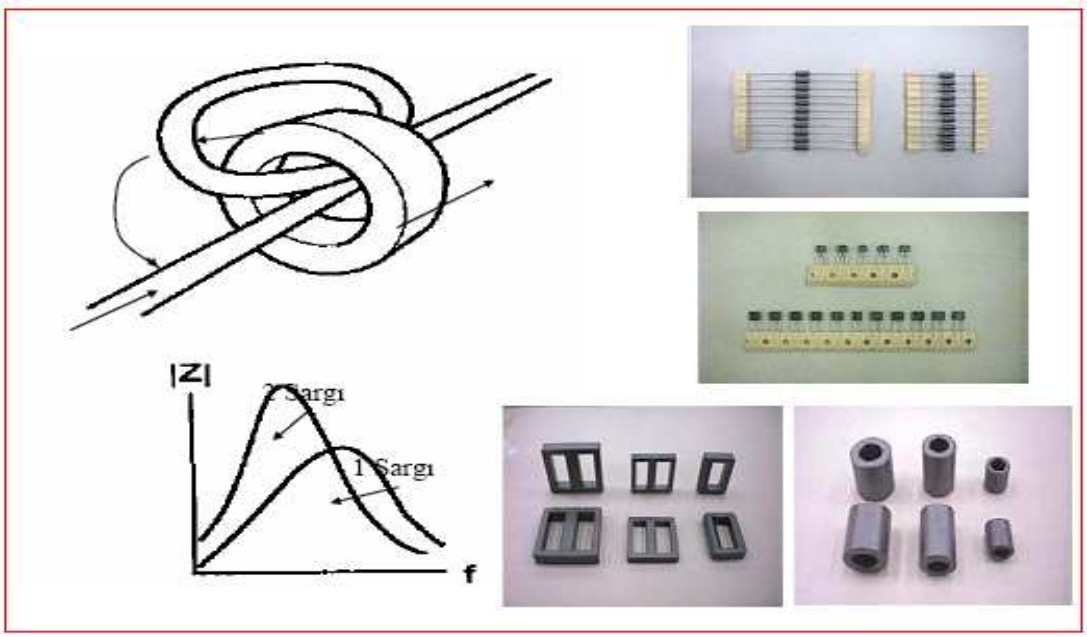
Filtre seçiminde çalışma özellikleri (gerilim, akım ve sıcaklık), güvenilirlik (maksimum sızıntı akımı, rutubet sınırları, aşırı yük akımı), elektriksel özellikler (yüksek gerilim karakteristikleri, izolasyon direnci) ve mekanik özellikler (boyutlar, montaj sorunları) en önemli seçim parametreleridir. Seçilen filtreden beklenen önemli EMU özellikleri ise araya girme kaybı, kesim frekansı, yükün kapasif ya da endüktif oluşu, yüksek frekanslardaki cihaz empedansının belirlenmesi ve ortak mod ve/veya farksal mod filtre gerekliliğidir.

Filtre performansını belirleyen en önemli faktör, filtrenin ekrana monte ediliş şeklidir. Bu nedenle iyi bir performans için filtre ekranlı gövdeye, güç kablosunun girdiği noktada monte edilir. Giriş kabloları, çıkış kablolarından oldukça iyi dekuple edilmelidir. Gövde montajlı filtreler tercih edilir. Aksi halde filtreyi ekranlayıp giriş ve çıkışları birbirinden izole etmek gerekir. Filtre gövdesi ile toprak arasında iyi bir elektriksel temas sağlanmalıdır. Bağlantı teli kullanılmamalıdır. Galvanik uyumluluğa dikkat edilmelidir.

2.4.2.2. Ferrit Filtreler

Elektronik devrelerde istenmeyen yayınımların önemli bir kısmı bağlantı kabloları ve işaret yolları üzerinde oluşur. Kablolar, yüksek frekanslarda birer anten gibi davranır. Bu nedenle, elektronik devrelerde EM sızıtının önlemini almak bağlantı kabloları ve işaret yollarındaki gürültüleri azaltmak anlamına gelir. Ferrit

filtreler kablolara bilezik gibi geçirilerek kullanıldıklarından tercih edilmektedir. Ayrıca bilgisayarların iç ve dış veri kablolarında (ekran, yazıcı, klavye, CPU), taşınabilir ve sabit disklerin plastik şerit kablolarında, elektronik devrelerin iç ve dış enerji kablolarında ve kartlar arası bağlantılarda da yaygın olarak kullanılmakta. Şekil 2.24' de ferrit bilezik mantığı ve değişik filtre fotoğrafları gösterilmekte. Ferit bilezikler ferromanyetik özelliğe sahip olduklarından manyetik alan depolama özelliğine sahiptirler. Amper yasası, içinden akım akan bir telin etrafında manyetik alan oluşur. Sağ el kuralına göre başparmak akım yönünü gösterirken diğer dört parmak telin etrafını çevreleyen manyetik alan yönünü gösterir. Kablo boyunca ilerleyen işaretlerin oluşturduğu manyetik alanı bloke etmek için tel etrafına ferrit bilezik takılır. Şekilde görüldüğü gibi, istenmeyen yüksek frekanslı işaretleri süzmek için ferrit bilezik içersinde işaret kabloları sargı şeklinde dolaştırılabilir. Sargı sayısı ferrit bileziğin empedans etkisini arttırır ancak ferromanyetik rezonans frekansını düşürür. Pratikte, sargılar arası kaçak kapasitif etki oluştuğundan, ikiden fazla sarım kullanılmaz. Ferrit bilezik etki ettiği frekans bölgesindeki istenmeyen işaretleri süzerken faydalı işaretleri etkilemez.



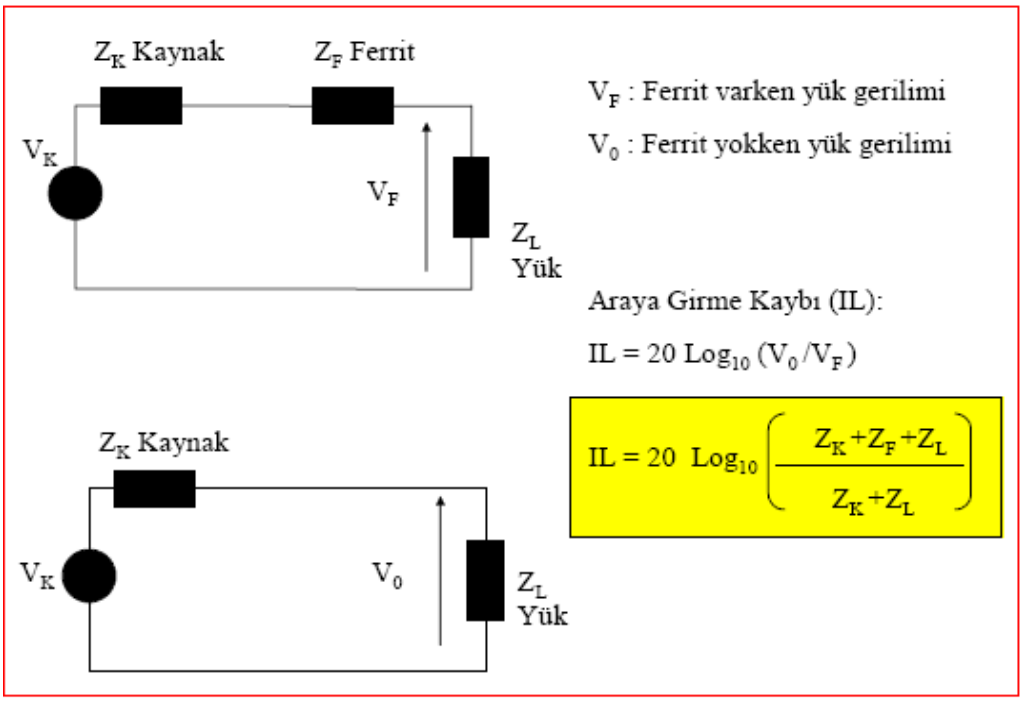
Şekil 2.24 Ferrit Filtre kullanımı, tipik davranışı ve çeşitleri

Kabloların ekranlamasında ferrit kullanıldığında alçak frekanslar fazla etkilenmezler. Bu frekanslarda, ferrit endüktansı sabit ve az kayıplıdır. Bu nedenle toplam empedansı az arttırır. Yüksek frekanslarda ferritin manyetik kayıpları hızla artar ve ferromanyetik rezonans denen bir frekans bölgesinde permeabilite hızla düşer ve empedans maksimum ve rezistif olur. Bir hatta ferrit filtre ile gürültüyü süzerken işareti korumak için ortak mod davranışından yararlanılır. Yani işaret hattının hem gidiş hem de dönüş iletkeni aynı ferrit filtre halkasından geçirilir. Bu hatlarda işaret (gidiş-dönüş) zıt fazlı olduğundan birbirini yok eden zıt manyetik alan oluştururlar. Oysa gürültü her iki iletkende de aynı fazlı olduğundan filtre ile süzülürler.

Ferrit filtre seçiminde göz önüne alınacak noktalar şunlardır;

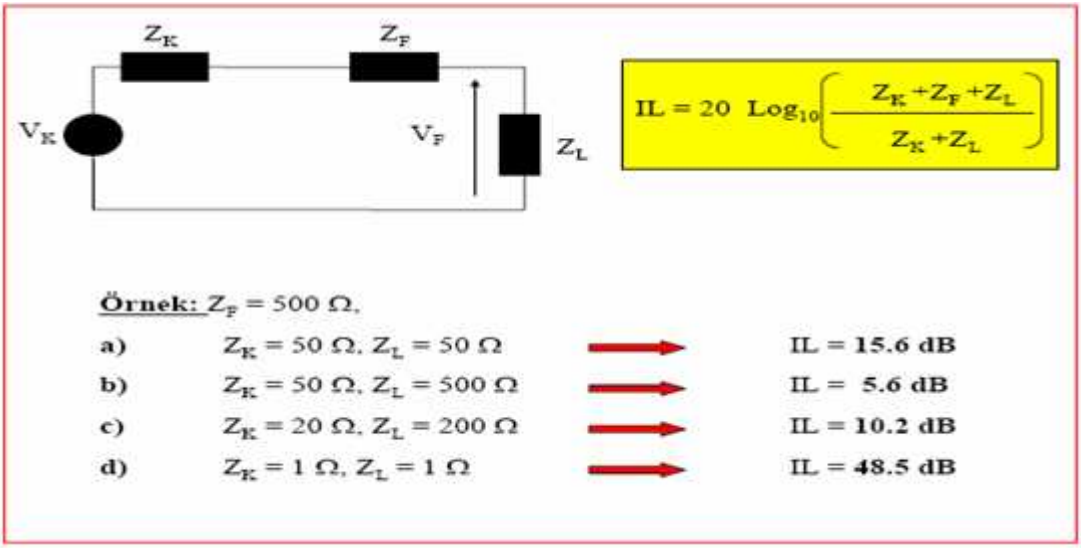
- En fazla araya girme kaybının gerektiği frekans bölgesi belirlenir.
- Kablo tipine göre ferrit filtre yapısı seçilir.
- Uygulanacak kabloya göre tüm ya da parça halinde olması istenir.
- Etkili olacağı frekans bölgesindeki zayıflatma miktarı ve empedans belirlenir.
- Uygulama durumuna göre değişebilen özellikler saptanır (örn. sıcaklığa bağlılık, DC akımı, vb.).

Şekil 2.25’ de ferrit filtre eşdeğeri ve araya girme kaybı bağıntısı verilmiştir. Ferrit bilezik kaynak ile yük arasına seri bir empedans gibi etki yapar. Bu durumda eşdeğer devreden de görüleceği gibi araya girme kaybı ferrit bilezik varken ve yokken basit devredeki yük gerilimlerinin logaritmik oranından elde edilir. Bu durumda araya girme kaybı, kaynak ve yük empedansları ve ferrit bilezik eşdeğer empedansı tarafından belirlenir. Ferrit bilezik empedansı diğer ikisine göre ne kadar büyük olursa o kadar iyi araya girme kaybı elde edilir.



Şekil 2.25 Ferrit bilezik filtre eşdeğeri

Sayısal bir örnek Şekil 2.26' da verilmiştir. Etkili olduğu frekans bölgesinde 500 Ohm değerinde bir eşdeğer empedansa sahip ferrit bilezik 50 Ohm'luk kaynak ve yük empedansı arasına yerleştirildiğinde yaklaşık 15 dB kadar araya girme kaybı sağlarken 1 Ohm'luk kaynak ve yük için bu değer 50 dB' ye ulaşmaktadır.



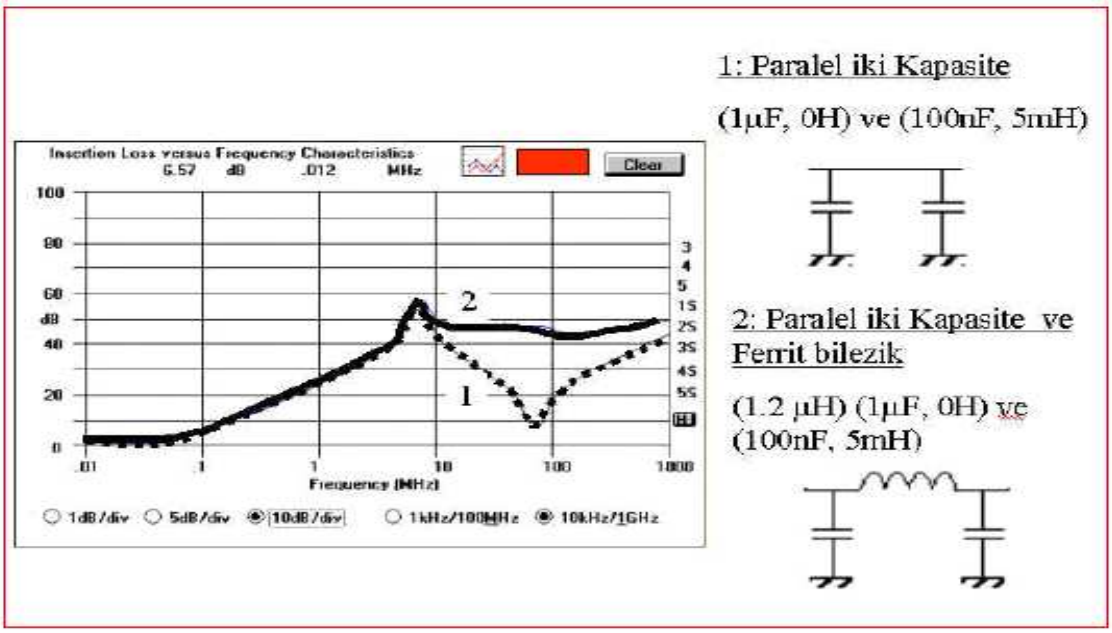
Şekil 2.26 Ferrit (bilezik) filtre örneği

Ferrit bileziklerle kablolarda istenmeyen işaretlerin süzülmesinde önemli bir nokta Şekil 2.27' de gösterilmiştir. Özellikle bilgisayarlarda ve baskı devrelerde veri/işaret iletimi çoklu (dörtlü, sekizli ya da on altılı) kablolarla sağlanır. Bu durumda sadece bir veri yoluna (yani bir kabloya) ferrit bilezik geçirmek çözüm olmayacaktır. Tek bir kabloya takılan ferrit bilezik 1 dB' lik bir araya girme kaybı bile sağlayamazken, bu değer sekiz bağlantının beşine ferrit bilezik takıldığında 5 dB' ye çıkmaktadır.



Şekil 2.27 Ferrit filtre ve İşaret Kablolarına Uygulanması

Bir diğer örnek, Şekil 2.28' de gösterilen ve 10 MHz ile 100 MHz arasında istenmeyen işaretleri süzmek üzere tasarlanmış iki değişik filtre yapısının ölçü sonuçlarına aittir.



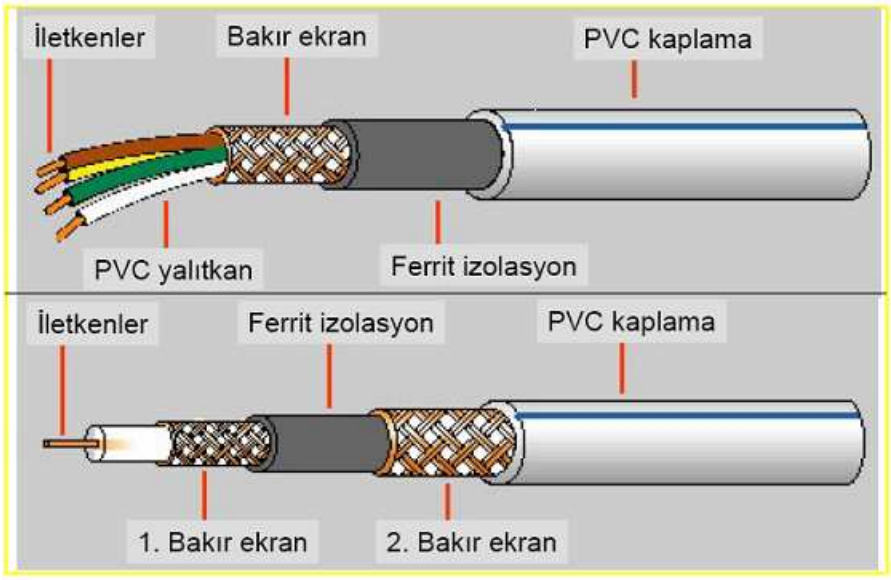
Şekil 2.28 Tipik bir filtre uygulaması

Birinci yapıda iki paralel kondansatör kullanılırken ikinci yapıda araya bir de ferrit bilezik eklenmiş ve PI devresi oluşturulmuştur. Birinci yapıda sadece 10 MHz civarında dar bir frekans bandında 40 dB kadar bir araya girme kaybı sağlanırken, ferrit bilezikli karma yapıda 10 MHz ile 1GHz arasında aynı araya girme kaybı sağlanabilmektedir. Ferritler kablolarda en etkili EMU korunma yöntemlerinin başında gelmektedir.

2.4.3. Kablo ve Konnektörler

EMU kalitesini belirleyen ana etkenlerden birisi kablolar, çünkü istenmeyen işaretleri bir noktadan diğerine ilettikleri gibi (iletkenlik yoluyla girişim), üzerlerinde dolaşan işaretleri bir anten gibi uzaya da yayarlar (ışıma yoluyla girişim, RE, Radiated Emission). Bir devrede, bir sistemde değişik boylardaki kablolar farklı frekanslarda rezonansa gelen yarım dalga dipol anten gibi davranırlar (geniş bandlı girişim). Ayrıca, yine bir devrede ya da sistemde en geniş çevrimi oluşturduklarından halka anten gibi de davranırlar. Bu nedenle kablolar hem güçlü elektrik hem de güçlü

manyetik girişim kaynağı gibi etki edebilirler. Kablo etkileşimi söz konusu olduğunda kuplajın tipi (manyetik, elektrik) ve gerek duyulan performans önem kazanmaktadır. Kablo performansını belirleyen iki temel unsur ekranlama malzemesi/kalitesi ve kablo ekran topraklamasıdır. Kablo işarete (EM enerjiye) sistemdeki son noktaya (yüke) kadar kılavuzluk eder. Çevre girişiminin önem kazandığı durumlarda kablolar ekranlanır ya da ekranlı kablo kullanılır. Koaksiyel hatlar doğal ekranlı kablolardır (ekran iletim hattının bir parçasıdır). Bunların dışında ekranlanmış çoklu kablolar da kullanılır. Şekil 2.29 'da günümüzde kullanılan tek ve çift ekranlı kablolara örnekler gösterilmiştir. Üstte bakır ekran koruması altında imal edilmiş çoklu iletkenli bir kablo gösterilmektedir. Dışarıdan gelebilecek girişimlere karşı iyi bir elektriksel ekranlama sağlayan bu kablolar yakınında oluşan manyetik alan girişimlerine karşı korumasızdır.

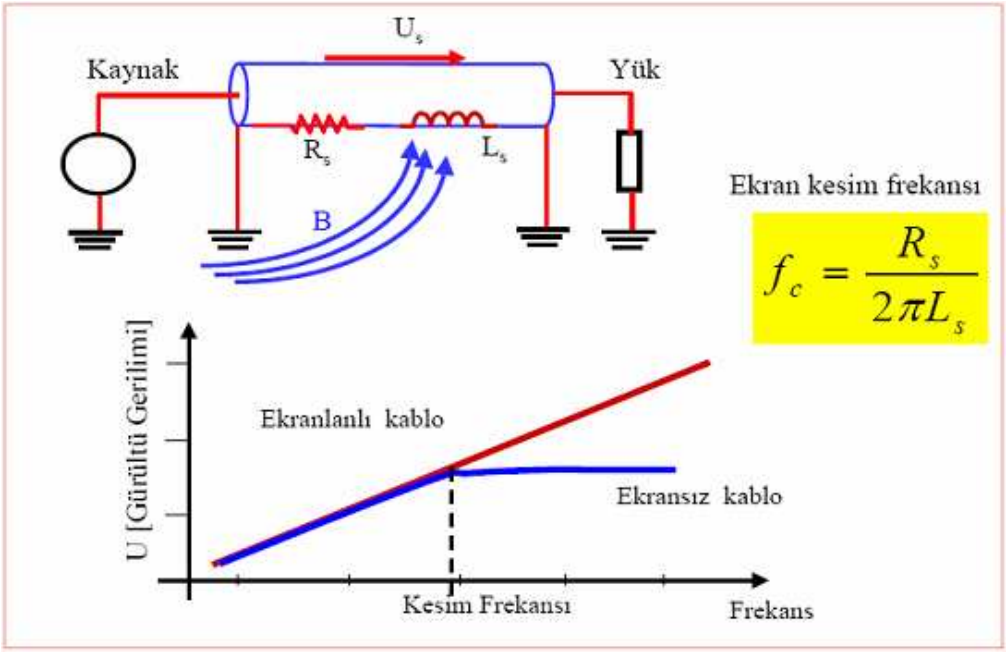


Şekil 2.29 Günümüzde kullanılan tek ve çift ekranlı tipik kablolar, (üstte) sadece elektriksel ekranlama, (altta) elektriksel ve manyetik ekranlama

Şekil 2.29 ’de iki bakır ekran arasında ferrit izolasyon bulunan çok iletkenli bir kablo örneği görülmektedir. Bakır ekran elektriksel koruma sağlarken ferrit bilezik manyetik ekranlama etkisi göstermektedir.

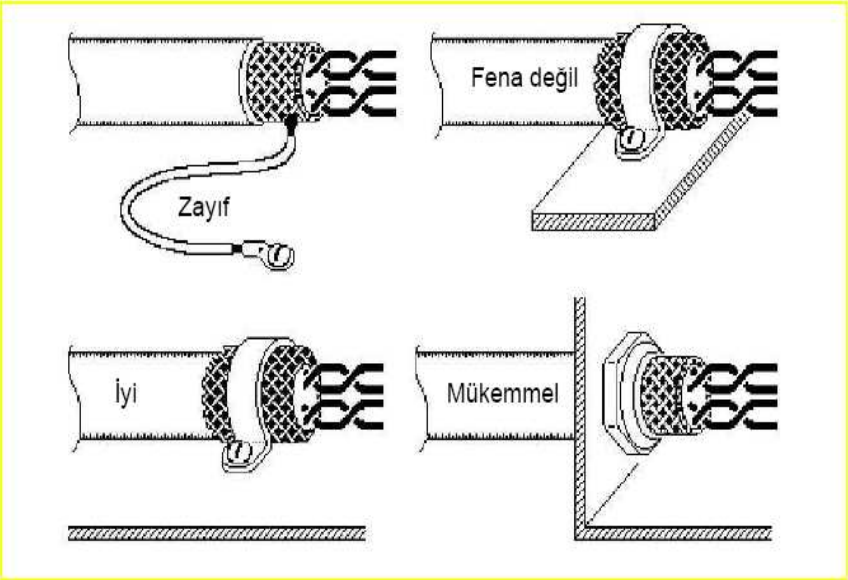
Kablo ekranının etkin olması ekranda endüklenen akımların iç iletkene kuplajının engellenmesine ve elektrik alanlarının (açıklıklardan ekran üzerinde endüklenen gerilim) durdurulmasına bağlıdır. Her iki durum da içten dışa enerji girişimini engellemek gerekir. Kablolarda ekranlama bozukluğu uygun filtre kullanılmaması ve iyi ekranlama yapılmaması sonucu oluşur.

Belli bir manyetik alan içerisinde bulunan bir kablo üzerinde, birim boy direnci ve birim boy endüktansı ile belirlenen bir gerilim düşümü oluşur. Bu gerilim düşümü ekransız kablolarda frekans arttıkça artar ve yüksek frekanslarda kabul edilemez gürültü gerilimleri oluşturur. Oysa ekranlı kablolarda bu durum kablo kesim frekansına denk söz konusudur. Yani, kablo direnci ve endüktansının belirlediği kesim frekansı üstünde ekranlı kabloda gürültü gerilimi frekansla artmaz. Dolayısıyla kullanılan kablonun kesim frekansının bilinmesi gerekir. Bu frekanstan düşük frekanslarda ekranlama etkili değildir. Ancak frekans kesim frekansının üstüne çıkınca ekranlama etkili olmaya başlar. Pratikte iyi bir manyetik ekranlama ancak frekans kesim frekansının beş katından büyük olunca sağlanmaktadır. Şekil 2.30’ da kablo ekranlaması ve kesim frekansı tanımları verilmiştir.



Şekil 2.30 Kablo ekranlaması ve ekran kesim frekansı (Etkili manyetik ekranlama için frekans kesim frekansının en az beş katı olmalıdır)

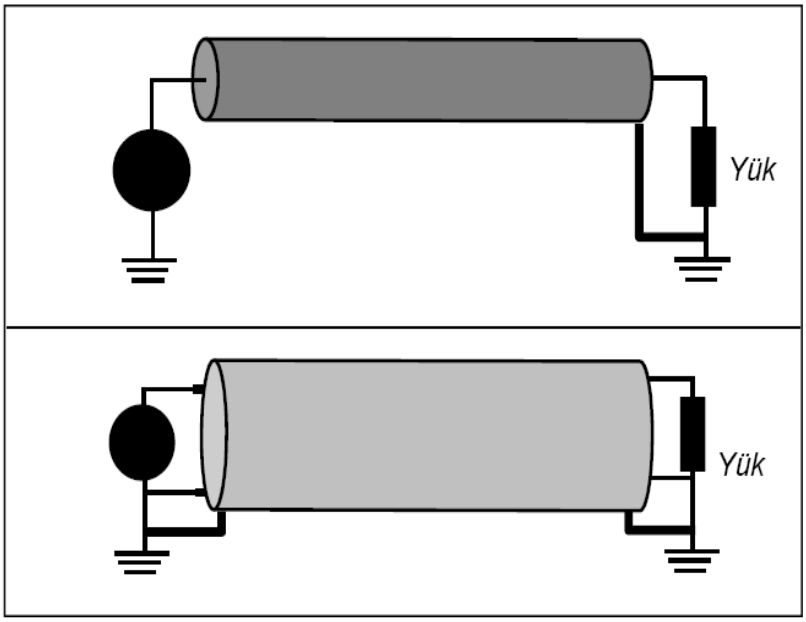
Şekildeki kablo (yani kendi ekranı) hem başından hem sonundan toprağa bağlanmış durumdadır. Alçak frekanslarda tek taraflı topraklama yeterli olabilirken yüksek frekanslarda her iki taraftan da topraklama gereklidir. Şekil 2.31' de değişik kablo ekranlama ve topraklama teknikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.31 Kablolarda toprak bağlantılarına örnekler

Sadece ince bağlantı elemanlarıyla gerçeklenen topraklama genelde işe yaramazken sıkı geçme ve şerit hatlarla gerçeklenen topraklamalar ise mükemmele yakın etki yapmaktadır. Kablo, genelde kaynak ile yük arasında işaret iletiminde kullanıldığından ekranlamanın ne tarafta yapılacağı ve topraklama önemlidir. Şekil 2.32' de buna bir örnek sunulmaktadır. Sadece yük tarafından (şekilde üstte) ekranlanmış bir kabloda istenmeyen elektrik alanlar iyi ekranlanır. Ancak bu manyetik alanların ekranlanmasına yetmez. Hem yük hem de kaynak tarafında topraklama uygulandığında elektrik alan ekranlaması daha iyi olur (*10-20 dB* ekranlama etkinliği artar) ve manyetik ekranlama da sağlanmış olur. Pratikte en uygun kablolama tekniği Şekil 2.32’ de gösterilmektedir. Burgulu çift iletken kullanarak (iletkenler arasındaki alan küçültülerek ve burgu sayesinde zıt yönlü

akımlar akması sağlanarak) manyetik sızıntı azaltılmıştır. Her iki taraftan da topraklama uygulandığında elektrik ve manyetik ekranlama etkin biçimde sağlanmış olur.



Şekil 2.32 Kablolarda ekranlama ve etkileri (üstte) Etkili elektrik alan ekranlama sağlanırken manyetik alan ekranlanmaz, (altta) Etkili elektriksel ekranlama sağlanırken manyetik alan da etkili biçimde zayıflatılır.

EMU önlemlerinde kablolar kadar önemli olan elemanlar konnektörlerdir. İki kablonun bağlantısı, iki yüzeyin sızdırmaz montajı EMU açısından çok önemlidir. EM sızıntı su ve ışık gibidir. Yarıklardan, çatlaklardan ya da aralık bırakılmış ayrıtlardan su ve ışık nasıl sızarsa EM enerji de (frekansına bağlı olarak) öyle sızar. Bu nedenle olası bütün sızıntı yerleri kapanmalıdır.

Elektronik devrelerde ve cihazlarda kapaklar, gövdeler, giriş panelleri, havalandırma yarıkları, vb birçok süreksizlik kaçınılmaz olarak bırakılır. Bu durumda bu süreksizliklerden elektromanyetik sızıntıyı önlemek için kontak ve bağlantı elemanları kullanılır. Süreksizliklerin EMU etkileri açısından önemli bazı noktalar şunlardır:

- Kabloları birbirine, belli bir panele ya da yüzeye bağlarken sıkı temas çok önemlidir.
- Sıkı geçme yanında geniş şeritlerle topraklama sağlanması da önemlidir.
- Çevre yüzeylerin iyi teması açısından iletken katkılı plastikler, contalar ya da yaylar kullanılır. İletken katkılı plastikler ve contalar ucuz ve kolay monte edilebilir olmalarına karşın izolasyonu düşük ve ömürleri kısadır. Şekil 2.33' de conta tipleri gösterilmiştir. Uygulamada plastik, örgülü, tekstil, karbon katkılı conta tipleri kullanılır. Yaylar sıkı geçme sağladığından iyi izolasyon sağlarlar, kendi kendilerini aşınmaya karşı korurlar, ancak pahalı ve montajı zordur.



Şekil 2.33 EMU Bağlantı contaları (Örgülü contalar, Elastomer contalar, Tekstil contalar, Spiral yay contalar, Karbon Katkılı Elastomer contalar)

- Yüzey montajlarında iletkenlerin kontak yüzeyleri temiz olmalı ve tam temas sağlanmalıdır. Yüzeyler arasında yağ, toz ve pas gibi maddeler bulunmamalıdır. Bağlantının uzun dönem düşmanı paslanmadır. Unutulmamalıdır ki bazı ürünlerin, dışarıda kışın soğuğuna, yazın sıcağına, rüzgâra, neme karşı 20-30 yıl gibi ömre sahip olması istenir.
- Yüzey montajlarında zamanla paslanma önemli bir EMU sorunu oluşturur. Paslanmanın değişik nedenleri vardır: En önemlileri galvanik etki ve elektrolitik etkidir: Galvanik Etki: Farklı türden iki metalin oluşturduğu kontak yüzeyindeki rutubetten kaynaklanır. Zamanla bir pil gibi yüzeyi aşındırır. Elektrolitik Etki: Nem ve bağlantılar üzerinden akan akım bağlantı üzerinde elektrolitik etkiler

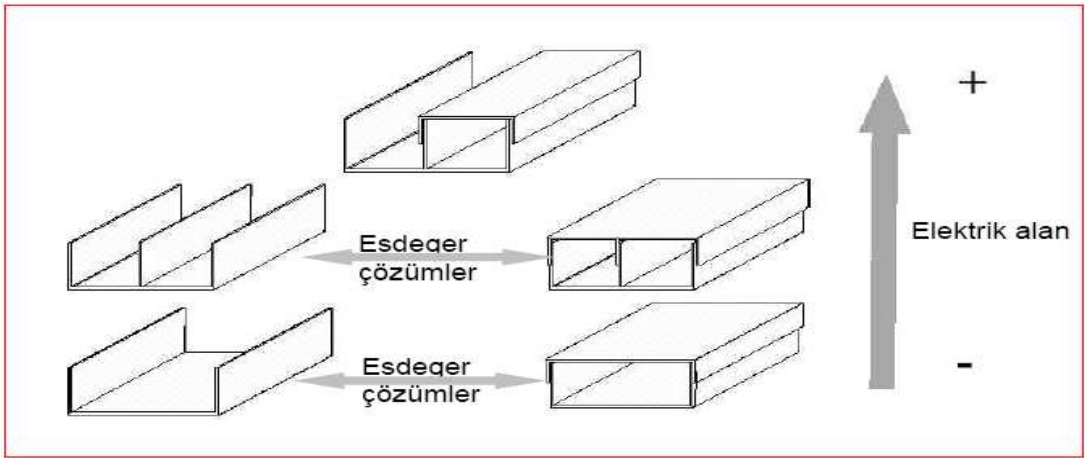
oluşturur. Bu etki kullanılan metallerden bağımsızdır. Aynı veya farklı metallerde gözlemlenebilir.

