

EMI VE EMC

Battal Murat ÖZTÜRK, Elk. Müh.
Löher Asansör Ve Yürüyen Merdiven San. Tic. A.Ş.
bmuratozturk@hotmail.com

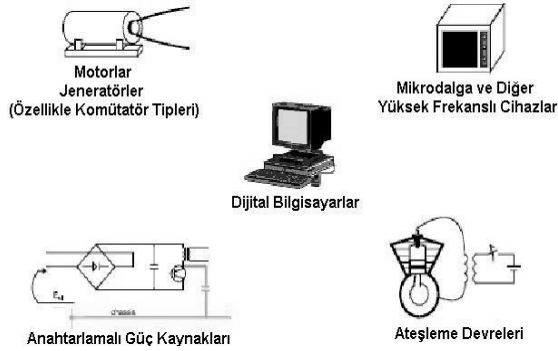
ÖZET

EMC esas olarak bir elektromanyetik kaynaktan yayılan dalgalar ve bunların diğer cihazları etkilemesini konu alır. Bu durumda elektromanyetik dalga oluşturan bir kaynak olmalıdır. Bu kaynak saldırgan olarak, bu saldırıdan etkilenen cihazlarda kurban olarak isimlendirilir. Etkilenen cihaz kaynağın kendisinde olabilir. Bu etkileşim sistemlerin istenen verimlilikte çalışmasına engel teşkil eder. Sorunun temeli, saldırganın saldırısını engellemek ve kurbanın bu saldırıdan etkilenmesini en aza indirmek veya bağışıklığını oluşturmak olarak ifade edilebilir. Bu çalışma, günlük hayatımızın bir parçası olan elektromanyetik etkilenmelerde, kaynağın etkisini azaltmak ve etkilenen cihazların korunmasını sağlamak için alınan önlemleri inceleyerek, pratikte bize yardımcı olması için hazırlanmıştır.

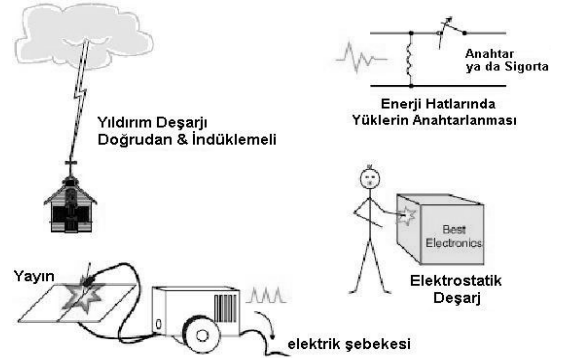
EMI

Bütün elektrikle çalışan cihazlarda bir etkileşim vardır. Bu etkileşimler aralıklı ve sürekli olarak iki grupta incelenir.

Sürekli Etkileşim



Aralıklı Etkileşim



EMI'nin sonuçları

Çok kötü : ölüm; büyük yaralanmalar

Kritik : küçük yaralanmalar; büyük hasar

Büyük : kalıcı küçük hasar

Küçük : geçici performans kaybı

Önemsiz : toleranslar dahilinde performans kaybı; insan müdahalesi gerekli değildir.

Örnekler

1-Falklands savaşı:

HMS Sheffield savaş gemisi, uydu haberleşme sisteminde enterferansa neden olduğu için füze uyarı radarını kapattı ve bir düşman füzesi tarafından batırıldı.

2-Şubat 99: JFK' ye yaklaşan DC 10 yolcu uçağı neredeyse düşüyordu.

1. sınıf kısmındaki bir CD PLAYER'dan şüphelenildi.

EMI'dan kaynaklanan sorunlar aşağıdaki şekildedir:

- Güvenlik açısından kritik olan makine biriminin arızalanması
- Hareketli cihazların hatalı şekilde çalışması
- Güvenlik cihazının gerekli bir sinyali ihmal etmesi
- Belirli bir neden olmaksızın bir işlemin durması
- Amaçlanan fonksiyonun gerçekleşmemesi ancak sonuçta hasar oluşmaması

Bu etkileşim daha az hale getirmek için bazı standartlara ihtiyaç duyulmuştur.

Bunun Nedenleri;

- Elektronik cihazlardan çıkan kirliliğı sınırlamak için,
- Elektronik cihazları daha dayanıklı hale getirmek için,

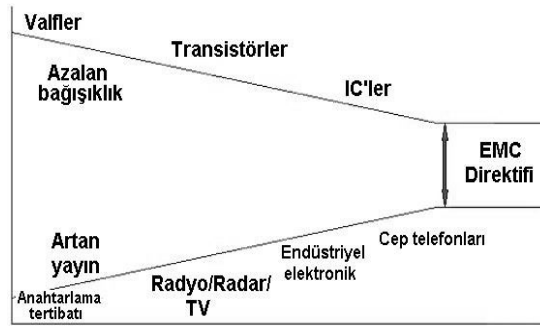
Bazı ülkeler kendi standartlarını belirlemişlerdir. Bu ülkelere cihaz satmak isteyen firmalar bu standartlara uygunluğunu belgelemelidir.

EMC

ELEKTROMANYETİK DUYARLILIK

Elektromanyetik bozulmanın var olduğu ortamda, bir cihazın, ekipmanın yada sistemin performansında kötüleşme meydana gelmesi olarak tanımlanır.

