

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**UÇAK BAKIM**

**ELEKTROSTATİK DEŞARJ VE  
ELEKTROMANYETİK ÇEVRE  
522EE0032**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. ELEKTROSTATİK DEŞARJLARA HASSAS ÜNİTELER .....	3
1.1. Risk ve Muhtemel Hasar Konularında Duyarlılık .....	3
1.2. Komponentler ve İnsanlar İçin Anti-Statik Koruma Üniteleri .....	6
1.2.1. Uyarı Etiketleri .....	6
1.2.2. Antistatik ve İletken Poşetler .....	7
1.2.3. Ambalaj Köpükleri .....	8
1.2.4. Masa Örtüleri/Kaplamaları .....	8
1.2.5. Anti Statik Bileklik .....	9
1.2.6. Antistatik Ayakkabı .....	10
1.2.7. Antistatik Topuk Bantları .....	10
1.2.8. Antistatik Önlük .....	10
1.2.9. Antistatik Yer Kaplamaları .....	10
1.2.10. İyonizasyon Cihazları .....	11
1.2.11. Antistatik Koltuklar .....	11
1.2.12. Antistatik Kimyasallar .....	11
1.2.13. Bileklik ve Topuk Bandı Test Cihazı .....	12
1.3. Elektrostatik Deşarjlara Hassas Komponentlerin Özel Taşıma/Kullanma Yöntemleri (Handling) .....	12
UYGULAMA FAALİYETİ .....	18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	20
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	21
2. ELEKTROMANYETİK ÇEVRE .....	21
2.1. EMC – Elektromanyetik Uyumluluk .....	21
2.2. EMI – Elektromanyetik Girişim .....	23
2.2.1. Ekranlama .....	24
2.2.2. Topraklama .....	26
2.2.3. Kablolar ve Konnektörler .....	27
2.2.4. Filtreler .....	28
2.3. HIRF – Yüksek Şiddetli Radyasyon Alanı .....	29
2.4. Yıldırım / Yıldırımdan Korunma .....	30
UYGULAMA FAALİYETİ .....	33
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	35
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	36
CEVAP ANAHTARLARI .....	37
KAYNAKÇA .....	38

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EEO032</b>
<b>ALAN</b>	<b>Uçak Bakım</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Uçak Gövde Motor Uçak Elektronik</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Elektrostatik Deşarj ve Elektromanyetik Çevre</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Elektrostatik deşarj, elektromanyetik uyumluluk, elektromanyetik girişim ve yıldırım konularının ve bu konularda alınacak önlemlerin anlatıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/16
<b>ÖN KOŞUL</b>	Displayler ve Kokpit Aletleri modülünü başarmış olmak
<b>YETERLİK</b>	Dış unsurlara karşı koruma ünitelerini kullanabilmek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Gerekli ortam sağlandığında, uçak sistemlerine etki eden dış unsurlara karşı koruma ünitelerini tekniğine uygun olarak kullanabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <b>1.</b> Elektrostatik deşarjlara karşı koruma ünitelerini tekniğine uygun olarak kullanabileceksiniz. <b>2.</b> Elektromanyetik girişime karşı önlem alabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Atölye, derslik ve uçak bakım hangarı <b>Donanım:</b> ESD bilekliği, ESD tester, CMOS entegreler, manyetik alan ölçer
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içerisindeki her bir öğrenme faaliyetinden sonra belirtilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendirebileceksiniz. Modülün sonunda ise kazanmış olduğunuz bilgi, beceri ve tavırlarınız öğretmenin tarafından hazırlanacak ölçme araçları ile değerlendirilecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Teknolojik gelişmelerin çok hızlı yaşandığı dünyamızda uçak sanayinde de gelişmeler yaşanmaktadır. Hava yolu taşımacılığı; konfor hız ve zaman açısından karayolu ve demiryolu taşımacılığı kadar tercih edilir duruma gelmiştir. Sektörde bulunan uçak şirketleri kapasite artırarak ve modernizasyon yatırımları gerçekleştirerek uluslararası standartlara uygun çalışmaktadırlar. Hava taşımacılığında uçak şirketlerinin üzerinde titizlikle durduğu konuların başında kalite ve güvenlik önlemleri gelmektedir. Uçak bakım merkezlerinde, uçak imalat sanayinde ve havacılık sektörünün her biriminde güvenlik önlemleri en üst seviyede alınmalıdır. Unutmayınız ki, hareket halinde herhangi bir nedenle arızalanan bir otomobilden inme şansınız, havada arızalanan bir uçaktan inme şansınızdan çok daha fazladır.

Siz bu modülle elektronik ve uçak elektronik sistemlerini etkileyerek güvenlik ve kaliteye zarar veren dış etkilere karşı önlem alma yöntemleri hakkında gerekli bilgi ve beceriye sahip olacaksınız.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında elektrostatik deşarjlara karşı koruma ünitelerini tekniğine uygun olarak kullanabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Uçaklarda, uçak bakım ve üretim tesislerinde elektrostatik deşarja karşı alınan önlemleri araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşarak tartışınız.
- Elektronik imalat, montaj ve test işlemleri yapılan işletmelerde elektrostatik deşarja karşı alınan önlemleri araştırınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşarak tartışınız.

## 1. ELEKTROSTATİK DEŞARJLARA HASSAS ÜNİTELER

### 1.1. Risk ve Muhtemel Hasar Konularında Duyarlılık

Farklı yüklere sahip iki madde birbirine yaklaştırıldığında, yüksüz maddeler birbirine temas ettiğinde veya sürtüldüğünde bir maddeden diğerine elektron akışı olur. Bu akıma elektrostatik deşarj (ESD) denir.

Statik yükler; iletken maddeler ve iletken olmayan maddeler üzerinde olabileceği gibi insanlar üzerinde de oluşabilir. İnsan vücudu bir direnç olduğu kadar aynı zamanda bir kondansatördür. İnsanlar; yürümeleri esnasındaki sürtünmelerden, araçlara inip binerken, masada çalışırken vb. günlük aktiviteleri sırasında (+) veya (-) elektrik yükü ile yüklenirler. Çoğu insan günlük hayatta tokalaşırken, kapı koluna dokunduğunda çarpılma hissi yaşamıştır. İşte bu durum, insan üzerinde biriken elektrostatik yükün boşalmasıdır ( deşarj).



**Şekil 1.1: Yükün boşalması**

Tablo 1.1’de insanların günlük aktiviteleri sırasında üzerinde biriken statik elektrik miktarını göstermektedir. Tabloda dikkat ederseniz ortamın nem oranı arttıkça yüklenen voltaj seviyesi düşmektedir. Yani nem oranı düşük ortamlarda( kuru ortamlar) daha çok statik yük birikmesi olur. Ayrıca hızlı hareketler (koşma gibi) ESD’ de artış meydana getirir.

Statik Elektrik Oluşturan Faktörler	Voltaj Seviyeleri	
	%10-20 bağıl nem	%65-90 bağıl nem
Halı üzerinde yürümek	35000 V	1500 V
Masa üzerinde plastik kapların itilip çekilmesi	20000 V	1200V
Poliüretanla kaplı sandalyede çalışmak	18000 V	1500 V
Plastik zeminde yürümek	12000 V	250 V
Tezgâhta veya masada çalışmak	6000 V	500 V

**Tablo 1.1: Günlük aktivitelerde statik elektrikli oluşturulan faktörler ve voltaj seviyeleri**

Günümüzde elektronik endüstrisindeki gelişmeler beraberinde birçok sorunu da birlikte getirmektedir. Bu sorunlardan en önemlisi elektrostatik deşarj( ESD) konusudur. Bilim adamlarına göre tüm elektronik malzeme arızalarının %25’i, çalışan cihaz arızalarının %50’si ESD’nin verdiği hasardan oluşmaktadır.

ESD; üretim, montaj, test ve kontrol, paketleme, yükleme, depolama, taşıma, onarım ve kullanım sırasında oluşabilir.

İnsanlar yaklaşık olarak 3000 voltluk elektrostatik deşarjı hissedebilirler. 3000 voltun altındaki ESD’yi insanlar hissetmezler ve elektronik ekipmanla temas ettikleri zaman bu yükleri hiç hissetmeseler bile, ekipmana transfer ederler. Çok küçük seviyedeki boşalma elektronik ekipmanlara çok büyük zarar verir. ESD ye duyarlı malzemelerin zarar göreceği en küçük boşalma değeri 10 voltur.





**Şekil 1.2: Yükün çalışma ortamında boşalması**

Bu zarar hemen tespit edilebildiği gibi kullanım sırasında da ortaya çıkabilir. Bu zararın tespit edilmesi çoğu zaman imkânsızdır. Ancak bir elektron mikroskobu ile incelenirse fark edilebilir. Tek bir elemanın bozulması küçük bir sorun gibi gözükse de bu elemanın kullanıldığı cihazın çalışmaması, arıza tespiti için geçen süre ve arıza tespitinin zorluğu gibi etmenler düşünüldüğünde aslında bu zararın maliyetinin çok büyük boyutlara ulaşacağını söylemek yanlış olmaz. Dünyadaki ESD arızalarının günümüze kadar maliyeti 25 trilyon dolar civarındadır. İşte bu nedenle ileri teknoloji imalatı yapan ve kullanılan her yerde ESD önlemi almak gerekmektedir. Bu tür yerlere örnek olarak; uçak bakım ve üretim tesisleri, radar kontrol birimleri, ameliyathaneler, yoğun bakım üniteleri, emar ve röntgen odaları, elektrik elektronik imalat montaj ve test birimleri, bilgi işlem merkezleri, matbaalar, ilaç sanayi gibi yerler örnek verilebilir.

Bazı elektronik elemanların bozulacağı eşik voltaj seviyeleri Tablo 1.2’de verilmiştir.