Yüzey montajlarında; olabildiğince galvanik hareketlilik çizelgesi düşük olan metaller kullanılmalı, birleştirilecek metallerin elektro-kimyasal özellikleri birbirine yakın olmalı, direk bağlantı teknikleri kullanılmalıdır. Gereken durumlarda atlamalı bağlantılar (tercihen düz şeritler) kullanılabilir. Metalden metale temiz bağlantı yüzeyi kurulduğundan emin olunmalı, bağlantı noktaları nemden korunmalı, gereken durumlarda bu noktaların fiziksel ve elektriksel durumu denetlenmelidir.

Önemli bir konu da cihazların ya da kabloların CE markalı olmasının, bir arada sistem kurulduğunda EMU koşullarının sağlanması anlamına gelmeyeceğidir. Uyumsuzluk olması durumunda önce güvenlik kuralları sağlanmalı, cihazın talimatlarına uyulmalı, en sonunda EMU koşulları ele alınmalıdır.

Elektriksel işaretler (tüm güç beslemeleri, analog, sayısal veri işaretleri), bir gidiş bir dönüş iletkeni üzerinden, farksal modda iletilir. Gerilim iletkenler arasında oluşur. Genelde toprak empedansının düzensizlikleriyle oluşan ortak mod akımı tüm iletkenler de aynı yönde akar ve toprak hattı üzerinden geri döner. Kablolar arasında ortak modda iletilen yüksek frekans (YF) parazitler en temel EMU sorunudur. Ekranlı bağlantıların uygun olması durumunda, tek örgülü kablo kullanarak koruyucu etki birkaç MHz'den birkaç yüz MHz' e çıkarılabilir. Kablo / cihaz ekranının tek taraftan bağlanması alçak frekanslarda etkilidir, yüksek frekanslarda bu tip bir bağlantı etkili değildir. Ekranın çift taraftan topraklanması en şiddetli parazitlere karşı (YF ortak mod) koruma için kullanılır. Çift taraflı bağlantılarla ilgili sorun, alçak frekanslarda ekranlama üzerinden bir akımın akabilmesidir. Bu akım, bazı durumlarda "vınlama" adı verilen bir alçak gerilim veya çift kablo tarafında *50 Hz* gürültüsü yaratır. Tüm sayısal veya elektrik kablolarında dış ekranlamaların her iki ucu, cihaza giriş noktalarında makine toprağına bağlanmalıdır. Tek bir uca sadece düşük seviyeli alçak frekanslı ekransız analog bağlantılar yapılabilir. Şebeke, besleme, güç, analog/sayısal işaret kabloları, mümkünse topraklanmış kanal içerisinde döşenmelidir. Mümkün olan her yerde biri enerji, röle ve hız kontrol cihazı

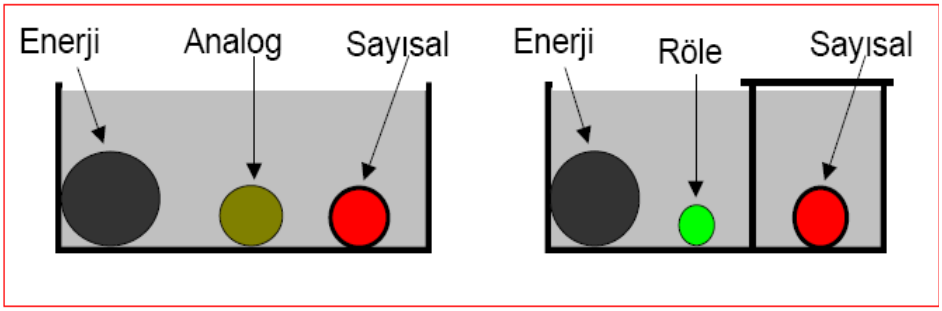
kabloları ve diğeri sinyal kabloları (sensörler, veri, haberleşme, vb.) için iki metal kanal kullanılmalıdır. Bazı kanal örnekleri Şekil 2.34'de gösterilmektedir.



Şekil 2.34 Elektriksel ekranlama açından eşdeğer kanallar

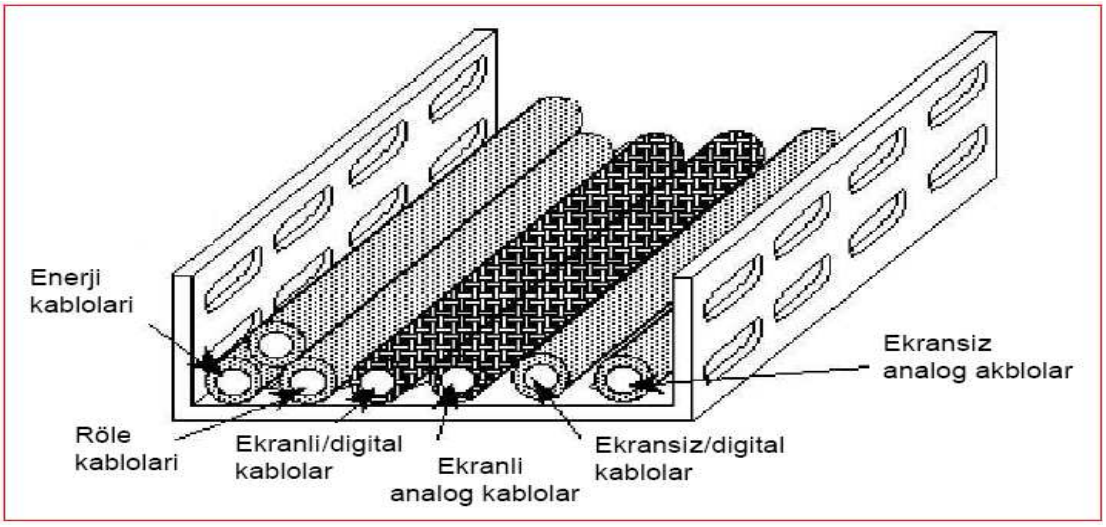
Görüldüğü gibi, elektriksel alanın düşey polarizasyonlu olması durumunda kanalların üstünün açık ya da kapalı olması ekranlama performansını fazla etkilememektedir. Ancak, dairesel polarizasyonlu elektriksel alanların olabileceği ortamlarda kanalların tümden kapalı olması kaçınılmaz.

Günümüzde akıllı binalar, haberleşme ve bilgisayar ağları, internet bağlantıları kablolamanın önemini açıkça ortaya koyan sistemlerdir. Bir yandan ağ içerisinde hassas haberleşme kabloları döşenirken diğer yandan yüksek güçlü besleme kabloları döşenmektedir. Ekonomik olması açısından birlikte döşenmesi zorunlu olduğundan enerji kablolarının olası olumsuz etkilerine karşı işaret kablolarının korunması önem kazanmaktadır. Şekil 2.35' de tipik kablo kanalı ve döşeme tipleri gösterilmektedir.



Şekil 2.35 Enerji ve işaret kablolarının yan yana aynı kanalda yerleşimi

Tipik olarak kablo kanal uzunlukları 30’ m’den kısa ise kanallar birbirine ve kablolara temas edebilir. Kanal uzunluğu 30 – 300’ m arasında ise aralarında yan yana veya üst üste 10’ cm boşluk bırakılmalıdır. Uzunluk 300’ m’yi aştığında aralarında 30’ cm boşluk olmalıdır. Gidiş ve dönüş iletkenleri her zaman birbirine komşu olmalıdır. YF koruyucu etkisinden yararlanmak amacıyla, tüm bağlantıların, topraklı eş potansiyel yapılara bağlanması tavsiye edilir. Yalnızca analog, sayısal veya haberleşme sinyalleri için kullanılan kablo çiftleri aynı demette birbirine yakın olabilir veya aynı kablo grubu içinde döşenebilir. Şekil 2.36’ da bir başka kanal döşeme örneği gösterilmektedir.



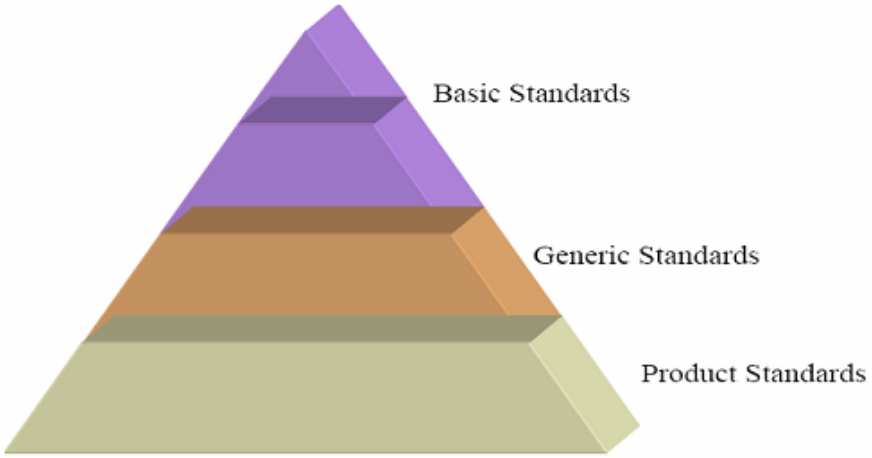
Şekil 2.36 Enerji ve işaret kablolarının yan yana aynı kanalda yerleşimi

İşaret kabloları ile enerji ve röle kabloları birbirlerine olabildiğince uzak yerleştirildiği gibi, aralarında EMU açısından göreceli olarak daha dayanıklı olan ekranlı analog kablolar döşenerek yalıtım arttırılmaya çalışılmaktadır. (Sevgi, 2004)

2.5. EMU Standartları

EMU Standardları aşağıdaki gibi gruplanırlar;

1- Temel Standartlar (Basic Standards)
2- Branş Temel Standardları (Generic Standards)
3- Ürün Ailesi Standardları (Product Family Standards)
4- Ürün Standardları (Product Standards) (Björklöf, 1999)



Şekil 2.37 EMU Standart Yapısı

2.5.1 Temel Standartlar (Basic Standards)

Bu standartlar; belirli bir EMU oluşumunu belirleyici özelliktedir. Ana Branş, Ürün ailesi, Ürün standartlarında referans olarak belirtilmek temel standartların amacıdır. Dolayısıyla özel bir cihaza yönelik olarak uygulanmazlar.

Bağışıklığa ilişkin Temel EMU standartları Elektro Teknik Komisyonu (IEC, International Electrotechnical Commission), yayınıma ilişkin Temel EMU standartları CISPR, International Special Committee on Radio Interferance) tarafından düzenlenmektedir.

Bu Temel standartların kullanılmasıyla CE-İşaretinin iliştirilmesi hakkı oluşmaz. Bundan dolayı temel standartlar Avrupa Birliği resmi gazetesinde "Harmonize Standard" olarak yayınlanmazlar.

Örnekler:

- IEC 61000-4 Serisi: Elektromanyetik Parazite bağışıklık için ölçü teknikleri
- ENV 50140: Radyo Frekanslı elektromanyetik alanlara karşı "Elektromanyetik Parazite Bağışıklık" testleri
- IEC 1000-4-2 Elektrostatik Deşarj Standardıdır.

2.5.2 Branş Temel Standardları

Bu standardlar prensip olarak aynı bir ortamda kullanılan bütün ürünler için geçerlidir. Standardlar, ürünler için belirleyici olabilen EMU olguları için kullanılması gereken sınır değerleri içerirler. İnceleme metotları için temel standartlara atıfta bulunulur. "Temel Branş Standardları" harmonizasyon için dikkate alınırlar ve dolayısıyla AB resmi gazetesinde yayınlanırlar. Bu standartların kullanılmasından CE-İşaretinin iliştirilmesi hakkı oluşturulabilir. Ancak bunu için söz konusu ürünle ilgili "Ürün Ailesi veya Ürün Standardı" olmaması bir ön şarttır. Zira böyle standartların "Branş Temel Standardları"na göre önceliği vardır.

Genel "Branş Temel Standardları, bütün ortam koşulları ve en önemli EMU olgularını kapsayan "Parazit Yayma" ve "Parazitlere Bağışıklıkla" ilgili dört standart' da gruplanmıştır.

2.5.2.1 Elektromanyetik Yayınım Standartları

TS EN 55011- Radyo frekansları kullanan sanayi, bilim ve tıp (SBT) cihazları - Radyo bozulma karakteristikleri- Ölçme metotları ve sınır değerleri

Bu standarda verilen ölçme metotları ve sınır değerleri, sanayi, bilim ve tıp (SBT) cihazlarına ve kıvılcım ile aşındırma (spark erosion) cihazlarına uygulanır.

TS EN 55013 – Ses ve televizyon yayını alıcıları ve bunlarla ilişkili cihazlar - Radyo bozulma karakteristikleri - Ölçme metotları ve sınır değerleri

Bu standard, yayın ve benzer iletimleri almak için kullanılan ses ve televizyon alıcılarından ve bunlarla ilişkili cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik enerji üretimine ilişkin konuları kapsar.

TS EN 55014-1 – Elektromanyetik Uyumluluk-Ev ve Benzeri Yerlerde Kullanılan Elektrikli Aletler ve Benzeri Cihazlar İçin Özellikler- Bölüm 1: Yayılım

Bu standard, r.f. enerjisi belli bir amaç için üretilmeyen veya aydınlatma amacıyla kullanılmayan esas fonksiyonları motorlar ve anahtarlama veya düzenleme elemanları ile sağlanan cihazların radyo frekans bozulmalarının iletimi ve yayılımını kapsar.

TS EN 55015 – Elektrikli aydınlatma ve benzer cihazların radyo bozulma karakteristiklerinin sınır değerleri ve ölçme metotları

Bu standart, radyo frekansı bozulmalarının ışımasını (ışınan ve iletilen) kapsar.

TS EN 55022 – Bilgi teknolojisi cihazları – Radyo bozulma karakteristikleri – Sınır değerleri ve ölçme metotları

Bu standardın kapsamı, bilgi teknolojisi cihazının radyo bozulma seviyesi için tekdüze kuralların tanımlanması, bozulma sınır değerlerinin düzeltilmesi, ölçme metotlarının tarifi ve çalışma şartları ve sonuçların yorumlanmasıdır.

5.2.2 Elektromanyetik Bağışıklık Standartları

TS EN 55020 – Ses ve televizyon yayın alıcıları ve ilgili cihazlar - Bağışıklık karakteristikleri - Sınır değerler ve ölçme metotları

TS EN 61000-4-2 – Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-2: Deney ve ölçme teknikleri - Elektrostatik boşalma bağışıklık deneyi

Bu standard, operatörlerden doğrudan temasla ve yakınında bulunan cisimlere statik elektrik boşalmalarına (deşarj) maruz kalan elektrik ve elektronik cihazlar için bağışıklık kurallarını ve deney metotlarını kapsar. Bu standardda ayrıca, değişik çevre ve tesis şartları ile ilgili deney seviyesi bölgeleri tarif edilmiş ve deney işlemleri belirtilmiştir. Bu standardın amacı, elektrostatik boşalmalara maruz kalan elektrik ve elektronik cihazların çalışma niteliklerinin değerlendirilmesi için ortak ve tekrar edilebilir bir esas oluşturmaktır. Buna ilâve olarak, önemli donanımın yakınındaki cisimlere personelden meydana gelen elektrostatik boşalmaları da kapsar.

TS EN 61000-4-3 – Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 4-3: Deney ve Ölçme Teknikleri-Işıyan, Radyo Frekans, Elektromanyetik Alan, Bağışıklık Deneyi

Bu standard, elektriksel ve elektronik cihazların radyasyon yoluyla yayılan elektromanyetik enerjiye karşı bağışıklılığını kapsar.

TS EN 61000-4-4 – Elektromanyetik Uyumluluk (EMU) - Bölüm 4: Deney ve Ölçme Teknikleri - Kısım 4: Elektriksel Hızlı Geçici Rejim/Patlama Bağışıklık Deneyi-Temel EMU Yayını

Bu standard, tekrarlamalı elektriksel hızlı geçici rejimlere maruz kalan elektriksel ve elektronik cihazlar için bağışıklık kuralları ve deney metotlarına dairdir.

TS EN 61000-4-5 – Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-5: Deney ve ölçme teknikleri - Anî yükselmelere karşı bağışıklık deneyi

Bu standard, anahtarlama ve yıldırım geçici rejimleri esnasında meydana gelen aşırı gerilimlerin sebep olduğu tek yönlü anî gerilim yükselmelere maruz kalan cihazlarla ilgili bağışıklık özelliklerini, deney metotlarını ve tavsiye edilen deney seviyelerini kapsar.

TS EN 61000-4-6 – Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-6: Deney ve ölçme teknikleri - Radyo frekans alanlar tarafından indüklenen iletilen bozulmalara karşı bağışıklık

Bu standart, elektriksel ve elektronik cihazların, 9 kHz'den 80 MHz'ye kadar olan frekans bölgesinde, göz önüne alınan radyo frekans (RF) vericilerinden gelen elektromanyetik bozulmalara karşı iletilen bağışıklık kurallarına dairdir. Bu standard, cihazı bozucu RF alanlarına bağlaştıracak en az bir iletim kablosu (besleme şebekesi, işaret hattı veya toprak bağlantısı gibi) bulunmayan cihazları kapsamaz. Bu standardda, özel cihaz ve sistemlere uygulanacak deneylerin belirtilmesi amaçlanmamıştır. Bu standardın esas amacı, ilgili bütün IEC mamul komitelerine genel, temel bir referans sağlamaktır. Mamul komiteleri (veya cihaz kullanıcı ve imalâtçıları), kendi cihazlarına uygulanacak uygun deney ve şiddet derecesi seviyesi seçilmesi konusunda sorumlu olmaya devam eder.

TS EN 61000-4-8 – Elektromanyetik uyumluluk (EMU) Bölüm 4-8: Deney ve ölçme teknikleri - Şebeke frekanslı manyetik alan bağışıklık deneyi

Bu standard, cihazların aşağıda belirtilen yerlerde, şebeke frekansındaki manyetik bozulmalara karşı, sadece çalışma şartlarındaki bağışıklık özelliklerini kapsar; yerleşim yerleri ve ticari tesisler, sanayi tesisleri ve elektrik santralları, orta ve yüksek gerilim istasyonları.

TS EN 61000-4-11 – Elektromanyetik uyumluluk (EMU) - Bölüm 4-11: Deney ve ölçme teknikleri - Gerilim çukurları, kısa kesintiler ve gerilim değişmeleri ile ilgili bağışıklık deneyleri

Bu standard, alçak gerilim güç kaynağı şebekelerine bağlanan elektriksel ve elektronik cihazlar için gerilim çukurları, kısa kesintiler ve gerilim değişmeleri ile ilgili bağışıklık deneyi metotları ve tercih edilen deney seviyeleri grubunu kapsar. Bu standard, faz başına 16 A'i aşmayan beyan giriş akımına sahip elektriksel ve elektronik cihazlara uygulanır. Bu standard, d.a. şebekelerin veya 400 Hz a.a. şebekelerin bağlanan elektriksel ve elektronik cihazlara uygulanmaz.

2.5.3 Ürün Ailesi Standardları

Ürün ailesi standardları, birbiriyle akraba ürün grupları için belirlenmiştir. Test seviyeleri ve sınır değerleri şart koşulmuştur. Bu standardlar harmonizasyon için dikkate alınırlar ve dolayısıyla AB resmi gazetesinde yayınlanırlar. CE- İşareti kapsamında sertifikalandırma için kullanılabilirler. Ürün ailesi standardı varsa, sadece bu standard kullanılır.

Örnek: EN 55015; Floresan lambaların elektromanyetik tacizleri için sınır değerler ve ölçme metotları (Parazit Dalga Yayma)

2.5.4 Ürün Standardları

Bu standardlar “Ürün Ailesi Standardları” gibidirler, ancak ürün ailesi standardlarından farklı olarak ürünün belli bir cinsi için belirlenmiştir. Ürün Standardlarının, Baranş Temel Standardlarına göre daima önceliği vardır.

Örnek: EN 50061: Implantable Kalp atışı düzenleyicisinin güvenlik koşulları
EN 50091-2: Kesintisiz güç kaynakları sistemleri (UPS) (Kısım 2: EMU-Gerekleri)

2.6 EMU Kuruluşları

2.6.1 Uzman Otorite: (Competent Authority)

Üye ülkelerin yükümlülüklerini yerine getirmek için oluşturdukları mekanizmadır.

2.6.2 Uzman Kuruluş: (Competent Body)

EMU Direktifleri Annex II. yi sağlar. EN45001 uyumluluğunu denetler. Atanmış kuruluş (notified) olmasına gerek yoktur. Teknik raporların onaylanması ve belgelenmesinden sorumludur. Yeterliliği, uzman otorite veya üye ülke uzman otoritesini temsil eden akreditasyon kuruluşunca tanınır.Test merkezi olması gerekli değildir.

2.6.3 Atanmış Kuruluş: (Notified Body)

Üye ülkelerin uzman kuruluşları tarafından seçilir ve AB Komisyonuna ve diğer üye ülkelere bildirilir. AB tipi uygunluk belgelerini ve teknik raporları onaylar. Üye ülkelerin Atanmış Kuruluş oluşturmaları zorunlu değildir.

2.6.4 Akreditasyon ve Akredite Laboratuarlar

İlgili EMU standartlarına (EN 45000 serisi) uygun olarak oluşturulmuş yasal uzman kuruluşlardır. Yanlızca AB ülkelerinde yer alırlar, ölçme laboratuvarı ve belge düzenleme kuruluşlarıdır. (Sevgi, 2004)

2.7 TV Yayını Alıcıları ve İlgili Cihazlarında EMU Standartları

TV yayını alıcıları ve ilgili cihazların için CENELEC tarafından onaylanmış 4 temel EMU standardı bulunmaktadır. Bunlar;

- EN 55020;
- EN 55013;
- EN 61000-3-2;
- EN 61000-3-3’ dür.

2.7.1 EN 55020

EN 55020 standardı; **s**es ve televizyon yayın alıcıları ve ilgili cihazlar - Bağışıklık karakteristikleri - Sınır değerler ve ölçme metotlarını açıklar.

Bu standard ikametgâhlar, ticarî ve hafif endüstri çevrelerinde kullanılmak üzere tasarımlanmış televizyon yayını alıcıları, ses yayını alıcıları ve ilgili cihazları kapsar. Bu standard, ses ve televizyon alıcıları ve ilgili cihazlara uygulanabilen belirli sınır değerleri ve ölçme metotlarını ve bunların bozucu işaretlere karşı bağışıklık karakteristiklerini tarif eder. Ayrıca bu standard, alıcı olarak kullanılacak doğrudan ev kullanımına yönelik uydu alıcı sistemlerinde haricî birimlerin bağışıklığına da uygulanabilir. Bu standardın amacı, elektrostatik yük boşalmalarını da içeren sürekli ve geçici, iletilen ve yayınlanan bozulmalarla ilgili, kapsamda tanımlanan cihazlar için bağışıklık deney kurallarını tanımlamaktır. Bağışıklık şartları, 0 Hz ilâ 400 GHz arasındaki frekans aralığında geçerlidir. Deney kuralları, düşünülen her uç için belirlenmiştir.

Bu standartla ilgili testler;

- Giriş Bağışıklığının Ölçülmesi
- Anten Terminalindeki RF Voltajı için Bağışıklığın Ölçülmesi
- Tarama Etkinliğinin Ölçülmesi
- Geçici Elektrik Dalgalarının Ölçülmesi
- İndiksiyon Voltajın Bağışıklığının Ölçülmesi
- Elektrostatik Deşarjın (ESD) Ölçülmesi

2.7.2 EN 55013

EN 55013 standardı; ses ve televizyon yayını alıcıları ve bunlarla ilişkili cihazlar - Radyo bozulma karakteristikleri - Ölçme metotları ve sınır değerlerini düzenler.

Bu standard, yayın ve benzer iletimleri almak için kullanılan ses ve televizyon alıcılarından ve bunlarla ilişkili cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik enerji (emission, yayınım) üretimine ilişkin konuları kapsar. (TS EN 55013/A1:2008; TS EN 55013/A2:2008) (CENELEC. (2006). EN 55013:2001+A1:2003+A2:2006)

EN55013 standardı, ses ve televizyon alıcıları ve ilgili ekipmanlarının sebep olduğu elektromanyetik gürültünün limitlerini tanımlar ve ölçüm methotlarını belirler. Bu standart aynı zamanda kablo ve uydu alıcı ekipmanlarını da kapsar.

Bahsi geçen ilgili ekipmanlar; ses veya TV alıcılarına direk bağlanabilen cihazlar olabileceği gibi görüntü ve ses bilgisini kendisi üreten cihazlar da olabilir. (örneğin; ses yükselteçleri, CD oynatıcılar, manyetik kaydedici ve oynatıcı sistemler gibi) Bilgi teknolojileri ekipmanları, bir TV alıcısına bağlı olsa dahi bu standart kapsamında test edilemez.

Bu standartla ilgili testler;

- Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (Disturbance Voltage at the Mains Terminals) (İletim Yoluyla Yayınım, Conducted Emission)
- Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission)
- Anten Bağlantı Ucu Gerilimi Ölçümü (Disturbance Voltage at the Antenna Terminals (Anzac))

Bu testlerin detayı dördüncü bölünde verilmiştir.

2.7. 3 EN 61000-3-2

EN 61000-3-2 standardı, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 3-2: Sınır Değerler-Harmonik Akım Emisyonlar İçin Sınır Değerleri (Faz Başına Donanımın Giriş Akımı £ 16 A) düzenler.

Bu standard, genel elektrik şebeke sistemi içine enjekte edilen harmonik akımların sınırlarını kapsar. (Harmonic Current Emissions Test) (TS EN 61000-3-2:2006) Bu test, şebekeden 75W ‘ dan daha az güç çeken cihazlara uygulanmaz.

2.7. 4 EN 61000-3-3

Yayınım (emission) standardıdır. EN 61000-3-3 standardı, Elektromanyetik Uyumluluk (EMU)-Bölüm 3: Sınır Değerler- Kısım 8:Beyan Akımı 16 A Olan Cihazlar İçin Alçak Gerilim Besleme Sistemlerindeki Gerlilim Dalgalanmaları ve Kırpışma Sınırları (IEC 1000-3-3.1994)’ nı düzenler. (Flicker (Gerilim Sıçrama) Test) (EN 61000-3-3:1995+A1:2001+A2:2005)

Bu standard, genel alçak gerilim sistemi üzerinde etkili olan gerilim dalgalanmaları ve kırpışmayla ilgili sınırlamalara dairdir.

BÖLÜM III

EMU TESTLERİ/ÖLÇÜMLERİ

3.1. Giriş

EMU/EMI test ve ölçü çalışmaları; Süreç (Process) Kontrolü, Süreç Tasarımı, Süreç Optimizasyonu ve ürünün standartlara uyumunu göstermek için yapılır.

Ardışıl gerçeklenen iki ölçme asla aynı sonucu vermez. Yüzlerce kez tekrarlanan bir ölçüde ölçülen parametre bir değişim aralığında farklı değerlerde çıkacaktır. Gürültü gibi rasgele karaktere sahip istenmeyen işaretlerin bulunduğu ortamlarda yapılan test/ölçüler de rasgele karakter taşıyacaktır. Bu durum, üç önemli tanımın netleşmesi gereğini işaret etmektedir. Bunlar;

- ölçü doğruluğu (accuracy),
- ölçü hassasiyeti (precision) ve
- cihaz duyarlılığı (device sensitivity)' dır.

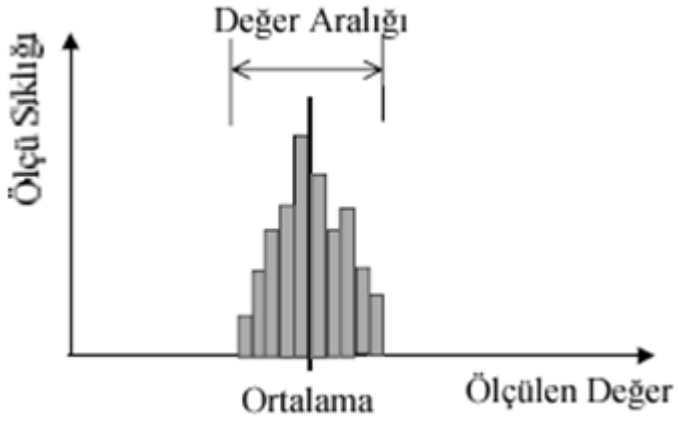
Ölçü doğruluğu, ölçülen değerin gerçek değer ya da bir fiziksel sabit ile karşılaştırılmasıdır. Tekrarlı yapılan ölçülerde kaydedilen değerler bir ortalama etrafında yığılır. Ölçü sayısı artıkça bu yığılma daha belirginleşir. Doğruluk, bu ortalama değer ile gerçek değer arasındaki farkın gerçek değere bağıl olarak oranı diye tanımlanır. Ancak, pratik ölçmelerde çoğu kez gerçek değer bilinmez. Bu nedenle doğruluk hakkında kesin yargılara varmak çoğu kez zor hatta olanaksızdır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{\text{Ortalama - “Gerçek”}}{\text{“Gerçek”}} \ (\%)$$

“Gerçek Değer” ?

Şekil 3.1 Doğruluk Tanımı

Hassasiyet, bir ölçünün tekrarlanabilirliğinin göstergesidir. Birçok kez tekrarlanarak elde edilen ölçülerin en düşük ve en yüksek değerleri arasındaki fark ölçü değer aralığı diye tanımlanır. Hassasiyet, bu değer aralığının ortalama değere oranı şeklinde tanımlanır. Ölçülerde değer aralığı ne kadar dar ise o denli hassas ölçü yapılıyor demektir.

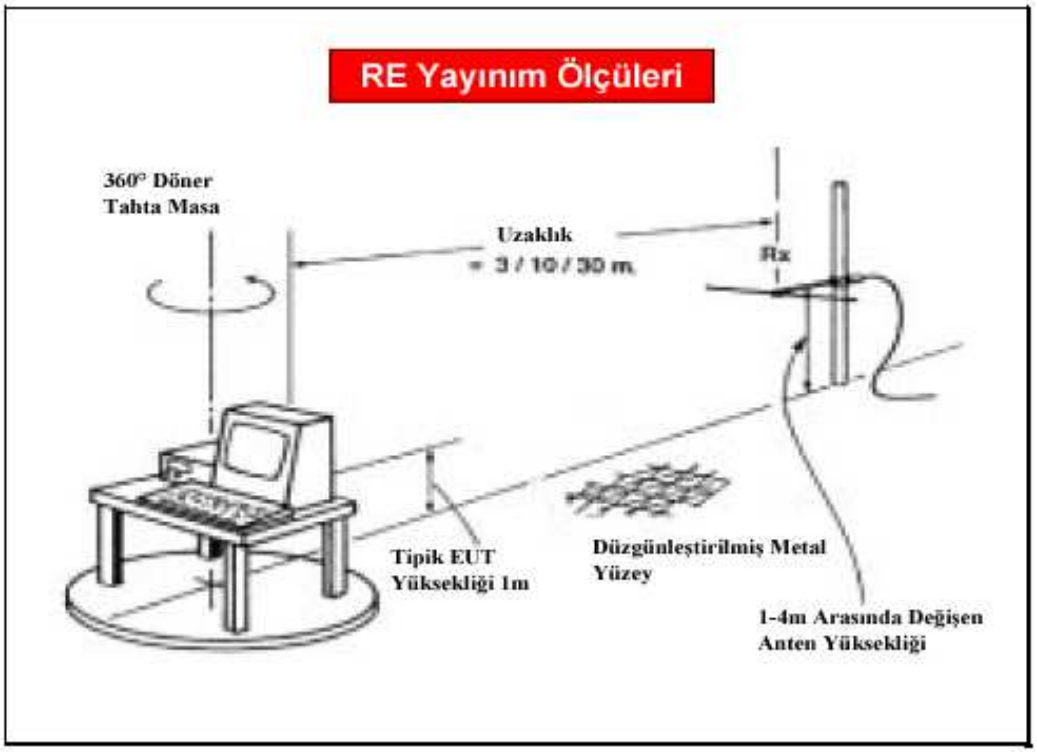


Şekil 3.2 Hassasiyet Tanımı

Duyarlılık, bir ölçü aletinin saptayabileceği en küçük değişimdir. Genelde ortam veya cihazın iç gürültü eşik seviyesi ile belirlenir. Bir ölçü düzeninde sıcaklık, basınç, elektrik alanı, güç, akım, gerilim gibi bağımsız parametreler uygun bir dönüştürücü kullanılarak ölçülür. Örneğin, elektromanyetik girişim ölçülerinde kullanılan dönüştürücü antendir. Anten verici olarak kullanıldığında, uçlarına uygulanan gerilimi (V) uzaydaki elektrik alana (V/m) dönüştürmektedir. Alıcı olarak kullanıldığında ise anten, uzayda (ilgilenilen frekanstaki) elektrik alanlardan aldığı

etkiyi uçlarına gerilim farkı olarak yansıtmaktadır. Bu dönüşüme anten faktörü adı verilir ve kullanılan ölçü düzeninde bu faktörün her frekansta bilinmesi zorunludur. Yani, cihazda okunan gerilim değeri ile ortamda cihazdan bağımsız bulunan elektrik alan şiddeti arasındaki ilişki bilinmelidir. Anten faktörü ölçü cihazı ile birlikte kullanılan anten, ara bağlantı ve uzatma kabloları dahil tüm etkileri içerdiğinden ancak sağlıklı ölçülerle elde edilebilir, veya ölçü setinin üreticisi tarafından sağlanır. Örneğin, kablosu ezilmiş, büzülmüş bir test setinin anten faktörü değişebilir ve ölçülen değer hatalı olabilir. Veya düz uzatılması gereken uzun ölçü kablosu sarmal şeklinde toplanırsa yine anten faktörü değişebilir. Cihaz ayrı, anten ve kablolar ayrı firmalardan alınmışsa anten faktörü ancak kullanıcı tarafından ölçülerek elde edilebilir.