ELEKTROMANYETİK BAĞIŞIKLIK

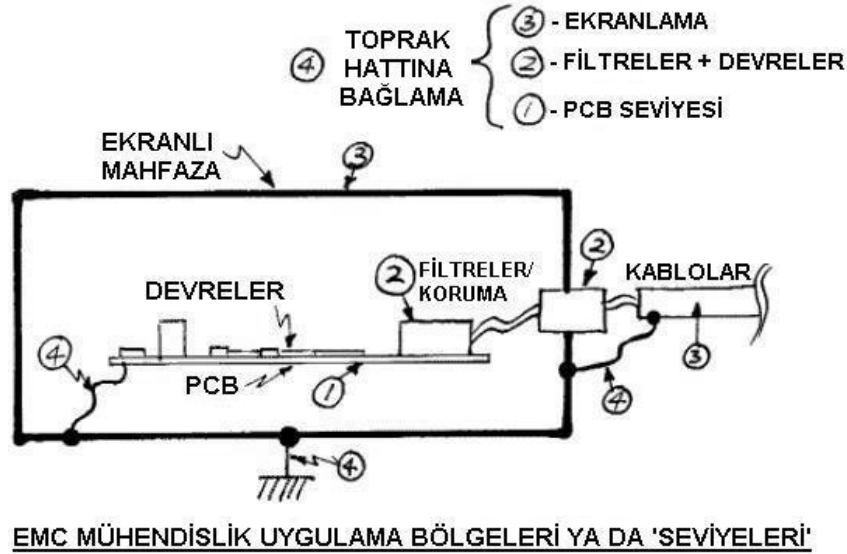


Elektromanyetik bozulmanın var olduğu ortamda, bir cihazın, ekipmanın ya da sistemin performansında kötüleşme olmaksızın çalışabilmesi olarak tanımlanır. Elektronik cihazların tümü elektromanyetik bozulmalardan etkilenir, etkilenmeselerdi EMC sorunu diye bir sorun yaşanmazdı. Ancak hiçbir cihaz tamamen bağışık değildir, bu nedenle her zaman sorun vardır.



Farklı EMC mühendislik seviyeleri mevcuttur. Yukarıdaki uyumluluk 'yapısı', tasarımcıların ve firmaların farklı çalışma seviyelerini göstermektedir. Yukarıdaki bilgiler, bir firmanın yalnızca birimleri çalışır hale getirmek için çalıştığı zaman değil özellik standartlarına uygun hale gelmesinin gerekli olduğu zaman mühendislik stratejisindeki değişikliklerin anlaşılabilmesi için önemlidir.

EMC Mühendislik Uygulama Seviyeleri



Burada, EMI'yı azaltmak için gerekli araçların kullanılması hedeflenir.

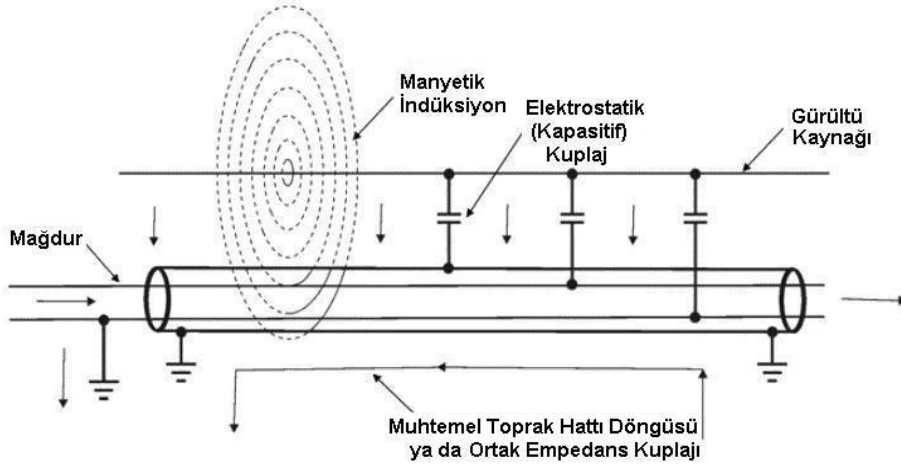
Üç temel uygulama alanı ele alınacaktır:

- PCB'ler
- Devreler/filtreler
- Ekranlama

Düzgün toprak hattı bağlantısının yapılması tüm durumlarda çok önemlidir. PCB'ler iç ya da temel savunma hattı olarak görülebilir. PCB'lerin üzerindeki devreler, EMI sorunlarının başladığı ve sonlandığı yerlerdir. İkincil kontrol önlemi ya da savunma hattı olarak iç PCB etrafında filtreler ve özel devreler kullanılır. Ekranlama, üçüncü ya da dış savunma hattıdır. Bu, kabloları, ekranları ve mahfazaları kapsar.

Enterferans Çözümü

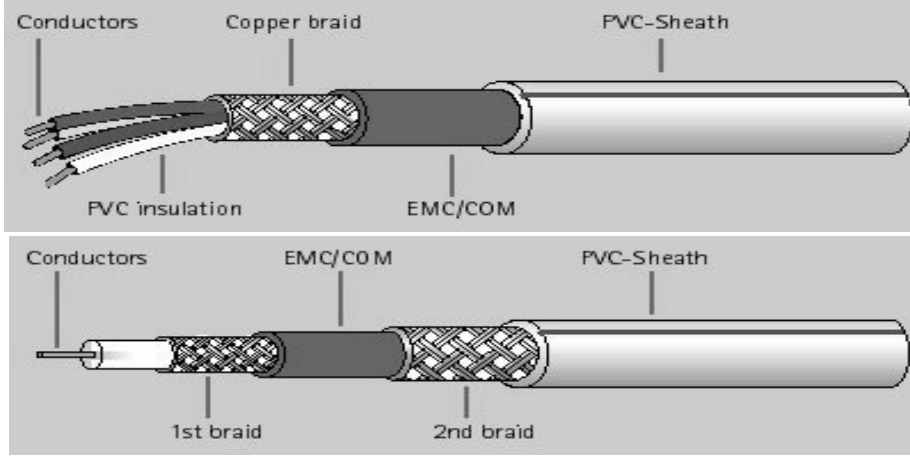
- Kaynaktaki gürültüyü ortadan kaldırılmalı ya da azaltılmalıdır (dekuplaj, ekranlama, düşük gürültülü tasarım, vb.)
- Kuplaj yolunu ortadan kaldırılmalı ya da zayıflatılmalıdır. (açıklık, ekranlama, filtreleme, yeniden-yön verme, ayırma, vb.)
- Mağdurun bağışıklığı artırılmalıdır. (dekuplaj, ekranlama, filtreleme, yüksek bağışıklığa sahip tasarım, vb.)



KUMANDA PANOLARINDAKİ EMI VE EMC KABLolar

İstenmeyen işaretleri bir noktadan diğerine ilettikleri gibi (iletkenlik yoluyla girişim), üzerlerinde dolaşan işaretleri bir anten gibi uzaya da yayarlar (ışınım yoluyla girişim). Bir devrede, bir sistemde değişik boylardaki kablolar farklı frekanslarda rezonansa gelen yarım dalga dipol anten gibi davranırlar (geniş bantlı 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.