<b>ELEMAN ADI</b>	<b>BOZULMA VOLTAJI(VOLT)</b>	<b>ELEMAN ADI</b>	<b>BOZULMA VOLTAJI(VOLT)</b>
<b>MOSFET</b>	100	<b>SHOTTKY DİYOT</b>	300
<b>EPROM</b>	100	<b>DÜŞÜK GÜÇLÜ BJT</b>	370
<b>JFET</b>	150	<b>FİLM DİRENÇ</b>	300
<b>OP-AMP</b>	180	<b>LASER DİYOT</b>	180
<b>CMOS</b>	250	<b>SCR</b>	680

**Tablo 1.2: Bazı elektronik devre elemanlarının bozulabileceği eşik voltaj değerleri**

ESD' ın verdiği zararlar;

- Yüksek maliyet,
- Düşük kaliteli ürün,
- Özellikle kritik zamanlarda ortaya çıkan cihazın çalışmaması, olarak sıralanabilir.

Uçaklarda, kabinde oluşan statik elektrik uçuş güvenliğini tehdit etmektedir. Bazen 15000 volta çıkan statik elektrik yolculara büyük zarar verebilir. Ayrıca elektronik aletlerin bozulmasına sebep olabilir. Kokpitte bulunan ve çok hassas olan uçuş bilgisayarı, radar veya kabindeki kişisel ekranlar çok sık statik elektrik nedeniyle arıza yapmaktadır. Yapılan araştırmalarda, çok uzun menzilli uçuşlarda, dijital yolcu kontrol ünitesinde, değişik uçak tiplerinde 5000–10000 volt civarında statik elektrik görülmüştür. Uzun menzilli uçuşlarda yolcular üzerinde yaklaşık 15000 volt statik yük birikebilir.

Uçakların dış yüzeylerinde de bulutlardan ve hava zerreciklerinden dolayı statik elektrik yükü oluşur. Bu yükün deşarj edilmesi için uçaklarda deşarj püskülleri bulunur. Ayrıca uçaklar yakıt ikmalî sırasında da topraklama yapılarak ESD koruma önlemi alınır.

## 1.2. Komponentler ve İnsanlar İçin Anti-Statik Koruma Üniteleri

İnsanların almış oldukları statik elektrik hem sağlıklarına hem de kullanmış oldukları elektronik cihazlara zarar vermektedir. ESD'ye karşı koruma amaçlı birçok malzeme vardır. Bu malzemelerin tümü Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CELENEC) ve Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) belirlediği standartlara göre imal edilirler.

Antistatik malzemeler yalıtkan olamayacağı gibi tam iletken de olmamalıdır. İletkenlerin alan direnci  $10^4$ - $10^5$  ohm arasındadır ve hızlı deşarj sağlarlar, yalıtkanların alan direnci  $10^{12}$  ohmdan büyüktür ve tam bir statik yük oluşturma kaynağıdır. Bu malzemelerin tam arasında kalan, alan direnci  $10^6$ - $10^{12}$  ohm olan ve istenilen özellikleri sağlayan malzemelere; ANTİSTATİK malzemeler denir. Antistatik malzemeler statik elektriğin oluşmasını engelleyerek elektronik devre elemanlarının ve cihazların zarar görmesini önleyen malzemelerdir. Antistatik ekipmanlar hızlı deşarj olmamalı, belli bir alan direnci oluşturmaları ve dereceli olarak iletim ortamı sağlanmalıdır.

### 1.2.1. Uyarı Etiketleri

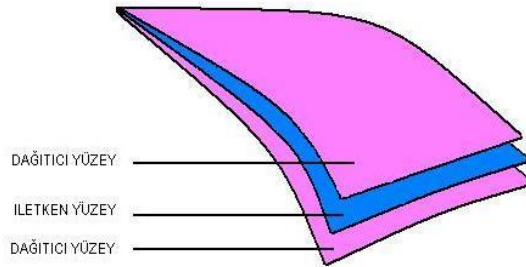
Cihazların, elemanların kullanacak veya taşıyacak kişi tarafından ESD duyarlı olduğunun anlaşılabilmesi için kullanılırlar. Ayrıca, ESD duyarlı alanlarda da uyarı etiket ve levhaları kullanılır.



Resim 1.1: ESD uyarı etiket ve levhaları

### 1.2.2. Antistatik ve İletken Poşetler

Statik elektrikten etkilenebilecek her türlü elektronik aletin taşınması ve depolanması esnasında kullanılır. Değişik tür ve ebatları vardır. Metalik poşetler, sürtünmeden dolayı elektronik malzemenin üzerindeki statik elektriği önler. 3 katmanlıdır; dağıtıcı yüzey, iletken yüzey, dağıtıcı yüzey.



Şekil 1.3: ESD poşeti

Pembe poşetler; statik elektriğin dağıtımını sağlar, tek katmanlıdır. Siyah poşetler; tek katmanlıdır ve iletken ortam sağlar. Elektromanyetik dalgalar iletken ortamlardan geçemezler ve böylece manyetik hafıza barındıran sistemler korunmuş olur. İletken poşetler manyetik alandan bozulabilecek disket vb. malzemelerin taşınması için ideal malzemelerdir. Neme karşı korumalı olanları da olup birçok çeşidi bulunur. Tüm poşetlerde antistatik uyarı işareti, üretim tarihi ve raf ömrü ile üreten firma işareti olması gerekmektedir.



Resim 1.2: Antistatik poşetler

### 1.2.3. Ambalaj Köpükleri

Ambalajlamada ve elektronik komponentlerin taşınması ve muhafazasında kullanılır. Elektronik elemanlar (entegreler, mosfet, fet vb.) köpüklerin üzerine batırılarak muhafaza edilir.

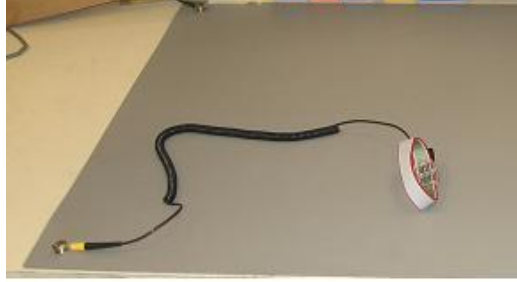


Resim 1.3: Ambalaj köpükleri

### 1.2.4. Masa Örtüleri/Kaplamaları

Antistatik ve iletken çeşitleri vardır. Tek, iki veya üç katmanlı olup; tek katmanlı bir dağıtıcı yüzeyden, iki katmanlı dağıtıcı yüzey ve iletken tabakadan, üç katmanlı dağıtıcı yüzey+iletken yüzey+dağıtıcı yüzey şeklinde imal edilirler. Sıcak lehim ve kimyasallara karşı dayanıklı olmalıdır. Masa örtüleri ve kaplamaların standartlara uygun olarak imal

edilmesi gerekir. Masa örtüleri ve kaplamaların standart direnç değerleri  $R_g = 10^4 - 10^9 \Omega$  /  $R_g = 7,5 \times 10^6 \Omega - 3,5 \times 10^9 \Omega$  olmalıdır.



**Resim 1.4: ESD masa örtüsü**

### 1.2.5. Anti Statik Bileklik

Tekstil dokuma ve metal olarak imal edilir. Özellikle hassas elektronik aletlerle çalışan kişilerin topraklanmasında kullanılır.

Bilekliklerin direnç değerleri  $R_g = 7,5 \times 10^5 \Omega - 3,5 \times 10^7 \Omega$  olmalıdır.



**Resim 1.5: ESD bileklik**



**Resim 1.6: ESD bileklik ve bağlantı uçları ve topraklama kabloları**

### 1.2.6. Antistatik Ayakkabı

Antistatik ayakkabılar, statik yüklerin dağıtılması yoluyla, statik elektrik yüklerinin en aza indirilmesinin gerekli olduğu ortamlarda( yanıcı ve parlayıcı ortamlar gibi) kullanılır. Vücuttaki biriken statik elektriği, iletken veya antistatik zeminden boşaltmaya yararlar. Ayakkabıların direnç değerleri  $R_g = 7,5 \times 10^5 \Omega - 3,5 \times 10^7 \Omega$  olmalıdır.

### 1.2.7. Antistatik Topuk Bantları

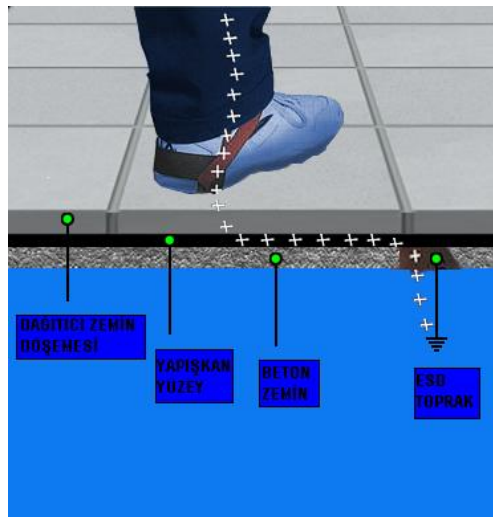
Antistatik ayakkabıya alternatif olarak, çalışanların ve ziyaretçilerin kendi ayakkabılarını kullanarak vücutlarındaki statik elektriği antistatik zemin üzerinden topraklanmalarını sağlar.

### 1.2.8. Antistatik Önlük

Genellikle önlükler %89 polyester, %11 karbon alaşımıdır. Karbon yedirilmiş kumaş, elektriğin iletkenliğini sağlar. Dışarıdan ya da kıyafetlerin oluşturacağı statik yüklenmeyi önler. Tek katmanlı ve iletken olmaları gerekmektedir. Bileklikle de bağlanabilecek şekilde olanları da vardır.