EMU/EMI ölçü ve testleri; yayınım (emission, sızıntı) ölçüleri ve bağışıklık testleri olarak ikiye ayrılır. Yayınım, genelde 30 MHz - 1GHz arasında istenir. Uygun test ortamı, bir sonraki bölümde detaylı açıklanacak olan, yansımasız oda yada açık alandır. Tipik bir yayınım (sızıntı) ölçü düzeneği Şekil 3.3’ de gösterilmiştir. Ölçü düzeneğinde uygun IF ölçme bandlarına (200Hz, 9kHz ve 120kHz) ve deteksiyon tipine (Peak, Quasi-Peak ve Ortalama detektörü) sahip spetrum analizörü (9kHz-1GHz yada 150KHz-300MHz arasında) kullanılır. Yayınım testleri daha çok frekans domeninde yapılırken bağışılık testleri zaman domeninde yapılır. Bu yüzden yayınım testlerinde, frekans seçici spektrum analizörü benzeri cihazlar kullanılır. Yaygın olarak kullanılan anten tipleri, (20-30MHz arasında) yarım dalga dipolü, (30-400 MHz arasında) bikonik ve log-periodik ve (400-1000MHz arasında) horn tipidir.



Şekil 3.3 Tipik Yayınım (Sızıntı) Ölçü Düzeneği

Tipik bir 3m´4m´5m'lik yansımasız oda ve içindeki gerekli ölçü ve test cihazlarının maliyeti birkaç yüzbinden milyon ABD dolarına kadar değişmektedir. Bu yüzden pek çok araştırmacı EMU/EMI çalışmalarını simulasyon teknikleri kullanarak gerçekleştirmektedir. (Sevgi, 2004)

3.2. EMU Test/Ölçü Ortamları

Bir cihazın EMU test/ölçüleri bağlı bulunduğu standartlara göre yapılır. Standartlar, frekanstan uzaklığa, uygulanacak alan şiddetinden cihazların yerleşim şekline kadar tüm test/ölçü koşullarını ayrıntılı içerir.

EMU test/ölçüleri cihazın gerçek çalışma ortamlarında ve çalışır durumdayken yapılır. Çalışma ortamı cihaza bağlı geniş anlamda tanımlandığından test/ölçü ortamları ancak yaklaşık anlamda yaratılabilir. Test/ölçü ortamları, örneğin, bir CD

çalar testleri için santimetreler boyutlarında bir kutu olabileceği gibi, bir otomobil hatta bir uçak testi için boyutları yüz metrenin üzerinde de olabilmektedir. Bu ortamlar;

- Ekranlı Odalar,
- Yansımasız (Yankısız) Odalar (YO, Anechoic Chambers (ACs)),
- Açık Alan Test Sahaları (AATS, Open Area Test Sites (OATSs))

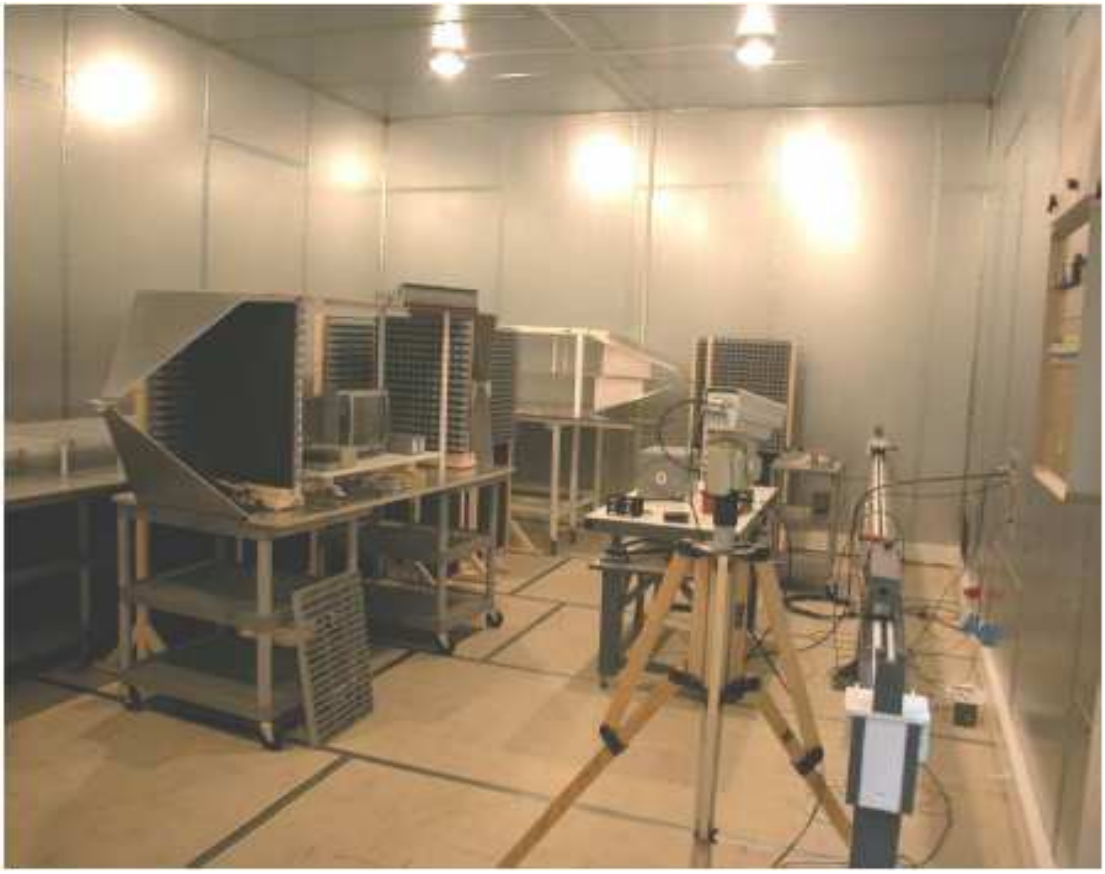
olarak sıralanabilir.

FCC ve EN düzenleyici otoriteler, Işınım yollu yayınım için Açık alan Testlerini ve Yarı Yansımasız Oda testlerinin yapılmasını öngörmüşlerdir.

3.2.1. Ekranlı Oda

İletkenlik yollu yayınım (CE, Conducted Emission), besleme ve işaret kablolarından kaynaklandığından filtre kullanarak çözüm üretilebilir. Örneğin, besleme kablolarında 50 Hz ve harmonikleri (tam sayı katları) süzülerek sadece işaret frekanslarının etkileri ile ilgilenmek için bir üst geçiren filtre kullanılabilir. Oysa ışınım yollu yayılım ölçülerinde (RE, Radiated Emission), çevre etkilerinden arındırma için ekranlı oda gerekir. Ekranlı odada; EN, ISO, CISPR, MIL STD-461E kapsamında; iletimle yayınım testleri (CE), EN, ISO, SAEJ kapsamında iletimle bağışıklık testleri (CI), Ticari ürünleri ve araba parçalarını da içerecek şekilde EN 61000, ISO ve SAEJ, MIL STD-461E kapsamında ESD (Electro Static Discharge), EFT (Electrical Fast Transient), Surge (Dalgalanma), Pulse Magnetic ve Damped Osilasyonlu Manyetik Alan Ve EN 61000 Serisi Kapsamında Harmonik ve Fliker dü_ük frekans emisyon, Gerilim çökmesi/kesimi/değişimi 50 Hz Manyetik Alan (Sürekli ve burst) bağışıklığı testleri yapılır. Test frekans aralığı (Kesim frekansı) < 40 GHz ‘ dir.

Ekranlı oda ölçülerin yapıldığı ortamı dış ortamdan soyutlar ve ölçülen işaretin (yayılımın) sadece test edilen cihazdan kaynaklandığını garanti eder. Örneğin; sadece alüminyum folyo veya metal katkılı perdelerle tamamen kapatılmış bir alan 20-25 dB civarında bir yalıtım sağlayabilir. Ancak ekranlı odanın kendisi cihazdan kaynaklanan yayılıma etki edebilir. Olumsuz tarafı, ekranlı oda belli frekansları söndüren, belli frekansları da kuvvetlendiren bir rezonatör gibi davranır. Bu davranışın hangi frekanslarda olduğu oda boyutlarına bağlıdır.



Şekil 3.4 Örnek Ekranlı Oda

3.2.2.Yansımasız (Yankısız) Oda

Ekranlı odanın iç duvarları, tavanı ve/veya tabanı geniş bir frekans bandında EM dalgaları (istenmeyen işaretleri) yutan bir malzeme ile kaplanarak yansımasız oda elde edilebilir. Yansımasız oda; dış seslerden veya dışarıdan gelebilecek elektromanyetik ışınımlardan izole edilmiş bir alandır. Yansımasız odaların, ışınım yapan elektrikli ve elektronik cihazlarda, özellikle akustik özelliği ön plana çıkan mikrofon gibi cihazlar için yayınım ölçümlerinde geniş kullanım alanları vardır. Bu odalar özellikle antenlerin özelliklerini ölçmekte kullanılan elektromanyetik (radio) dalgalarının yansımalarını sönümlemede kullanılan emici malzemeler (demir, ferrites) ile kaplanır.

Yansımasız odalar tipik üç ayrı bölümden oluşmaktadır: Bunlar; RF koruyucu, modüler ferrit katman ve RF emicidir. Emici malzeme (yutucu malzeme, absorber material), genellikle piramit biçimlidir ancak bazı oda tasarımlarında bazı bölgelerde prizma (wedge) biçimli yutucular kullanılır ve piramitler geri yansımaları (backscatter) azaltmak üzere 45 derece döndürülür vede direnç gibi davranmasını sağlayan karbon emdirilmiş köpükten yapılmıştır. Bu RF/ mikrodalga yansımasız odaların ebatı; küçük bir oda kadar olabileceği gibi uçağın sığabileceği bir hangar kadar bile olabilir ki ebat, yayınım ölçümleri yapılacak olan objenin büyüklüğüne göre değişir. Yansımasız bir odada ölçülen yayınımın sadece test edilen cihazdan kaynaklanacağı açıktır. Fazla pahalı olmayan orta düzeyde bir yansımasız ile tasarlanan frekans bandında en az 80-90 dB yalıtım sağlanmaktadır. Yansımasız odadaki emici malzeme oldukça yanıcı malzemeler olabileceğinden odada otomatik çalışan yangın ihbar sistemlerinin kurulması güvenlik açısından önemlidir.

Yansımasız odaların en önemli özellikleri; boyutu, frekans aralığı, zayıflama sitesi, alan tekdüzeliği, RF katmanı ve kullanılan emici malzemelerdir. Oda boyutları; ölçme uzaklığı, ölçme yolu uzunluğu (path length), durgun bölge (quiet zone) büyüklüğü ve başarı ölçütleri gibi pek çok parametreye bağlıdır. Bu odaların tasarımlanması için aşağıdaki tasarım parametrelerinin belirlenmesi gereklidir.

Durgun Bölge; odanın içerisinde, küre, silindir ya da dikdörtge/kare prizma biçiminde tanımlanabilen, deneyden geçirilecek nesnenin içerisine yerleştirileceği ve belirli başarım / yansıtıcılık düzeylerinin oluşturulduğu hacimdir.

Durgun Bölge Hacmi İçerisinde gerekli frekans aralığı ve başarılacak yansıtma zayıflatma düzeyi, belirli bir noktaya tüm yönlerden gelen yansımış enerjinin zayıflamasının, o noktaya doğrudan gelen enerjiye göre ölçüsü olarak tanımlanır. (800 MHz'de - 40 dB, 10 GHz'de - 45 dB gibi.)

Ölçme yada yol (path) uzunluğu, anten ve test altındaki cisim (EUT, Equipment Under Test) arasındaki uzaklıktır.

Değişik anten tipleri değişik anten yönelme diyagramları oluşturur, yönlü antenler, standart kazançlı horn antenler v.b. Bu bilgi yutucu tipini ve odada yerleştirme biçimini belirlemede gereklidir.

Bu özellikler dikkate alındığında Yansımasız Odalar üç tür kullanılır. Bunlar;

- Tam Yansımasız (Tam Yankısız) Oda (YO, Full Anechoic Chambers (FACs)),
- Yarı Yansımasız (Yarı Yankısız) Oda (YYO, Semi Anechoic Chambers (SACs))
- GigaHertz TEM Hücreleri (Gigahertz Transverse Electromagnetic (GTEM) Cell)



Şekil 3.5 Tipik Ferrit Malzeme İle Kaplanmış Yansımasız Oda

3.2.2.1. Yarı Yansımasız (Yarı Yankısız) Oda (YYO, Semi Anechoic Chambers (SACs))

Yarı Yansımasız Odalarda dışarıyla yaklasık 100 dB izolasyon sağlanabilir. Yapılan testler; 10 kHz – 40 GHz frekans aralığını kapsayacak şekilde büyük boy nesneler için uygun olup otomotiv endüstrisinde kullanılan parçalara, askeri cihazlara, ticari ürünlere ve telekom ürünlerine yönelik ışınımla yayınım ve bağışıklık testleridir. (Kiemel, 2002)



Şekil 3.6 Tipik Yarı Yansımasız (Yarı Yankısız) Oda

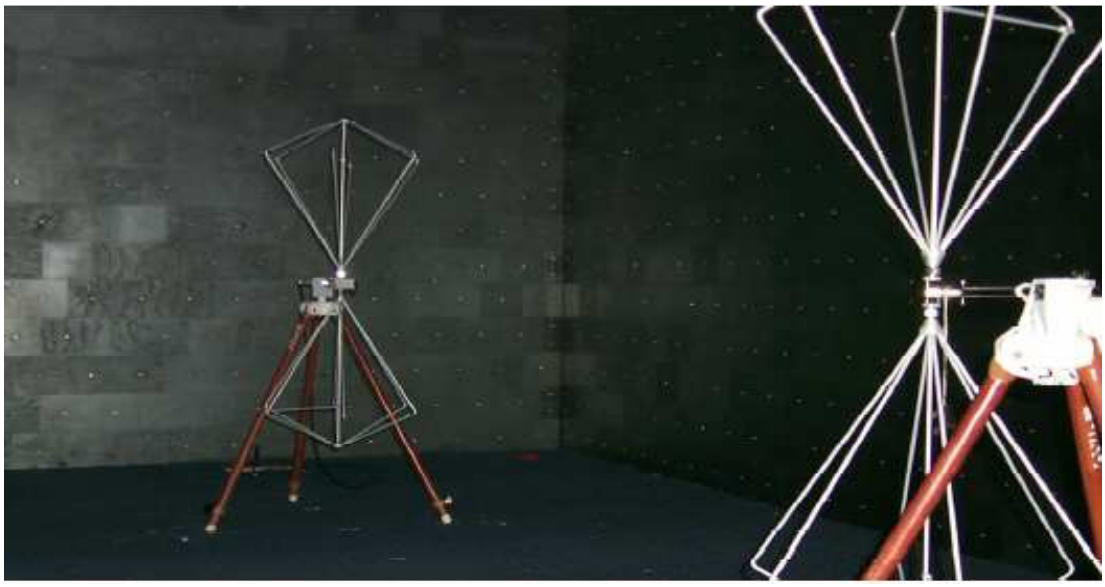


Şekil 3.7 75/322 Avrupa Topluluğu Direktifine göre Yarı Yansımasız Oda içinde Zırhlı Araç Işınımla Bağışıklık Deneyi

3.2.2.2. Tam Yansımasız (Tam Yankısız) Oda (YO, Full Anechoic Chambers (FACs))

Yarı Yansımasız Odalarda, topraklanmış taban yüzeyi gerekli olduğu durumlarda taşınabilir demir (ferrite) ve hybrid soğurucularla kaplanarak Tam yansımasız Oda olarak kullanılabilmektedir. Tam Yansımasız Oda, Elektromanyetik Uyumluluk testlerinin 30 MHz – 18 GHz frekans aralığında doğru ve güvenilir yapılabileceği test ortamını sağlar.

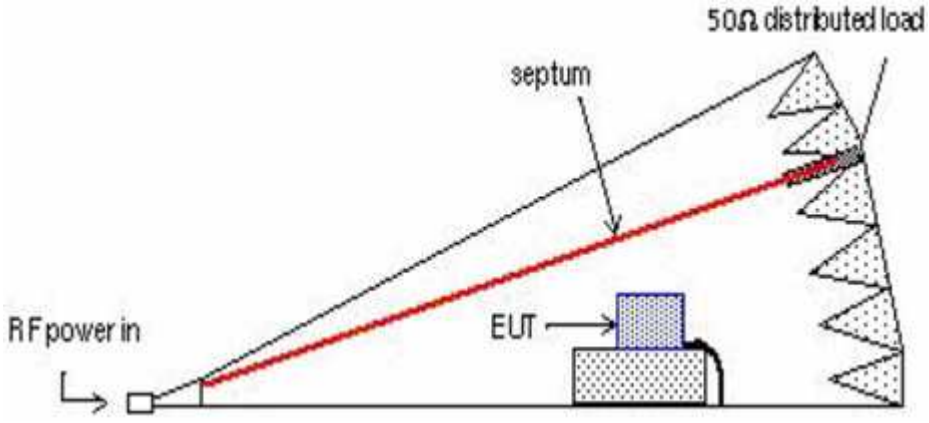
Yarı Yansımasız Odalar, büyük abatta olup kurulum maliyetleri oldukça yüksektir. Yayınım testinde Yarı Yansımasız Odalar yerine, kurulum maliyeti ucuz ve boyutları daha küçük olan Tam Yankısız Odaların kullanımı tercih edilir. (Kiemel, 2002)



Şekil 3.8 Örnek Tam Yansımasız Oda

3.2.3. GigaHertz TEM Hücreleri (Gigahertz Transverse Electromagnetic (GTEM) Cell)

GTEM (GigaHertz TEM, GHz frekanslara kadar kullanılabilen TEM) hücresi, yayınım ve bağışıklık testleri için son zamanlarda ortaya çıkmıştır. Bu yöntem, özellikle ticari ürünlere yönelik ışınımla yayınım (RE) testlerinde kullanılır. TEM (Transverse EM, yani düşey, yüksek güçlü ve sabit EM alan yaratılan) hücreleri ile yansımasız odanın özelliklerinin karışımı şeklindedir. Aynı boyuttaki TEM hücrelerinden daha fazla ölçüm alanı, daha az yansıma, daha iyi frekans karakteristigi gösterdiği halde daha karmasık ve pahalıdır. GTEM hücreleri, dikdörtgen-parlak koaksiyel yapıdadır. Uçlarından biri, standart koaksiyel kablolar için arabirim olarak bir konektör parçası içerir. Diğer uç, RF emici koniler ve direnç oluşturmak için yüksek bant genişlikli parça içerir. Çalışma bant genişliği “gigahertz” ‘dir. Yarı yansımasız odada olduğu gibi ebatları ölçümün yapıldığı objeye göre değişir.



Şekil 3.9 Örnek GTEM Hücresi-Yandan Görünüş

3.2.4. Açık Alan Test Sahası (AATS, Open Area Test Sites (OATSs))

Yansımasız odalardan farklı olarak diğer bir EMU ölçü alanı, Açık Alan Test Sahalarıdır. Açık Alan Test Sahası, ortam alan gücünün düşük oldugu şehirden uzak (binalardan vb. den uzak) elektromanyetik ortam açısından "gürültüsüz" olarak tarif edilen yerlerdir. Dünya çapındaki düzenleyici gereklilikler, kasıtsız yayıcıların hava yolu ile yaydıgı enerjinin ölçülmesi için Açık Alan Test Sahalarının (AATS) kullanımını belirtmektedirler. Fakat Açık Alan Tesleri, yalnız başlarına kullanıldıklarında etkili bir seçim değildirler, çünkü ortam gürültüleri çok yüksektir.



Şekil 3.10 Örnek Açık Saha Test Alanı

Açık Alan Test Sahalarında; standart yansıtıcı yüzey gibi davranan bir yeryüzey, döner masa ve ölçümleri yapılan cisim bulunur. Bunların dışında hava şartları ve çevrede bulunan elektromanyetik alanlarda ölçüm sonuçları üzerinde etkilidir. ASTS'da yapılan testler, 30 MHz – 40 GHz frekans aralığında ışınımla yayınım (radiated emission) testleridir. Ölçüm mesafesi, 3m, 10m veya 30m olarak standartlarla belirlenmiştir. Alıcı antenin tarama yüksekliği, 1m ile 4 m aralığında değişir. (Svacina, 2005)

BÖLÜM IV

50HZ VE 100HZ LCD TV 'LARIN EN55013 EMU YAYINIM STANDARDINA GÖRE TEST EDİLMESİ

Bu bölümde 42" W 100Hz TFT LCD IDTV ile yine aynı özelliklerde 50Hz LCD TV' ye ayrı ayrı EN 55013 standardının belirlediği şekilde sızıntı testlerini uygulayarak sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenecektir.

4.1. EN 55013 Standartıyla İlgili Testler

EN55013 standardının ses ve televizyon yayının alıcıları ve bunlarla ilişkili cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik enerji (emission, yayınım) üretimine ilişkin kuralları belirlediği ifade edilmişti. Bu standardın söz konusu cihazlar için öngördüğü testlerde şu şekildedir. (CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Bölüm 4)

- Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (Disturbance Voltage at the Mains Terminals) (İletim Yoluyla Yayınım, Conducted Emission,CE)
- Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission), RE)
- Anten Bağlantı Ucu Gerilimi Ölçümü (Disturbance Voltage at the Antenna Terminals (Anzac))

4.1.1. Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (Disturbance Voltage at the Mains Terminals) (İletim Yoluyla Yayınım, Conducted Emission, CE)

Bu testtin detayını, EN 55013:2001 + A1:2003+A2:2006 standardı belirler. Bu testin amacı, test altındaki cihazın (TAC, (EUT, Equipment Under Test)) şebekeye verdiği /şebekeye kaçan sızıntının (yayınımın) ölçülmesidir. Bu test ses ve televizyon alıcılarında tuner bölümüne uygulanır. İletkenlik yollu yayınım ölçüleri, 30 MHz'e kadar olan frekanslarda cihaz kabloları test edilerek yapılır. Hemen bütün testlerde LISN (Line Impedance Stabilization Network) denen üç kapılı bir düzenleyici devre kullanılır ve testler ekranlı odada yapılır. LISN devresinin temel işlevleri; şehir şebekesinden gelen besleme enerjisini süzerek cihaza temiz enerji sağlamak, cihazdan kaynaklanan (genelde 9kHz'den büyük) yayınımların sadece EMI ölçü aletine ulaşmasına izin vermek, şebeke ile cihaz arasında 150kHz–30MHz bölgesinde empedans uygunluğu sağlayarak istenmeyen yansımaları önlemektir.

LISN devresinde ölçülen istenmeyen işaretler dBμV cinsinden verilen limitlerle karşılaştırılır. En yaygın iletkenlik yollu yayınım kaynakları anahtarlı besleme kaynaklarıdır. Ayrıca endüstriyel kontrol devreleri de önemli girişim kaynağı olarak sayılabilir. Bu tip cihazların üretimiyle uğraşanlar için sadece CE markası almak amacıyla değil, üretimin her aşamasında da LISN benzeri test ve ölçü cihazlarına gerek duyarlar.

Bu testin frekans aralığı, 150 KHz ile 30 MHz arasıdır.

CISPR 13 © IEC:2001+A1:2003+A2:2006'ya göre bu test için limit değerler aşağıdaki Çizelge 3'de belirtildiği gibidir. (CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Sayfa 19)

Çizelge 3 Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Limitleri

Equipment type	Frequency range MHz	Limit values dB(µV)	
		Quasi-peak	Average
Television and sound receivers and associated equipment	0,15 to 0,5	66 to 56 [a]	56 to 46 [a]
	0,5 to 5	56	46
	5 to 30	60	50
[a] Decreasing linearly with the logarithm of the frequency.			

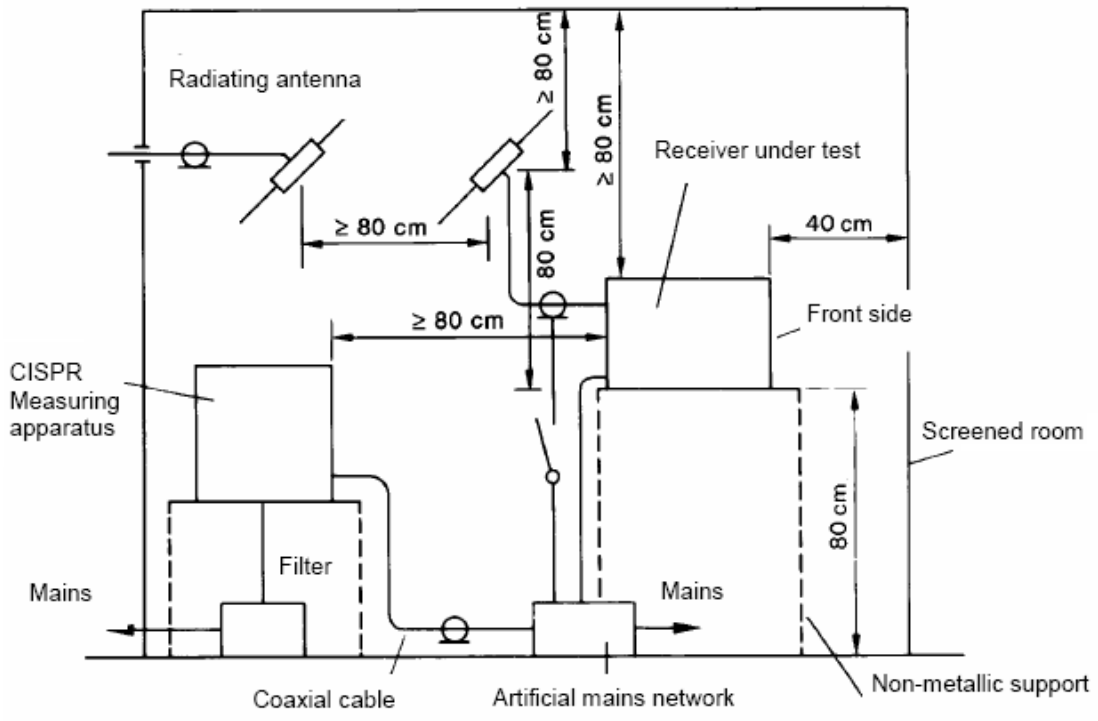
4.1.1.1. 42" W 100Hz TFT LCD IDTV İçin Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (CE)

Bu test için kullanılan cihazın ön ve arkadan görünüşleri, Şekil 4.1’ de gösterilmektedir.





Şekil 4.1 42" W 100Hz TFT LCD IDTV ‘nin Ön ve arkadan Görünüşü



Şekil 4.2 CISPR 13 © IEC:2001+A1:2003+A2:2006’ya göre CE testinin yapılabilmesi için hazırlanması gereken düzenek

EMU konusunda standart belirleyici konumundaki CISPR ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından İletkenlik yollu yayınım testi için hazırlanması öngörülen test düzeneği Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu düzeneğe göre test edilen cihaz, üzerinde herhangi bir metal parça bulundurmayan (non-metalic), yerden yüksekliği 80 cm olan bir masa üzerine yerleştirilmelidir. Cihazın arka bölümünün testin yapıldığı odanın (ekranlı oda) arka duvarına olan uzaklığı 40 cm olmalıdır. (CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Sayfa 57)

Söz konusu testin yapılabilmesi için, Şekil 4.2'de sembolize edilen düzeneği gerçekleştirmek için Şekil 4.3'de belirtilen ortam oluşturulmuştur. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi cihaz ile LISN arasındaki kabloların dik inmesini sağlamak için bantlama işlemi yapılmıştır.



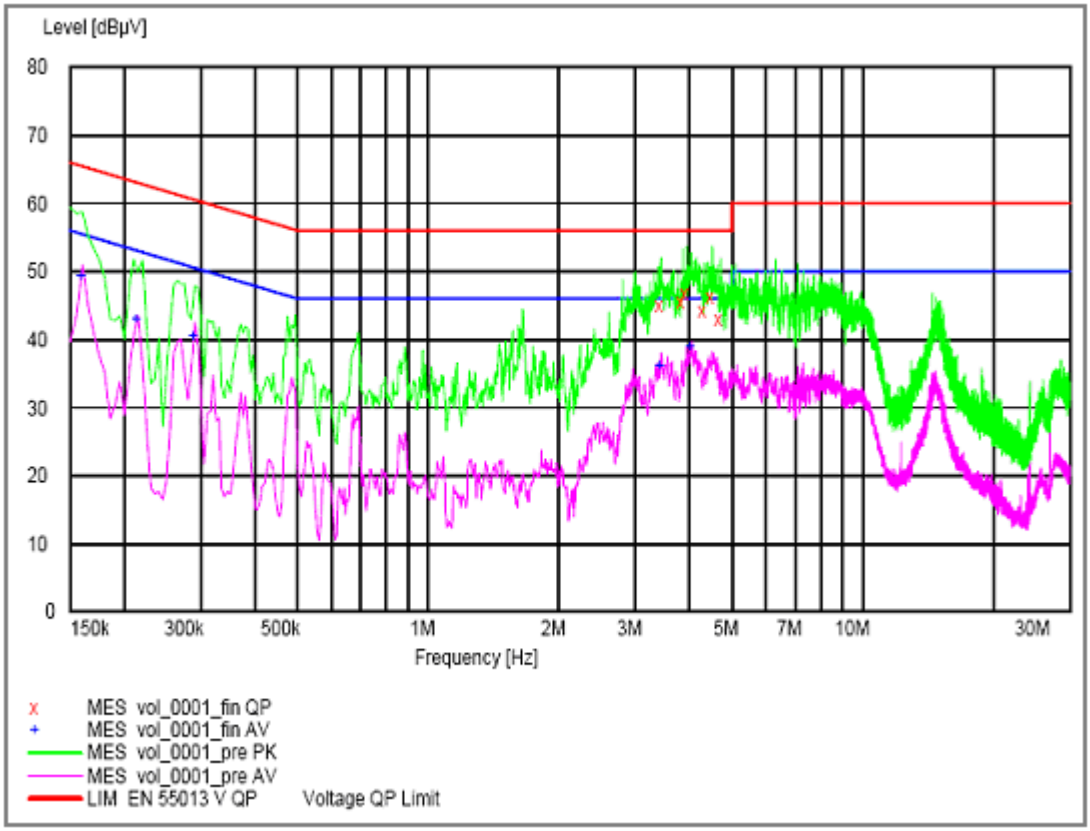
Şekil 4.3 CE Testi İçin Kurulan Düzenek

Bu testi gerçekleştirirken kullanılan cihazlar;

1. Hat Empedansını Kararlı Hale Getiren Cihaz (Line Impedance Stabilization Network (LISN))

2. Sinyal Jeneratörü (TV Signal Generator)
3. DVB-S2/S Modulator ve DVB-T/H & DVB-C Modulator
4. Elektromanyetik Test Alıcısı (EMI Test Receiver (20Hz – 26.5 GHz))'dır.

Bu test yapılıken TV nin çalışma modu dikkate alınarak; Analog Receiver Modda, Dijital Receiver Modda, Teletex Modda ve Standby modda testler tekrarlanmıştır. Herbir mod için de Line topraklı, Nötr Topraklı, Line topraksız, Nötr Topraksız test noktaları için ölçümler alınmıştır.



Şekil 4.4 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı

Grafikte ölçüm altındaki cihazdan kaynaklanan iletim yollu yayınımın dBµV olarak değerinin frekansa göre değişimi gösterilmektedir. En üstteki kırmızı hat, Çizelge 3'de verilen ses ve televizyon alıcıları ve ilgili ekipmanları için EMU

yayınım Quasipeak (QP) değeri için test limtlerini, alttaki mavi hat ise ortalama değeri (AV) için test limitlerini ifade edtmektedir. Yeşil grafik, cihazdan kaynaklanan iletim yollu yayınımın peak (PK) değerlerini, eflatun grafik ise cihandan kaynaklı iletim yollu yayınımın ortalama (AV) değerini ifade etmektedir. Yeşil grafiğin kırmızı ile gösterilen sınır değere en çok yaklaştığı noktalar, grafik üzerinde çarpılarla gösterilmiştir (yaklaşmadan kasıt en çok 6 dB olarak kabul edilir, sınır değere 6 dB den daha uzakta olan noktalar dikkate alınmaz, çünkü 6 dB bu EMC laboratuvarında cihaz için güvenli çalışma sınırı olarak kabul edilmiştir.) yayınımın Quasipeak değeri hesaplanır. İşte bu kritik noktalarda ölçümler alınmış ve sonuçlar aşağıdaki Çizelge 4 ve 5'de gösterilmiştir. Aynı şekilde cihazdan kaynaklı yayınımın ortalama değeride sınır değerlerinin altında olduğu grafikten görülmektedir. Çizelgedaki ölçüm değerleri ile sınır/limit değerleri arasındaki fark değerleri (marjin dB) pozitif değerler çıktığından cihaz testin bu aşamasından geçmiş demektir.