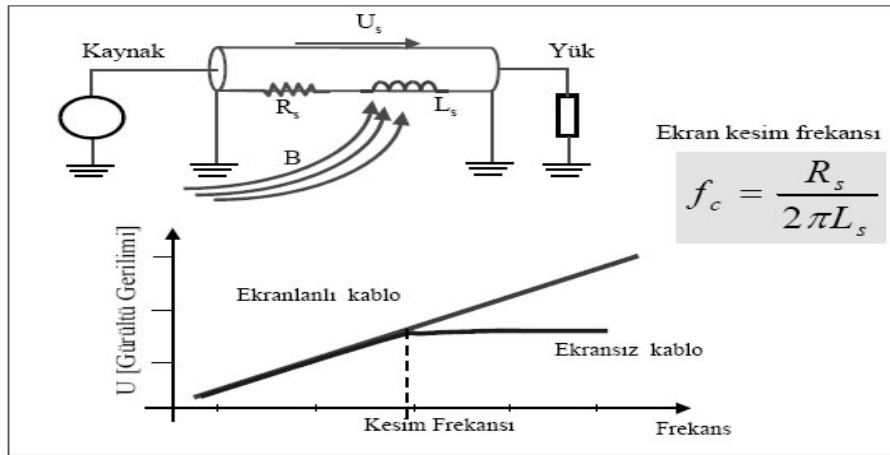
Kablo performansını belirleyen iki temel unsur ekranlama malzemesi/kalitesi ve kablo ekran topraklamasıdır. Kablo, işarete (EM enerjiye) sistemdeki son noktaya (yüke) kadar kılavuzluk eder. Çevre girişiminin önem kazandığı durumlarda kablolar ekranlanır ya da ekranlı kablo kullanılır. Koaksiyel hatlar doğal ekranlı kablolardır (ekran iletim hattının bir parçasıdır). Bunların dışında ekranlanmış çoklu kablolar da kullanılır. Aşağıdaki şekillerde günümüzde kullanılan tek ve çift ekranlı kablolar örnekler gösterilmiştir. Üstte bakır ekran koruması altında imal edilmiş çoklu iletkenli bir kablo gösterilmiştir. Dışarıdan gelebilecek girişimlere karşı iyi bir elektriksel ekranlama sağlayan bu kablolar yakınında oluşan manyetik alan girişimlerine karşı korumasızdır. Altta, iki bakır ekran arasında ferrit izolasyon bulunan çok iletkenli bir kablo örneği görülmektedir. Bakır ekran elektriksel koruma sağlarken ferrit bilezik manyetik ekranlama etkisi göstermektedir.



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

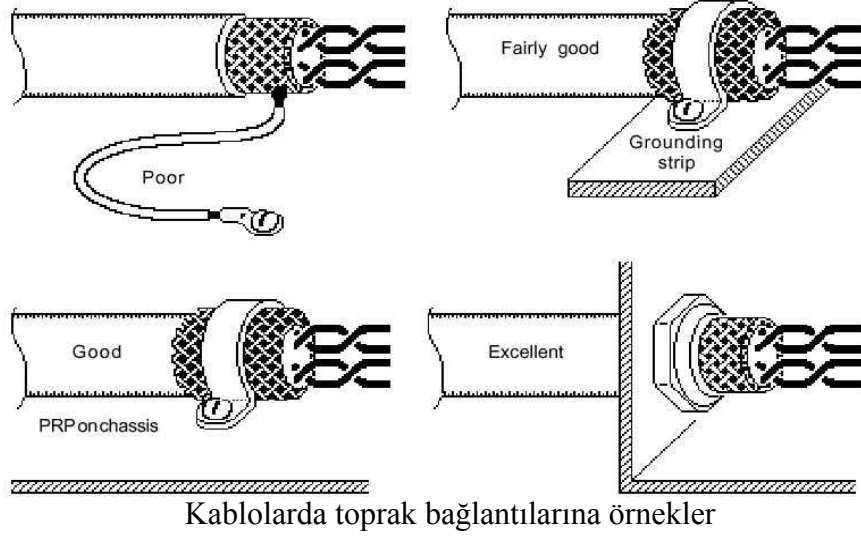
Kablo ekranının etkin olması, ekranda endüklenen akımların iç iletkene kuplajının engellenmesine ve elektrik alanlarının (açıklıklardan ekran üzerinde endüklenen gerilim) durdurulmasına bağlıdır. Her iki durum da içten dışa enerji girişimini engellemek gerekir. Kablolarda ekranlama bozukluğu uygun filtre 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 dek 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. Aşağıdaki şekilde kablo ekranlaması ve kesim frekansı tanımları verilmiştir.

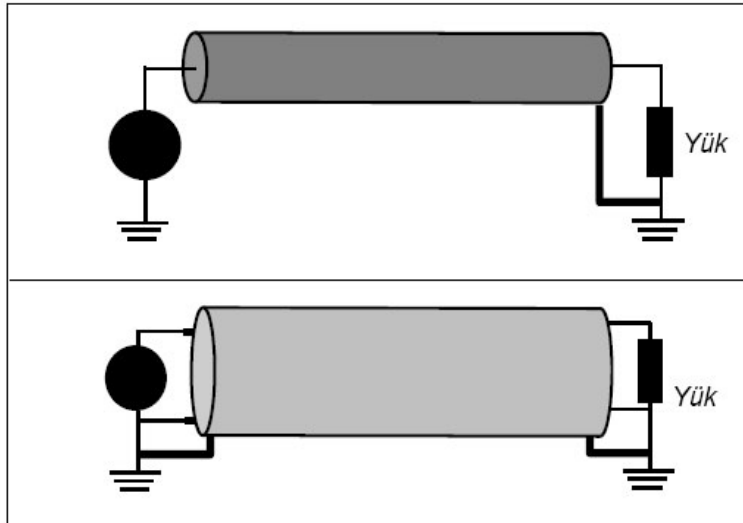


Kablo ekranlaması ve ekran kesim frekansı (Etkili manyetik ekranlama için frekans kesim frekansının en az bes katı olmalıdır)

Sadece ince bağlantı elemanlarıyla gerçekleştirilen topraklama genelde bir fayda sağlamamaktadır, sıkı geçme ve şerit hatlarla gerçekleştirilen topraklamalar ise mükemmel yakın etki yapmaktadır. Aşağıda bununla ilgili örnekler verilmiştir.