### 1.2.9. Antistatik Yer Kaplamaları

Karbon yedirilmiş plastik alaşımıdır. Taban bakır barlarla örülü ve topraklanmıştır. Yapışkanı karbonludur, iletim sağlanmış aynı zamanda yürüme esnasında statik elektrik oluşurması önlenmiştir. Özel kimyasallarından başka temizleyiciler ile silinmemelidir. Özellikle deterjan vb. malzemelerle silindiğinde üzerinde lak oluşturacağından sıradan temizleyicilerden kesinlikle kaçınılması gerekmektedir. Kimyasal temizleyiciler yoksa yalnızca nemli bir bezle silinmelidir. Antistatik yer kaplamalarının yapısı Şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4: Antistatik yer kaplamasının yapısı

## 1.2.10. İyonizasyon Cihazları

Hassas elektronik aletlerin olduğu ortamlarda plastik bardak gibi yalıtkan malzemeler büyük tehlike oluşturmaktadır. Tamamen yalıtkan malzemelerin üzerlerinde oluşabilecek yükleri topraklama yoluyla nötralize etmek mümkün değildir. Bu yüzden bu tür risklerin bulunduğu yerlerde ortama (-) ve (+) iyon üflenerek yalıtkan malzemeyi nötralize edebilecek özel iyonizasyon cihazları kullanılmalıdır. İyonizasyon cihazları statik yükün oluştuğu noktalara yakın konulmalı ve statik yükün oluşma hızına uygun kapasitelerde seçilmelidir.

## 1.2.11. Antistatik Koltuklar

ESD/ İletken özellikte koltuklardır. Antistatik özellikteki koltuklar; tekstil, özel fiberler ve metal tellerle oluşturulmakta ve böylece vücutta bulunan statik elektriğin zemine deşarjı sağlanmaktadır.

Kimya, ilaç, medikal, petrol ve askeri sanayide, hastane temiz odaları ve elektronik üretim yapan işletmelerde kullanılır.

## 1.2.12. Antistatik Kimyasallar

Halı, vinyllex gibi malzemelere tatbik edildiğinde çok ince antistatik katman oluşturur. Antistatik örtü, yer kaplaması gibi zeminlere sürüldüğünde antistatik özelliklerini artırır ve uzun ömürlü olmalarını sağlar.



Resim 1.7: ESD temizleyici

### 1.2.13. Bileklik ve Topuk Bandı Test Cihazı

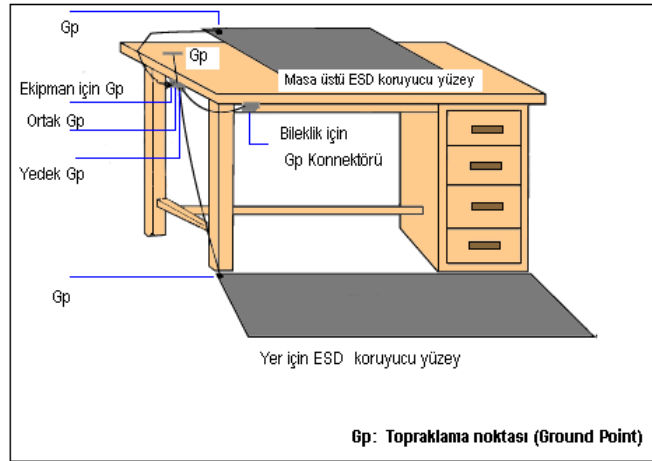
Antistatik bileklik, bileklik kordonu ve topuk bandı testini yapmak için kullanılan test cihazıdır. Taşınabilir veya sabit bir yere monte edilebilir çeşitleri vardır. Yapılan testlerin sonuçlarını üzerinde bulunan ışıklı göstergelerle gösterir. Olumsuz test sonucunda uyarı verir.

Tüm bu malzemelerin dışında da birçok ESD duyarlı malzemeler kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak eldiven, el aletleri ( pense, tornavida, çekiç gibi), değişik tip ve boyutta malzeme kutuları, malzeme dolapları, çekmeceler, ambalaj bantları, yer cilaları ve boyalar sayılabilir.

**Not:** Antistatik ekipmanlar yüksek teknoloji kullanılan her yerde güven ve emniyet sağlar.

### 1.3. Elektrostatik Deşarjlara Hassas Komponentlerin Özel Taşıma/Kullanma Yöntemleri (Handling)

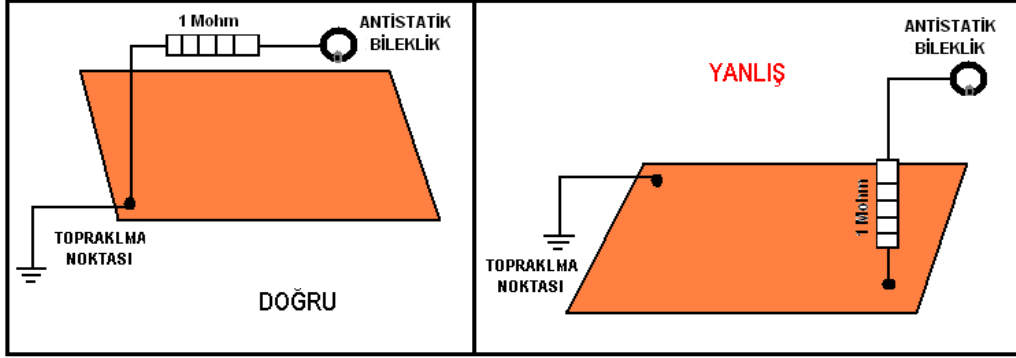
- Çalışma alanınızı statik yükten arınmış hale getiriniz. Çalışma alanı temiz tutulmalıdır. Toz ve kir ESD'ye neden oluşturabilecek koşullar meydana getirebilir. ESD'ye neden olacak hareketlerden kaçınılmalıdır. Sentetik ve yünlü giysilerden kaçınmanız statik elektriğin azalmasına katkı sağlar.



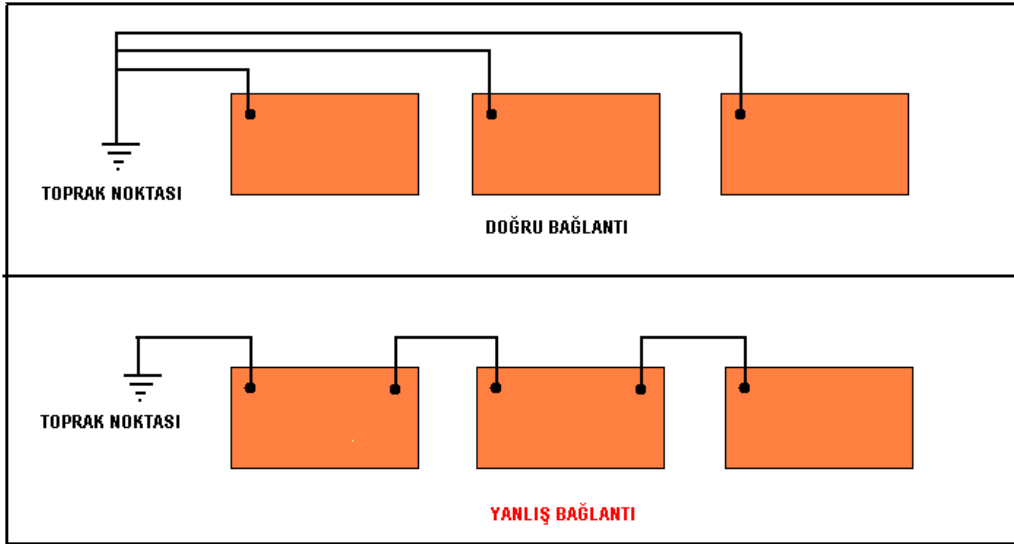
Şekil 1.5: ESD korumalı masa düzeni

- Mümkün olduğunca ESD koruyucu masalarda bileklik takılarak çalışılmalıdır. Bilekliklerin masalara bağlantısı Şekil 1.6'da verilmiştir. Masalara konan antistatik örtüler ortak noktalardan topraklanmalıdır. Masalara konan antistatik örtüler tek topraklanmalı ve seri bağlanmamalıdır (Şekil 1.7).



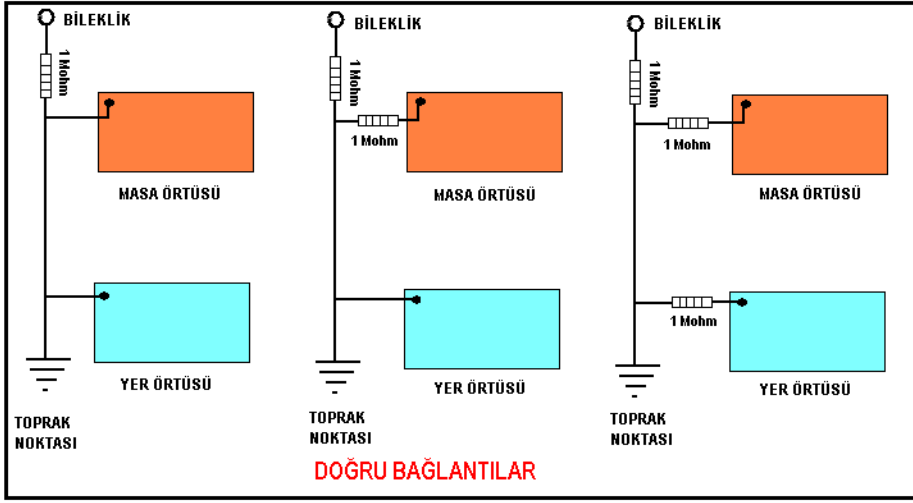


Şekil 1.6: Masa örtülerine bileziklerin bağlanması



Şekil 1.7: Masa örtülerinin topraklanması

- Çalışma masalarına konan antistatik örtüler ile antistatik yer örtülerinin bağlantıları aşağıdaki şekillerden birine uygun olmalıdır.



Şekil 1.8: Masa ve yer örtülerinin bağlantı şekilleri

- Kişisel topraklama bilekliğini sürekli takılı bulundurulmalı ve bileklikler daima çıplak bileğe takılmalıdır. Bilekliklerin bağlantı noktaları topraklanmalıdır.