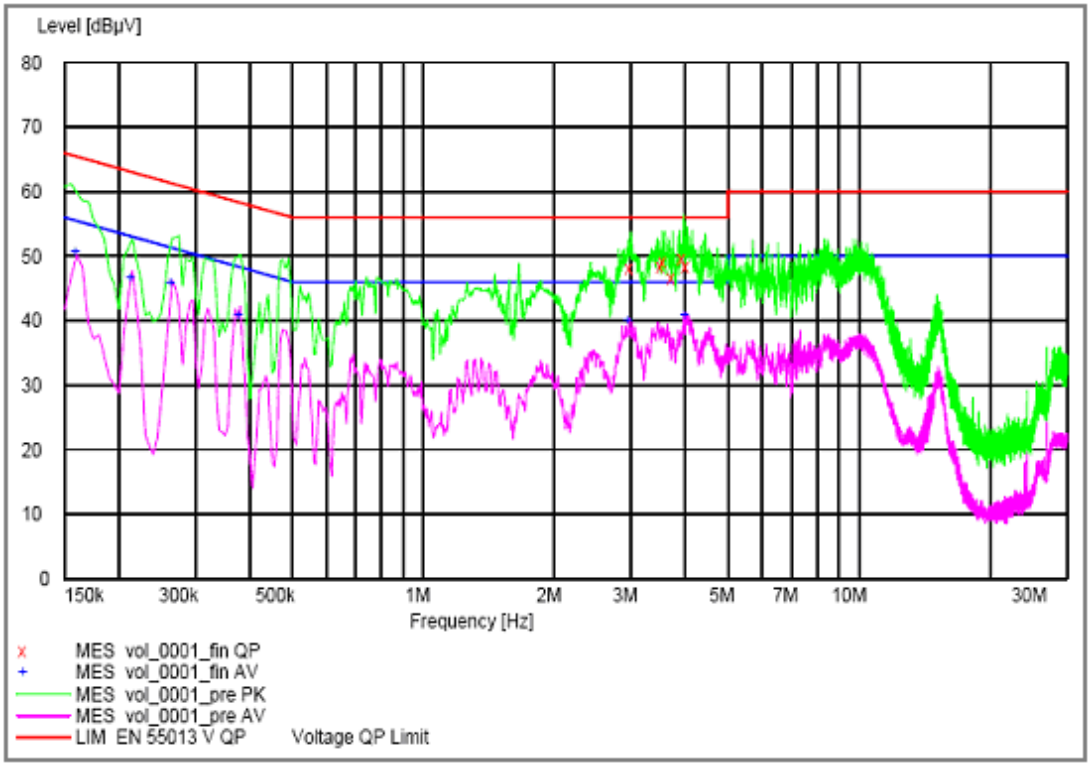
Bu yorumlar, bundan sonraki tüm aşamalar içinde geçerlidir.

Çizelge 4 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	**Level (dBµV)**	**Transd (dB)**	**Limit (dBµV)**	**Margin (dB)**
3.435000	45.10	10.0	56	10.9
3.860000	45.60	10.0	56	10.4
3.945000	46.90	10.0	56	9.1
4.325000	44.20	10.0	56	11.8
4,510000	46,20	10.0	56	9.8
4.720000	43.00	10.0	56	13.0

Çizelge 5 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.160000	49.40	10.0	56	6.6
0.215000	43.10	10.0	53	9.9
0.290000	40.60	10.0	51	10.4
3.435000	36.10	10.0	46	9.9
4.050000	39.00	10.0	46	7.0



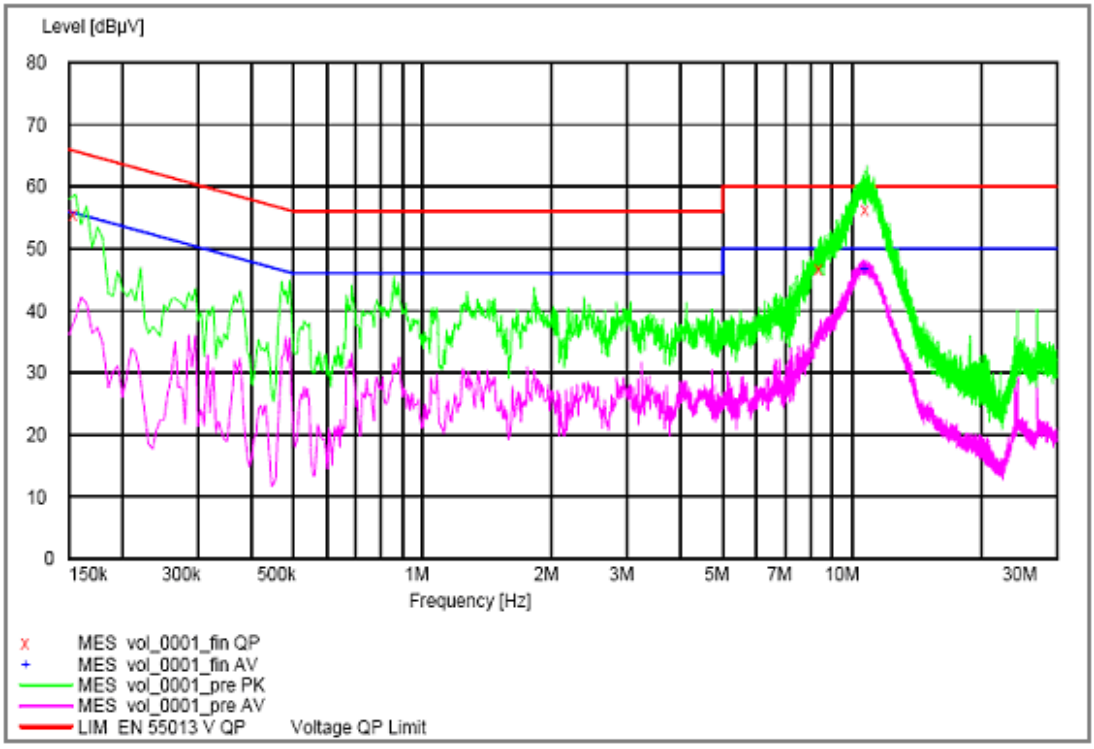
Şekil 4.5 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı;

Çizelge 6 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
2.995000	48.10	10.0	56	7.9
3.540000	48.40	10.0	56	7.6
3.580000	49.00	10.0	56	7.0
3.740000	46.70	10.0	56	9.3
3.965000	49.60	10.0	56	6.4
4.045000	48.50 1	0.0	56	7.5

Çizelge 7 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin Av"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.160000	50.60	10.0	56	4.4
0.215000	46.70	10.0	53	6.3
0.265000	46.00	10.0	51	5.0
0.380000	40.90	10.0	48	7.1
2.970000	40.10	10.0	46	5.9
4.020000	40.80	10.0	46	5.2



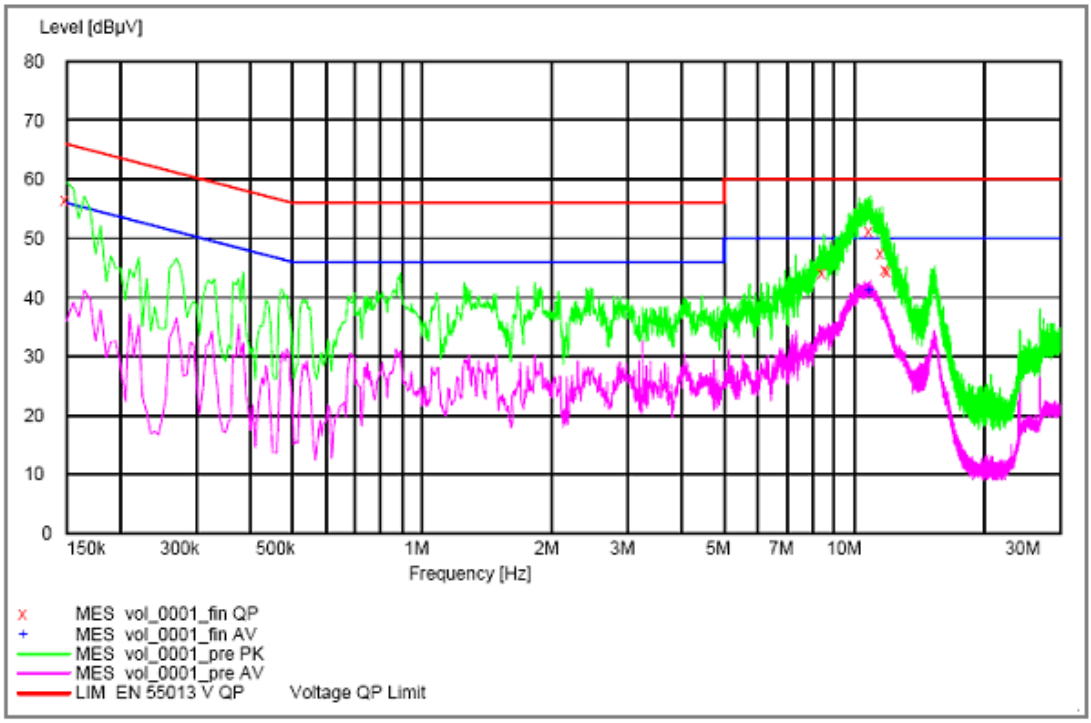
Şekil 4.6 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız

Çizelge 8 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	55.50	10.0	66	10.5
8.475000	46.60	10.0	60	13.4
10.870000	56.20	10.0	60	3.8

Çizelge 9 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin Av"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
10.795000	46.70	10.0	50	3.3



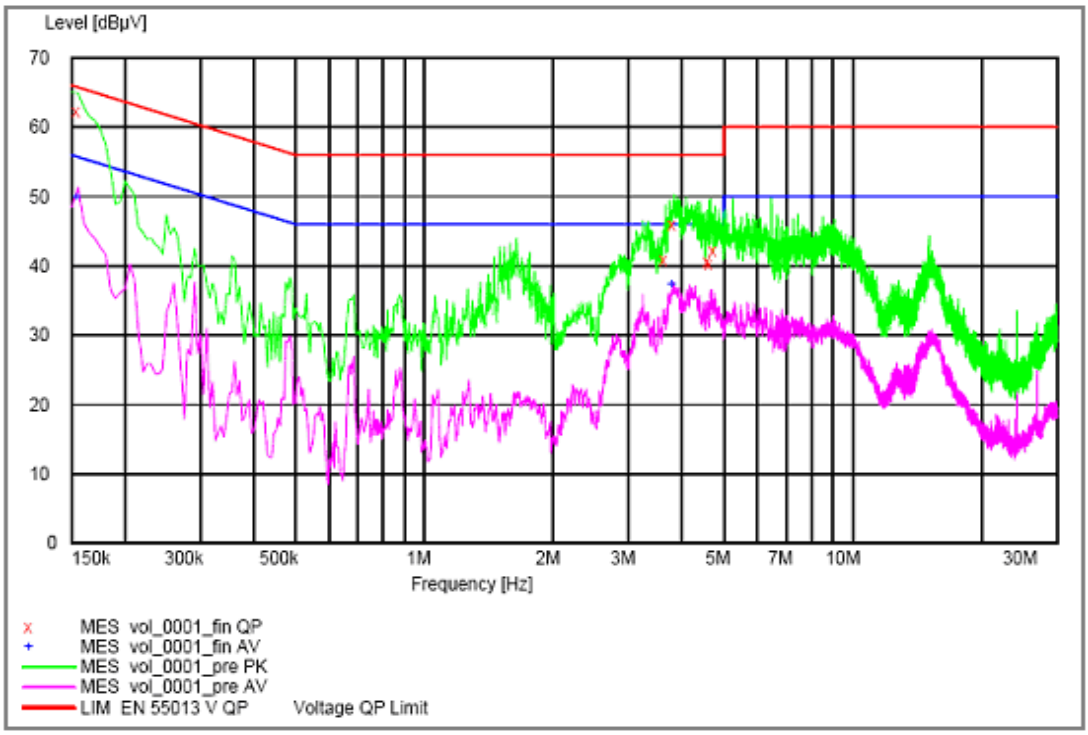
Şekil 4.7 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız;

Çizelge 10 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.150000	56.60	10.0	66	9.4
8.530000	44.20	10.0	60	15.8
10.935000	51.30	10.0	60	8.7
11.650000	47.40	10.0	60	12.6
11.930000	44.70	10.0	60	15.3
12.065000	44.30	10.0	60	15.7

Çizelge 11 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	**Level (dBµV)**	**Transd (dB)**	**Limit (dBµV)**	**Margin (dB)**
10.935000	41.20	10.0	50	8.8



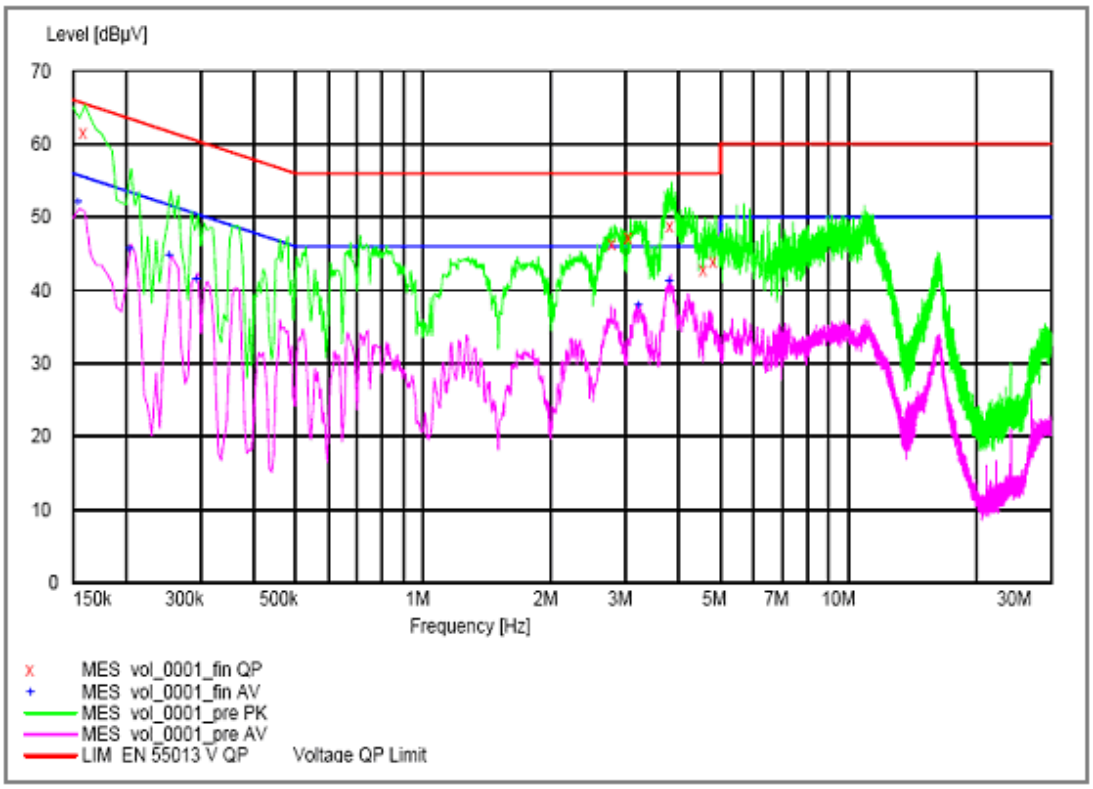
Şekil 4.8 Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraklı

Çizelge 12 Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	62.40	10.0	66	3.6
3.655000	40.90	10.0	56	15.1
3.830000	46.00	10.0	56	10.0
4.615000	40.60	10.0	56	15.4
4.665000	40.30	10.0	56	15.7
4.775000	42.10	10.0	56	13.9

Çizelge 13 Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	50.00	10.0	56	6.0
3.815000	37.40	10.0	46	8.6



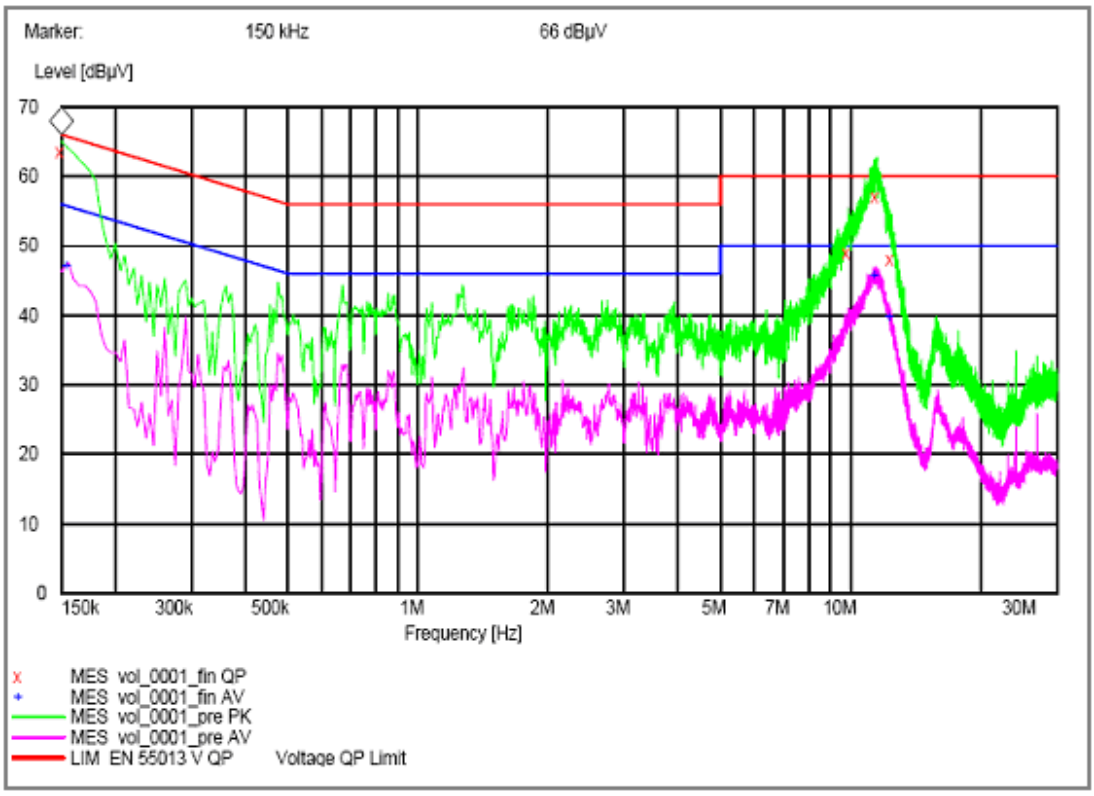
Şekil 4.9 Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraklı

Çizelge 14 Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	**Level (dBµV)**	**Transd (dB)**	**Limit (dBµV)**	**Margin (dB)**
0.160000	61.60	10.0	66	3.4
2.815000	46.30	10.0	56	9.7
3.075000	47.10	10.0	56	8.9
3.855000	48.80	10.0	56	7.2
4.615000	42.70	10.0	56	13.3
4.885000	43.90	10.0	56	12.1

Çizelge 15 Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	52.10	10.0	56	3.9
0.205000	45.70	10.0	53	7.3
0.255000	44.80	10.0	52	6.2
0.295000	41.40	10.0	50	9.6
3.240000	38.00	10.0	46	8.0
3.835000	41.20	10.0	46	4.8



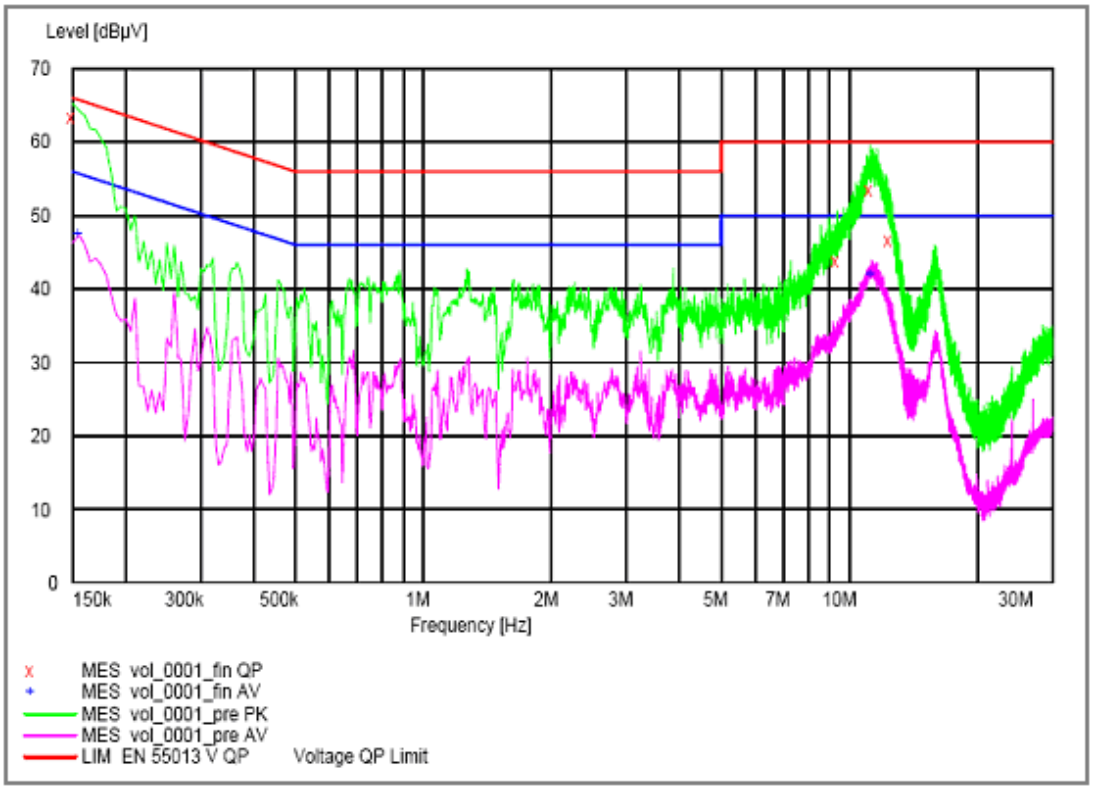
Şekil 4.10 Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraksız

Çizelge 16 Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.150000	62.90	10.0	66	3.1
9.885000	49.00	10.0	60	11.0
11.515000	57.00	10.0	60	3.0
12.490000	48.10	10.0	60	11.9

Çizelge 17 Test noktası Line (L1), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	47.10	10.0	56	8.9
11.505000	45.80	10.0	50	4.2
12.410000	39.70	10.0	50	10.3



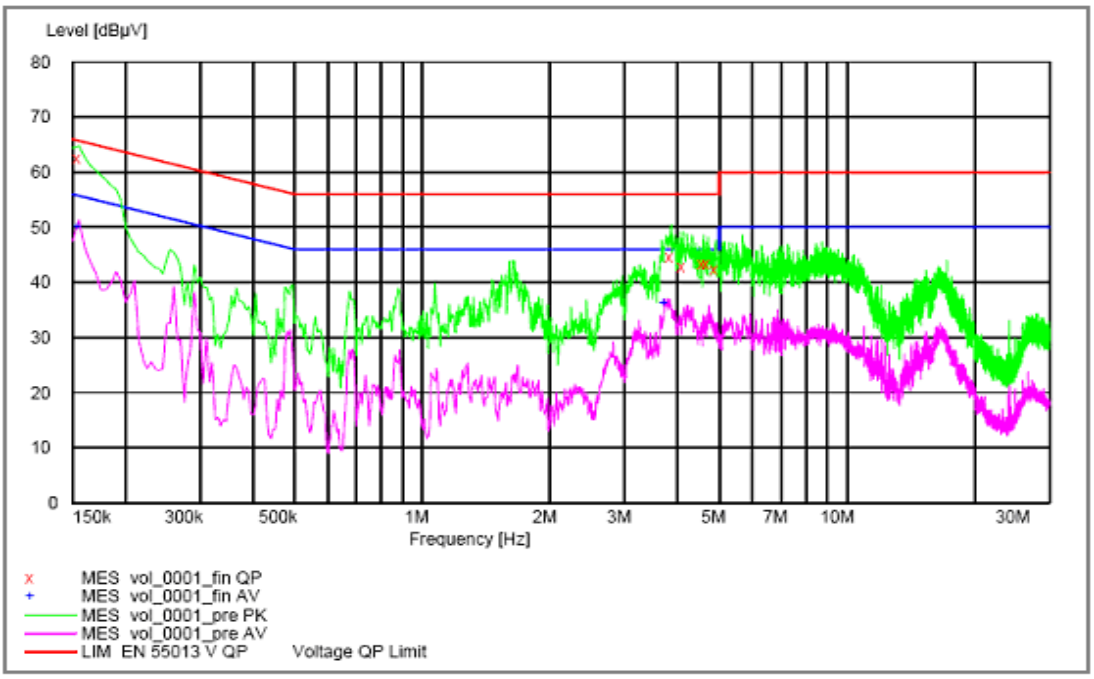
Şekil 4.11 Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraksız

Çizelge 18 Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.150000	62.50	10.0	66	3.5
9.355000	43.90	10.0	60	16.1
11.245000	53.50	10.0	60	6.5
12.450000	46.70	10.0	60	13.3

Çizelge 19 Test noktası Nötr (N), Teletex Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	47.50	10.0	56	8.5
11.290000	42.00	10.0	50	8.0



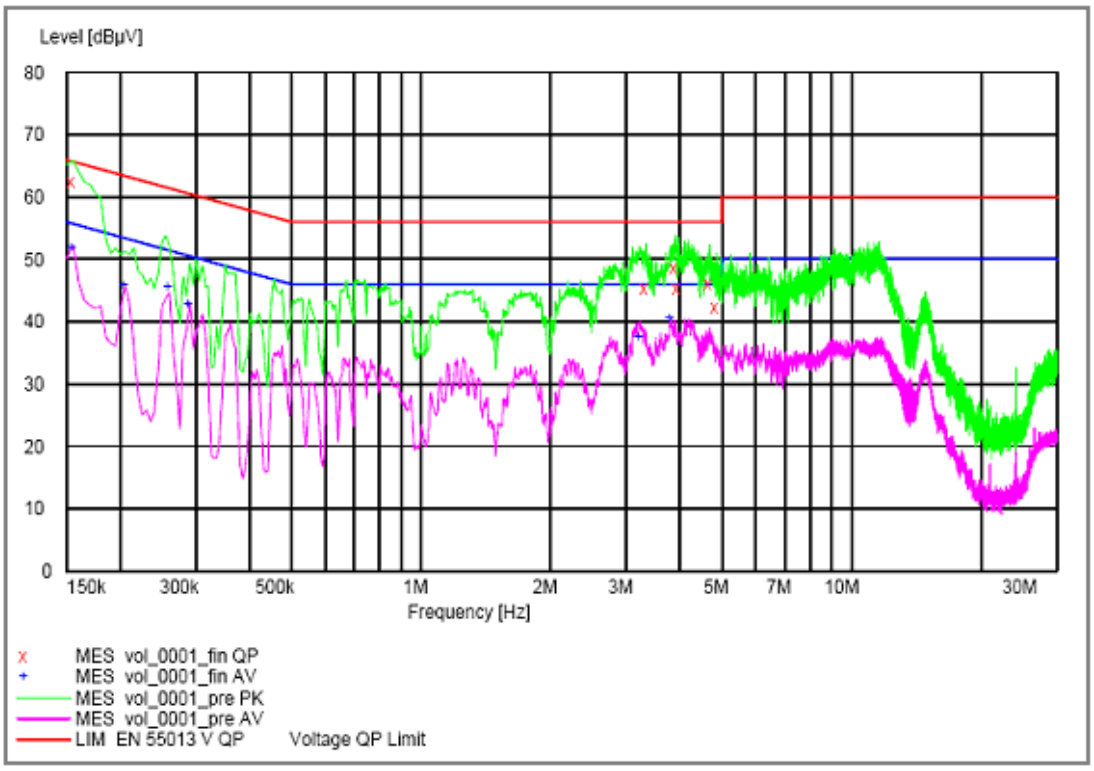
Şekil 4.12 Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı

Çizelge 20 Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	62.40	10.0	66	3.6
3.860000	44.60	10.0	56	11.4
4.120000	42.80	10.0	56	13.2
4.590000	43.40	10.0	56	12.6
4.710000	43.40	10.0	56	12.6
4.925000	42.40	10.0	56	13.6

Çizelge 21 Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	50.20	10.0	56	5.8
3.730000	36.40	10.0	46	9.6



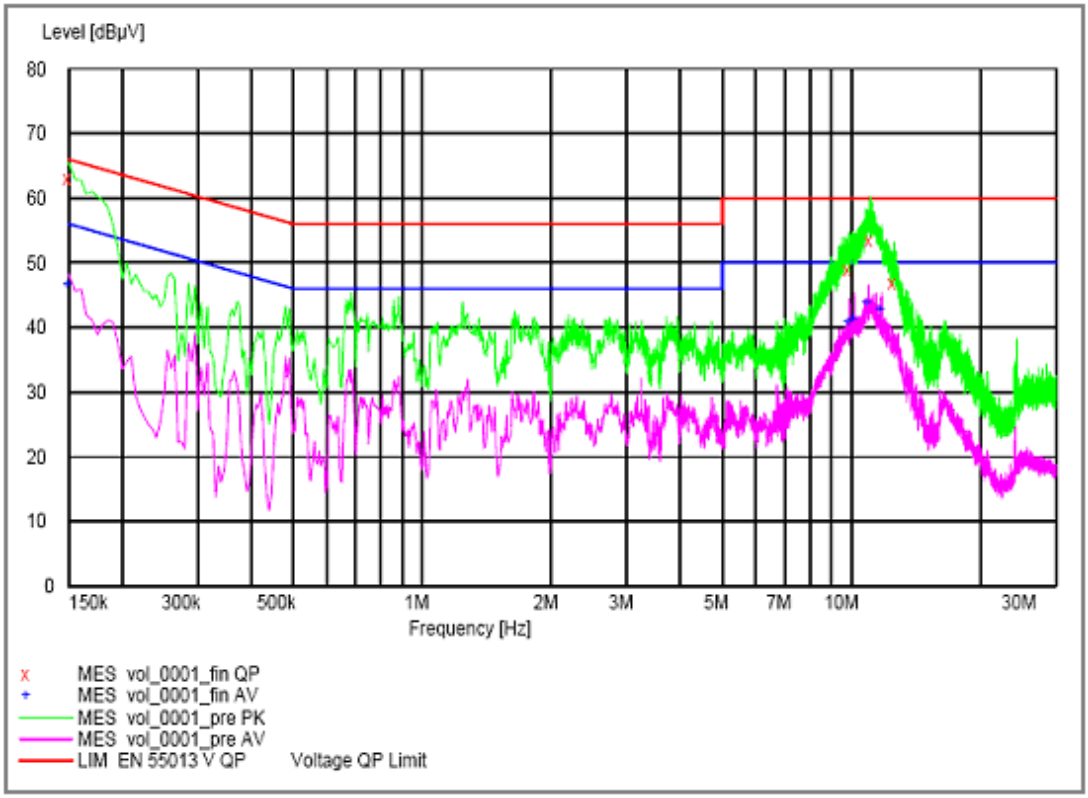
Şekil 4.13 Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı

Çizelge 22 Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	**Level (dBµV)**	**Transd (dB)**	**Limit (dBµV)**	**Margin (dB)**
0.155000	62.50	10.0	66	3.5
3.330000	45.30	10.0	56	10.7
3.910000	48.60	10.0	56	7.4
3.965000	45.40	10.0	56	10.6
4.685000	46.20	10.0	56	9.8
4.865000	42.30	10.0	56	13.7

Çizelge 23 Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	52.00	10.0	56	4.0
0.205000	45.90	10.0	53	7.1
0.260000	45.60	10.0	51	5.4
0.290000	43.00	10.0	51	8.1
3.225000	37.60	10.0	46	8.4
3.815000	40.60	10.0	46	5.4



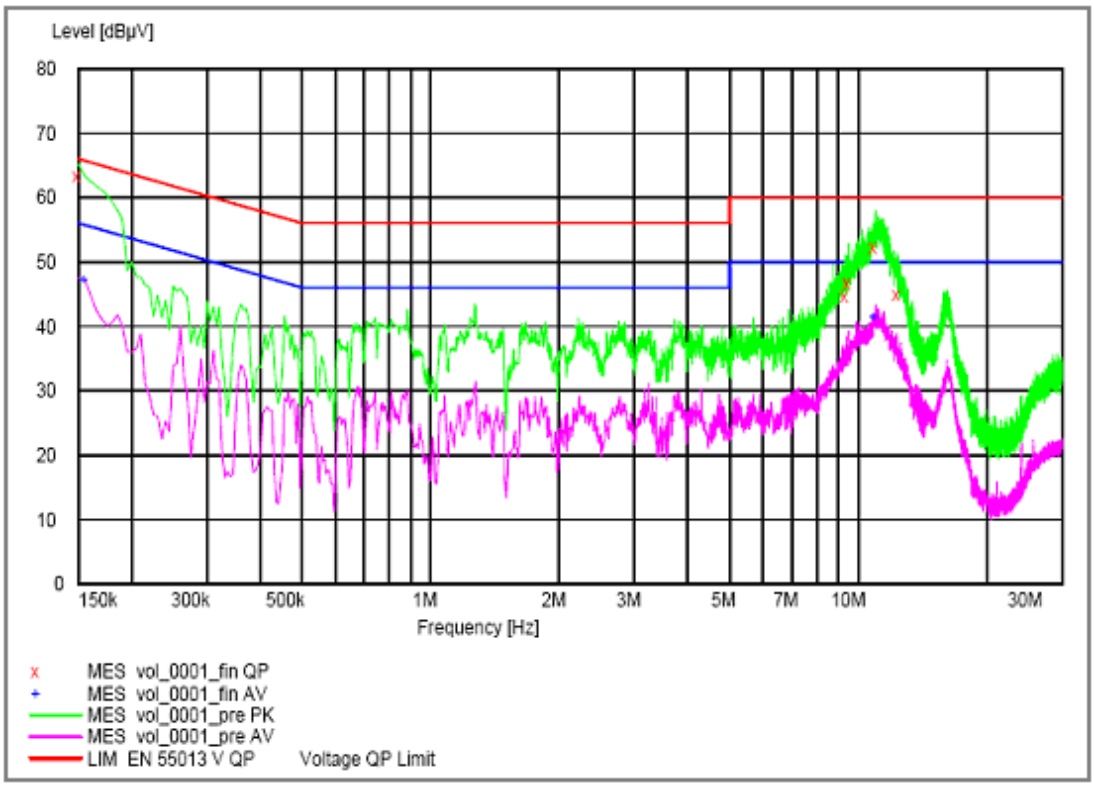
Şekil 4.14 Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız;