Kablo, genelde kaynak ile yük arasında işaret iletiminde kullanıldığından ekranlamanın ne tarafta yapılacağı ve topraklama önemlidir. Aşağıdaki şekilde buna bir örnek sunulmuştur.



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

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 alttaki şekilde gösterilmektedir. Burgulu çift iletken kullanarak (iletkenler arasındaki alan küçültülerek ve burğu sayesinde zıt yönlü akımlar akması sağlanarak) manyetik sızıntı azaltılmıştır. Her iki taraftan da topraklama uygulandığında elektrik ve manyetik ekranlama etkin biçimde sağlanmış olur.

EMC önlemlerinde kablolar kadar önemli olan elemanlar, konnektörlerdir. İki kablonun bağlantısı, iki yüzeyin sızdırmaz montajı EMC 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 EMC etkileri açısından önemli bazı noktalar şunlardır:

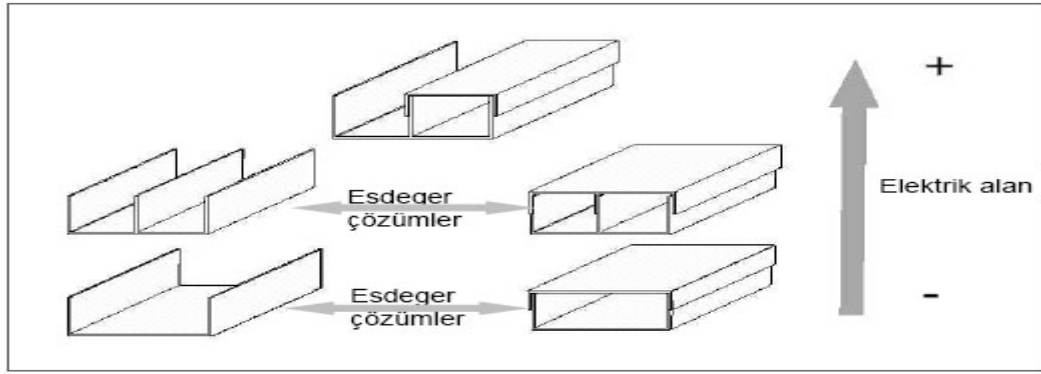
- Kabloları birbirine, belli bir panele ya da yüzeye bağlarken sıkı temas çok önemlidir. Sıkı geçme yanında geniş şeritlerle topraklama sağlanması da önemlidir.
- Çevre yüzeylerin iyi teması açısından iletken katkılı plastikler, contalar ya da yaylar kullanılır. İletken katkılı plastikler ve contalar ucuz ve kolay monte edilebilir olmalarına karşın izolasyonu düşük ve ömürleri kısadır. Şekil 5' te 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.
- 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 sıcaklığına, rüzgara, neme karşı 20-30 yıl gibi ömre sahip olması istenir.
- Yüzey montajlarında zamanla paslanma önemli bir EMC sorunu oluşturur. Paslanmanın değişik nedenleri vardır. En önemlileri galvanik etki ve elektrolitik etkidir

Önemli bir konu da cihazların ya da kabloların CE markalı olmasının, bir arada sistem kurulduğunda EMC koşullarının sağlanması anlamına gelmeyeceğidir. Uyumsuzluk olması durumunda önce güvenlik kuralları sağlanmalı, cihazın talimatlarına uyulmalı, en sonunda EMC 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 EMC 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 olmaz. Ekranın çift taraftan topraklanması en şiddetli parazitlere karşı (YF ortak mod) koruma için kullanılır.

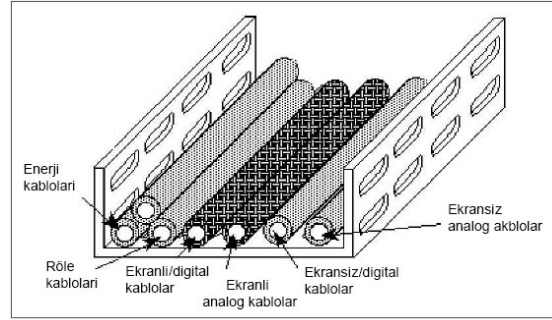
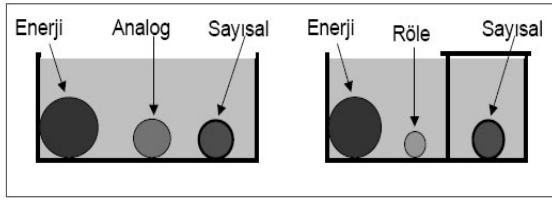
Çift taraflı bağlantılarla ilgili sorun, alçak frekanslarda ekranlama üzerinden bir akımın akabilmesidir. Bu akım, bazı durumlarda “vınlama” adı verilen bir alçak gerilim veya çift kablo tarafında $50 Hz$ gürültüsü yaratır. Tüm sayısal veya elektrik kablolarında dış ekranlamaların her iki ucu, cihaza 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 aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Elektriksel ekranlama açısından eşdeğer m kanallar

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

Asansör panolarında haberleşme kabloları ve güç kabloları ayrı kanallarda döşenmelidir. Ancak yer darlığından dolayı bazı durumlarda aynı kanal içerisinde götürülebilmektedir. Bu nedenle oluşabilecek bozulmaları engellemek için aşağıdaki döşeme şeklinde olması durumunda daha da sağlıklı olur.



Enerji ve işaret kablolarının yan yana kanalda yerleşimi

İşaret kabloları ile enerji ve röle kabloları birbirlerine olabildiğince uzak yerleştirildiği gibi, aralarında EMC açısından göreceli olarak daha dayanıklı olan ekranlı analog kablolar döşenerek yalıtım artırılmaya çalışılmalıdır.