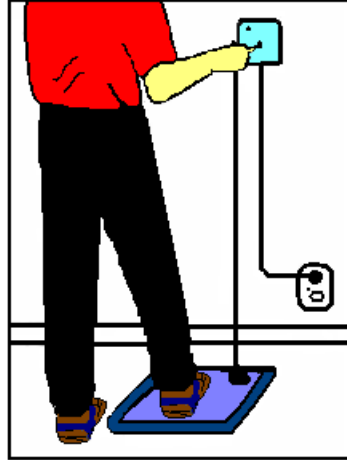
Resim 1.8: Bilekliğin takılışı

- Bileklikler her gün kontrol edilmelidir. Kontrol için uygun ESD tester kullanılmalıdır. Kontrol şu şekilde yapılmalıdır. Bileklik bileğe takılır, bilekliğin fişi tester soketine takılır. Parmak tester üzerindeki metal plakaya dokundurulur. Tester üzerindeki yeşil PASS lambası yanıyorrsa bileklik uygun demektir.



**Resim 1.9: Bileklik ve topuk bandı tester**

- Masa örtülerinin toprak bağlantıları da en az ayda bir kez kontrol edilmelidir. Bu kontrol şöyle yapılmalıdır. Bileklik ve topuk bandı, testerin topuk bandı test ucu ile masa örtüsünün toprak ucu bir kablo ile birleştirilir. Bileklik takılmadan bir el masada diğer elin parmağı ile tester üzerindeki metal plakaya dokunulur. Eğer uygun ise tester üzerindeki yeşil PASS lambası yanar.
- Topuk bantlarının her ikisi de her gün kontrol edilmelidir. Topuk bandı testi ise şöyle yapılır. Testerin topuk bandı test ucuna, topuk bandı plakası takılır. Topuk bandı ayağa geçirilip topuk bandı plakasına basılır ve testerin metal plakasına dokunulur. Eğer uygun ise yeşil PASS lambası yanar.



**Şekil 1.9: Topuk bandı testi**

- Yalıtılmış alet, plastik bant, plastik paketlenme gibi statik elektriğe neden olacak malzemeler ve ESD duyarlı malzemelerin birbirine temas etmesi önlenmelidir.
- ESD riski olan yüzeyler antistatik temizleyiciler ile temizlenmelidir. Yalnızca onaylı ESD temizleyicileri kullanılmalıdır.



**Resim 1.10: ESD onaylı temizleyiciler**

- Tüm ESD duyarlı malzemeleri bütünüyle statik korumalı kutulara koyulmalı ve kutular tamamen kapatılmalıdır. Paketleme ve taşımada yalnızca ESD onaylı malzemeler kullanılmalıdır. Statik korumalı kutuların içinde plastik torbalar ve köpükler ESD hasarı oluşturabileceğinden bu tür malzemeler bu kutulara koyulmamalıdır. Tüm kutu ve ambalajların üzerine doğru etiket yapıştırılmalıdır. Etiketleri yapıştırırken her açıdan rahatlıkla görülmesine dikkat edilmelidir. Ambalajlamada kullanılacak bantlar antistatik bantlar olmalıdır.

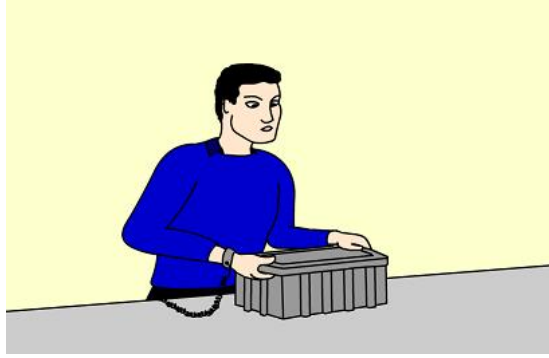


**Resim 1.11: ESD kutu ve çekmeceler**



**Resim 1.12: Ambalajlama**


- ESD etiketleri kontrol edilmeli ve ESD duyarlı malzemelerin doğru etiketlendiğinden emin olunmalıdır. Etiketli malzemelere dokunmadan önce mutlaka bileklik takılmalıdır.
- Elektronik kartlar ESD bilekliği takılarak tutulmalı ve antistatik poşetlerde taşınmalıdır. Anitstatik kutularda muhafaza edilmelidir.



**Şekil 1.10: Bileklikle taşıma**

- Entegreler statik koruyucu tüplerde veya iletken karbon köpüklerden ayrılmadan taşınmalıdır.
- Tüm komponentlerin konnektör kapakları kapalı tutulmalıdır. Açıkta bırakılan pinler ESD'ye maruz kalabilir. Bunun için özel kapaklar kullanılmalıdır.
- Statik ortamlarda statik yükleri nötralize eden iyonize edici cihazlar kullanılmalıdır.
- Antistatik topuk bantları giyildiğinde her ikisi de ayrı ayrı kontrol edilmelidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Vücudunuzun sürtünme ile elektriklenmesini sağlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ayağınızda kauçuk ayakkabı bulunması, üzerinizde yünlü kıyafetlerin bulunması zeminin boydan boya halı kaplı olması ve hızlı hareketler yüklenmeyi hızlandırır.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kalorifer boru ve peteklerine, su tesisatındaki borulara, metal kapı koluna dokunabilirsiniz.</li><li>➤ Dokunduğunuz anda bir titreşim oluştuğunu gözlemleyiniz.</li></ul> 
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tekrar vücudunuzun sürtünme ile elektriklenmesini sağlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ayağınızda kauçuk ayakkabı bulunması, üzerinizde yünlü kıyafetlerin bulunması zeminin boydan boya halı kaplı olması, hızlı hareketler yüklenmeyi hızlandırır.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Çalışan bir devreden söktüğünüz hafızalı CMOS bir entegreye vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sağlam olduğundan emin olduğunuz entegre kullanmalısınız.</li><li>➤ CMOS entegresinin metal ayaklarına dokunarak üzerinizdeki yükü boşaltabilirsiniz.</li><li>➤ Ayaklara dokunduğunuzda bir titreşim oluştuğunu gözlemleyiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Entegreyi tekrar yerine takarak devrenin çalışıp çalışmadığını gözlemleyiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Takarken devrede enerji olmadığından emin olunuz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Antistatik bilekliğin uygunluğunu kontrol ediniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bileklik testerini kullanınız.</li><li>➤ Antistatik bilekliği çıplak kolunuza takmalısınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kolunuza antistatik bilekliği takarak vücudunuzun sürtünme ile elektriklenmesini sağlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Antistatik bilekliğin toprakla temasını sağlamanız gerekir.</li><li>➤ Ayağınızda kauçuk ayakkabı bulunması, üzerinizde yünlü kıyafetlerin bulunması, zeminin boydan boya halı kaplı olması ve hızlı hareketler yüklenmeyi hızlandırır.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kalorifer boru ve peteklerine, su tesisatındaki borulara, metal kapı koluna dokunabilirsiniz.</li> <li>➤ Herhangi bir titreşim olmadığını gözlemleyiniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bileklik kolunuzda takılı iken tekrar vücudunuzun sürtünme ile elektriklenmesini sağlayınız ve çalışan bir devreden söktüğünüz hafızalı CMOS'a dokunarak yükü boşatınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ayağınızda kauçuk ayakkabı bulunması, üzerinizde yünlü kıyafetlerin bulunması zeminin boydan boya halı kaplı olması ve hızlı hareketler yüklenmeyi hızlandırır.</li> <li>➤ Dokunduğunuzda herhangi bir titreşim olmadığını gözlemleyiniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entegreyi devresine takarak devrenin çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.</li> <li>➤ Tüm yaptığınız işlemlerden elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla yorumlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Takarken enerji olmadığından emin olunuz.</li> </ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Herhangi bir önlem almadan vücudunuzu statik elektrikle yükleyebildiniz mi?		
2. Vücudunuza yüklediğiniz statik elektriği bir metal üzerinden boşaltabildiniz mi?		
3. Uygun bir CMOS seçebildiniz mi?		
4. Önlemsiz statik elektrikle yüklenip, vücudunuzda oluşan yükü CMOS'a boşaltabildiniz mi?		
5. Devrenin çalışmadığını gözlemlediniz mi?		
6. Uygun bir antistatik bileklik bulabildiniz mi?		
7. Bileklik tester ile bilekliği kontrol edebiliyor musunuz?		
8. Antistatik bilekliği kolunuza takıp toprak temasını yapabildiniz mi?		
9. Bileklik taktıktan sonra statik elektrikle yükleme işlemini yapabildiniz mi?		
10. Bileklik takılarak yüklenen statik elektriğin boşalmasını sağlayabildiniz mi?		
11. Antistatik bileklik takıp statik elektrikle yüklediniz mi? Çalışan bir		
12. CMOS'a tekrar dokunduktan sonra yerine takıp devrenin çalışmaya devam ettiğini gözlemlediniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. İnsanların hissettiği en küçük statik elektrik boşalma gerilimi yaklaşık kaç voltur?  
A) 30 volt                      B) 300 volt                      C) 3000 volt                      D) 30000 volt
2. ESD' ye duyarlı malzemelerin zarar göreceği en küçük boşalma gerilimi kaç voltur?  
A) 10 volt                      B) 100 volt                      C) 200 volt                      D) 350 volt
3. ESD koruyucu bileklikler hangi sıklıkta kontrol edilmelidir?  
A) Ayda bir                      B) Haftada bir                      C) İki ayda bir                      D) Her gün
4. Statik yükleri yalıtkan malzemelerden nötralize etmek için hangi önlem alınmalıdır?  
A) İyonize edici cihaz kullanmak  
B) Yalıtkan maddeyi antistatik poşete koymak  
C) Yalıtkan maddeye etiket yapıştırmak  
D) Yalıtkan malzemeye topraklama yapmak
5. İletken olmayan ve topraklanmayan maddelere ne ad verilir?  
A) İletici                      B) Yalıtkan                      C) Yarı İletken                      D) ESD
6. ESD hasarı aşağıdaki durumlardan hangisinde oluşur?  
A) Montaj                      B) Paketleme                      C) Yükleme                      D) Hepsi
7. ESD oluşumunu önlemek için aşağıda verilenlerden hangileri doğrudur?  
I. Antistatik poşetler kullanmak  
II. Antistatik önlük ve ayakkabılar kullanmak  
III. Antistatik yer kaplamaları kullanmak  
IV. İyonize edici cihaz kullanmak  
A) I-II                      B) I-III                      C) I-II-III-IV                      D) I-II-IV
8. Masalara konan antistatik masa örtüleri için aşağıdakilerden hangileri doğrudur?  
I. Sıcak lehim ve kimyasallara karşı dayanıklı olmalı.  
II. Birden çok masa örtüsünün topraklaması seri olmalı.  
III. Masa örtüleri tek tek topraklanmalı.  
A) I-II                      B) I-III                      C) II-III                      D) I-II-III

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında elektrik ve elektronik sistemlerde EMC etkilerine karşı önlemleri tekniğine uygun olarak alabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Elektronik cihazların üzerinde yazılı CE işaretinin ne anlama geldiğini araştırınız. Topladığınız bilgileri arkadaşlarınızla tartışınız.