Çizelge 24 Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.150000	63.10	10.0	66	3.0
9.875000	49.00	10.0	60	11.0
11.115000	53.60	10.0	60	6.4
12.580000	46.90	10.0	60	13.1

Çizelge 25 Test noktası Line (L1), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.150000	46.60	10.0	56	9.4
9.925000	40.80	10.0	50	9.2
10.190000	41.30	10.0	50	8.7
10.995000	43.90	10.0	50	6.1
11.790000	42.80	10.0	50	7.2



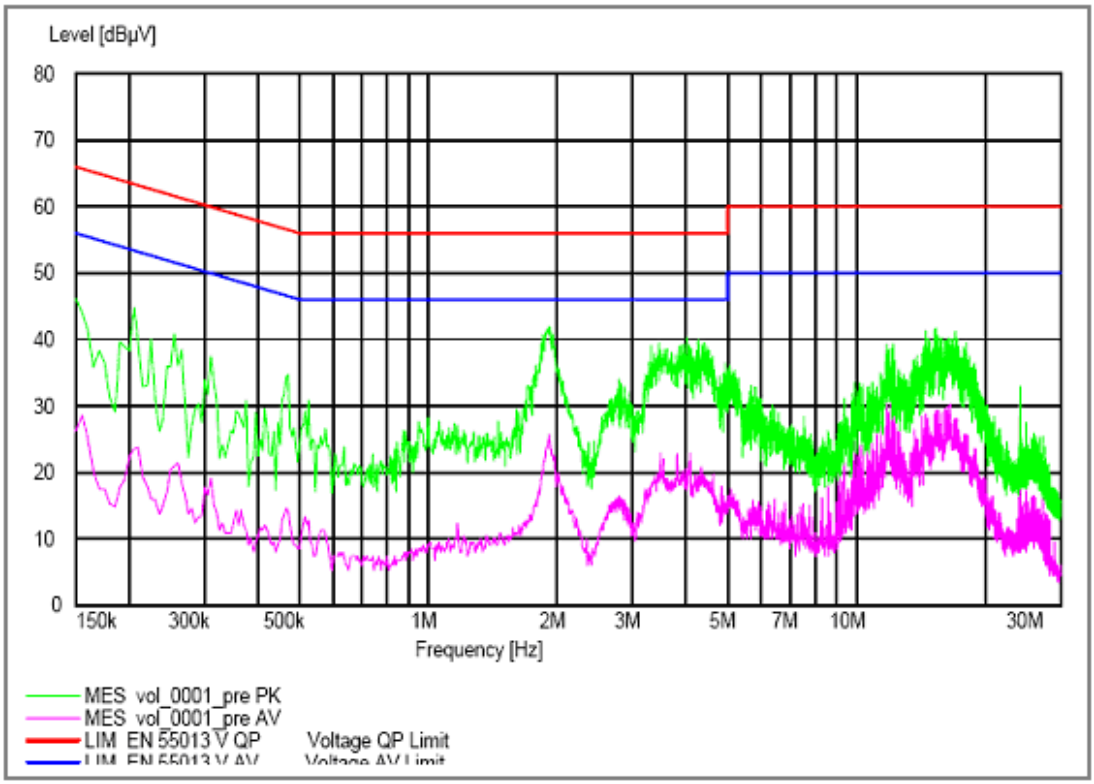
Şekil 4.15 Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız

Çizelge 26 Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	**Level (dBµV)**	**Transd (dB)**	**Limit (dBµV)**	**Margin (dB)**
0.150000	63.90	10.0	66	3.1
9.385000	44.70	10.0	60	15.3
9.535000	46.60	10.0	60	13.4
10.980000	52.20	10.0	60	7.8
12.430000	44.90	10.0	60	15.1

Çizelge 27 Test noktası Nötr (N), Dijital Receivering Modda Kanal 25 (Channel 25) (506 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
0.155000	47.30	10.0	56	8.7
10.985000	41.50	10.0	50	8.5



Şekil 4.16 Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraklı

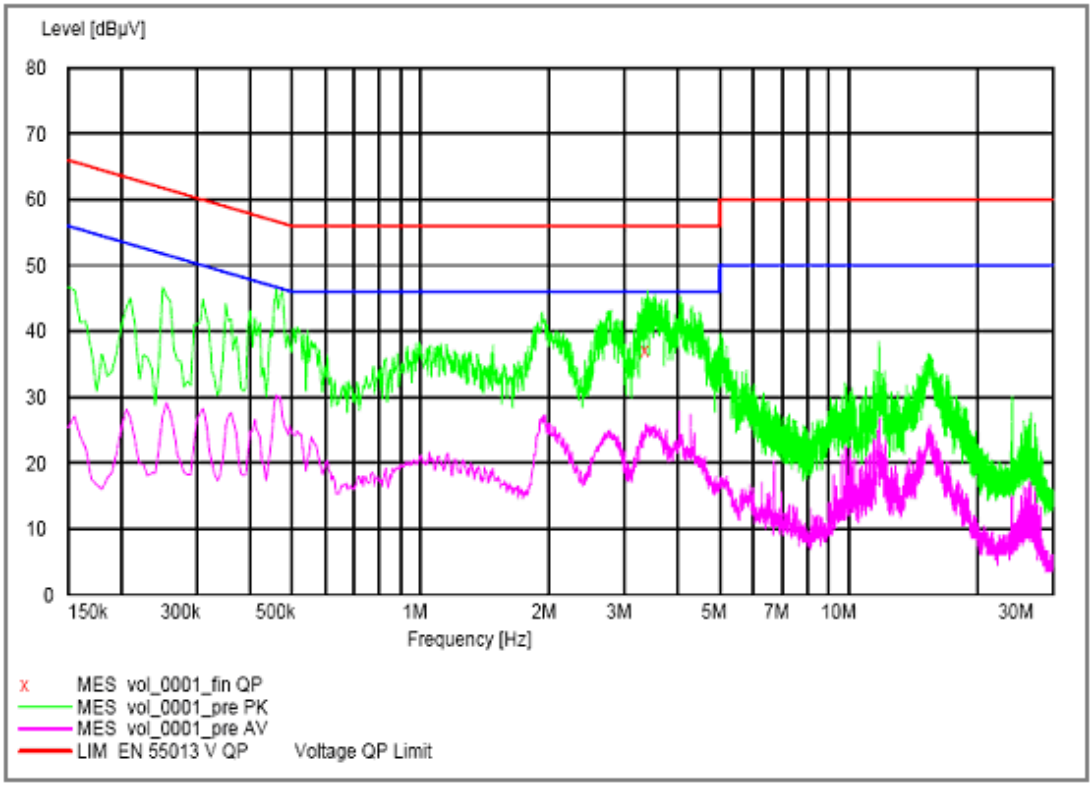
Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Fark (margin) değerleri 6dB nin çok üstünde çıktığından ölçüm almaya gerek duyulmadı.

Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QV"

Fark (margin) değerleri 6dB nin çok üstünde çıktığından ölçüm almaya gerek duyulmadı.

Grafikteki ölçüm değerlerine ait grafikler sınır değerlerinin çok altında kaldığından ölçüm Çizelgesi oluşturulmamıştır.



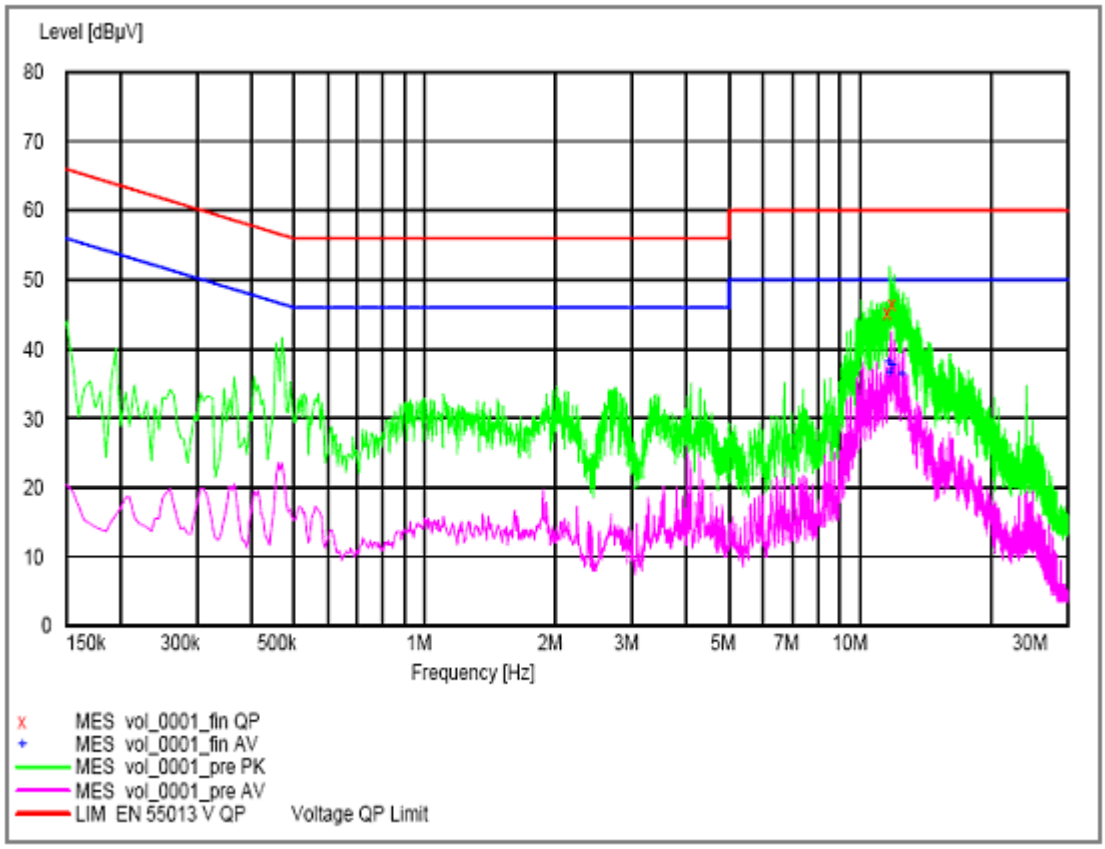
Şekil 4.17 Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraklı

Çizelge 28 Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	**Level (dBµV)**	**Transd (dB)**	**Limit (dBµV)**	**Margin (dB)**
3.385000	37.10	10.0	56	18.9

Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QV"

Grafikteki ölçüm değerlerine ait grafikler sınır değerlerinin çok altında kaldığından ayrıca ortalama (AV) değeri hesaplamaya gerek kalmadığından ölçüm Çizelgesi oluşturulmamıştır.



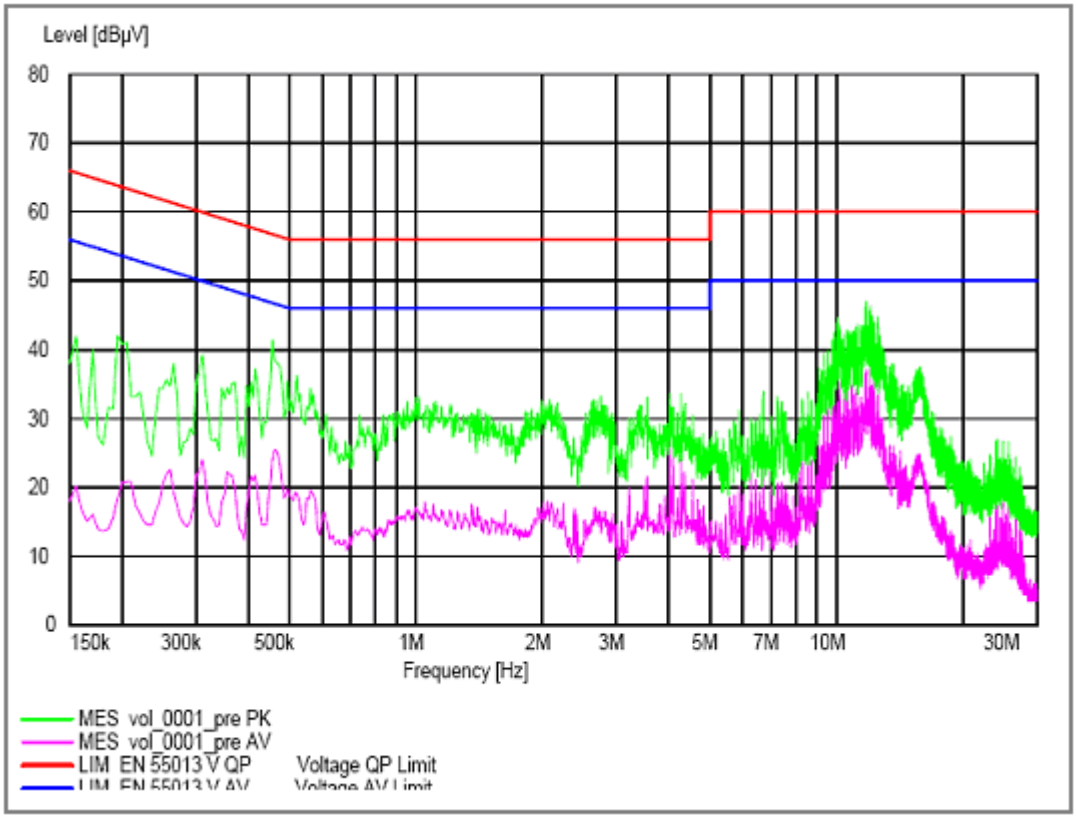
Şekil 4.18 Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraksız

Çizelge 29 Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
11.725000	45.30	10.0	60	14.7
11.990000	46.60	10.0	60	13.4

Çizelge 30 Test noktası Line (L1), Standby Modda Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Level (dBµV)	Transd (dB)	Limit (dBµV)	Margin (dB)
11.765000	38.10	10.0	50	11.9
11.810000	36.70	10.0	50	13.3
11.990000	37.60	10.0	50	12.4
12.610000	36.50	10.0	50	13.5



Şekil 4.19 Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraksız

Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Fark (margin) değerleri 6dB nin çok üstünde çıktığından ölçüm almaya gerek duyulmadı.

Test noktası Nötr (N), Standby Modda Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QV"

Fark (margin) değerleri 6dB nin çok üstünde çıktığından ölçüm almaya gerek duyulmadı.

42" W 100Hz TFT LCD IDTV cihazı için iletim yollu yayınım testinden elde edilen ölçüm değerleri ile sınır değerleri arasındaki fark (margin) değerlerinin ortalama değerleri aşağıdaki Çizelge 31'de hesaplanmıştır. Bu Çizelge bir sonraki aşamada 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için yapılacak test sonuçları ile karşılaştırma yapılabilmesi açısından önemlidir.

Çizelge 31 42" W 100Hz TFT LCD IDTV cihazı için iletim yollu yayınım testinden elde edilen ölçüm değerleri ile sınır değerleri arasındaki fark (margin) değerlerinin ortalama değerleri

Test Noktaları ve Şartları		Quasipeak Değer için Fark (Margin) Değerlerinin Ortalaması	Average Değer için Fark (Margin) Değerlerinin Ortalaması
Analog receiving	L1, Topraklı	10,88	8,76
	N, Topraklı	7,62	5,65
	L1, Topraksız	9,23	3,3
	N, Topraksız	12,92	8,8
Dijital receiving	L1, Topraklı	12,283	7,3
	N, Topraklı	9,1	6,63
	L1, Topraksız	7,25	7,8
	N, Topraksız	9,85	8,25
Teletex Receiving	L1, Topraklı	11,167	7,7
	N, Topraklı	11,14	6,4
	L1, Topraksız	8,375	8,12
	N, Topraksız	10,94	8,6
Standby Receiving	L1, Topraklı	-	-
	N, Topraklı	18,9	-
	L1, Topraksız	14,05	12,775
	N, Topraksız	-	-
Ortalama Değerler		**10,97**	**7,7**

4.1.1.2. 42" W 50Hz TFT LCD IDTV İçin Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi Ölçümü (CE)

Bu test için kullanılan cihazın ön ve arkadan görünüşleri, Şekil 4.20'de gösterilmektedir.



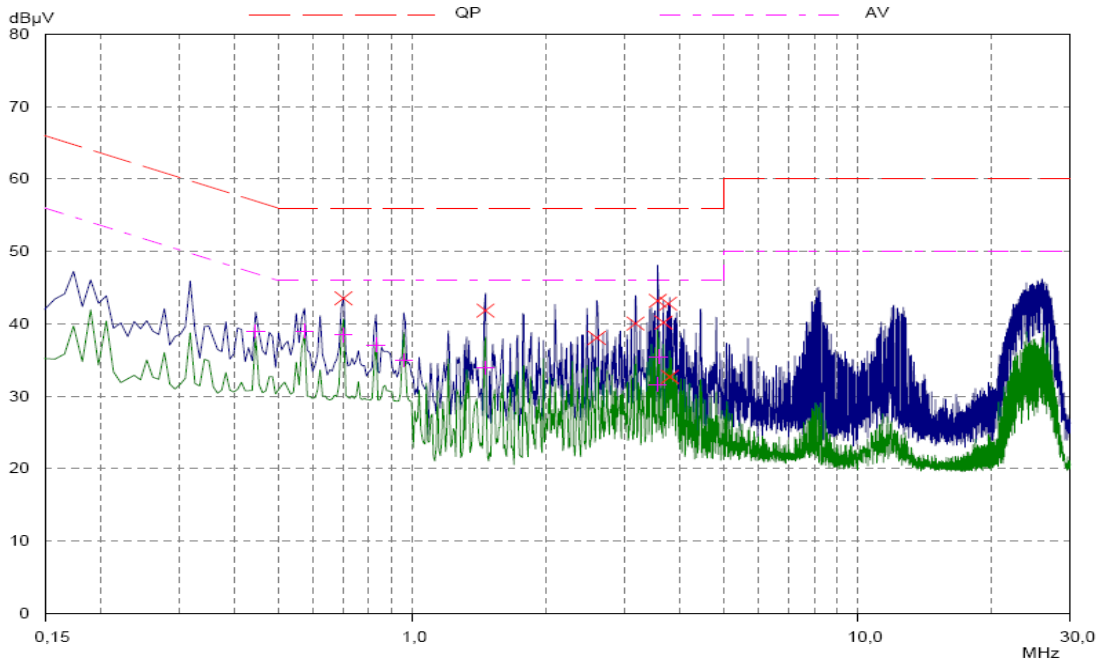
Şekil 4.20 42" W 50Hz TFT LCD IDTV 'nin Ön ve arkadan Görünüşü

Şekil 4.19 de görüldüğü gibi bir önceki aşamada 100 Hz’ lik TV için hazırlanan test düzeneğinin aynısı bu cihaz içinde kurulmuştur.



Şekil 4.21 42" W 50Hz TFT LCD IDTV Cihazına CE Tesitini Uygulamak İçin Kurulan Düzenek

Bir önceki aşamada olduğu gibi TV’ nin çalışma modu dikkate alınarak Analog Receiver Modda, Dijital Receiver Modda, Teletex Modda ve Standby moda testler tekrarlanmıştır. Herbir mod için de Line topraklı, Nötr Topraklı, Line topraksız, Nötr Topraksız test noktaları için ölçümler alınmıştır.



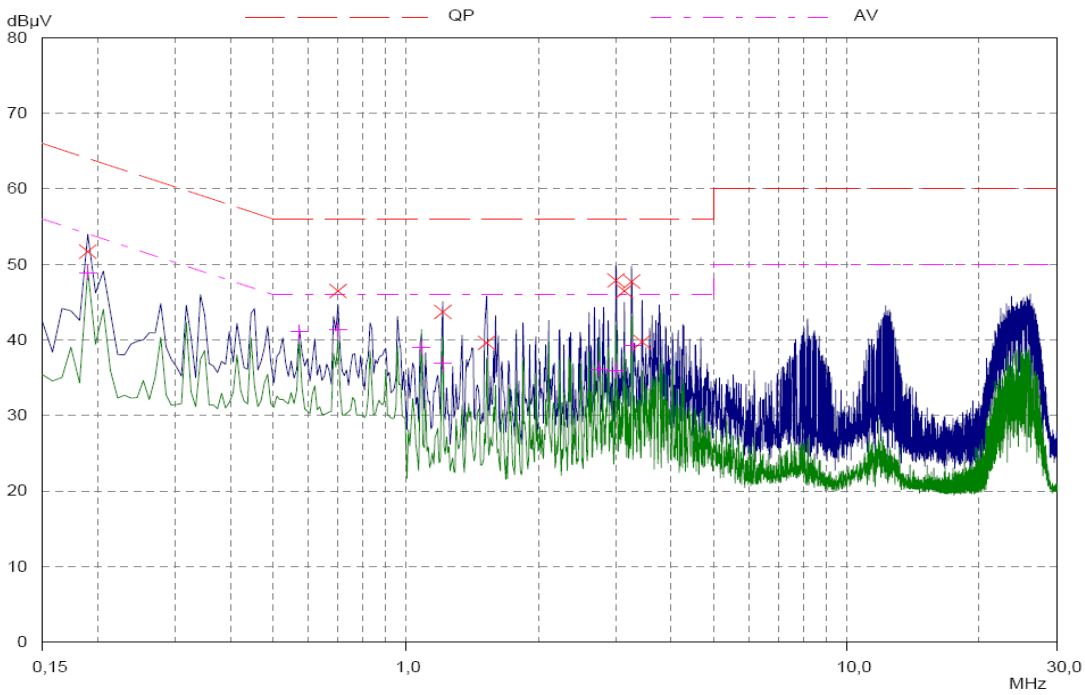
Şekil 4.22 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı

Çizelge 32 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,702	43,52	56,00	12,48
1,462	41,83	56,00	14,17
2,598	38,07	56,00	17,93
3,174	40,04	56,00	15,96
3,558	43,18	56,00	12,82
3,67	40,17	56,00	15,83
3,758	42,78	56,00	13,22
3,79	32,68	56,00	23,32

Çizelge 33 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,446	38,93	46,00	8,02
0,574	39,02	46,00	6,98
0,702	38,47	46,00	7,53
0,83	37,09	46,00	8,91
0,958	34,95	46,00	11,05
1,462	33,97	46,00	12,03
3,558	31,65	46,00	14,35
3,574	35,46	46,00	10,54



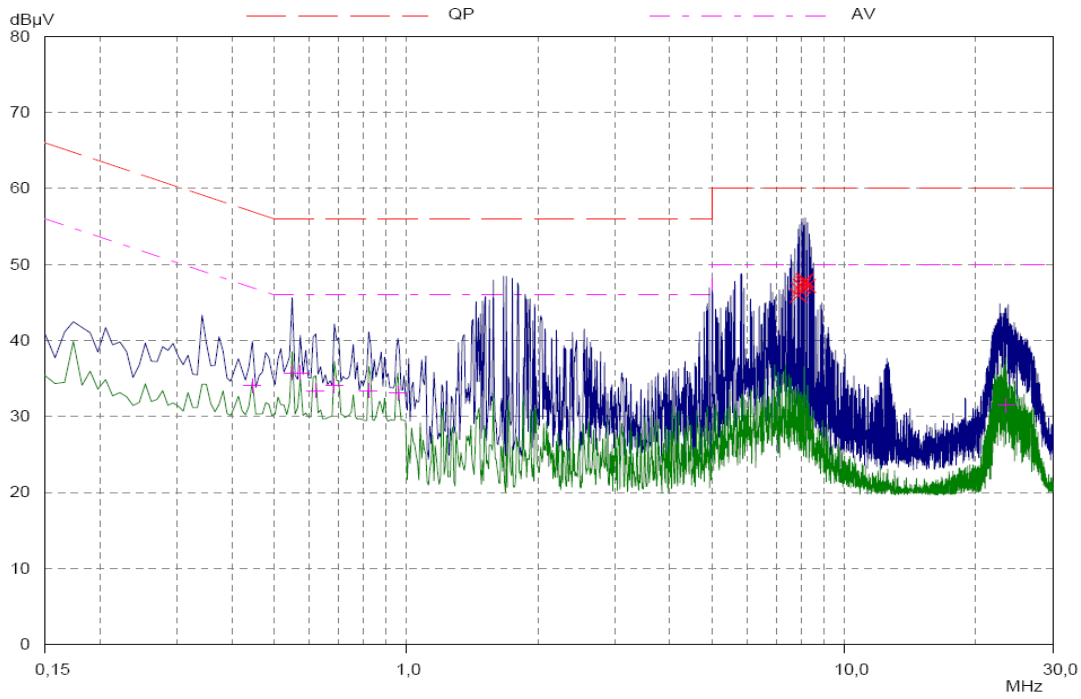
Şekil 4.23 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı

Çizelge 34 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,19	51,69	64,04	12,35
0,702	46,46	56,00	9,54
1,214	43,70	56,00	12,30
1,526	39,62	56,00	16,38
2,998	47,88	56,00	8,12
3,134	46,46	56,00	9,54
3,254	47,71	56,00	8,29
3,438	39,72	56,00	16,28

Çizelge 35 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,19	48,88	46,00	5,16
0,574	41,08	46,00	4,92
0,702	41,30	46,00	4,70
1,086	39,06	46,00	6,94
1,214	36,91	46,00	9,09
2,75	36,10	46,00	9,90
2,998	35,96	46,00	10,04
3,262	39,21	46,00	6,79



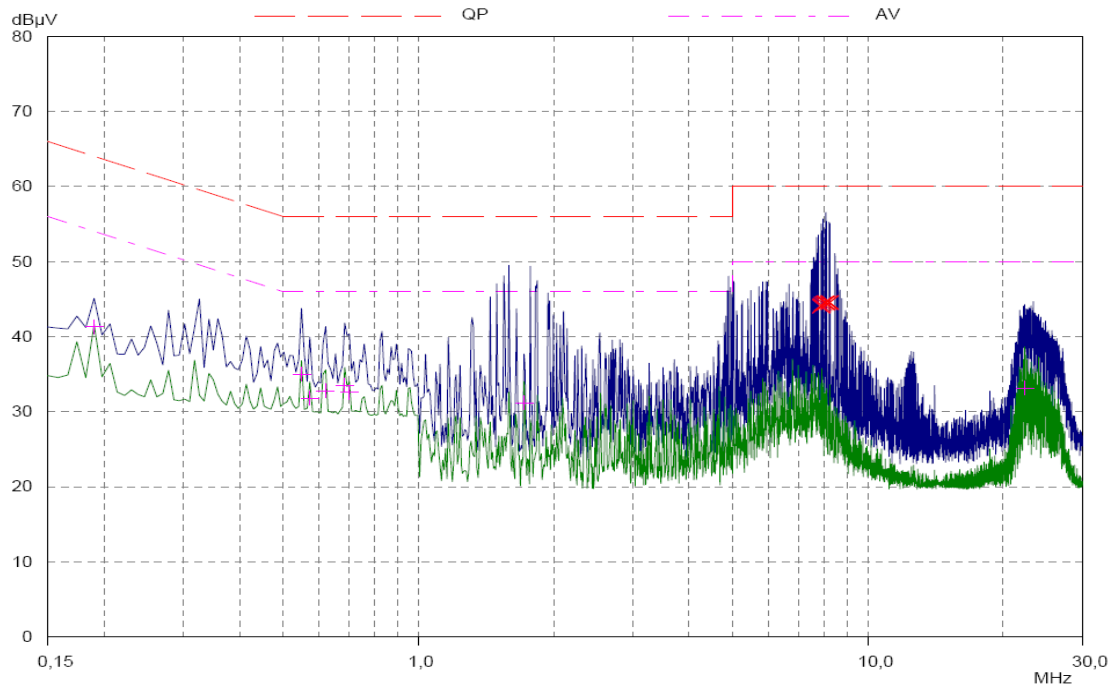
Şekil 4.24 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız

Çizelge 36 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
7,862	45,93	60,00	14,07
7,926	46,65	60,00	13,35
7,998	47,14	60,00	12,86
8,022	47,20	60,00	12,80
8,06199	47,58	60,00	12,42
8,118	47,84	60,00	12,16
8,15799	47,91	60,00	12,09
8,254	47,18	60,00	12,82

Çizelge 37 Test noktası Line (L1), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,446	34,04	46,95	12,91
0,55	35,74	46,00	10,26
0,574	35,70	46,00	10,30
0,622	33,39	46,00	12,61
0,686	34,05	46,00	11,95
0,822	33,39	46,00	12,61
0,958	33,10	46,00	12,90
23,43	31,46	50,00	18,54



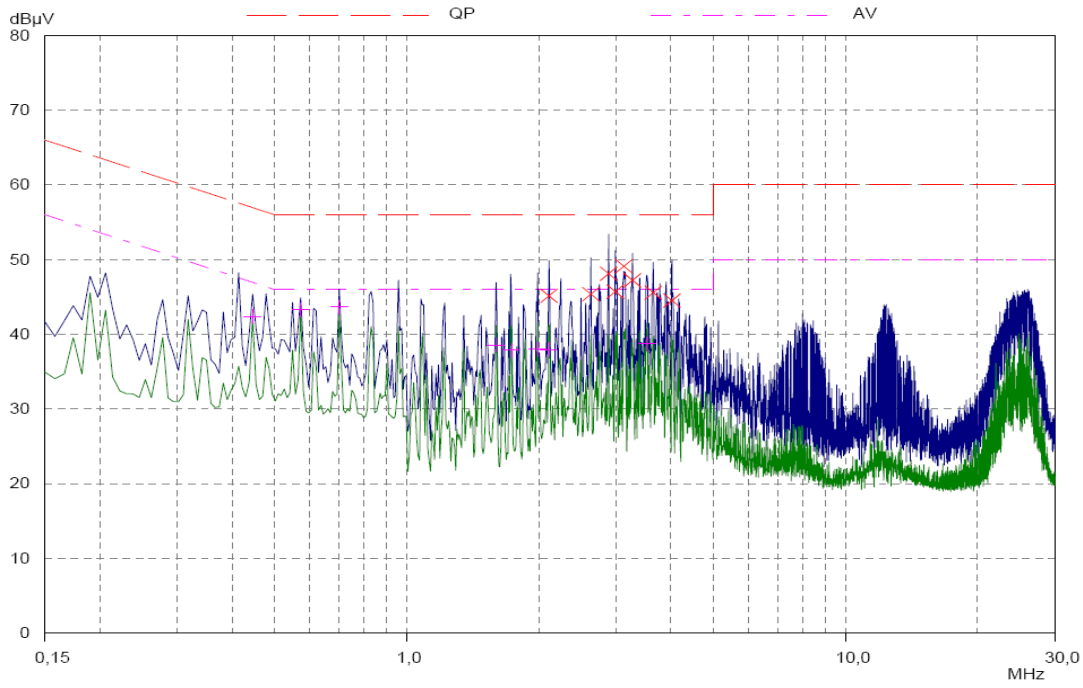
Şekil 4.25 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız

Çizelge 38 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
7,87	44,05	60,00	15,95
7,902	44,17	60,00	15,83
7,95	44,39	60,00	15,61
8,022	44,51	60,00	15,49
8,06199	44,45	60,00	15,55
8,086	44,53	60,00	15,47
8,198	44,53	60,00	15,47
8,238	44,54	60,00	15,46

Çizelge 39 Test noktası Nötr (N), Analog Receiver Modda Kanal 25 (Channel 25) (503.25 MHz), Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,19	41,31	54,04	12,73
0,55	34,96	46,00	11,04
0,574	31,77	46,00	14,23
0,622	32,76	46,00	13,24
0,686	33,53	46,00	12,47
0,702	32,57	46,00	13,43
1,718	31,19	46,00	14,81
22,318	33,12	50,00	16,88



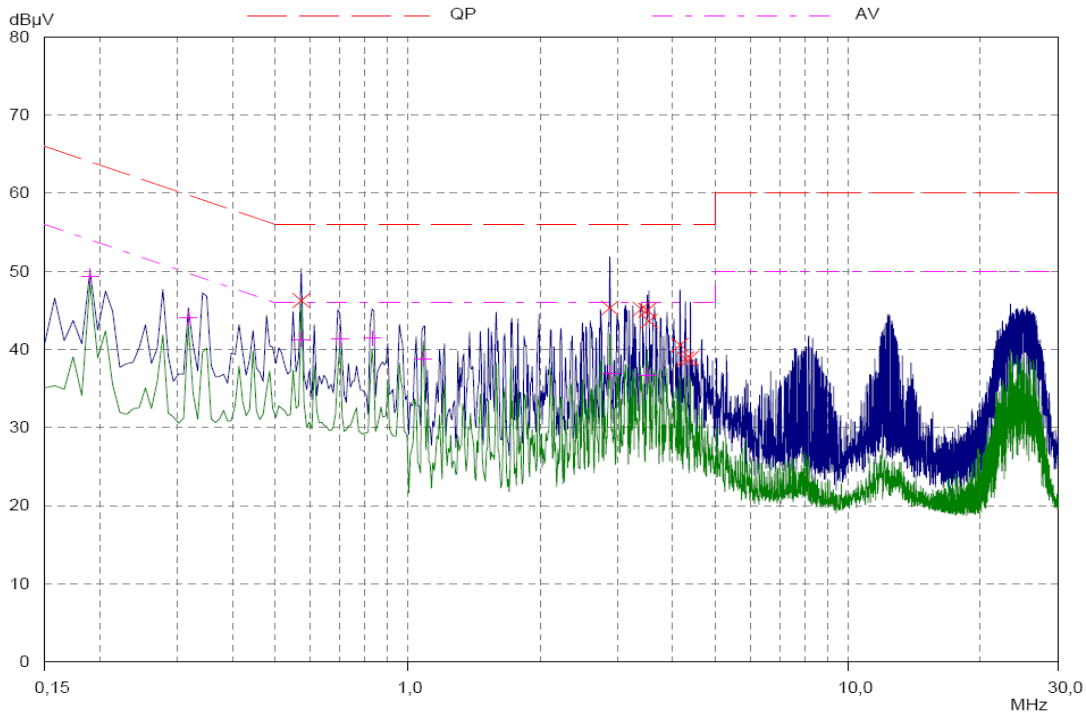
Şekil 4.26 Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraklı

Çizelge 40 Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
2,11	45,14	56,00	10,86
2,63	45,36	56,00	10,64
2,886	48,12	56,00	7,88
2,99	45,71	56,00	10,29
3,126	79,10	56,00	6,90
3,27	47,23	56,00	8,77
3,646	45,56	56,00	10,44
4,022	44,51	56,00	11,49

Çizelge 41 Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,446	42,38	46,95	4,57
0,574	42,30	46,00	3,70
0,702	42,05	46,00	3,95
1,598	38,57	46,00	7,43
1,734	37,87	46,00	8,13
1,99	38,01	46,00	7,99
2,11	37,91	46,00	8,09
3,526	38,72	46,00	7,28



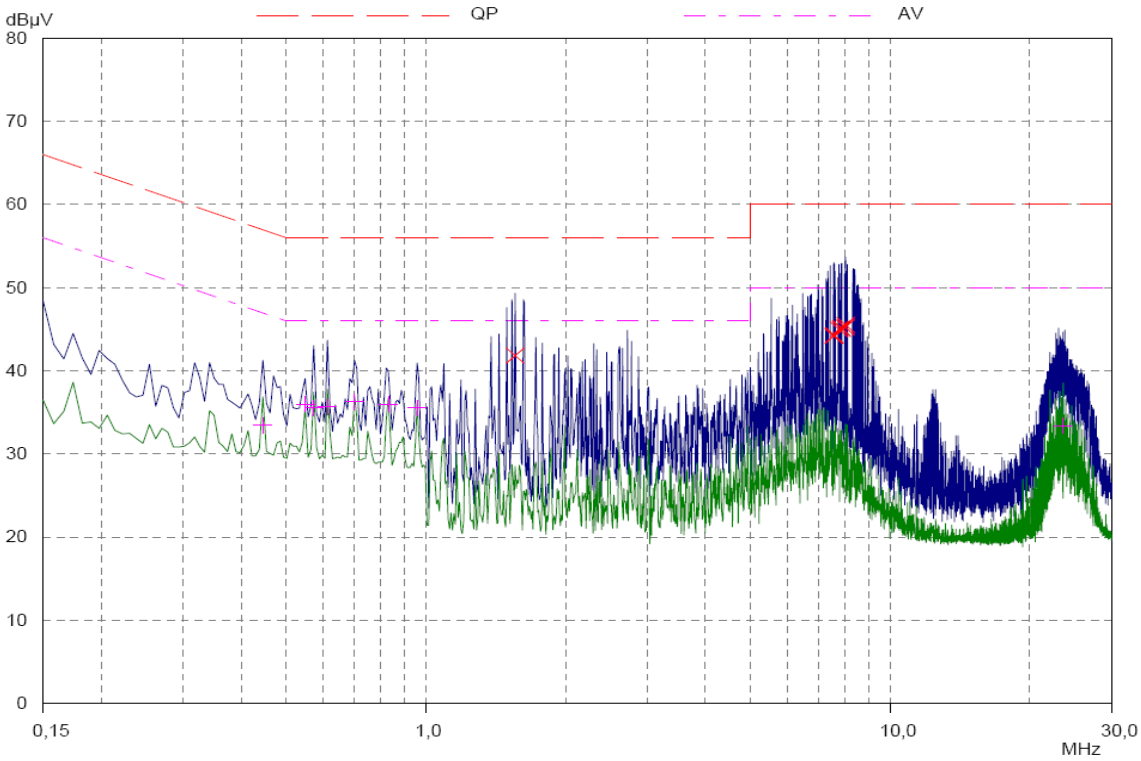
Şekil 4.27 Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraklı

Çizelge 42 Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,574	46,26	56,00	9,74
2,878	45,30	56,00	10,70
3,39	45,17	56,00	10,83
3,502	45,02	56,00	10,98
3,534	43,62	56,00	12,98
4,158	40,57	56,00	15,43
4,278	38,79	56,00	17,21
4,39	38,89	56,00	17,11

Çizelge 43 Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,19	49,36	54,04	4,68
0,318	44,02	49,76	5,74
0,574	41,23	46,00	4,77
0,702	41,30	46,00	4,70
0,83	41,44	46,00	4,56
1,086	38,82	46,00	7,18
2,878	36,95	46,00	9,05
3,502	36,73	46,00	9,27



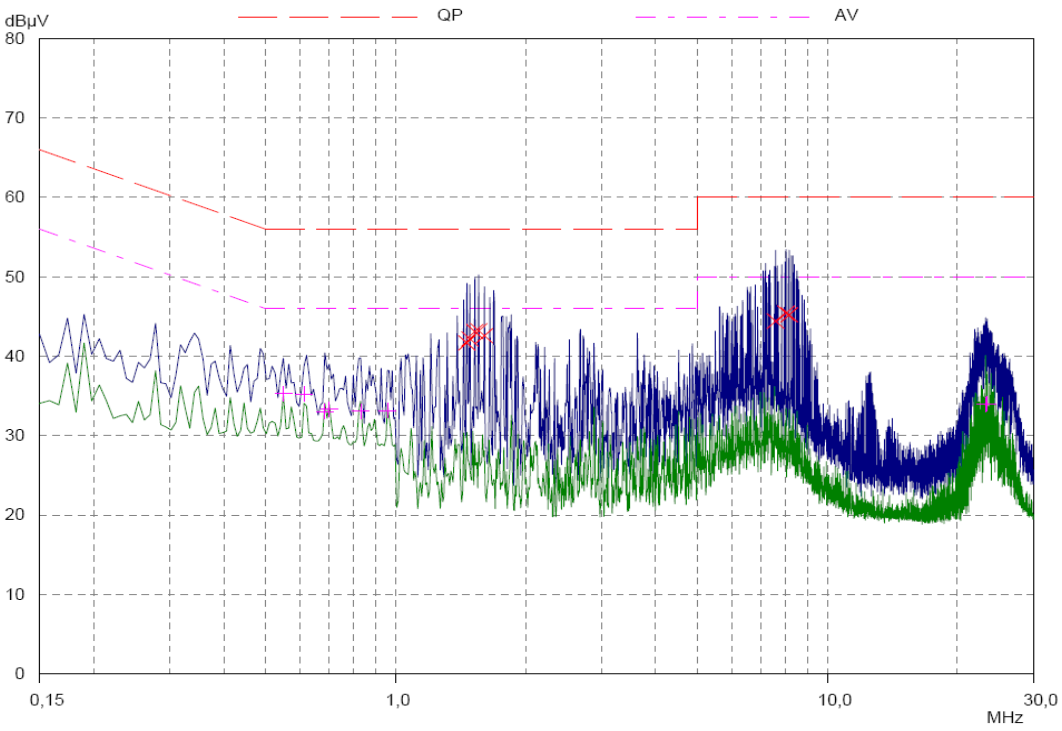
Şekil 4.28 Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraksız

Çizelge 44 Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
1,558	41,83	56,00	14,17
7,558	44,21	60,00	15,79
7,59	44,23	60,00	15,77
7,758	44,98	60,00	15,02
7,854	45,15	60,00	14,85
7,87	45,00	60,00	15,00
8,006	45,22	60,00	14,78
8,022	45,51	60,00	14,49

Çizelge 45 Test noktası Line (L1), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,446	33,46	46,95	13,49
0,55	35,96	46,00	10,04
0,574	35,52	46,00	10,48
0,614	35,66	46,00	10,34
0,702	36,30	46,00	9,70
0,83	35,97	46,00	10,03
0,958	35,55	46,00	10,45
23,582	33,37	50,00	16,63



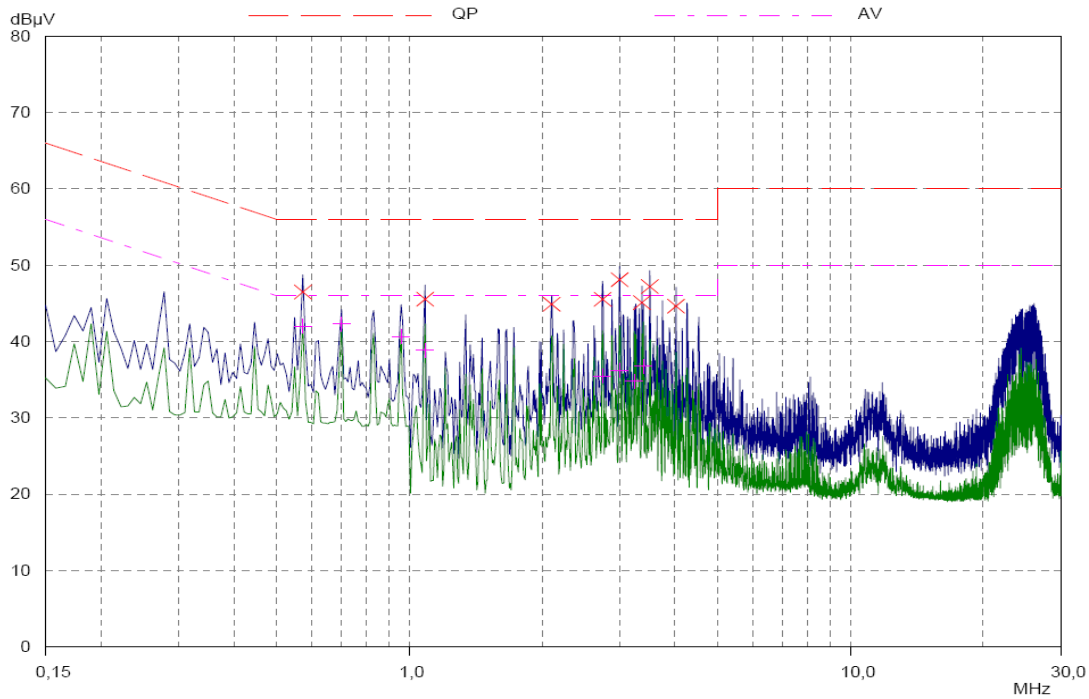
Şekil 4.29 Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraksız

Çizelge 46 Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
1,462	41,69	56,00	14,31
1,486	42,18	56,00	13,82
1,526	43,10	56,00	12,90
1,558	43,20	56,00	12,80
1,606	42,58	56,00	13,42
7,582	44,42	60,00	15,58
8,022	45,41	60,00	14,59
8,15799	45,22	60,00	14,78

Çizelge 47 Test noktası Nötr (N), Teletext Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,55	35,29	46,00	10,71
0,614	35,26	46,00	10,74
0,686	33,03	46,00	12,97
0,702	33,36	46,00	12,64
0,83	33,06	46,00	12,94
0,958	33,15	46,00	12,85
23,246	33,94	50,00	16,06
23,446	34,03	50,00	15,97



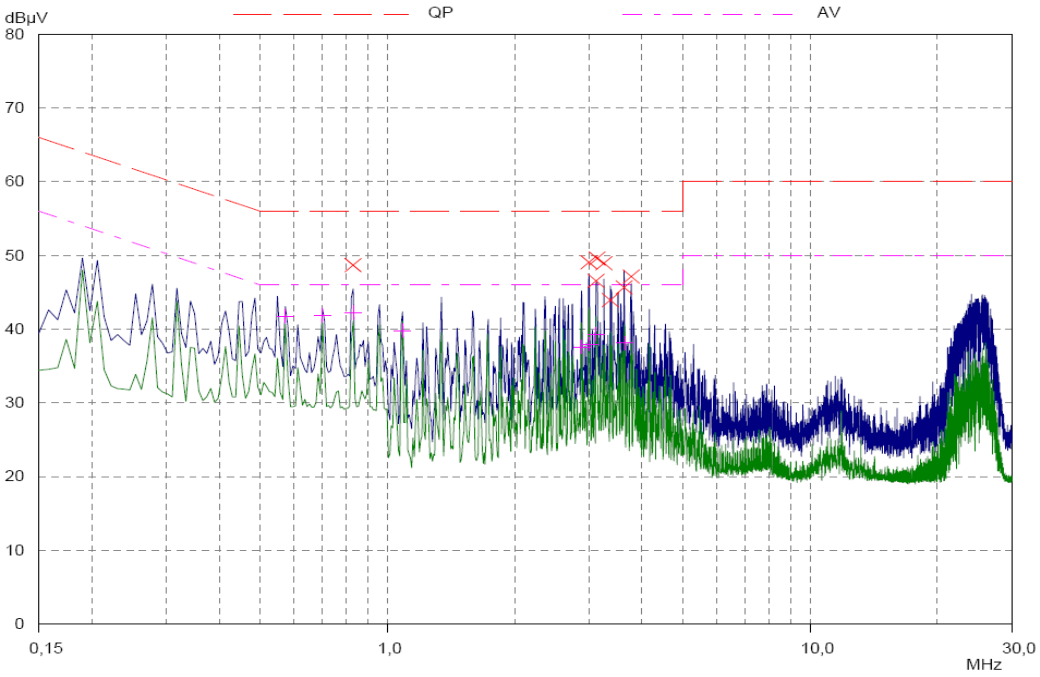
Şekil 4.30 Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı

Çizelge 48 Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,574	46,50	56,00	9,50
1,086	45,55	56,00	10,45
2,102	44,88	56,00	11,12
2,742	45,54	56,00	10,46
2,998	48,09	56,00	7,91
3,366	45,11	56,00	10,89
3,51	47,19	56,00	8,81
4,022	44,63	56,00	11,37

Çizelge 49 Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,574	42,02	46,00	3,98
0,702	42,30	46,00	3,70
0,958	40,67	46,00	5,33
1,086	38,90	46,00	7,10
2,742	35,47	46,00	10,53
2,998	36,23	46,00	9,77
3,238	34,78	46,00	11,22
3,39	36,77	46,00	9,23



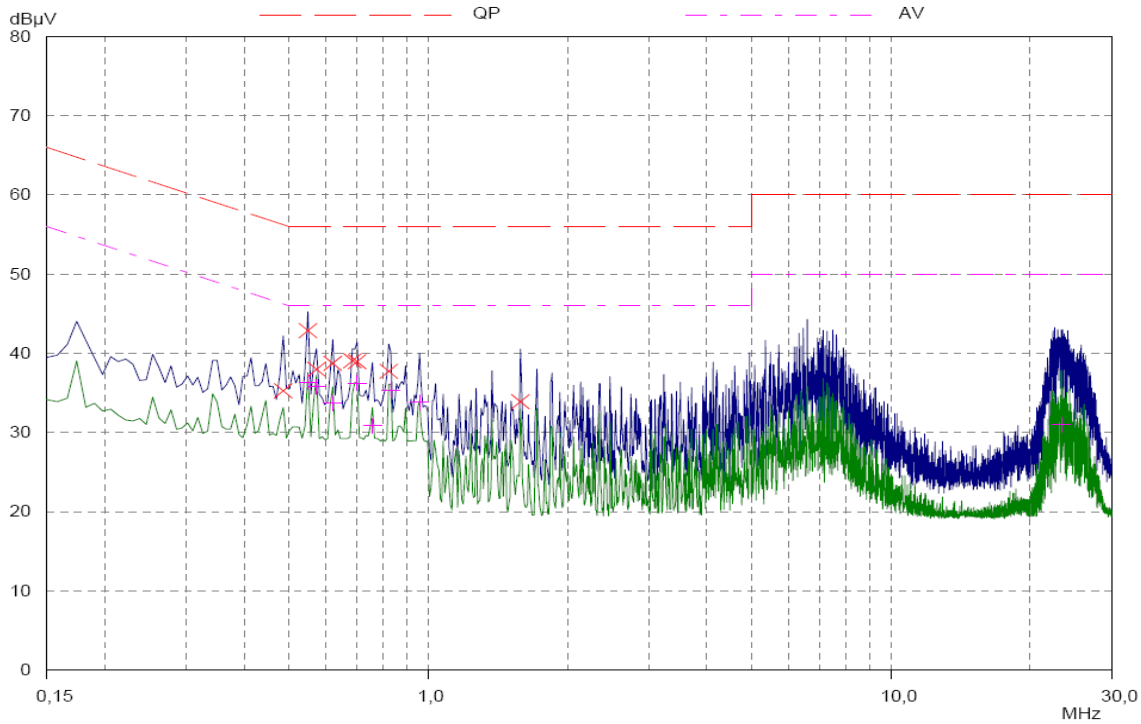
Şekil 4.31 Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı

Çizelge 50 Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,83	487,67	56,00	7,33
2,998	49,07	56,00	6,93
3,118	46,55	56,00	9,45
3,134	49,59	56,00	6,41
3,254	48,94	56,00	7,06
3,366	43,94	56,00	12,06
3,63	45,66	56,00	10,34
3,774	47,14	56,00	8,86

Çizelge 51 Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,574	41,75	46,00	4,25
0,702	41,91	46,00	4,09
0,83	42,25	46,00	3,75
1,086	39,82	46,00	6,18
2,878	37,58	46,00	8,42
3,006	37,93	46,00	8,07
3,118	39,27	46,00	6,73
3,638	38,13	46,00	7,87



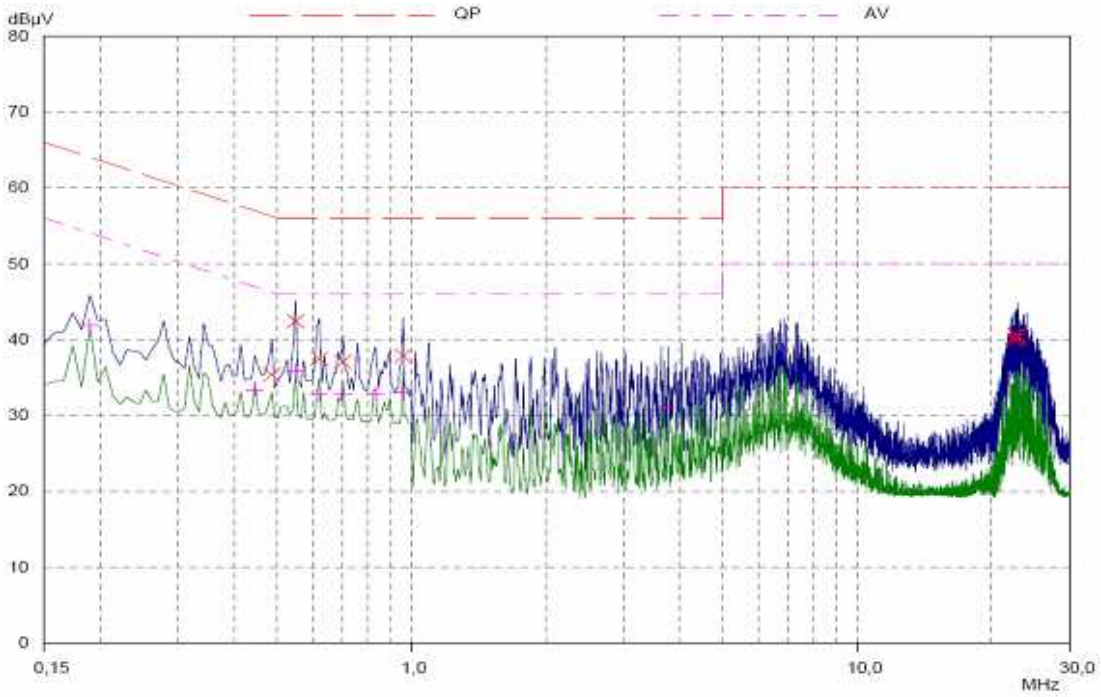
Şekil 4.32 Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraksız

Çizelge 52 Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,486	35,26	56,24	20,98
0,55	42,85	56,00	13,15
0,574	37,97	56,00	18,03
0,622	38,74	56,00	17,26
0,686	39,05	56,00	16,95
0,702	38,95	56,00	17,05
0,822	37,73	56,00	18,27
1,582	33,89	56,00	22,11

Çizelge 53 Test noktası Line (L1), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,55	36,32	46,00	9,68
0,574	35,78	46,00	10,22
0,622	33,72	46,00	12,28
0,702	36,22	46,00	9,78
0,758	30,89	46,00	15,11
0,83	35,55	46,00	10,65
0,958	33,81	46,00	12,19
23,358	31,02	50,00	18,98



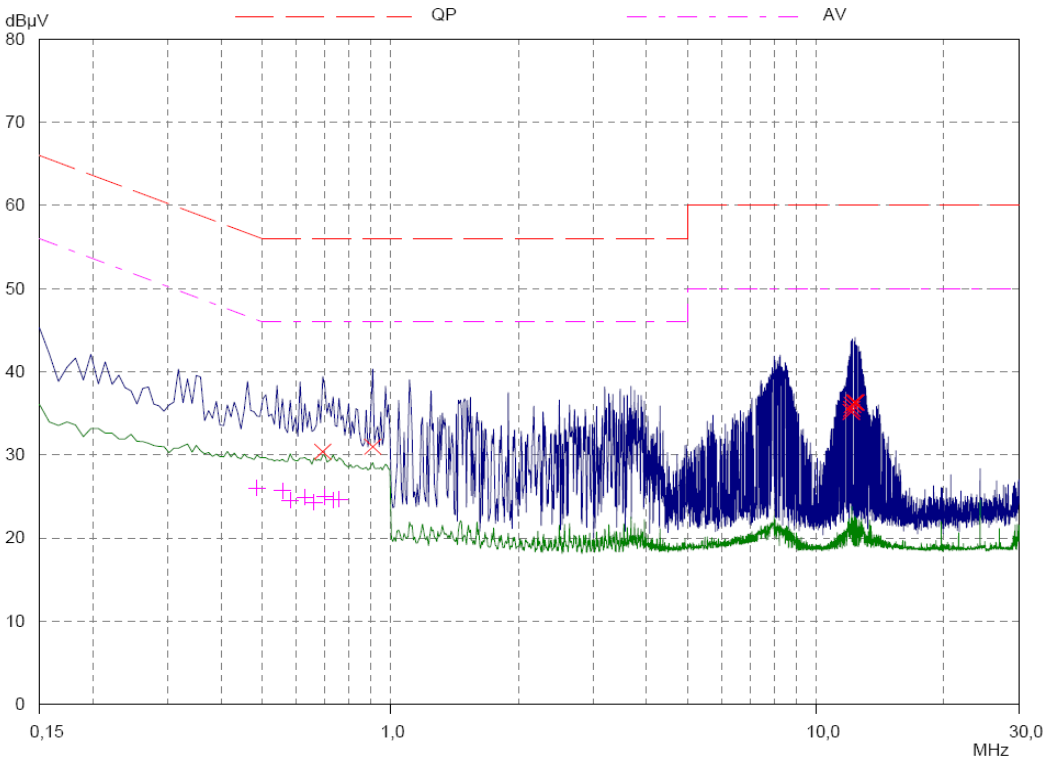
Şekil 4.33 Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraksız

Çizelge 54 Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,486	35,26	56,24	20,88
0,55	42,41	56,00	13,59
0,622	37,45	56,00	18,55
0,702	37,02	56,00	18,98
0,958	37,84	56,00	18,16
22,646	39,96	60,00	20,04
22,774	40,58	60,00	19,42
22,982	40,23	60,00	19,77

Çizelge 55 Test noktası Nötr (N), Dijital Receiving Modda, Kanal 25 (506 MHz) Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,19	41,79	54,04	12,25
0,446	33,40	49,95	13,55
0,55	35,87	46,00	10,13
0,622	32,82	46,00	13,18
0,702	32,91	46,00	13,09
0,83	32,88	46,00	13,12
0,958	32,98	46,00	13,02
3,774	31,00	46,00	15,00



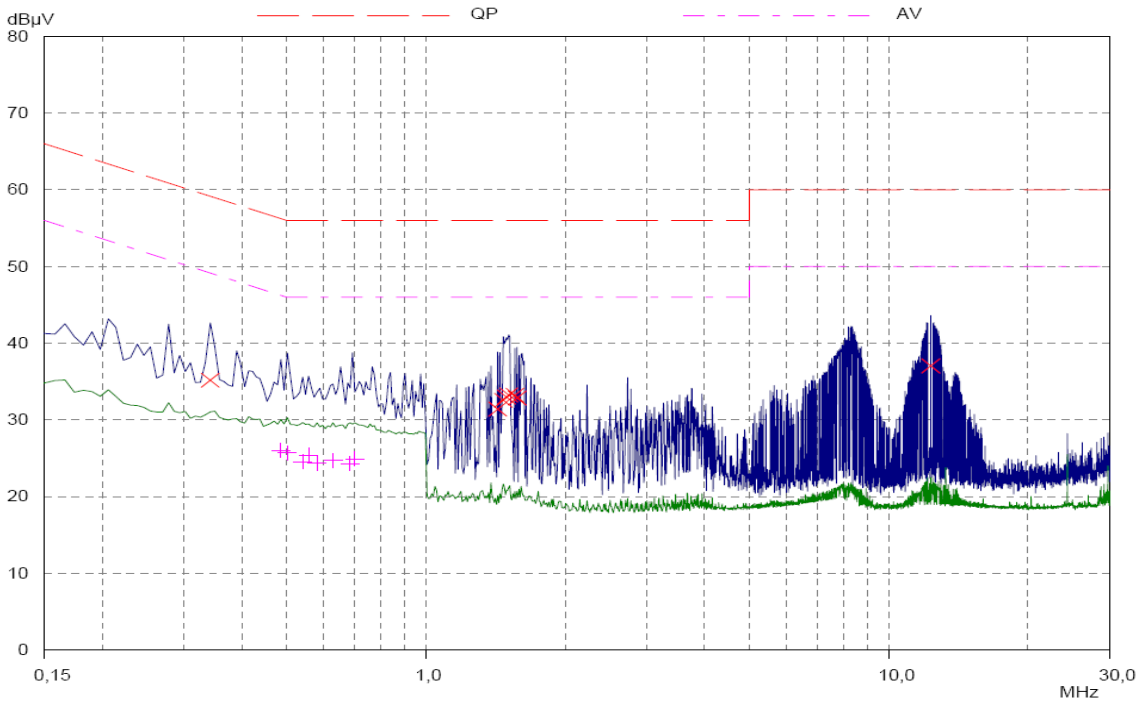
Şekil 4.34 Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraklı

Çizelge 56 Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,694	30,40	56,00	25,60
0,91	30,98	56,00	25,02
12,11	35,17	60,00	24,83
12,134	35,54	60,00	24,46
12,19	36,01	60,00	23,99
12,318	36,31	60,00	23,69
12,35	36,29	60,00	23,71
12,414	36,29	60,00	23,71

Çizelge 57 Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,486	26,02	46,24	20,22
0,558	25,71	46,00	20,29
0,582	24,52	46,00	21,48
0,63	24,90	46,00	21,10
0,662	24,26	46,00	21,74
0,702	24,98	46,00	21,02
0,734	24,62	46,00	21,38
0,758	24,63	46,00	21,37



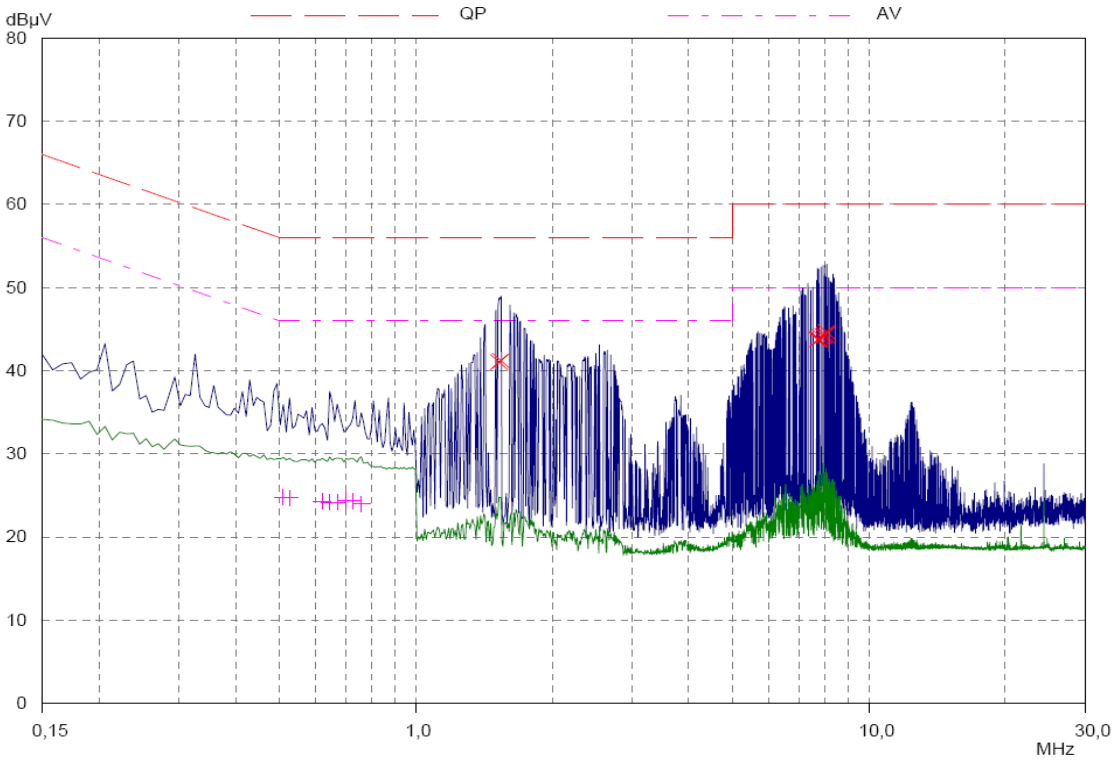
Şekil 4.35 Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraklı

Çizelge 58 Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
0,342	35,17	59,15	23,98
1,43	31,41	56,00	24,59
1,47	32,56	56,00	23,44
1,494	32,98	56,00	23,02
1,51	33,25	56,00	22,75
1,558	33,23	56,00	22,77
1,574	32,86	56,00	23,14
12,326	37,02	60,00	22,98

Çizelge 59 Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraklı için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,486	26,02	46,24	20,22
0,502	25,70	46,00	20,30
0,542	24,52	46,00	21,48
0,558	25,38	46,00	20,62
0,582	24,37	46,00	21,63
0,63	24,75	46,00	21,25
0,686	24,27	46,00	21,73
0,702	24,91	46,00	21,09



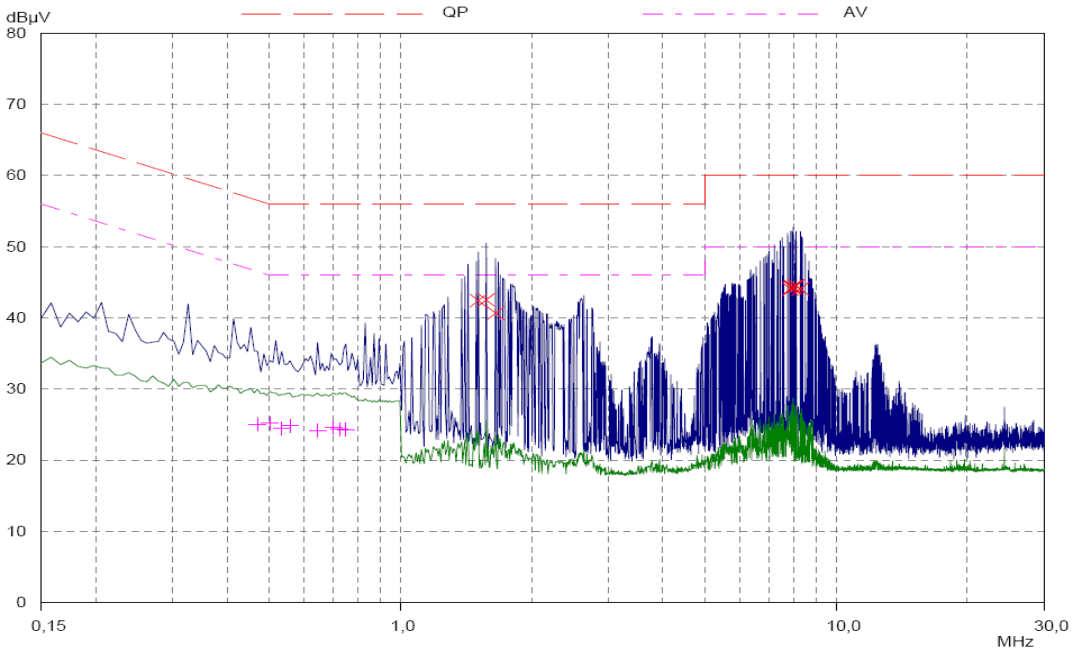
Şekil 4.36 Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraksız

Çizelge 60 Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
1,526	41,05	56,00	14,95
1,542	41,19	56,00	14,81
7,702	43,75	60,00	16,25
7,75	43,83	60,00	16,17
7,838	44,01	60,00	15,99
7,918	44,18	60,00	15,82
8,006	44,28	60,00	15,72
8,07799	44,63	60,00	15,37

Çizelge 61 Test noktası Line (L1), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,51	24,77	46,00	21,23
0,526	14,70	46,00	21,30
0,622	24,30	46,00	21,70
0,646	24,18	46,00	21,82
0,67	24,19	46,00	21,81
0,702	24,42	46,00	21,58
0,726	24,36	46,00	21,64
0,758	23,98	46,00	22,02



Şekil 4.37 Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraksız

Çizelge 62 Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak Seviyesi (dBµV)	QuasiPeak Limit (dBµV)	QuasiPeak Fark (dBµV)
1,51	42,42	56,00	13,58
1,574	42,54	56,00	13,46
1,654	40,65	56,00	15,35
7,862	44,04	60,00	15,96
7,918	44,26	60,00	15,74
7,966	44,32	60,00	15,68
8,086	44,47	60,00	15,53
8,278	44,09	60,00	15,91

Çizelge 63 Test noktası Nötr (N), Standby Modda, Topraksız için Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin AV"

Frequency (MHz)	Average Seviyesi (dBµV)	Average Limit (dBµV)	Average Fark (dBµV)
0,47	25,05	46,51	21,46
0,502	25,20	46,00	20,80
0,534	24,51	46,00	21,49
0,558	24,85	46,00	21,15
0,646	24,18	46,00	21,82
0,702	24,61	46,00	21,39
0,726	24,36	46,00	21,64
0,75	24,29	46,00	21,71

42" W 50Hz TFT LCD IDTV cihazı için iletim yollu yayınım testinden elde edilen ölçüm değerleri ile sınır değerleri arasındaki fark (margin) değerlerinin ortalama değerleri aşağıdaki Çizelge 64'de hesaplanmıştır. Bu Çizelge bir önceki aşamada 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için yapılmış olan test sonuçları ile karşılaştırma yapılabilmesi açısından önemlidir.