TOPRAKLAMA

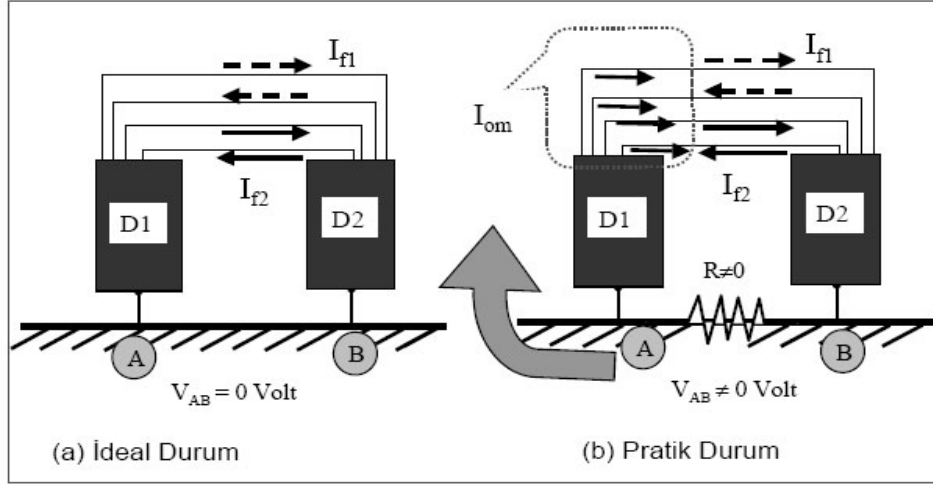
Potansiyel, iki nokta arasında iş yapabilme kapasitesidir. Volt birimiyle anılan elektriksel potansiyel bir noktanın belirlenen bir başka noktaya göre gerilim farkı diye tanımlanır. Örneğin VAB gerilim farkı dendiğinde, A noktasının B noktasına göre gerilim farkı kastedilir. Ancak bu iki noktanın gerçek 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. Uluslar arası yetkin kurum olan IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) topraklama tanımını “*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*” şeklinde vermektedir.

Topraklama gereksinimleri ve teknikleri temel olarak mantık devreleri, paratoner sistemleri, AC Sistemler ve şebeke dağıtım sistemleri ve arıza önleme, elektromekanik cihaz tasarımları gibi hem yüksek hem de düşük frekanslı sistemlerle analog tasarımlarda söz konusudur.

Topraklamada en önemli problem yeryüzünün her noktasında eşit potansiyelde olmamasıdır. Farklı noktalardan yapılan bağlantılar, farklı potansiyellere ulaşılmasına neden olur. Bunu nedeni yeryüzü empedansının sıfır olmaması ve önemli değişiklikler göstermesidir. Sonuçta, toprağa akan bu akımlar potansiyel farkı oluştururlar. Bu durum özellikle yıldırım gibi şiddetli boşalmalarda ya da yüksek seviyeli akımlarda gözlenir. Toprağa akan akımlar, topraklama empedansının farklı olması nedeni ile farklı potansiyel değişimleri yaratırlar. Aşağıdaki şekilde ideal topraklama durumu ve pratikte yaşanan durum resmedilmiştir.

Şekilde, solda iki devre ve arasındaki işaret kablolarından akan akım (farksal mod akımları) gösterilmiştir. Devreler A ve B noktalarından toprak yerine geçecek bir referans seviyeye bağlanmışlardır. AB noktaları arasında gerilim farkı oluşmadığı

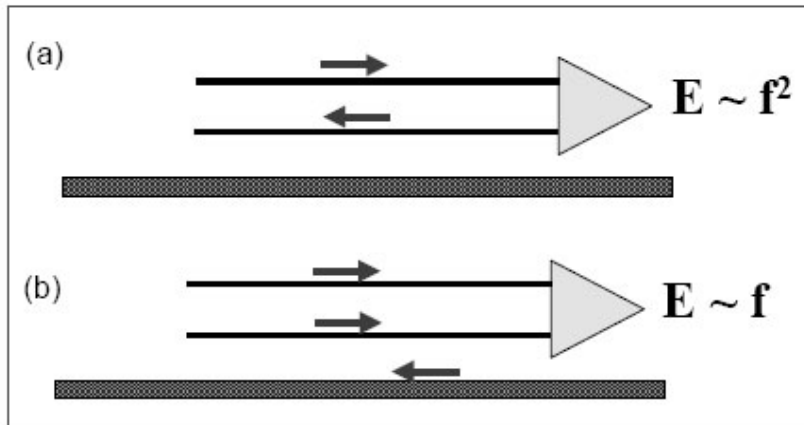
sürece topraklama gerçekleşmiş olur. Ancak uygulamada A ve B noktaları aynı potansiyelde olamazlar. Bu iki nokta arasındaki empedansın sıfır olmaması nedeniyle oluşacak gerilim farkı işaret kabloları ile toprak arasında aynı yönde (ortak moda) akımların akmasına neden olur.



Topraklama. ortak ve farksal mod akımları

ORTAK VE FARKSAL MOD AKIMLARI

Ortak mod işaretleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, kablunun iletkenlerinden aynı yönlerde akan işaretlerdir. Aralarında potansiyel farkı olmadığı için yükten hiçbir akım akmaz ve devre iletkenler ile toprak üzerinden tamamlanır. Farksal mod akımları iletkenler üzerinden devreyi tamamlarlar ve toprak üzerinden hiçbir akım akmaz. Aynı genlikte ve zıt yönlerde aktıkları için bu akımların oluşturacağı alanlar da birbirlerinin etkilerini azaltırlar. Buna karşın ortak mod akımları aynı büyüklükte ancak aynı yönde oldukları için, bu akımların oluşturdukları alanlar birbirlerini kuvvetlendirirler. Ortak ve farksal mod akımlarının neden olduğu EM ışıma, sırasıyla, frekansın kendisi ve karesiyle orantılıdır. Bu durumda alçak frekanslarda farksal mod, yüksek frekanslarda ise ortak mod EM ışımlar baskın olur.



Ortak ve farksal mod akım tanımları

Topraklamada önemli hususlar

Tüm iletken yapıları bir empedansa sahiptir. Bu empedanslar (direnç ve endüktans) uzun hatlar ile toprağa bağlanırsa önemli etkiler yaratırlar. Özellikle yüksek frekans ve yüksek hızlı sayısal dalga şekilleri için böyledir (akım ve/veya gerilimin hızlı değiştiği durumlar). İki ya da daha fazla noktadan toprağa olan bağlantılar, bağlantı noktaları arasında ortak modda gerilim düşmelerine neden olur(Örneğin makine motorlar). Tek noktadan topraklama sadece düşük frekanslarda etkilidir(Örneğin Encoderler). Topraklama hattının en uzun boyu, en yüksek frekanstaki en küçük dalga boyu ile karşılaştırılır. Pratik olarak topraklama boyu $< \lambda/10$ kuralı kullanılabilir.