## 2. ELEKTROMANYETİK ÇEVRE

### 2.1. EMC – Elektromanyetik Uyumluluk

EMC-Elektromanyetik uyumluluk, elektrik-elektronik sistemlerin elektromanyetik bir ortamda istenilen verimlilikte çalışmasıdır. Yani bir sistem veya cihazın içinde bulunduğu elektromanyetik ortamda istenilen fonksiyonları tam olarak yerine getirebilmesidir. Bu cihaz veya sistemler aşağıdaki temel özelliklere sahip olmalıdır:

- EMI kaynaklarını yeterince bastırabilmelidir.
- Kublaj yolları yeteri kadar azaltılmış ve zayıflatılmış olmalıdır.
- Elektromanyetik ortamlarda çalışacak cihazlar yeterince güçlendirilmiş olmalıdır.

Bir cihazın elektromanyetik alanlardan etkilenmemesi ancak elektromanyetik girişime karşı bağımsızlığına bağlıdır. Ayrıca elektromanyetik girişime karşı bağımsızlık düşük ise elektromanyetik girişim nedeniyle cihazın veya sistemin işlevini yerine getiremez hale gelmesi alınganlık olarak adlandırılır. Tipik alınganlık sonuçlarından bazıları şunlardır:

- Sistem işleyişinde düzeltilebilecek küçük hatalar
- Haberleşme sistemlerindeki gürültüler
- Navigasyon sistemlerindeki hatalar
- Kritik olmayan veri toplama hataları

Bu sonuçlar nispeten daha önemsiz gibi görünse de

- Büyük sistemlerin devre dışı kalması
- Kritik cihazların kontrol kaybı
- Hayati haberleşme kaybı
- Temel navigasyon hatası

Şeklinde oldukça tehlikeli sonuçlar da oluşturabilir. EMC problemleri birkaç milimetre boyutundaki bir chip ya da birkaç cm<sup>2</sup> lik alanı kapsayan bir baskı devre için söz konusu olabileceği gibi yüzlerce metre kare alana yayılı büyük tümleşik bir sistem için de söz konusu olabilir.

Cihazların tasarımından üretimine kadar EMC problemleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu önlemlerin tasarım aşamasından başlayarak uygulanması önlemleri basitleştirdiği gibi maliyeti de azaltır. Cihaz üretildikten sonra ortaya çıkan EMC problemlerini gidermek oldukça zor ve pahalıdır.

EMC standartları, ülkelerin uyması gereken zorunlu standartlar olmuştur.1 Ocak 1996'dan itibaren ülkemizde uygulanması zorunlu olan 89/336/EEC sayılı Elektromanyetik Uyumluluk (EMC) Direktifi; işleyişi diğer cihazları bozabilecek veya diğer cihazlardan etkilenip bozulabilecek bütün elektrikli ve elektronik cihazlara uygulanacak temel gerekleri belirlemektedir:

- 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 lambalar

EMC Direktifi elektrikli ve elektronik cihazlarla elektrikli ve elektronik bileşenlerden oluşan tesisatları da kapsar. Bu araçlar olağan elektromanyetik ortamlarda yeterli elektromanyetik bağışıklığa sahip olabilecek şekilde yapılmalıdır.

CENELEC tarafından geliştirilen bir dizi standartta, genel asgari düzeyler ve test metotları gösterilmektedir. Bu araçlara test işlemleri yapıldıktan sonra uygunluk belgesi verilmektedir. Uygunluk değerlendirmesi tamamlandığında cihazın veya ambalajın üzerinde, görevli onaylanmış kuruluşça kullanılan ayırt edici işaretle birlikte belirli harf büyüklüklerinde yazılmış CE işareti bulunmalıdır. Uçak sistemlerindeki tüm elektrik elektronik cihazlar bu standartlara uygun olmalıdır.

Elektromanyetik uyumluluk (EMC-Electromagnetic Compatibility) cihazların kendi başlarına oldukları gibi, çevrelerinde başka cihazlar olduğunda da tasarlandığı gibi çalışmasını sağlayan ve bu açıdan tüm sistemlerde mevcut olması istenen bir durumdur.

## 2.2. EMI – Elektromanyetik Girişim

Bir elektronik sistemin bir elemanının, diğer bir alt elemanı ile veya diğer sistemlerle olan elektromanyetik parazit problemi, elektriksel sistemlerle çalışmaya başlandığından beri bilinmektedir. EMI bir cihaz veya sistemden kaynaklanan ve başka cihaz ya da sistemin normal çalışmasını olumsuz yönde etkileyen elektromanyetik yayılımı olarak tanımlanmaktadır.

Örnek olarak; cep telefonu çaldığında veya floresan lamba açıldığında TV ekranındaki görüntü bozulması, yüksek gerilim hatlarının altından geçen bir araçta radyonun parazit yapması, hava alanlarındaki radar sistemlerinin taşınabilir bilgisayarların ekranını bozması, ambulansda telsiz veya cep telefonu kullanırken kalp pilinin etkilenmesi verilebilir. Evimizdeki bir elektrikli süpürge veya bir DC motor içeren elektrikli ev aletleri çalıştırıldığı zaman, televizyon ekranının yüzeyinde oluşan çizgileri görebiliriz. Bu problem, DC motorun fırçalarında oluşan ark nedeniyle meydana gelir. Bu ark nedeniyle ortaya çıkan gürültü işareti spektral olarak çok zengindir ve bu işaretin TV antenine doğrudan ışınması ve cihazın AC güç kablosu vasıtasıyla evdeki ortak güç şebekesine geçişi ile bu problem oluşur.

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimi ile teknolojinin her yerde kullanılabilir hâle gelmesi, özellikle iletişim teknolojisinin çok hızlı değişmesiyle kullanılan cihazların gelişmesi ve kullanımının artması bu cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik kirliliğin çok büyük boyutlara ulaşmasına yol açmıştır. Tüm akım taşıyan kablolar, cep telefonları, baz istasyonları, evimizde kullandığımız tüm elektrik elektronik cihazlar, TV ve radyo istasyonları, yüksek gerilim enerji hatları, bilgisayarların ekranları gibi bir çok cihaz doğal olmayan EMI kaynakları olup, elektromanyetik enerji üretirler. Doğal EMI kaynakları ise ; bazı uzak yıldızlar, dünya, canlılar, atmosferik deşarjdır (yıldırım).

Bobin ve transformatörler, yüksek güçlü mıknatısların yakınına monte edildiklerinde çalışma kararlılıkları bozulabilir. Örneğin, rezonans devresinin frekansı kayabilir. Özellikle vakum tüpleri parazitlere karşı çok duyarlıdır. Mikrodalga devrelerinde ölçme işlemi yapılırken, ölçülen sonucun kesin olarak doğru olduğundan emin olunması için mikrodalga ölçmelerinde önlem almak gereklidir. Elektrik – elektronik bir cihaz idealde istenilmeyen enerji yayınlamamalıdır ve arzu edilmeyen herhangi bir enerjiye karşı da duyarlı olmamalıdır.

Ayrıca diğer parazit kaynakları arasında, dünyanın manyetik alanını da sayabiliriz. Dünyanın manyetik alanı da zaman zaman deneysel araştırmalarda kesin sonucun elde edilmesini engelleyici bir etki oluşturabilmektedir. Yapılarda kullanılan çelikler ve diğer ferromanyetik özellikli cisimler, istenilmeyen manyetik özellikli çevre oluşturabilir. Modern yapı tekniğinde, tavanların düşük tutulması ve binanın dayanıklı olması için çelik çubukların fazlaca kullanılması manyetik problemlerin artmasına neden olmuştur. Bu yüzden laboratuvar araştırmaları ve cihaz üretiminde performansı olumsuz yönde etkileyen manyetik alanlardan korunma önlemleri gerekir.

Haberleşme alanındaki imalat sırasında, üretilen cihazların elektronik devreleri ve devre elemanlarını, civarındaki sürekli mıknatıslar, transformatörler şeklinde veya telefon hatlarının oluşturduğu elektrik ve manyetik alanların etkilerine karşı korumak için parazit etkilerinden yalıtılarak ekranlanması gibi önlemler almak gerekir. Önlem alınmadığı takdirde, örneğin manyetik şerit üzerindeki bilgiler, kuvvetli elektromanyetik alanların etkisi sonucu, zarar görebilir ve hatta bu bilgiler tamamen yok olabilir.