Çizelge 64 42" W 50Hz TFT LCD IDTV cihazı için iletim yollu yayınım testinden elde edilen ölçüm değerleri ile sınır değerleri arasındaki fark (margin) değerlerinin ortalama değerleri

Test Noktaları ve Şartları		Quasipeak Değer için Fark (Margin) Değerlerinin Ortalaması	Average Değer için Fark (Margin) Değerlerinin Ortalaması
Analog Receiving	L1, Topraklı	15,72	9,93
	N, Ttopraklı	11,60	7,20
	L1,Topraksız	12,82	12,76
	N, Ttopraksız	15,61	13,60
Dijital Receiving	L1, Topraklı	9,66	6,39
	N, Topraklı	13,12	6,24
	L1, Topraksız	14,98	11,39
	N, Topraksız	14,02	13,11
Teletex Receiving	L1, Topraklı	10,06	7,61
	N, Topraklı	8,55	6,17
	L1, Topraksız	17,95	12,36
	N, Ttopraksız	18,67	12,92
Standby Receiving	L1, Topraklı	24,37	21,01
	N, Ttopraklı	23,33	21,04
	L1, Ttopraksız	15,63	21,64
	N, Topraksız	15,15	21,43
Ortalama Değerler		**15,0775**	**12,80**

4.1.2. Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission, RE) (30MHz-1GHz)

Işıma yoluyla yayınım testinde, test altındaki cihazdan (TAC) kaynaklanan elektromanyetik yayınımın değeri ölçülmektedir. Bu testin detayını, EN 55013:2001 +A1:2003+A2:2006 standardı belirler. Ses ve televizyon yayını alıcıları ile ilgili ekipmanlar için uygulanan ışınım yollu yayınım ölçüleri30 MHz ile 1 GHz arasında istenir. Gelişen teknoloji koşullarına paralel olarak 2011 yılında bu frekans aralığının 6 GHz'e kadar genişletilmesi hedeflenmektedir. Ölçüler ya açık alan da ya da yansımasız odada gerçeklenir. Açık alanda zemin pürüzlülüğü dalga boyunun onda birinden küçük olmalıdır (1 GHz' de λ/10 = 3 cm). Ölçülerin tekrarlanabilir olması açısından cihaz – EMI alıcı anteni arasındaki uzaklık sabit tutulur. Bu değer çoğunlukla 1m ya da 3m, açık alanda ise 10m olur. Cihazın 30 MHz – 1 GHz arasında neden olduğu yayınım dBμV/m olarak kaydedilir. Cihazın en fazla yayınım yaptığı yön her frekansta ayrı ayrı bulunur. Bu yön EMI alıcı antene doğru çevrilerek, bu kez en fazla yayınım kaydedilen yükseklik saptanır. Bu amaçla EMI alıcı anteni tutucu post üstünde ANSI C63.4 gereğince 1 m – 4 m arasında yukarı aşağı oynatılır. Bütün bu işlemler sırasında alıcı antenin polarizasyonu da değiştirilerek en fazla yayınımın olduğu polarizasyon belirlenir. EMI alıcı anteni ilgili frekans bandını kapsayacak genişlikte olmalıdır. Bu nedenle önceleri 30 MHz – 300 MHZ arasında bi-konik, 200 MHz – 1 GHz arasında log-periodik antenler kullanılırken, günümüzde bütün bandı kapsayacak antenler gerçeklenebilmektedir.

Gerek iletkenlik yollu gerekse ışınım yollu EMU testlerinde elde edilen değerler standartlarda verilen limitlerle karşılaştırılır.

Bu test sırasında ölçülen E-alan sinyal seviyesi şu şekilde hesaplanır;

$$E\ (dB\mu V/m) = V\ ((dB\mu V) + CL\ (dB) + AF\ (dBm^{-1})$$

Burada;

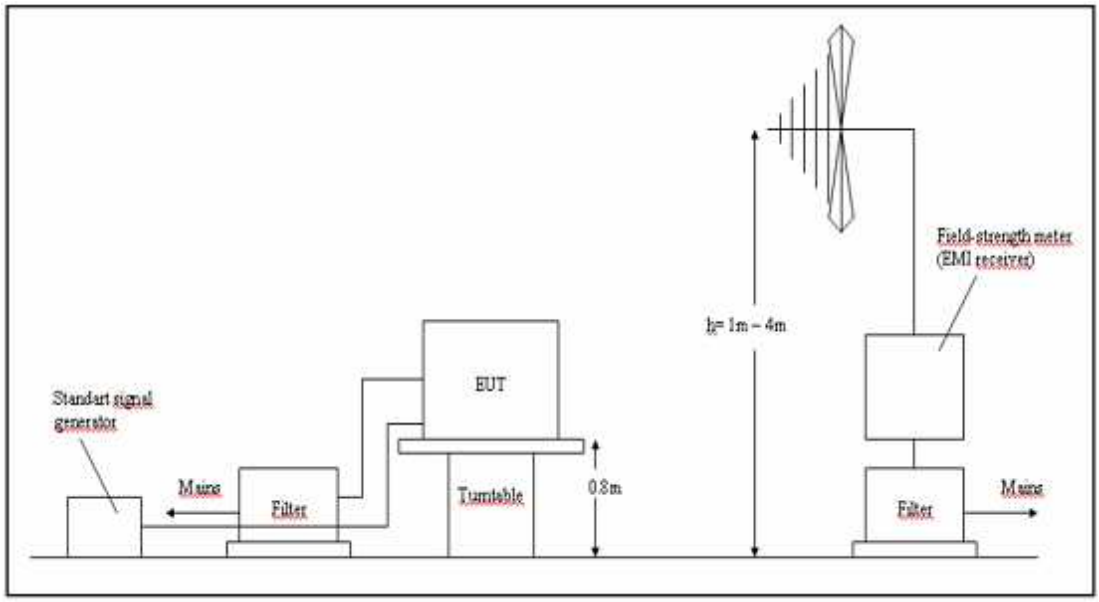
E (dBµV/m) = Ölçülen E-alan

V ((dBµV) = EMI Receiver' ın ölçtüğü değer

CL (dB) = Kablodaki Kayıp

AF (dBm-¹) = Anten Faktörü

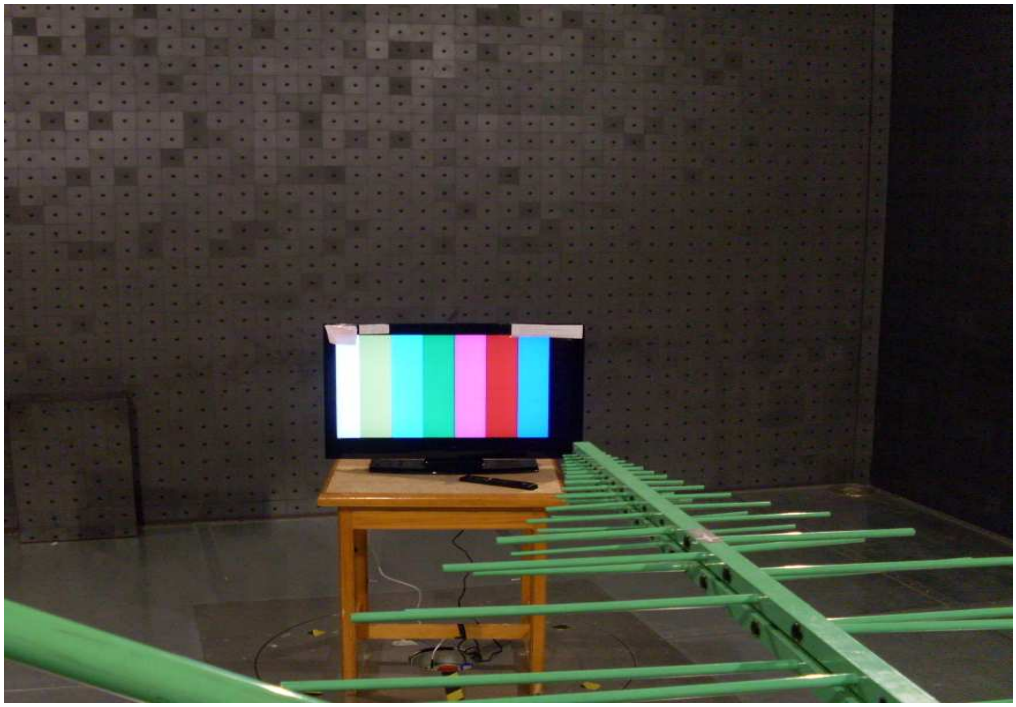
Yukarıdaki formülü temel alan EMI receiver ile ölçülen değerin, standartta tanımlanan limitlerin altında kalması test edilen cihazın standartlara uygun üretildiğini gösterir.



Şekil 4.38 CISPR 13 © IEC:2001+A1:2003+A2:2006' Ya Göre RE Testinin Yapılabilmesi İçin Hazırlanması Gereken Düzenek

EMU konusunda standart belirleyici konumundaki CISPR ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından ışınım yollu yayınım testi için hazırlanması öngörülen test düzeneği Şekil 4.38' de gösterilmiştir. Şekildeki düzenekte görüldüğü üzere testi yapılacak olan cihaz döner bir masa üzerine konularak şebeke voltajına bir filtre üzerinden bağlanmıştır. Burada filtrenin

kullanılmasındaki amaç, şebekeden kaynaklanan gürültülerin testi yapılacak olan cihaza ulaşmasını engellemektir. Sinyal jeneratöründen standart bir test sinyali TAC'ın tunerine uygulanır. ITU-R BT 471-1' e (Nomenclature and Description of Colour Bar Signals - Section 11A - Characteristics of Systems for Monochrome and Colour Television) göre; televizyon alıcıları ve diğer video sinyali giriş/çıkış ekipmanları için uygulanan standart test sinyali renk barı'dır. (CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Bölüm 4.6)



Şekil 4.39 Standart Renk Barı Test Sinyali

4.1.2.1. 42" W 50Hz TFT LCD IDTV İçin Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission, RE) (30MHz-1GHz)

Bu test için kullanılan cihazlar ve ortamlar;

1. Yarı Yansımasız Oda (Semi Anechoic Chamber)

2. Standart Sinyal Üreteci (TV Signal Generator)
3. Elektromanyetik Girişim Alıcısı (EMI Test Receiver (20Hz – 26.5 GHz, 9 kHz – 3 GHz))
4. Bilog Antenna (30 MHz -2 GHz)
5. Ölçüm Seti (Positioning Controller)
6. 4 metrelik Anten Konumlandırma Direği
7. Döner Masa (Turntable)
8. EMC32 v6.10.0.10 ve ES-K1 v1.2 yazılımlarıdır.

Söz konusu testin yapılabilmesi için, Şekil 4.38' de sembolize edilen düzeneği gerçekleştirmek için yarı yansımasız oda içine Şekil 4.40' da görülen düzenek kurulmuştur. TAC' dan 1 m ila 3m uzağa konumlandırılabilen log- peryodik tipinde anten kullanılmıştır. Testin gerçekleştirildiği laboratuarda en kötü koşullar simule edildiğinden mesafe 3 m olarak seçilmiştir. Ölçüm; antenin yatay polarizasyonda 1 ila 4 metre, düşey polarizasyonda 2 ila 4 metre arasındaki değerleri için alınır. Bu şekilde hem yatayda hemde dikeyde tarama gerçekleştirilmiş olur. (Anten polarizasyonu) TAC'nin üzerinde bulunduğu döner masa da aynı zamanda 360º lik açıyı tarar. (http://www.ets-lindgren.com/pdf/ant11.pdf)



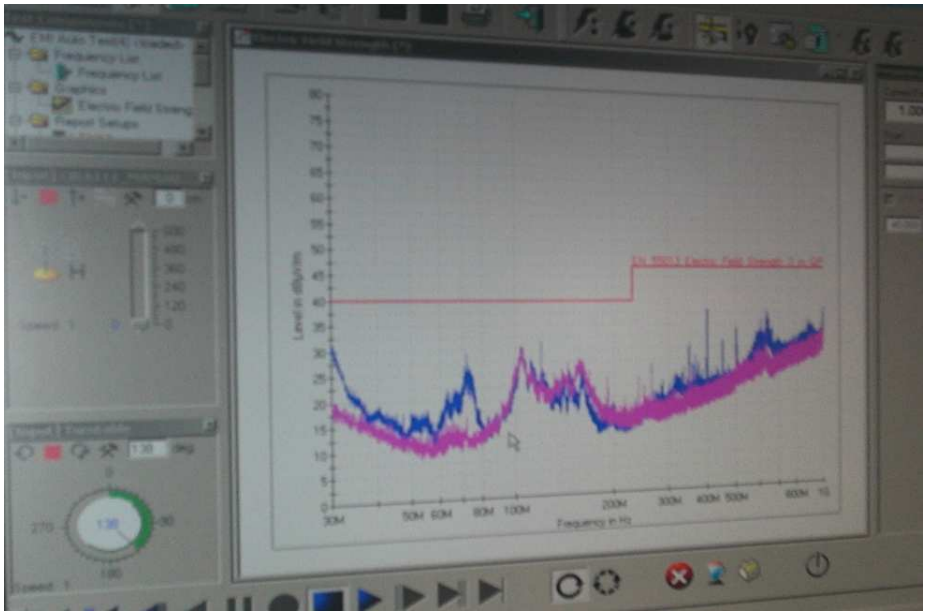
Şekil 4.40 RE Testtinin Yapıldığı Yarı Yansımasız Oda

Test boyunca EMI receiver tarafından, bozulan alanın temel ve harmonik frekansları ve quasipeak değerleri hesaplanır. Ölçüm seti (Positioning Controller) ekranında, bu hesaplanan değerlere ait grafiksel gösterim izlenebilir. Şekil gibi. Antenin girilen polarizasyonu ve yüksekliğine de bağlı olarak hesaplanan bu değerler, EN 55013 standardı tarafından aşağıdaki Çizelge 65'de verilen sınır değerlerinin altında kaldığı sürece testi yapılan cihaz (LCD) bu EMU testini geçmiş kabul edilir. Bu tesitin yapıldığı labaratuarda cihaza güvenli çalışma payı bırakmak için standartla belirlenen değerlere en az 6 dB yaklaşma sınırı baz alınmaktadır. (CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Sayfa 25)

Çizelge 65 EN 55013, RE testti için uygulanan Limit Değerleri

Equipment type	**Source**	**Frequency MHz**	**Limit values dB(µV/m) Quasi-peak**
Television receivers video recorders and PC tuner cards	Local oscillator	≤1000	Fundamental 57[a]
		30 to 300	Harmonics 52
		300 to 1000	Harmonics 56
	Other	30 to 230	40[b]
		230 to 1000	47[b]
Television and sound receivers for broadcast sattellite transmissions (except outdoor units) infrared remote control units and infrared headphone systems	Other	30 to 230	40[b]
		230 to 1000	47[b]
Frequency modulation sound receivers and PC tuner cards	Local oscillator	≤1000	Fundamental 60
		30 to 300	Harmonics 52
		300 to 1000	Harmonics 56
	Other	30 to 230	40[b]
		230 to 1000	47[b]

- 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz), Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için aşağıdaki Çizelge 66'da verilen değerler ölçülmüştür. Ayrıca söz konusu TV'ye ait uzaktan kumanda cihazı da test süresince TV' nin yanında bulunmaktadır. Burada ki amaç; test süresince veya sonrasında kumandanın TV' yi veya TV' nin kumandayı EMU açısından etkileyip etkilemediğinin tespitidir.

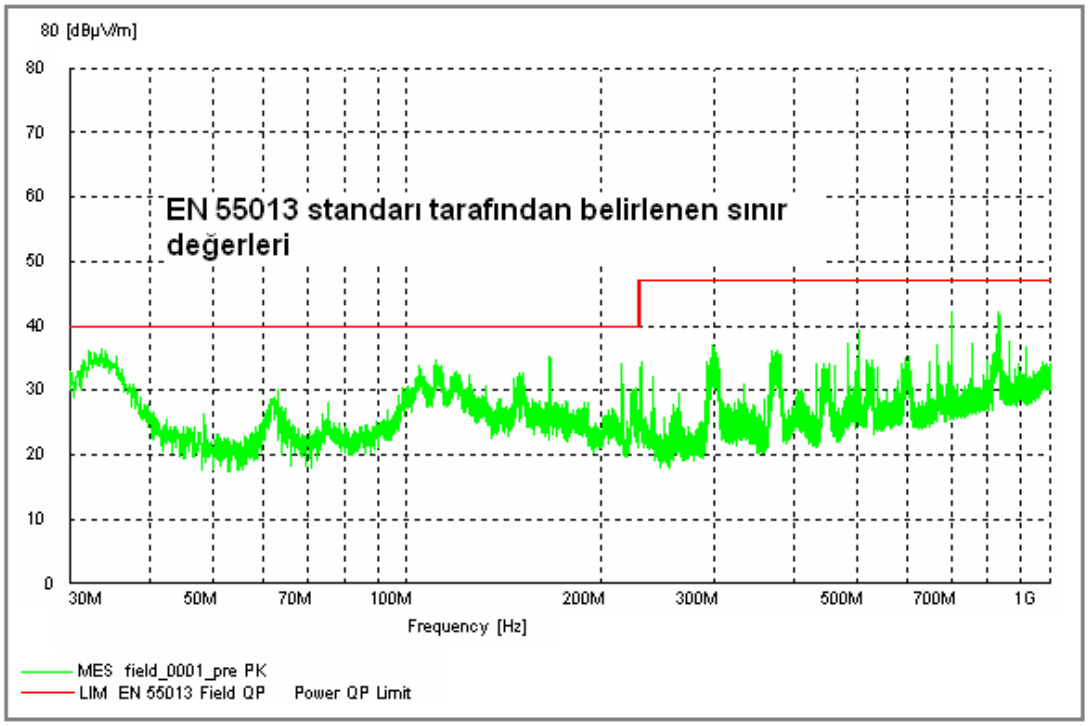




Şekil 4.41 EMI Receiver Ekranında Görülen Grafik Örneği

Çizelge 66 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz) için RE Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dBµV/m)	Polarity	Limit (dBµV/m)	Margin (dB)
167.15	31.2	H	40	8.8 dB
832.25	43.6	H	47	3.4 dB
33.5	32.5	V	40	7.5 dB
701.95	43.4	H	47	3.6 dB
802.57	44.0	H	47	3.0 dB
112.45	36.9	V	40	3.1 dB



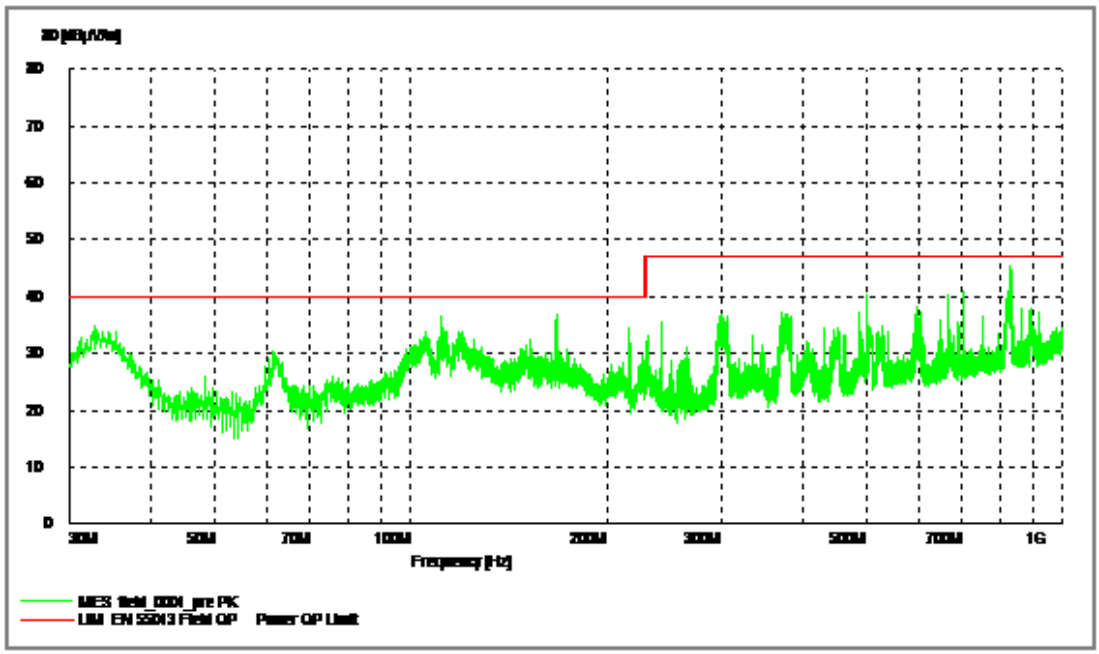
Şekil 4.42 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz)

Cihaza ait tüm değerler EN 55013 standardının belirlediği değerlerin altında kaldığından cihaz testten geçmiştir.

- 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (506 Mhz), Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için tekrarladığımızda sonuçlar şu şekilde olmaktadır.

Çizelge 67 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz) için RE Ölçüm Sonuçları : "vol_0001_fin QP"

Frequency (MHz)	**QuasiPeak (dBµV/m)**	**Polarity**	**Limit (dBµV/m)**	**Margin (dB)**
167.15	36.9	H	40	3.1 dB
831,70	42.1	H	47	4.9 dB
32,70	32.6	V	40	7.4 dB
702,00	40.8	H	47	6.4 dB
802.55	43.8	H	47	4.2 dB
112.48	36.8	V	40	3.2 dB



Şekil 4.43 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (506 Mhz)

Cihaza ait tüm değerler EN 55013 standardının belirlediği değerlerin altında kaldığından cihaz testten geçmiştir.

- 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator, Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için aşağıdaki Çizelge 68'de verilen değerler ölçülmüştür.

Dijital Mode İçin; (Local Osilator Frekansı, kanal frekansının 36,13 MHz fazlasıdır. 36,13 MHz, dijital yayın için görüntü taşıyıcısı (picture carrier) frekansıdır.)

* işaretinin anlamı, bu frekansta yapılan ölçüm sonucunun limitlerden 6 dB den çok daha uzak olduğudur.

Çizelge 68 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator, Dijital Mode İçin RE Ölçüm Sonuçları

KANAL NO	KANAL FREKANSI (MHz)	ÖLÇÜLEN FREKANS (MHz)	BOZULMA SEVİYESİ (Disturbance Level) (dBµv)	LİMTİ DEĞERİ (dBµV)
21	474	510,13	*	57
25	506	542,13	*	57
55	746	782,13	*	57
69	858	894,13	*	57

Analog Mode İçin; (Local Osilator Frekansı, kanal frekansının 38,9 MHz fazlasıdır. 38,9 MHz, analog yayın için görüntü taşıyıcısı (picture carrier) frekansıdır.)

Çizelge 69 42" W 50Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator, Analog Mode İçin RE Ölçüm Sonuçları

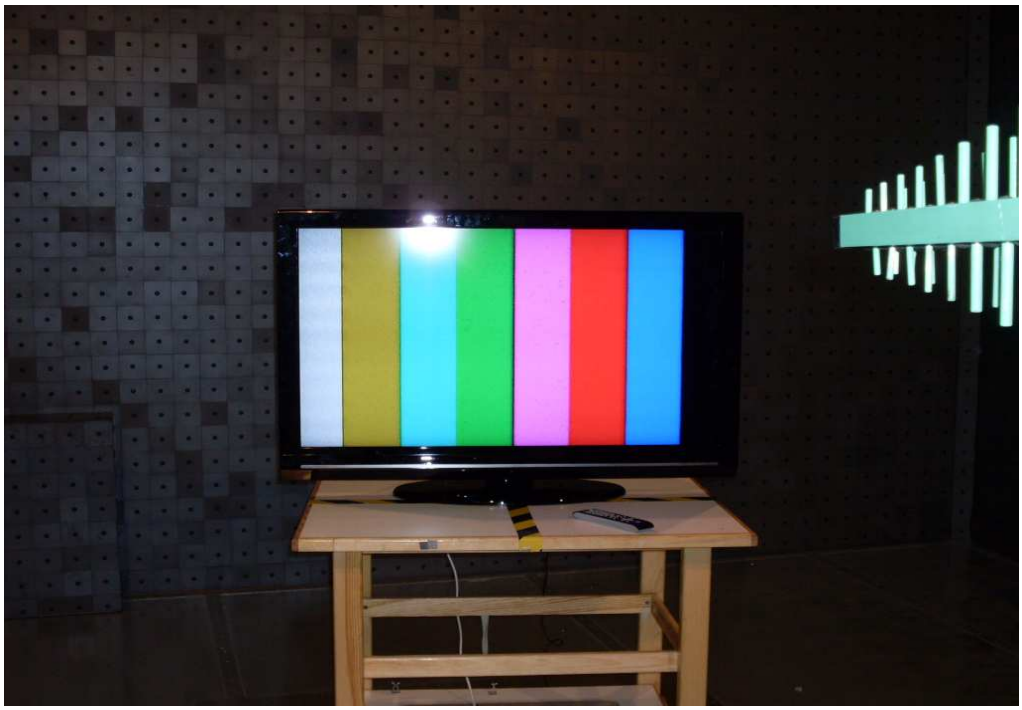
KANAL NO	KANAL FREKANSI (MHz)	ÖLÇÜLEN FREKANS (MHz)	BOZULMA SEVİYESİ (Disturbance Level) (dBµv)	LİMTİ DEĞERİ (dBµV)
3 (VHF-Low)	55,25	94,15	*	57
		188,30	*	52
		282,45	*	52
		376,60	*	56
		470,75	*	56
		564,90	*	56
		659,05	*	56
		753,20	*	56
		847,35	*	56
		941,50	*	56
9 (VHF-High)	203,25	242,15	*	57
		484,30	*	56
		726,45	*	56
		968,60	*	56
25 (UHF)	503,25	542,15	*	57
55 (UHF	743,25	782,15	*	57
68 (UHF	847,25	886,15	*	57

Cihaza ait tüm değerler EN 55013 standardının belirlediği değerlerin altında kaldığından cihaz testten geçmiştir.

Ayrıca tüm test aşamalarında, uzaktan kumanda cihazı ve TV arasında EMU açısından, kumandanın kontrolsüz olarak çalışması veya kumanda çalışırken TV‘ nin renk barında herhangi bir bozulma gibi olumsuz bir etkileşim gözlenmemiştir.

4.1.2.2. 42" W 100Hz TFT LCD IDTV İçin Işınım Bozuklukları (Radiated Disturbances, Field Strength (Radiated Emission)

Radiated emission testtini aynı özelliklerde 100 Hz cihaza yine aynı şartlarda uyguluyoruz.

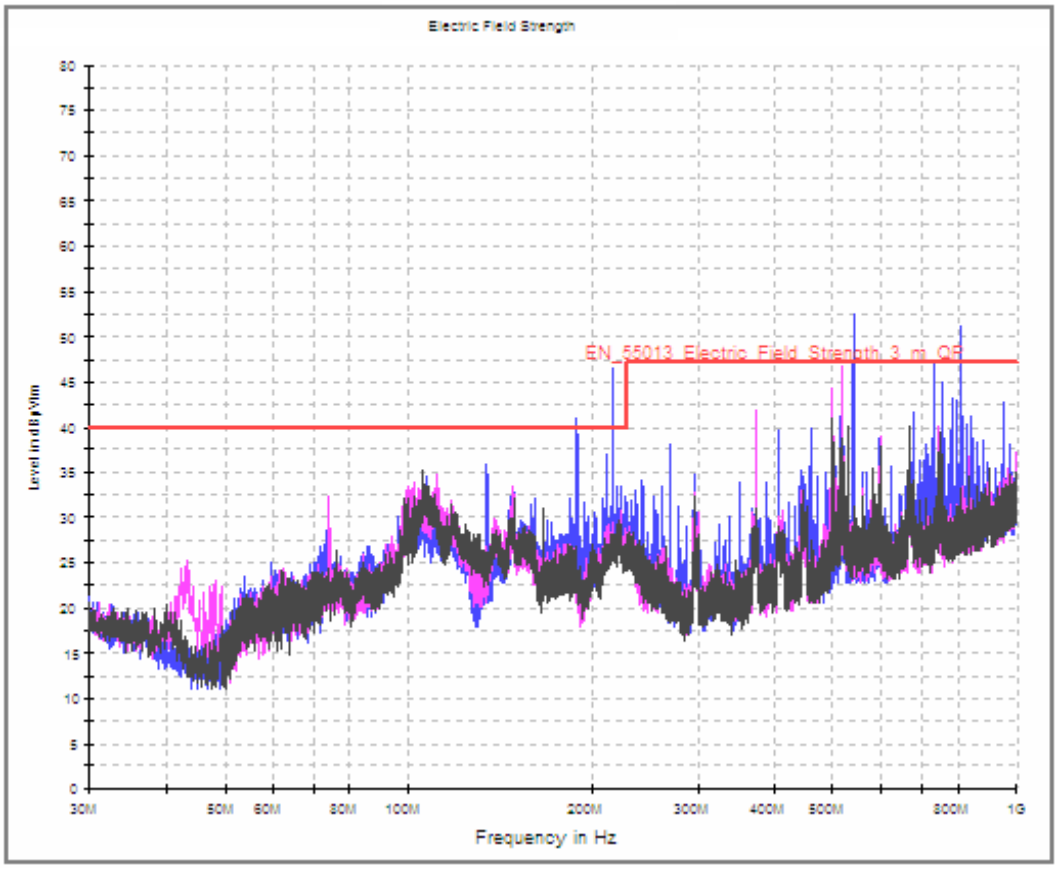


Şekil 4.44 42" W 100Hz TFT LCD IDTV Cihazına RE Testtini Uygulamak İçin Kurulan Düzenek

- 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz), Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için aşağıdaki Çizelge 70'de verilen değerler ölçülmüştür. TV ye ait uzaktan kumanda cihazı da test süresince TV' nin yanında bulunmaktadır.

42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) (503.25 Mhz), Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için yapılan

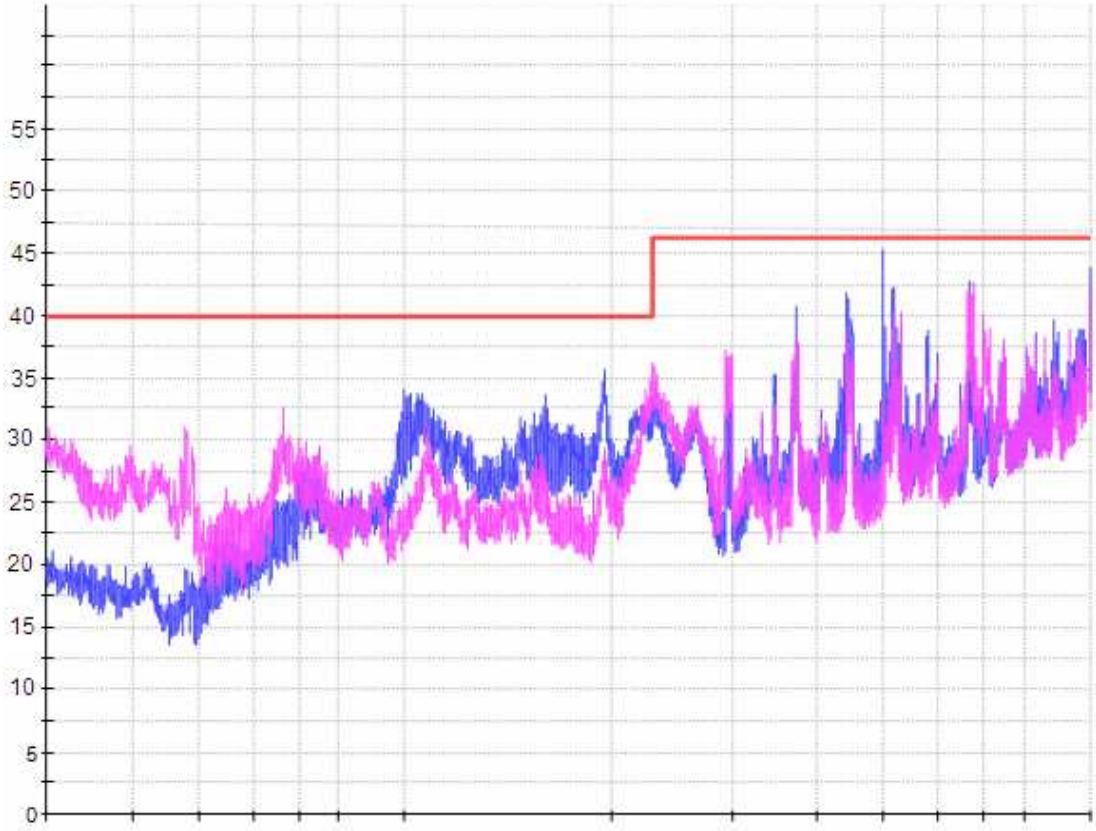
ölçümlerde sonuçlar beklendiği gibi çıkmamıştır. Aşağıdaki grafikte de görüldüğü üzere, ölçüm değerleri bazı çalışma frekanslarında standartla belirlenen sınır değerlerini aşmaktadır. (Max peak'ler oluşturmaktadır.) Ölçüm sonuçlarında bir problemle karşılaşıldığından (sınır değerlerin aşılması); döner masa ve antenin yataydaki iki farklı konumu için elde ettiğimiz iki farklı grafik (biri mavi grafik, diğeri pembe grafik) aynı anda ölçüm seti ekranına yansıtılmıştır. Bu şekilde problemden emin olma yoluna gidilmiştir.