Düşük frekanslarda (DC'den birkaç kHz'e kadar) DC empedans toprak hattının empedansı için kabul edilebilir bir tahmin verir. Tek noktadan topraklama uygulanabilir. Yüksek frekanslarda, dağılmış kapasite ve endüktansın topraklama hattı boyunca yerleşimi, rezonanslara ve topraklama empedansının değişimine neden olur. Topraklamanın iyi yapılamamasının en fazla etki yarattığı devrelerin başında baskı devreler gelmektedir. Baskı devrelerde iyi bir topraklama gerçekleştirilebilmek için

- Endüktans etkilerini azaltmak gerekir. Bunun için L yada akımın değişim hızı (di/dt) minimize edilmelidir. Endüktansın azaltılmasında devre yerleşimi en önemli faktördür.
- Çevrim kapatan devre yollarının alanları olabildiğinde küçültülmeli,
- Eleman bacakları kısa tutulmalı,
- İşaret gidiş ve dönüş yolları birbirine yakın tutulmalı,
- Mümkün ise burgulu (twisted pair) hatlar kullanılmalı,
- Ana işaret hatları referansın yakınında olmalı,
- Yüze montajlı elemanların kullanımı tercih edilmelidir

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

Ekranlama ve Filtreleme

Neyi , Niçin ekranlarız?

a. Neyi ekranlarız?

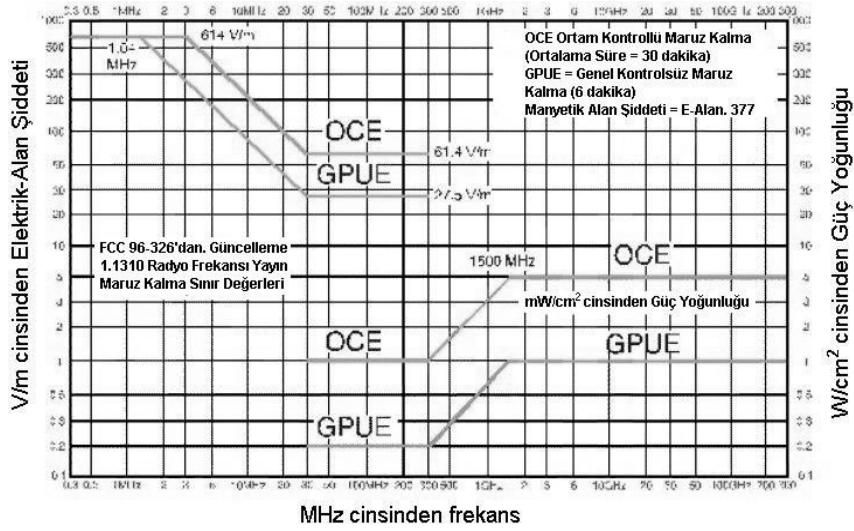
- Mahfazaları
- Kabloları
- Devreleri/PCB'leri

b. Niçin ekranlama yaparız?

- Mağdurları havadan-yayılan yayınlardan korumak için
 - Hassas devreleri korumak için
 - İnsanları korumak için (biyolojik tehlikelerden)
- Kaynaktan yayılan enterferansı azaltmak için
 - Vericilerden yayılan enterferansa karşı
 - Gürültülü devrelerden yayılan enterferansa karşı
- PCB ve filtreleme teknikleri kullanıldığında EMI indirgemesinin yeterli olmadığı durumda

Güvenlik önlemleri

RF alanların insanlara verdiği zarar konusunda halâ tartışmalar vardır. Aşğıdaki grafikte, farklı frekanslar için maruz kalma seviyeleri hakkında bilgi sağlanmaktadır.



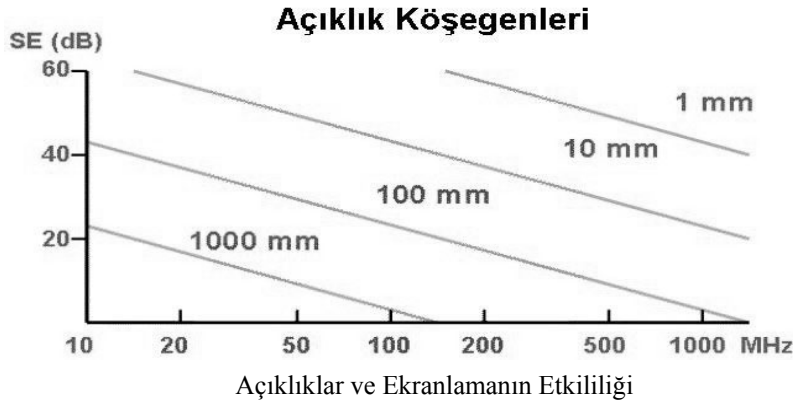
ANSI/IEEE C95.1-1992, İnsanların Havadan-yayılan Alanlara karşı Önerilen Maksimum Maruz Kalma Sınır Değeri (Frekans MHz cinsindedir)

Ekranlama ve Murphy's Kanunu

Ekranlama maliyeti. Mümkünse

- Toprak hattı düzlemlerinin kısmi ekranlama yapması önlenmelidir.
- Gerekli ekranlama olasılığına ilişkin tasarım (çeşitli ekran tipleri kullanılabilir)
- Ekranlar > 0,5 mm'den kalın yapılmalıdır.
- Ekranlar dikdörtgen biçiminde yapılmalıdır
- Büyüklük önemlidir: tasarımın imkân verdiği ölçüde büyük ekranlar kullanılmalıdır.
- Farklı kenar uzunlukları kullanılmalıdır.

Ekranın etkililiği, açıklıkların (deliklerin) büyüklüğüne (ve sayısına) bağlıdır. Kritik parametre, açıklığın en büyük boyutudur. Yuvarlak bir delik için, bu çaptır, dikdörtgen şeklindeki bir delik için bu, köşegen uzunluğudur.