Elli yıl öncesine kadar elektrik ve manyetik alanların atmosferdeki seviyesi oldukça düşük değerlerde iken günümüzde bu değer oldukça yüksek boyutlara ulaşmıştır. Manyetik alanlar cihazlar üzerinde olumsuz etki yaptığı gibi insan sağlığı açısından da tehdit oluşturmaktadır. İnsan sağlığına etkisi sürekli araştırılmaktadır.1994'te ABD ve Finlandiya'da yapılan bir araştırmada elektromanyetik alanların çok sık etkisinde kalan işçilerde Alzheimer hastalığının normal insanlar göre erkeklerde 4,9 kat, kadınlarda 3,4 kat daha fazla olduğu görüldüğünü ortaya koymuştur. Elektromanyetik alanların insanlarda kansere neden olup olmadığı ise kesin olmayıp araştırmalara devam edilmektedir.

EMI için temel korunma yöntemleri şunlardır:

- Ekranlama
- Topraklama
- Kablo ve konnektörler
- Filtreler

EMI yöntemlerinin temel ilkeleri olarak şunları sayabiliriz:

- EMC etkileri en baştan en sona her aşamada göz önünde tutulmalıdır.
- Tasarımda elektrik dipolü (anten) gibi davranacak uzun bağlantılardan kaçınılmalıdır.
- Gereksinimden yüksek hızlı elemanlar kullanmamalıdır.
- En yüksek frekanslı bileşenler göz önünde bulundurulmalıdır.
- Daha hızlı eleman kullanımına geçişte mutlaka devre yerleşim düzeni yeniden ele alınmalıdır.

### **2.2.1. Ekranlama**

Ekranlama; kart, devre ya da cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik anlamda izole etmektir. Ekranlama ile ekran içindeki elektromanyetik enerjinin dışarıya kaçmasını engellediği gibi, tersine dışardan içeriye elektromanyetik enerjinin girmesi de önlenmiş olur. Ekranlamanın etkisi ekranlanacak kaynağın cinsine bağlıdır:

- Elektrik dipolü gibi davranan kaynaklar
- Manyetik dipol gibi davranan kaynaklar

İçinden akım geçen iletken tel parçaları elektrik dipol gibi, içinden akım geçen halka şeklindeki parçalar ise manyetik dipol gibi davranır.

Elektrik dipolü yakınında güçlü elektrik alan, manyetik dipolü yakınında güçlü manyetik alan oluşur. İki kaynağın uzak alanda etkilerinde fark yoktur. Bu nedenle; elektrik dipolü gibi davranan girişim kaynağı yakınında elektriksel ekranlama, manyetik dipolü gibi davranan girişim kaynağı yakınında manyetik ekranlama yapılması gerekir.

Ekranlamada performansı etkileyen faktörler şunlardır:

➤ **Kullanılacak malzemenin özellikleri**

Ekranlama homojen iyi iletken malzemelerin engelleyici olarak kullanılması ile yapılır. Ekranlamada kullanılacak iletken malzemenin manyetik geçirgenliğinin yüksek olması yüksek yutulma, düşük yansıma oluşturur. Manyetik ekranlamada kalın ekranlama, elektrik alanının ekranlanmasında ince ekranlama malzemeleri kullanılır. Ekranlamada kullanılacak malzemeler performansa göre üç gruba ayrılır. Bunlar;

- Yüksek performanslı malzemeler; Çelik, bakır, paslanmaz çelik gibi malzemelerden yapılmış tamamen metal kutular,
- Standart performanslı malzemeler; iletken metal tabakalar, metal parçacıklı plastikler(iletken boyalar, Cu-Ni kaplama, çinko spreyi gibi),
- Zayıf performanslı malzemeler; Dokuma sırasında iletken elyaf ve kumaş elyaf karıştırılmış metalleştirilmiş kumaş yapıları, selüloz elyafına metal elyaflar yerleştirilmiş veya kâğıt yapraklara karbon eklenmiş iletken kâğıt malzemelerdir.

➤ **Çalışma frekansı**

Elektrik alanının ekranlanmasında düşük frekanslarda yansıtılma, yüksek frekanslarda yutulma şeklinde gerçekleştirilirken, manyetik ekranlama düşük frekanslarda yutulma şeklinde gerçekleştirilir.

➤ **Ekranla göre kaynağın konumu**

Elektrik kaynakları ekrana yakın, manyetik kaynaklar ekrana uzak olmalıdır.

➤ **Ekran üzerindeki boşluk ve delikler**

Manyetik kaynak ekranlamasında delikler ve boşluklar çok önemli olmamasına karşın elektrik kaynak ekranlanmasında frekansa bağlı olarak önemlidir. Açıklıkların boyutu engellenecek elektromanyetik ışınının dalga boyundan küçük olmalıdır. EM sızıntı su ve ışık gibi yarıklardan, çatlaklardan ya da aralık bırakılmış açıklıklardan frekansına bağlı olarak sızır. Bu nedenle olası bütün sızıntı yerleri kapanmalıdır.

SE	Eout/Ein	SONUÇ
10 dB	%32	Kötü ekranlama
20 dB	%10	Anlamlı bir ekranlama için alt sınır
30 dB	%3,16	Ortalama ekranlama
60 dB	%0,1	İyi ekranlama
90 dB	%0,0031	Çok iyi ekranlama
120 dB	%0,0001	Mükemmel ekranlama

**Tablo 2.1: Ekranlama değerleri**

Ekranlama değerleri (SE) dB olarak ifade edilip, 30-40 dB'lik ekranlama birçok cihaz için yeterli gelmektedir.

Ekranlama probleminin en zor olduğu durum, birçok verici, alıcı ve diğer duyarlı aletin birbirine yakın olarak bir arada monte edildiği ve ağırlığın minimuma indirildiği hareketli sistemlerde ortaya çıkar. Ortak dış gövdeli cihazlar içinde daha fazla elektronik işlevin istenmesi, geleceğin elektronik gereksinimlerindeki artış, ekranlama problemine çok daha fazla önem verilmesine neden olmuştur. Uçaklardaki yapısal ekranlama 20 dB'den 100 dB'e kadar değişir. Bu ekranlama, antenin uçak içinde oluşan ve varlığı istenilmeyen işaretlerden etkilenmesini yeterince önleyemez. İşaret üreten cihazın, diğer bir cihaza karşı korunması için ekranlanması gerekir. Verici cihaz kasaları, harmonik ve sahte sızmaları azaltmak için en azından 100 dB'lik ekranlama etkisini sağlamalıdır.

### 2.2.2. Topraklama

Topraklama: Bir elektrik devresi ya da cihazının, iletken bir ara bağlantı ile istemli ya da istem dışı olarak, yeryüzü (toprak potansiyeline) ya da toprak yerine geçebilecek büyüklükte referans olan bir yüzeye bağlanması olarak tanımlanabilir.

Potansiyel, iki nokta arasında iş yapabilme kapasitesidir. Potansiyel bir noktanın belirlenen bir başka noktaya göre gerilim farkı diye tanımlanır. Örneğin VAB gerilim farkı dendiğinde A noktasının B noktasına göre gerilim farkı kastedilir. Ancak bu iki noktanın gerçek potansiyel değerlerinin bilinmesi, belirlenen bir referans noktasının varlığına bağlıdır. Bu referans noktası, bir baskı devresi üzerinde taban yüzeyi olabileceği gibi, cihazın metal kutusu, bina içerisinde bir nokta ya da mutlak referans diye bilinen yeryüzü olabilir. Mutlak referans sıfır volt olarak kabul edilen yeryüzüdür. Gerçek anlamda bir topraklama için tüm cihazların bu mutlak sıfır noktasına getirilmesi zorunludur.

Pratikte toprak yerine geçebilecek yapılar:

- Çelik kafes binalar,
- Araç gövdesi (otomobil, uçak, gemi, uzay gemisi),
- Su boruları,
- Toprak elektrotu sistemler,
- Topraklama plakası ve kafesi vb. olarak sıralanabilir.

Topraklamanın iyi yapılamaması en fazla olumsuz etkiyi baskı devrelerde meydana getirir.

Baskı devrelerde iyi bir topraklama için aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir;

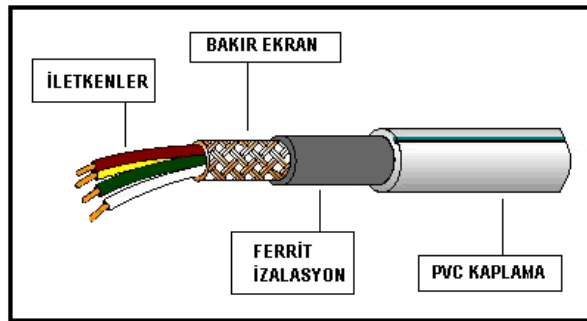
- Endüktans etkileri azaltılmalıdır. Bunun için L ya da akımın değişim hızı minimum olmalıdır. Endüktansın azaltılmasında devre yerleşimi en önemli faktördür.
- Eleman bacakları kısa tutulmalıdır.
- İşaret gidiş ve dönüş yolları birbirine yakın olmalıdır.
- Mümkün olduğunca burgulu (twisted pair) hatlar kullanılmalıdır.
- Ana işaret hatları referansın yakınında olmalıdır.
- Yüze montaj edilen elemanların kullanımı tercih edilmelidir.

Unutulmamalıdır ki, 0  $\Omega$  olması gereken toprak iletkeninin iki noktası arasında 0.3 - 0.5  $\Omega$ 'luk normal koşullarda ihmal edilebilecek bir empedans farkının olması 200 kA'lık bir yıldırım düşmesi durumunda on binlerce voltluk bir potansiyel farkı yaratabilmekte ve ciddi kayıplara neden olabilmektedir.