Şekil 4.45 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) (503.25 Mhz)

Bu durumda cihaz radiated emission testinin bu aşamasını geçememektedir. Cihazın bu şekilde piyasaya sürülmesi söz konusu olmadığından, cihaz üzerinde modifikasyon çalışması yapılması gerekmektedir. Modifikasyon işleminin niteliğini belirlemek için öncelikle bu EMU problemine neden olan noktanın belirlenmesi

gerekmektedir. TV'lerde bu tarz bir EMU problemi ile karşılaşıldığında ilk olarak ölçümlerde ilk Max. Peak' in atıldığı noktanın frekansı ölçülür. Bizim test grafiğimiz incelendiğinde ilk peak'in 75 MHz civarında oluştuğu görülmektedir. Hatta 75 Mhz 'in harmoniklerindede (150 Mhz, 210 Mhz, 280 Mhz,..540 Mhz. gibi) peak'ler şiddetlenerek oluşmaya devam etmektedir.. Problemli frekans belirlendikten sonra bu frekansın şasedeki entegrelerden birinin IC' sinin çalışma frekansımı olduğu, SMPS (Switch Mode Power Supply) trafosunun IC' sinin çalışma frekansımı olduğunun veya Tuner yada Panel çalışma frekansımı yoksa dış kaynaklımı olduğunun araştırılması gerekmektedir. Bu araştırma işlemi çok uzun zaman alabileceği gibi daha önce benzer bir problemle karşılaşıldıysa aynı çözüm şeklinin buradada kullanımıyla problem nispeten daha kısa sürede giderilebilmektedir. Bizim teste tabi LCD TV' mizin üzerinde yapılan yukarıdaki araştırmalar sonucunda problemin şasedeki cheertek CT216 IC'sinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Burada uygulanan modifiye işlemi; cheertek CT216 IC'nin 1,8 besleme voltajına 100Mhz de 75R direnç karakteristiği olan ferrit takılıp 74,25 ve harmoniklerinin bastırılması şeklindedir. Zaten tezin EMU'dan korunma yöntemleri bölümünde; karşılaşılan EMU problemleri için filtre veya ferrit bileziklerin kullanıldığından bahsedilmişti.. Bu işlemden sonra alınan test sonuçlarına ait grafik aşağıda görüldüğü şekildedir.

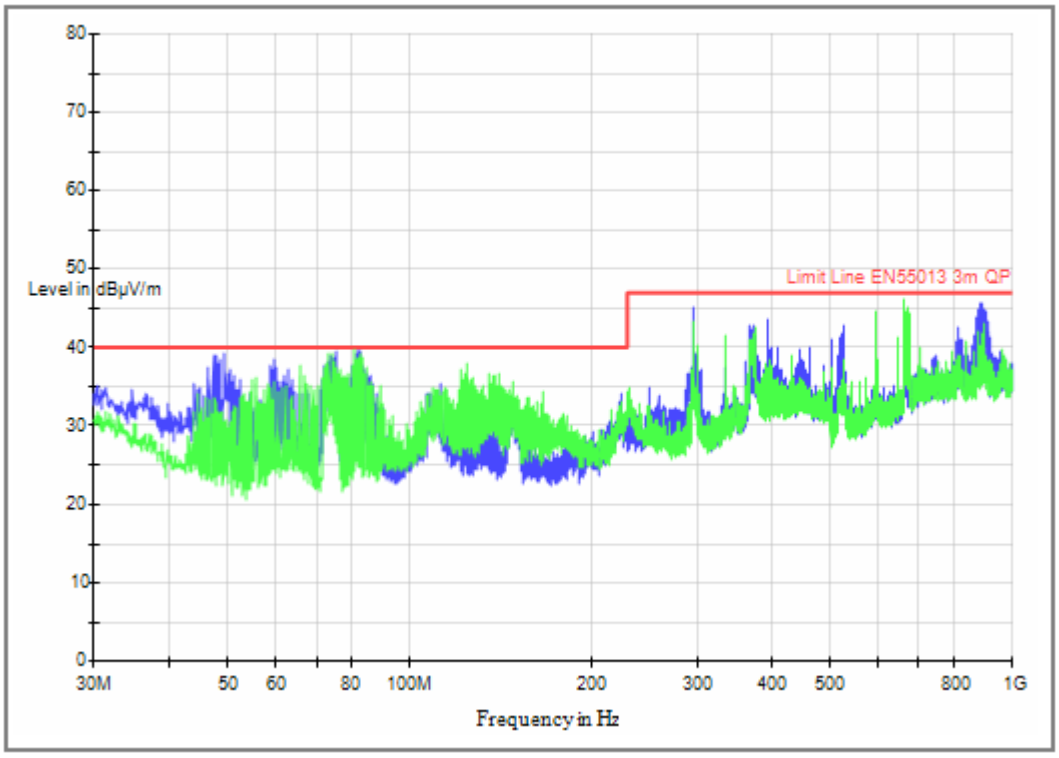


Şekil 4.46 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Analog Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) (503.25 Mhz)

Çizelge 70 42" W 100Hz TFT LCD IDTV Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25) için RE Ölçüm Sonuçları

Frequency (MHz)	QuasiPeak (dBµV/m)	Polarity	Limit (dBµV/m)	Margin (dB)
74.000000	34.3	H	40	5.7
82.480000	32.7	H	40	7.3
124.960000	30.8	V	40	9.2
297.040000	43.1	V	47	3.9
394.080000	32.1	V	47	14.9
594.000000	43.2	V	47	3.8
662.400000	41.7	H	47	5.3
894.080000	40.8	V	47	6.2

- 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (506 Mhz), Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için tekrarladığımızda sonuçlar şu şekilde olmaktadır.



Şekil 4.47 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (506 Mhz)

Cihaza ait tüm değerler EN 55013 standardının belirlediği değerlerin altında kaldığından cihaz testten geçmiştir.

- 42" W 100Hz TFT LCD IDTV Local Oscillator, Horizontal ve Vertical Polarizasyonlar için Dijital Modda aşağıdaki Çizelge 71'de, Analog Modda Çizelge 72'de verilen değerler ölçülmüştür.

Çizelge 71 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator Dijital Modda RE Ölçüm Sonuçları

KANAL NO	KANAL FREKANSI (MHz)	ÖLÇÜLEN FREKANS (MHz)	BOZULMA SEVİYESİ (Disturbance Level) (dBµv)	LİMTİ DEĞERİ (dBµV)
21	474	510,13	*	57
25	506	542,13	*	57
55	746	782,13	*	57
69	858	894,13	*	57

Çizelge 72 42" W 100Hz TFT LCD IDTV için Local Oscillator Analog Modda RE Ölçüm Sonuçları

KANAL NO	KANAL FREKANSI (MHz)	ÖLÇÜLEN FREKANS (MHz)	BOZULMA SEVİYESİ (Disturbance Level) (dBµv)	LİMTİ DEĞERİ (dBµV)
3	55,25	94,15	*	57
		188,30	*	52
		282,45	*	52
		376,60	*	56
		470,75	*	56
		564,90	*	56
		659,05	*	56
		753,20	*	56
		847,35	*	56
		941,50	*	56
9	203,25	242,15	*	57
		484,30	*	56
		726,45	*	56
		968,60	*	56
25	503,25	542,15	*	57
55	743,25	782,15	*	57
68	847,25	886,15	*	57

Cihaza ait tüm değerler EN 55013 standardının belirlediği değerlerin altında kaldığından cihaz testten geçmiştir.

4.1.3. Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi (Disturbance Voltage at the Antenna Terminals (Anzac)):

Bu testtin detayını, EN 55013:2001 +A1:2003+A2:2006 standardı belirler. Bu test kapsamında, antenden kaynaklanan istenmeyen elektromanyetik sinyallerin ölçümü yapılır. Frekans aralığı, 30 MHz lile 2.15 GHz arasıdır. Ekranlı odada, testte tabi cihaz üzerindeki anten terminalleri, yardımcı (auxiliary) sinyal üreten jeneratöre ve EMU analizörüne bağlanmıştır. Yardımcı sinyal üreten jeneratör, test altındaki cisim (TAC) üzerinde test boyunca ayarlı bir frekans oluşmasını sağlar.

CISPR 13 © IEC:2001+A1:2003+A2:2006' ya göre bu test için limit değerler aşağıdaki Çizelge 73'de belirtildiği gibidir. (CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Sayfa 21)

Çizelge 73 Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi İçin Limitler

Equipment type	Source	Frequency MHz	Limit values dB(μV) 75 Ω Quasi-peak [a]	
Television receivers, video recorders and PC tuner cards working in channels between 30 MHz and 1 GHz	Local oscillator	≤1 000	Fundamental	46
		30 to 950	Harmonics	46
		950 to 2 150	Harmonics	54
	Other	30 to 2 150		46
Television receivers for broadcast satellite transmissions and tuner units [b]	Local oscillator	950 to 2 150	Fundamental	54
		950 to 2 150	Harmonics	54
	Other	30 to 2 150		46
Frequency modulation sound receivers and PC tuner cards	Local oscillator	≤1 000	Fundamental	54
		30 to 300	Harmonics	50
		300 to 1 000	Harmonics	52
	Other	30 to 1 000		46
Frequency modulation car radios	Local oscillator	≤1 000	Fundamental	66
		30 to 300	Harmonics	59
		300 to 1 000	Harmonics	52
	Other	30 to 1 000		46
Associated equipment with an RF input, e.g. video tape player, laser disc player	Other	30 to 2 150		46

[a] At frequencies above 1 GHz the peak detector is used.

[b] For tuner units, "antenna terminal" means "first intermediate frequency input terminal".

4.1.3.1. 42" W 50Hz TFT LCD IDTV İçin Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi

Bu testi gerçekleştirirken kullanılan cihazlar;

1. Anzac Coupler (Directional Bridge)
2. Sinyal Jeneratörü (TV Signal Generator)
3. Elektromanyetik Test alıcısı (EMI Test Receiver (20Hz – 26.5 GHz))
4. ES-K1 v.1.2 yazılımıdır.



Şekil 4.48 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Anzac Testini Uygulamak İçin Hazırlanan Düzenek

Farklı ülkeler için farklı yayın sistemleri kullanıldığından, test farklı yayın sistemleri için tekrar edilmektedir. Örneğin Türkiye ve Almanya'da PAL B/G yayın sistemi kullanılıyor iken Fransa'da kullanılan sistem Secam L'dir. Rusya'da Secam D/K, İngiltere'de PAL I yayın sistemi kullanılmaktadır. Burada PAL, SECAM ve NTSC renk sistemleri olup B,G,D,K,I ve L ses sistemleridir.

- Birinci Aşamada test noktası Anten Girişi (Antenna input) ve Analog Receiver Modda, LCD TV aşağıda listelenen kanallara ayarlanarak ayrı ayrı ölçüm alınmaktadır. Alıcı girişindeki test sinyalinin seviyesi 70 dBµV' dur.

Çizelge 74 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL BG Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
55,25	C3 (VHF-Low)	94,15	*	46,00	1035,65	*	54,00
		188,30	*	46,00	1129,80	*	54,00
		282,45	*	46,00	1223,95	*	54,00
		376,60	*	46,00	1318,10	*	54,00
		470,75	*	46,00	1412,25	*	54,00
		564,90	*	46,00	1506,40	*	54,00
		659,05	*	46,00	1600,55	*	54,00
		753,20	*	46,00	1694,70	*	54,00
		847,35	*	46,00	1788,85	*	54,00
		941,50	*	46,00	1883,00	*	54,00
			*		1977,15	*	54,00
			*		2071,30	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
203,25	C9 (VHF-High)	242,15	*	46,00	1210,75	*	54,00
		484,30	*	46,00	1452,90	*	54,00
		726,45	*	46,00	1695,05	*	54,00
		968,60	*	54,00	1937,20	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
503,25	C25 (UHF)	542,15	*	46,00	1084,30	*	54,00
					1626,45	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
743,25	C55 (UHF)	782,15	*	46,00	1564,30	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
147,25	S7	186,15	*	46,00	1116,90	*	54,00
		372,30	*	46,00	1303,05	*	54,00
		558,45	*	46,00	1489,20	*	54,00
		744,60	*	46,00	1675,35	*	54,00
		930,75	*	46,00	1861,50	*	54,00
					2047,65	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
375,25	S30	414,15	*	46,00	1242,45	*	54,00
		828,30	*	46,00	1656,60	*	54,00
		Other Sources	*	46,00	2070,75	*	54,00

Çizelge 75 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
59,25	C2	98,15	*	46,00	1079,65	*	54,00
		196,30	*	46,00	1177,80	*	54,00
		294,45	*	46,00	1275,95	*	54,00
		392,60	*	46,00	1374,10	*	54,00
		490,75	*	46,00	1472,25	*	54,00
		588,90	*	46,00	1570,40	*	54,00
		687,05	*	46,00	1668,55	*	54,00
		785,20	*	46,00	1766,70	*	54,00
		883,35	*	46,00	1864,85	*	54,00
		981,50	*	54,00	1963,00	*	54,00
					2061,15	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
77,25	C3	116,15	*	46,00	1045,35	*	54,00
		232,30	*	46,00	1161,50	*	54,00
		348,45	*	46,00	1277,65	*	54,00
		464,60	*	46,00	1393,80	*	54,00
		580,75	*	46,00	1509,95	*	54,00
		696,90	*	46,00	1626,10	*	54,00
		813,05	*	46,00	1742,25	*	54,00
		929,20	*	46,00	1858,40	*	54,00
					1974,55	*	54,00
					2090,70	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
199,25	C9	238,15	*	46,00	1190,75	*	54,00
		476,30	*	46,00	1428,90	*	54,00
		714,45	*	46,00	1667,05	*	54,00
		952,60	*	54,00	1905,20	*	54,00
					2143,35	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
511,25	C26	550,15	*	46,00	1100,30	*	54,00
					1650,45	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
703,25	C50	742,15	*	46,00	1484,30	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			

Çizelge 76 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
59,25	C2	98,15	*	46,00	1079,65	*	54,00
		196,30	*	46,00	1177,80	*	54,00
		294,45	*	46,00	1275,95	*	54,00
		392,60	*	46,00	1374,10	*	54,00
		490,75	*	46,00	1472,25	*	54,00
		588,90	*	46,00	1570,40	*	54,00
		687,05	*	46,00	1668,55	*	54,00
		785,20	*	46,00	1766,70	*	54,00
		883,35	*	46,00	1864,85	*	54,00
		981,50	*	54,00	1963,00	*	54,00
					2061,15	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
85,25	C4	124,15	*	46,00	1117,35	*	54,00
		248,30	*	46,00	1241,50	*	54,00
		372,45	*	46,00	1365,65	*	54,00
		496,60	*	46,00	1489,80	*	54,00
		620,75	*	46,00	1613,95	*	54,00
		744,90	*	46,00	1738,10	*	54,00
		869,05	*	46,00	1862,25	*	54,00
		993,20	*	54,00	1986,40	*	54,00
					2110,55	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
207,25	C10	246,15	*	46,00	1230,75	*	54,00
		492,30	*	46,00	1476,90	*	54,00
		738,45	*	46,00	1723,05	*	54,00
		984,60	*	54,00	1969,20	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
543,25	C30	582,15	*	46,00	1164,30	*	54,00
					1746,45	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			

Çizelge 77 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM L Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
63,75	C4	102,65	*	46,00	1026,50	*	54,00
		205,30	*	46,00	1129,15	*	54,00
		307,95	*	46,00	1231,80	*	54,00
		410,60	*	46,00	1334,45	*	54,00
		513,25	*	46,00	1437,10	*	54,00
		615,90	*	46,00	1539,75	*	54,00
		718,55	*	46,00	1642,40	*	54,00
		821,20	*	46,00	1745,05	*	54,00
		923,85	*	46,00	1847,70	*	54,00
					1950,35	*	54,00
					2053,00	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
200,00	C8	238,90	*	46,00	1194,50	*	54,00
		477,80	*	46,00	1433,40	*	54,00
		716,70	*	46,00	1672,30	*	54,00
		955,60	*	54,00	1911,20	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
583,25	C35	622,15	*	46,00	1244,30	*	54,00
					1866,45	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			

Çizelge 78 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL I Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
53,75	CB	92,65	*	46,00	1019,15	*	54,00
		185,30	*	46,00	1111,80	*	54,00
		277,95	*	46,00	1204,45	*	54,00
		370,60	*	46,00	1297,10	*	54,00
		463,25	*	46,00	1389,75	*	54,00
		555,90	*	46,00	1482,40	*	54,00
		648,55	*	46,00	1575,05	*	54,00
		741,20	*	46,00	1667,70	*	54,00
		833,85	*	46,00	1760,35	*	54,00
		926,50	*	46,00	1853,00	*	54,00
					1945,65	*	54,00
					2038,30	*	54,00
					2130,95	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
199,25	CG	238,15	*	46,00	1190,75	*	54,00
		476,30	*	46,00	1428,90	*	54,00
		714,45	*	46,00	1667,05	*	54,00
		952,60	*	54,00	1905,20	*	54,00
					2143,35	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
471,25	C21	510,15	*	46,00	1020,30	*	54,00
					1530,45	*	54,00
					2040,60	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
623,25	C40	662,15	*	46,00	1324,30	*	54,00
					1986,45	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			

- İkinci Aşamada test noktası Anten Girişi (Antenna input) ve Dijital Receiver Modda, LCD TV aşağıda listelenen kanallara ayarlanarak ayrı ayrı ölçüm alınmaktadır. Alıcı girişindeki test sinyalinin seviyesi 70 dBµV' dur.

Çizelge 79 42" W 50Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin 8 MHz UHF DVB-T DVB-C için Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
474,00	21	510,13	*	46,00	1020,25	*	54,00
					1530,38	*	54,00
					2040,50	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
506,00	25	542,13	*	46,00	1084,25	*	54,00
					1626,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
546,00	30	582,13	*	46,00	1164,25	*	54,00
					1746,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
586,00	35	622,13	*	46,00	1244,25	*	54,00
					1866,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
626,00	40	662,13	*	46,00	1324,25	*	54,00
					1986,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
666,00	45	702,13	*	46,00	1404,25	*	54,00
					2106,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
706,00	50	742,13	*	46,00	1484,25	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
786,00	60	822,13	*	46,00	1644,25	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
858,00	69	894,13	*	46,00	1788,25	*	54,00
		Other sources	*	46,00			

4.1.3.2. 42" W 100Hz TFT LCD IDTV İçin Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi



Şekil 4.49 42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Anzac Tesitini Uygulamak İçin Hazırlanan Düzenek

- Birinci Aşamada test noktası Anten Girişi (Antenna input) ve Analog Receiver Modda;

Çizelge 80 42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL BG Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
55,25	C3	94,15	*	46,00	1035,65	*	54,00
		188,30	*	46,00	1129,80	*	54,00
		282,45	*	46,00	1223,95	*	54,00
		376,60	*	46,00	1318,10	*	54,00
		470,75	*	46,00	1412,25	*	54,00
		564,90	*	46,00	1506,40	*	54,00
		659,05	*	46,00	1600,55	*	54,00
		753,20	*	46,00	1694,70	*	54,00
		847,35	*	46,00	1788,85	*	54,00
		941,50	*	46,00	1883,00	*	54,00
			*		1977,15	*	54,00
			*		2071,30	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
203,25	C9	242,15	*	46,00	1210,75	*	54,00
		484,30	*	46,00	1452,90	*	54,00
		726,45	*	46,00	1695,05	*	54,00
		968,60	*	54,00	1937,20	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
503,25	C25	542,15	*	46,00	1084,30	*	54,00
					1626,45	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
743,25	C55	782,15	*	46,00	1564,30	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
147,25	S7	186,15	*	46,00	1116,90	*	54,00
		372,30	*	46,00	1303,05	*	54,00
		558,45	*	46,00	1489,20	*	54,00
		744,60	*	46,00	1675,35	*	54,00
		930,75	*	46,00	1861,50	*	54,00
					2047,65	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
375,25	S30	414,15	*	46,00	1242,45	*	54,00
		828,30	*	46,00	1656,60	*	54,00
		Other Sources	*	46,00	2070,75	*	54,00

Çizelge 81 42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
59,25	C2	98,15	*	46,00	1079,65	*	54,00
		196,30	*	46,00	1177,80	*	54,00
		294,45	*	46,00	1275,95	*	54,00
		392,60	*	46,00	1374,10	*	54,00
		490,75	*	46,00	1472,25	*	54,00
		588,90	*	46,00	1570,40	*	54,00
		687,05	*	46,00	1668,55	*	54,00
		785,20	*	46,00	1766,70	*	54,00
		883,35	*	46,00	1864,85	*	54,00
		981,50	*	54,00	1963,00	*	54,00
					2061,15	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
77,25	C3	116,15	*	46,00	1045,35	*	54,00
		232,30	*	46,00	1161,50	*	54,00
		348,45	*	46,00	1277,65	*	54,00
		464,60	*	46,00	1393,80	*	54,00
		580,75	*	46,00	1509,95	*	54,00
		696,90	*	46,00	1626,10	*	54,00
		813,05	*	46,00	1742,25	*	54,00
		929,20	*	46,00	1858,40	*	54,00
					1974,55	*	54,00
					2090,70	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
199,25	C9	238,15	*	46,00	1190,75	*	54,00
		476,30	*	46,00	1428,90	*	54,00
		714,45	*	46,00	1667,05	*	54,00
		952,60	*	54,00	1905,20	*	54,00
					2143,35	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
511,25	C26	550,15	*	46,00	1100,30	*	54,00
					1650,45	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
703,25	C50	742,15	*	46,00	1484,30	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			

Çizelge 82 42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM

SECAM DK Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
59,25	C2	98,15	*	46,00	1079,65	*	54,00
		196,30	*	46,00	1177,80	*	54,00
		294,45	*	46,00	1275,95	*	54,00
		392,60	*	46,00	1374,10	*	54,00
		490,75	*	46,00	1472,25	*	54,00
		588,90	*	46,00	1570,40	*	54,00
		687,05	*	46,00	1668,55	*	54,00
		785,20	*	46,00	1766,70	*	54,00
		883,35	*	46,00	1864,85	*	54,00
		981,50	*	54,00	1963,00	*	54,00
					2061,15	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
85,25	C4	124,15	*	46,00	1117,35	*	54,00
		248,30	*	46,00	1241,50	*	54,00
		372,45	*	46,00	1365,65	*	54,00
		496,60	*	46,00	1489,80	*	54,00
		620,75	*	46,00	1613,95	*	54,00
		744,90	*	46,00	1738,10	*	54,00
		869,05	*	46,00	1862,25	*	54,00
		993,20	*	54,00	1986,40	*	54,00
					2110,55	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
207,25	C10	246,15	*	46,00	1230,75	*	54,00
		492,30	*	46,00	1476,90	*	54,00
		738,45	*	46,00	1723,05	*	54,00
		984,60	*	54,00	1969,20	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			
543,25	C30	582,15	*	46,00	1164,30	*	54,00
					1746,45	*	54,00
		Other Sources	*	46,00			

Çizelge 83 42" W 100Hz TFT LCD IDTV' ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM SECAM L Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
63,75	C4	102,65	*	46,00	1026,50	*	54,00
		205,30	*	46,00	1129,15	*	54,00
		307,95	*	46,00	1231,80	*	54,00
		410,60	*	46,00	1334,45	*	54,00
		513,25	*	46,00	1437,10	*	54,00
		615,90	*	46,00	1539,75	*	54,00
		718,55	*	46,00	1642,40	*	54,00
		821,20	*	46,00	1745,05	*	54,00
		923,85	*	46,00	1847,70	*	54,00
					1950,35	*	54,00
					2053,00	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
200,00	C8	238,90	*	46,00	1194,50	*	54,00
		477,80	*	46,00	1433,40	*	54,00
		716,70	*	46,00	1672,30	*	54,00
		955,60	*	54,00	1911,20	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
583,25	C35	622,15	*	46,00	1244,30	*	54,00
					1866,45	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			

Çizelge 84 42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin SYSTEM PAL I Yayın Sistemindeki Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
53,75	CB	92,65	*	46,00	1019,15	*	54,00
		185,30	*	46,00	1111,80	*	54,00
		277,95	*	46,00	1204,45	*	54,00
		370,60	*	46,00	1297,10	*	54,00
		463,25	*	46,00	1389,75	*	54,00
		555,90	*	46,00	1482,40	*	54,00
		648,55	*	46,00	1575,05	*	54,00
		741,20	*	46,00	1667,70	*	54,00
		833,85	*	46,00	1760,35	*	54,00
		926,50	*	46,00	1853,00	*	54,00
					1945,65	*	54,00
					2038,30	*	54,00
					2130,95	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
199,25	CG	238,15	*	46,00	1190,75	*	54,00
		476,30	*	46,00	1428,90	*	54,00
		714,45	*	46,00	1667,05	*	54,00
		952,60	*	54,00	1905,20	*	54,00
					2143,35	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
471,25	C21	510,15	*	46,00	1020,30	*	54,00
					1530,45	*	54,00
					2040,60	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			
623,25	C40	662,15	*	46,00	1324,30	*	54,00
					1986,45	*	54,00
		Other Sources:	*	46,00			

- İkinci Aşamada test noktası Anten Girişi (Antenna input) ve Dijital Receiver Modda, LCD TV aşağıda listelenen kanallara ayarlanarak ayrı ayrı ölçüm alınmaktadır. Alıcı girişindeki test sinyalinin seviyesi 70 dBμV' dur.

Çizelge 85 42" W 100Hz TFT LCD IDTV'ye Uygulanan Anzac Testinin 8 MHz UHF DVB-T DVB-C için Ölçüm Değerleri

FREQUENCY (MHz)	CHANNEL	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)	FREQUENCY (MHz)	VALUE (dBuV)	LİMİT (dBuV)
474,00	21	510,13	*	46,00	1020,25	*	54,00
					1530,38	*	54,00
					2040,50	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
506,00	25	542,13	*	46,00	1084,25	*	54,00
					1626,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
546,00	30	582,13	*	46,00	1164,25	*	54,00
					1746,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
586,00	35	622,13	*	46,00	1244,25	*	54,00
					1866,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
626,00	40	662,13	*	46,00	1324,25	*	54,00
					1986,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
666,00	45	702,13	*	46,00	1404,25	*	54,00
					2106,38	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
706,00	50	742,13	*	46,00	1484,25	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
786,00	60	822,13	*	46,00	1644,25	*	54,00
		Other sources	*	46,00			
858,00	69	894,13	*	46,00	1788,25	*	54,00
		Other sources	*	46,00			

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez konusu kapsamında anakartları, power kartları, panel büyüklükleri, üretici firması gibi parametreleri aynı olan sadece biri 50Hz diğeri 100Hz iki ayrı LCD TV , EN 55013 elektromanyetik yayım standardının öngördüğü şekilde testlere tabi tutuldular. Her iki cihaz da aynı test ortamlarında aynı şartlarda birbirine yakın frekanslarda test edildi. Ölçüm sonuçları grafiklerle desteklenerek karşılaştırmalar yapıldı.

İlk olarak yapılan iletim yollu yayınım testinde (CE); 50 Hz TFT LCD TV için çalışma prensiplerine bağlı olarak analog mod, dijital mod, teletex mod ve stand-by mod gibi değişik modlarda ayrı ayrı yapılan ölçümlerde cihazdan kaynaklanan iletim yollu yayınımın standartlarla belirlenen sınır değerlerden pozitif yönde uzaklaşma payının yine aynı modlarda teste tabi tutulan 100 Hz cihaza göre daha fazla olduğu tespit edildi. Örneğin bizim teste tabi tuttuğumuz cihazda Quasipeak değeri için fark (margin) değerlerinin ortalaması 15,0775 ve ortalama yayınım değeri için fark değeri ortalaması 12,80 iken 100 Hz TV için aynı değerler sırasıyla 10,97 ve 7,7 çıkmıştır. Bu sonuçlar dikkate alındığında rahatlıkla söylenebilir ki; tarama frekansı 100 Hz olan televizyonlar iletim yolu ile daha yüksek oranlarda elektromanyetik yayınım yapmaktadırlar.

Işınım yollu yayınım (RE) testi; Analog, Dijital Receiving Mode Kanal 25 (Channel 25 (503.25 Mhz) ve local osilator mode Horizontal ve Vertical Polarizasyonlarda 50 Hz ve 100 Hz TV'lere ayrı ayrı uygulandı. Ölçüm değerleri karşılaştırıldığında; Dijital ve Local Osilatör modlarında önemli bir fark gözlenmedi. Fakat Analog modda yapılan test ölçümlerinde; 50 Hz TV için alınan değerler standartla belirlenen sınır değerlerinin çok altında kalırken 100 Hz TV için alınan ölçüm değerlerinin bazı çalışma frekanslarında sınır değerlerinin üzerinde çıktığı

tespit edildi. Bu durum; 100 Hz TV, EN 55013 standardının öngördüğü Işınım yollu yayınım (RE) testinden başarısız olduğu anlamına gelmektedir ki 100 Hz TV'lerin bu şekilde üretimlerinin yapılıp piyasaya sürülmeleri söz konusu olmamaktadır. Ancak üretici firma bu ürüne bazı modifiye işlemleri yapıp işlem sonunda tekrar teste tabi tutarak testten geçtiğini garanti ettiği taktirde seri üretime geçebilmektedir.

Anten Bağlantı Ucu Bozulma Gerilimi (Anzac) için aynı karşılaştırmayı yaptığımızda 50 Hz Tv ile 100 Hz TV arasında önemli bir fark gözlenmemiş, her iki cihazında testi kolaylıkla geçtiği tespit edilmiştir.

Bu tez kapsamında incelenen testleri genel olarak incelediğimizde sonuç olarak; gelişen görüntü işleme teknolojisine bağlı olarak farklı frekanslarda kullanıma sunulan LCD TV'ler için frekans yükseldikçe çevreye verdiği elektromanyetik sızıntı miktarı artmaktadır. Fakat üretici firmalar değişik modifiye işlemleri ile bu sızıntı miktarını yine ilgili standartlarla belirlenen sınır değerlerinin altında tutmak zorundadır.

KAYNAKLAR

CENELEC. (2006). EN 55013:2001+A1:2003+A2:2006 – Sound and television broadcast receivers and associated equipments – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement.

CENELEC. Interpretation Sheet 1 EN 55013:2001+A1:2003+A2:2006/IS1:2009 , 2009,
http://www.evs.ee/Checkout/tabid/36/screen/freedownload/productid/190874/doclang/en/EVS_EN_55013;2001_IS1;2009_en.aspx

CENELEC. (1989). EMC Directive, 89/336/EEC, Article 4.

CISPR 13: 2001+A1:2003+A2:2006, Article 4

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği (89/336/AT) 30/12/2006 tarih ve 26392 sayılı R.G.

TS EN 55013/A1:2008; TS EN 55013/A2:2008; – Ses ve televizyon yayını alıcıları ve bunlarla ilişkili cihazlar - Radyo bozulma karakteristikleri - Ölçme metotları ve sınır değerleri , 31.01.2008

Williamson-Labs, EMC,
(http://williamson-labs.com/index.html)

Björklöf D., EMC Standards and Their Application, 1999,
http://www.ce-mag.com/99ARG/EMCStandards61.html

Electromagnetic Compatibility.1998,
http://www.analab1.com/emc.html

SEVGİ, Elektromanyetik Kirlilik ve EMC Mühendisliği-I, 2003,
www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LSevgi/EMC_YAZI/emc_tekno1.pdf

SEVGİ, Elektromanyetik girişim kaynakları – Elektrik ve manyetik dipoller ... , Endüstriyel & Otomasyon, Aralık 2003

SEVGİ, 2004, Elektromanyetik girişim kaynakları – Elektromanyetik Uyumluluk Test/Ölçüleri – I: Tanımlar, Kavramlar ... , Endüstriyel & Otomasyon

SEVGİ, 2004, Elektromanyetik girişim kaynakları – EMC ve Korunma yöntemleri: (I) Ekranlama ..... , Endüstriyel & Otomasyon

SEVGİ, 2004, Elektromanyetik girişim kaynakları – EMC ve Korunma yöntemleri: (IV) Kablo ve konnektörler ..., Endüstriyel & Otomasyon

Elektromanyetik Uyumluluk Testleri (EMC),
(http://www.sistemer.com/emc.php)

Svacina J. , 2005, Open-Area Test Site Measurements: Dealing with Ambients, http://www.ce-mag.com/archive/05/01/006.html

Common EMC Measurement Terms, 2009, http://www.ets-lindgren.com/pdf/ant11.pdf

Kiemel G, 2002. Comparing Fully Anechoic Chambers To Semianechoic Limits. http://www.ce-mag.com/archive/02/Spring/kiemel.html

Hoolihan D., 2004, CISPR Standards for EMC: An Overview and Updates, http://www.ce-mag.com/archive/04/Hoolihan.html

.