Yukarıdaki grafikte Ekranlama Etkililiğinin (SE) frekansa ve açıklık boyutuna göre nasıl kötüleştiği gösterilmektedir. 100 mm'lik bir açıklık, 10 mm'lik bir açıklığa göre 20 dB daha fazla geçirecektir.

Açıklıklar için $\lambda/20$ Kuralı

- λ (lambda) en yüksek frekansın dalga boyudur:

$$\lambda = c/f$$

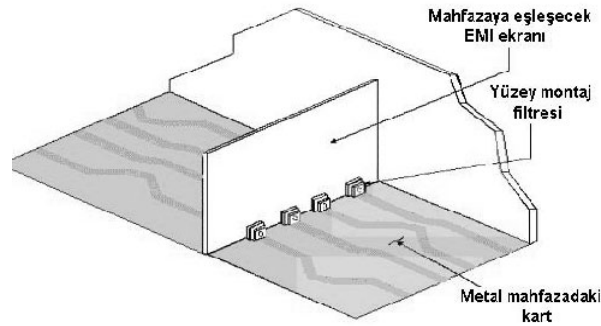
(f, Hz cinsinden frekans; c = 3×10^8 m/s, ışık hızı)

- En uzun boyutu $\lambda/20$ olan açıklık(lar) için ekranlama etkililiği (SE) 20 dB düşecektir.
- Bu husus göz önüne alınarak, sıkıştırma vidaları arasındaki uzaklık, açıklıklar, delikler, vb. $\lambda/20$ 'den küçük olmalıdır.

PCB-seviyesinde ekranlama

Ekranlama modüllerine benzer ilkeler kullanılmalıdır.

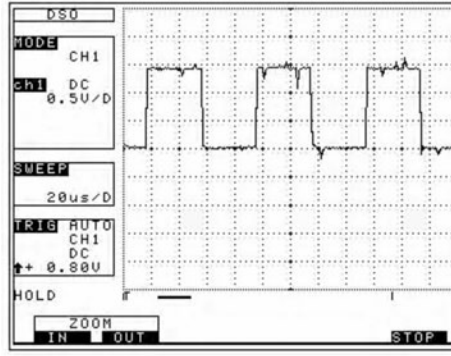
- Ekranlarda delik olmamalıdır.
- Ara yüzde filtre kullanılmalıdır.
- Referans düzlem, ekranın bir kısmı olarak değerlendirilmelidir.
- Ekran, referans düzleme düzenli aralıklarla bağlanmalıdır.
- Giriş/çıkış noktalarında korumalı Ferit hatları bulunmalıdır (ekranlı kablolara eşdeğerdir.)



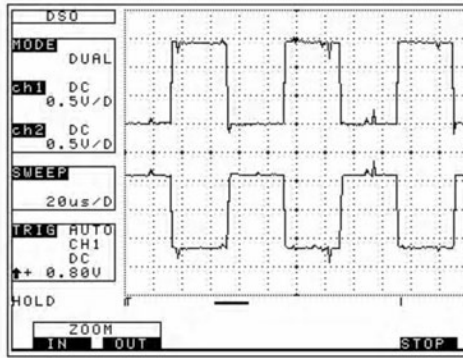
ÖRNEK

ENCODER KULLANILAN BİR İNVERTÖR SİSTEMİNDE PARAZİT ÖLÇÜMÜ (Test ve ölçümler ARKEL Elektronik laboratuvarında yapılmıştır)

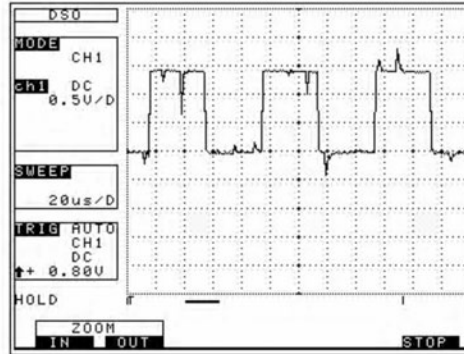
Aşağıda motor ve encoder kablosu topraklanmış bir sistemde görülen OA encoder sinyali verilmiştir. Her iki kabloda topraklanmış olmasına rağmen sinyalde açık bir parazit görülmektedir. Bunun sebebi makinaya mekanik olarak bağlanan encoderın kablo ucunda da yapılan topraklama ile motor kablosunda oluşan "ortak akım" için bir geri dönüş çevrimi oluşturmasıdır. Bu çevrimin oluşmasına engel olmak için encoderlar tek taraflı topraklanmalıdır.



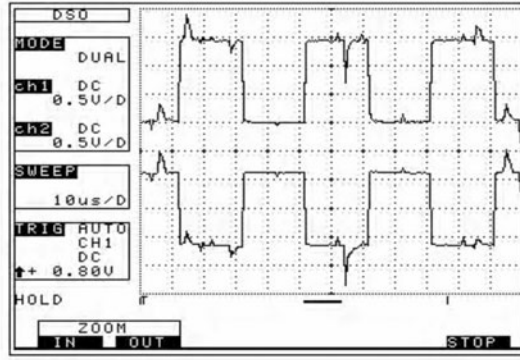
Aynı durumda OA ve AA' sinyalleri verilmiştir. OA' sinyali OA sinyalinin negatiftir. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta, sinyaller birbirinin simetriği olmasına rağmen, parazitler aynı yönde oluşmaktadır.



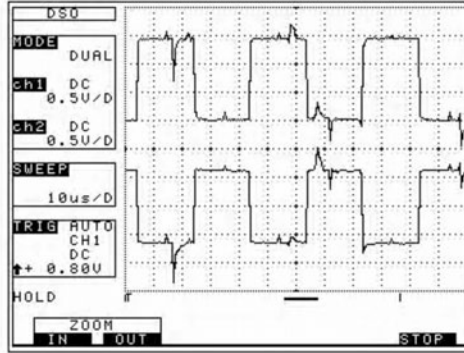
Motor tarafındaki topraklama bağlantısı çıkartıldığında OA uçlarında aşağıda görülen parazit oluşması görülmektedir. Bu durumda encoder üzerindeki çevrim engellenmiş olmasına rağmen, motor kablosunda oluşan Elektro Manyetik Dalga motor çevrimi kırıldığı için motor kablosu blendajı tarafından tutulamamakta ve daha saldırgan bir hal almaktadır. Bu durumda motorda sarsıntı ve gürültüler başlamış durumdadır.