### 2.2.3. Kablolar ve Konnektörler

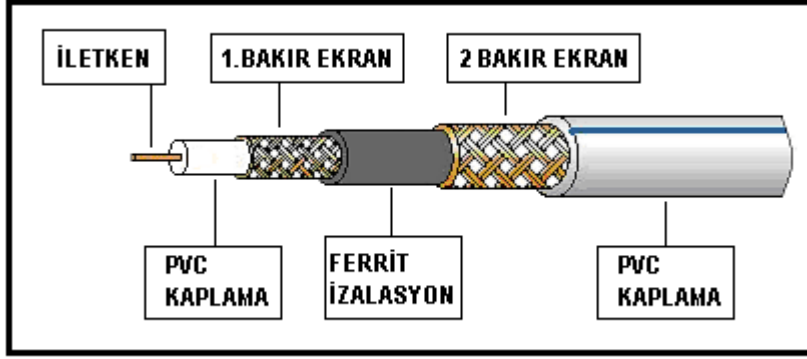
Kablolar istenmeyen işaretleri bir noktadan diğerine ilettikleri gibi üzerlerinde dolaşan işaretleri bir anten gibi uzaya da yayarlar.

Bir devrede veya bir sistemde kullanılan değişik boylardaki kablolar farklı frekanslarda rezonansa gelen yarım dalga dipol anten gibi davranırlar. 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 gösterebilirler. Kablo performansını belirleyen iki temel unsur ekranlama malzemesi/kalitesi ve kablo ekran topraklamasıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlayan fiber optik kablolar elektromanyetik alanların etkisine karşı bağımsızlıkları olması ve elektromanyetik yayını yapmaması nedeniyle özellikler veri iletiminde tercih edilmektedir (bkz. Fiber Optik modülü).



Şekil 2.1: Elektrik alan için ekranlama yapılmış iletken

Kablolarında kullanılan ekranlama Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Elektrik alan ekranlaması için tek ekran tabakası kullanılırken manyetik alan ekranlaması için çift ekran tabakası kullanılır (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2: Manyetik alan için ekranlama yapılmış iletken**

EMI önlemlerinde kablolar kadar önemli olan elemanlar konnektörlerdir. İki kablonun bağlantısı, iki yüzeyin sızdırmaz montajı EMI açısından çok önemlidir. Kablo ve konnektörlerin uygun bağlantı ve özellikleri Kablolar ve Konnektörler modülünde verilmiştir (bkz. Kablolar ve Konnektörler modülü).

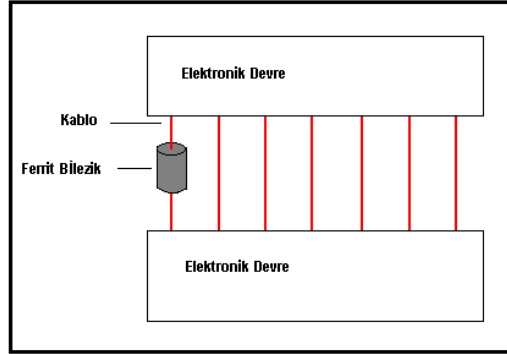
## 2.2.4. Filtreler

Filtreler; EMI problemlerinin giderilmesinde kullanılan tekniklerden birisi de filtre kullanmaktır. Elektromanyetik girişim işaretleri ile faydalı işaretler çoğunlukla farklı frekans bölgesini kapsarlar. Bu nedenle sadece seçilen belli frekans aralığında istenen bir etki yaratılarak istenmeyen girişim işaretleri süzülebilir. Bu amaçla kullanılan filtreler elektronik filtreler ve ferrit bilezikler olarak iki sınıfa ayrılabilir. Elektronik filtreler Transformatörler ve Filtreler modülünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır (bkz. Transformatörler ve Filtreler modülü).

Ferrit filtreler; elektronik devrelerde kablolarında ve işaret yolları üzerinde oluşan istenmeyen yayınımların filtrelenmesinde kablolarına bilezik gibi geçirilerek kullanılır.

Ferrit bilezikler ferromanyetik özelliğe sahip olduklarından manyetik alan depolama özelliğine sahiptir. Kablo boyunca ilerleyen işaretlerin oluşturduğu manyetik alanı bloke eder. Ferrit EMI filtreleri ile kablo ekranlaması genellikle, bilgisayarlarda 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 kullanılmaktadır.





**Şekil 2.3: Ferrit filtre kullanımı**

Ferrit filtre seçiminde dikkat edilecek noktalar ise şunlardır:

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

## 2.3. HIRF – Yüksek Şiddetli Radyasyon Alanı

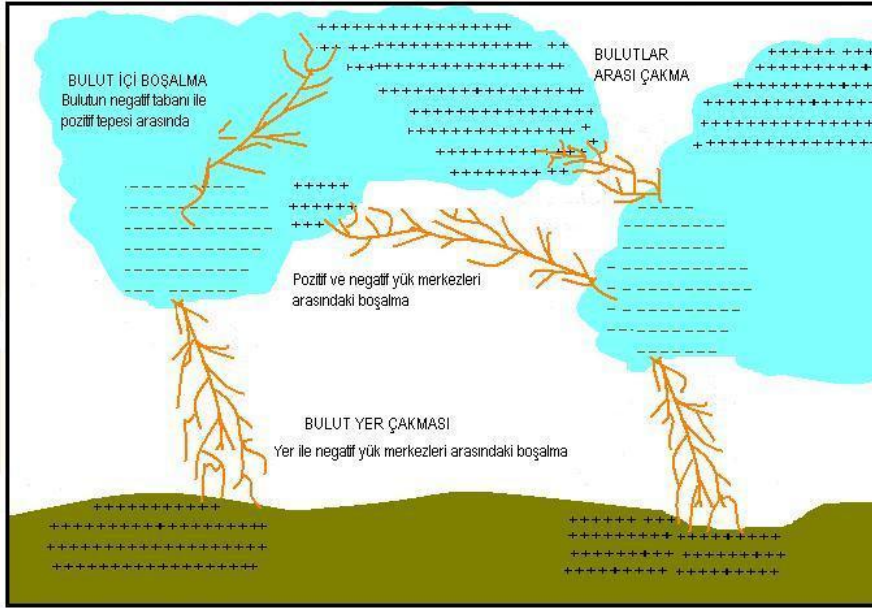
Uluslararası havacılık otoriteleri 10 Khz' den 40 Ghz' e kadar olan radyo frekans dalgalarının uçağın avionik sistemlerinde meydana getireceği etkileri HIRF olarak tanımlanmaktadır. Dünyada; radar ve uydu vericileri, mikrodalga haberleşme sistemleri, yüksek güçlü radyo ve televizyon vericileri gibi havaya elektromanyetik dalga (radyo frekans) yayan 500 000'den fazla HIRF kaynağı mevcuttur. Bu kaynakların havaya yaydığı elektromanyetik dalgalara uçaklar da maruz kalır.

HIRF uçağın motor, uçuş kontrol ve navigasyon sistemlerini etkileyerek temel fonksiyonlarını yapmaya engel olabilir. Örneğin; bir kargo uçağı iniş sırasında fren sisteminin çalışmaması sonucu pistten çıkmış, yapılan araştırmalar sonucu hava alanı yakınında yayın yapan bir vericinin frekansının uçağın fren sisteminin elektronik devrelerini etkilediği tespit edilmiştir. Güvenli uçuş ve iniş için uçaklarda HIRF önlemleri alınmaktadır. Örneğin, cep telefonlarının uçaklarda kullanılması yasaktır. Bunun nedeni; cep telefonlarının anteninden yayılan elektromanyetik dalgaların uçağın avionik sistemlerini etkileyerek uygun performansta çalışmasına engel olmasıdır. Ayrıca uçaklarda yolcular, tam güvenliğin sağlanması gerektiğinden inişte ve kalkışta dizüstü bilgisayar, CD çalar, kasetçalar gibi elektromanyetik alan üreten elektronik aletleri kullanmaması konusunda uyarılır. Uçaklarda kullanılan tüm sistemlerde ve materyaller elektromanyetik girişime karşı önlemeye yönelik olması (CE uygunluk) gerekmektedir.

Ayrıca güvenli uçuş ve iniş için HIRF kontrolleri de yapılmaktadır. Havacılık kuralları gereği HIRF önlemlerini almak ve kontrollerini (risk analizleri) yapılmak gereklidir. Bu konuda daha detaylı bilgi için Uçak İkmal ve Servis modülüne bakınız.

## 2.4. Yıldırım / Yıldırımdan Korunma

Atmosferde elektriğin gözle görülebilir boşalmasında ortaya çıkan parlak ışığa şimşek; şimşek ve gök gürültüsü ile kendini gösteren bulutlar arası veya bulutla yerdeki bir cisim arasındaki elektrik boşalmasına da yıldırım denir. Yıldırım, atmosfer ile yeryüzü arasında artan elektrik potansiyelini eşitleyen bir elektrik boşalımıdır.



Şekil 2.4: Yıldırımın oluşumu

Yüklü bulutlarla yer arasında olan elektriksel boşalmalar, bazı durumlarda ciddi elektriksel girişimlere yol açabilir. Yıldırım düşmesi sonucu binalarda oluşan fizikî zararlar için geliştirilmiş olan paratoner hattı, elektromanyetik problemleri nadiren engellemektedir. Yıldırımların doğurduğu elektromanyetik bozulmalar genel olarak üç çeşittir:

- Havai bir besleme hattında olduğu gibi, iletkenlere düşen bir yıldırım, bütün sistemlerde ani bir yüklenmeye yol açar. Yıldırımın düştüğü noktaya yakın olan sistemin parçaları, toprağa bağlı olduklarından ve toprağın efektif empedansına bağlı olarak 100-200 kV sınırını aşan gerilimlere maruz kalır.
- Yüklü fırtına bulutlarından dolayı, yer seviyesinde daima 1-10 kV/m mertebesinde bir elektrik alanı vardır. Yıldırım düştüğünde, bulutların boşalan bölgelerine göre, bu alan çöker ve çevredeki iletkenleri geçici olarak indükler.
- Boşalma kanalları boyunca ani oluşan akım değişiklikleri; oldukça geniş banda sahip (50-100 MHz RF) sinyalleri yayar.

Yıldırımlar bu nedenle, potansiyel anlamda tehlikeli ve geniş bantlı kaynak olarak kabul edilmektedir. Telefon, güç sistemlerinde, uçaklarda, geniş yerleşim yerlerine dağılmış bilgisayar sistemlerinde problemlere neden olmaktadır.

Uçakların yıldırıma karşı ana korunma yöntemi; dış yüzeylerinin, alüminyum ağırlıklı çok iyi iletken bir metal alaşımından yapılmış olmasıdır. Bir uçak bu hâliyle, dış dünyaya, iletken bir cisim olarak görünür. İletkenlerin üzerinde oluşan yükler ise, sadece dış yüzeyinde kalır. Bu durum uçakların yıldırımla çarpılmayacağı anlamına gelmez. Resim 2.1 de bir F106B uçağının pilotu ve pilotun başının resme göre sol tarafında, uçağın kuyruğuna isabet eden bir yıldırım görülmektedir. Her yolcu uçağı ortalama olarak, yılda en az bir kez yıldırım isabeti alır. Ancak, bir 'Faraday kafesi' gibi davranan uçak, yıldırımın üzerine akıttığı yükü, etrafındaki havaya verir. Hatta uçak fırtınalı bir havada seyahat ederken bazen, elektrik yüklü olmakla beraber yıldırım üretmeyen bir bulutun içine girdiğinde, aksi hâlde oluşmayacak olan bir yıldırımı tetikleyebilir. Bu durumda pilotlar, kabinin hemen önünde, parlak beyaz bir deşarjın uçağa doğru geldiğini görebilir. Böyle bir olay, pilotlarda, birkaç saniye süreli görme körlüğüne yol açabilir. Bu nedenle pilotlar genelde, fırtınalı havalarda dahi güneş gözlüğü takarlar. Deşarj uçağın dış yüzeyini yalayarak, ağırlıklı olarak kuyruktan geriye doğru olmak üzere, tekrar havaya karışır.



**Resim 2.1: Uçağa yıldırım isabet etmesi**

Yıldırımın yol açtığı akım, uçağın dış yüzeyini yalayıp geçerken; iletilen yükün küçük bir kısmı, uçağın metal dış yüzeyindeki, örneğin pencere gibi açıklıklardan içeri girebilir ve eğer yolu üzerinde duyarlı elektronik aletler varsa, bunlarda arızalara yol açabilir. Ayrıca dış yüzeyden iletilen akımların, içerdeki metal eşyada indüklediği, küçük miktarlarda da olsa, gerilim ya da akımlar, hatta bazen kıvılcımlar vardır. Önlem alınmadığı takdirde, bunlarında duyarlı elektronik aletlerde arızalara yol açması mümkündür. Hatta eğer söz konusu olan 'iç metal aksam,' yakıt deposunun veya yakıt nakil borularının metal yüzeyleri ise, içeride oluşacak bir kıvılcım, buharlaşmış yakıtın alev alıp patlamasıyla dahi sonuçlanabilir. Bu aletlerin, yakıt deposunun ve borularının, yıldırımın bu olası etkilerine karşı korunması gerekir.

---

Korunma yöntemi; metal aksamın, uçağın dış metal yüzeyine bağlı metal, dolayısıyla iletken bir ağla kafeslenmesi şeklinde yapılır.

Bu önlemler, 40 yıl öncesine kadar alınmamaktaydı. 1962 yılında, ABD havayollarından birine ait bir uçağa yıldırım isabet etmiş ve oluşan bir kıvılcımın yakıt tankındaki yakıt buharlarını ateşlemesi sonucunda bir patlama gerçekleşmiş, uçak 81 yolcusuyla birlikte düşmüştür. Yine 1976 yılında bir yolcu uçağı aynı nedenle düşmüştür. Bu olaylardan sonra geniş çaplı araştırmalar yapılarak uçaklarda, yakıt tankı ve yakıt nakil borularını, yıldırım kaynaklı kıvılcımlara karşı koruyacak güvenlik sistemlerinin bulunması şartı kabul edilmiştir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bilgisayar monitörüne 10 cm-20 cm-30 cm mesafeden manyetik alanın büyüklüğünü ölçünüz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Uygun bir manyetik alan ölçer seçmek için öğretmeninizden yardım isteyiniz.</li><li>➤ Uygun bir ölçme metodu seçmek için öğretmeninizden yardım isteyiniz.</li><li>➤ Ölçümleri monitör ekranının tam karşısından yapınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Atölye şartlarınıza uygun bir manyetik alan kaynağı seçiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ DC Motor ve Generatör modülünden yararlanınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Manyetik alan kaynağının 5 cm yakınından manyetik alan büyüklüğünü manyetik alan ölçer kullanarak ölçünüz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ölçüm sırasında öğretmeninizden yardım alınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Manyetik alan kaynağına ekranlama yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ekranlama için uygun bir malzeme seçiniz.</li><li>➤ 2.2.1 konu başlığına bakınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ekranla 5 cm mesafeden manyetik alan büyüklüğünü ölçünüz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ekranlamayı manyetik alan kaynağına yapabildiğiniz gibi ölçü aletine de yapabilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ekranlama malzemesinin uygun bir kısmından açıklık bırakarak ölçme işlemini tekrarlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ölçme işlemini açıklığın bulunduğu bölgeden yapınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ekranlama malzemesinin açıklık bıraktığınız kısma bir kâğıt kapatıp ölçme işlemini tekrarlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Ölçme işlemini açıklığın bulunduğu bölgeden yapınız.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bu işlemleri başka manyetik alan kaynaklarında da tekrarlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Atölyenizde ve çevrenizde kullandığınız cihaz ve malzemelerden seçebilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yaptığınız ölçümlerden bulduğunuz sonuçları yazınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sonuçları arkadaşlarınızla tartışıp yorumlayınız.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Uygun manyetik alan ölçer seçtiniz mi?		
2. Manyetik alanı ölçebildiniz mi?		
3. Manyetik alan şiddetinin uzaklıkla değiştiğini gözlemlediniz mi?		
4. Manyetik alan şiddeti uzaklıkla ters orantılı olarak değişiyor mu?		
5. Basit bir manyetik alan kaynağı yapabildiniz mi?		
6. Uygun ekranlama malzemesi seçebildiniz mi?		
7. Ekranlamayı tam olarak yapabildiniz mi?		
8. Ekranlamada kullandığınız malzeme kalınlığı uygun mu?		
9. Ekranlama malzemesindeki açıklıklardan manyetik alanın sızdığını gördünüz mü?		
10. Yaptığınız tüm ölçümlerin sonuçları faaliyette açıklanan bilgilerle uyumlu mu?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Elektrik-elektronik sistemlerin elektromanyetik bir ortamda istenilen verimlilikte çalışmasına ne denir?  
A) EMI                      B) EMC                      C) HIRF                      D) ESD
2. Bir cihaz veya sistemden kaynaklanan ve başka cihaz ya da sistemin normal çalışmasını olumsuz yönde etkileyen elektromanyetik yayınına ne denir?  
A) ESD                      B) EMC                      C) EMI                      D) HIRF
3. Ekranlama  
II-Bileklik takarak çalışma  
III-Topraklama  
IV-Manyetik malzemeleri iletken poşet içinde taşıma  
Yukarıda verilenlerden hangileri EMI koruma yöntemi değildir?  
A) III-IV                      B) I-IV                      C) Yalnız IV                      D) Yalnız II
4. Ekranlama için alt sınır değeri ne kadardır?  
A) 10 dB                      B) 20 dB                      C) 30 dB                      D) 60 dB
5. Uçaklardaki ekranlama değerleri hangi aralıktadır?  
A) 10–40 dB                      B) 10 -60 dB                      C) 30–40 dB                      D) 20–100 dB
6. Elektronik devrelerde kablolarda ve işaret yolları üzerinde oluşan istenmeyen yayınımların filtrelenmesinde ne kullanılır?  
A) Elektronik filtreler  
B) Ferrit filtreler  
C) Topraklama iletkeni  
D) Bilezik
7. HIRF frekans aralığı ne kadardır?  
A) 10Hz -40 Khz  
B) 10Khz -60 Khz  
C) 10Khz -40 Ghz  
D) 20Ghz–100 Ghz

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Elektrostatik deşarj bir yük akışıdır.
2. ( ) İnsanlar üzerinde statik yük olması mümkün değildir.
3. ( ) Kuru ortamlarda daha çok statik yük birikmesi olur.
4. ( ) Antistatik ekipmanlar hızlı deşarj olmamalıdır. (
5. ( ) Doğal EMI kaynakları ise; bazı uzak yıldızlar,dünya,canlılar,atmosferik deşarjdır (yıldırım).
6. ( ) Dünyanın manyetik alanı parazit kaynaklarından birisidir.
7. ( ) Yıldırım isabeti aldığıında, bir 'Faraday kafesi' gibi davranan uçak, yıldırımın üzerine akıttığı yükü, etrafındaki havaya verir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.



# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	D
4	A
5	B
6	D
7	C
8	B

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	B
5	D
6	B
7	C

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Doğru
6	Doğru
7	Doğru

## KAYNAKÇA

- **ESD EĞİTİMİ(Elektrostatik Deşarj)**, THY yayın evi, İstanbul, 2005
- [www.faa.gov.tr](http://www.faa.gov.tr) (20.10.2010 15:30)
- [www.ume.tubitak.gov.tr](http://www.ume.tubitak.gov.tr) (25.10.2010 15:30)
- [www.ehb.itu.edu.tr/~spaker/emc\\_kurslari/beko\\_kurs.pdf](http://www.ehb.itu.edu.tr/~spaker/emc_kurslari/beko_kurs.pdf)
- [www.uekae.tubitak.gov.tr/tempest EMC\\_testleri.htm](http://www.uekae.tubitak.gov.tr/tempest EMC_testleri.htm)