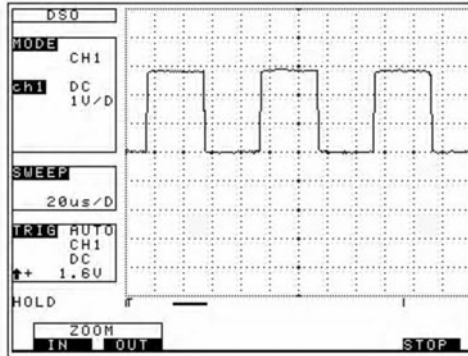
Encoder topraklamasının da toprak barasından ayrılması halinde aşağıda görülen parazit durumları oluşmuştur. Bu durumda artık motor sürülemedi ve testlerin devamı için açık çevrim moduna geçilmiştir. OA ve OA' ölçümleri aynı anda alınmıştır.



Topraklama barasından hiçbir cihazın toprak hattı almaması durumunda, sinyallerdeki bozulmanın boyutu aşağıda verilmiştir. OA ve OA' ölçümleri aynı anda alınmıştır. Birbirinin simetriği olan sinyalde, parazitlerin aynı yönlü olması kullanılabilir bir özellik olarak alınabilir.



OA' sinyali OA sinyalinin negatiftir. Bu durumda OA-(- OA') sinyali OA+OA' sinyali haline gelecek ama aynı yönlü olan parazitler birbirini giderecektir. Buda İnvörtörün kabul edebileceği seviyede bir sinyalin oluşmasını sağlar. Aşağıda AA' sinyal girişi verilmiştir. İnvörtörde bu sinyali alması için gerekli ayarın yapılması yeterli olmaktadır.



Bu sistemlerde, motorun blendajlı kablosunun iki taraftan, encoder kablosunun bir taraftan (motordan toprak alıyorsa toprak bağlantısı yapmadan), birbirlerinden 20-25 cm uzakta veya saç tava içinden taşınarak ve 4 kanallı encoder kullanıp sinyal uçlarını eşlenik olarak almak daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

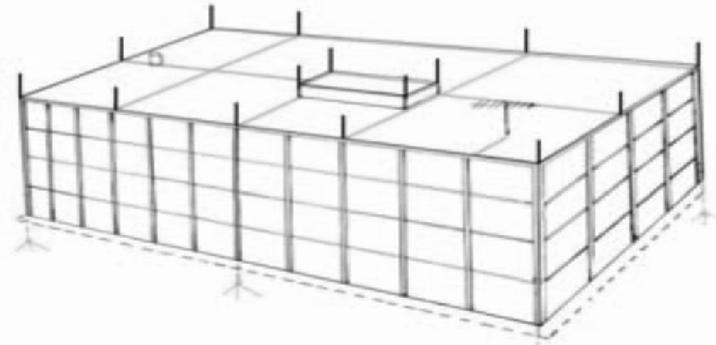
FARADAY KAFESİ

Faraday kafesi; yüksek frekanslı gerilimleri, EMI (elektromagnetic Interference) denilen elektromagnetik parazitleri ve her türlü elektriksel gürültülerin dışarıdan içeriye, aynı şekilde içerden dışarıya geçmesini engelleyen, iyi bir iletkenlik özelliğine sahip

topraklanmış bir çeşit zırhtır. Günlük hayatta kullandığımız bilgisayarlar, televizyonlar, cep telefonları, yüksek frekansla çalışan aletler (MR cihazları), radyolar vb. Cihazlar; içerisinden akım geçen her türlü alet, atmosfere magnetik dalgalar yaymaktadır. Faraday kafesi içerisinde bulunan her şeyi, dışarıdaki elektriksel olaydan koruyan bir kafestir. İletken bir tel ile çevrilmiş ve topraklanmış her kafesle bu koruma gerçekleştirilebilir, ancak en iyi performans küre şeklindeki kafeslerle elde edilir.

Faraday Kafesi İşleyişi

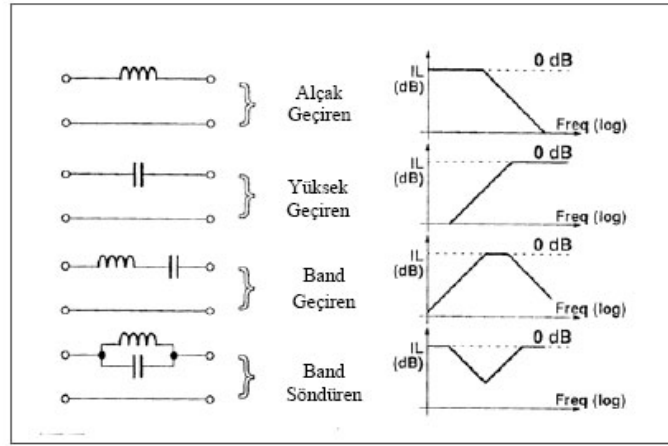
İletken malzemeleri oluşturan atomların en dış yörüngelerindeki “değerlik” (valens) elektronları, atomlarından kolayca ayrılarak hareket etme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla kapalı bir yüzeye sahip olan iletken bir cisim, elektrik alanı içerisine yerleştirildiğinde bu elektronlar, iletkenin içerisindeki elektrik alanı sıfırlanmaya kadar hareket eder ve bir “yeniden dağılıma” uğrarlar. Elektrik alanın sıfırlanmasıyla birlikte, hareket etmelerinin gerekçesi ortadan kalkmış olur. Faraday kafesi bu ilkeye göre çalışır ve içindeki nesnelere dış elektrik alanlarına karşı korur. Dolayısıyla ideal olarak; topraklanmış, örneğin içi boş metal bir küre gibi kapalı bir iletken yüzeyden oluşur. Ancak iletken yüzey sürekli olmak yerine, kafes şeklinde de imal edilebilir. Bu durumda kafes aralıklarından bir miktar elektrik alanı içeriye sızacak, fakat aralıklar yeterince küçükse bu bir sorun oluşturmayacaktır. Öte yandan geometrinin küre olması şart değildir. Kapalı herhangi bir yüzey, kafes görevini yerine getirebilir. Faraday kafesi genel olarak; yıldırımın etkilerinden korunmak, testölçüm laboratuvarlarından doğru sonuçlar elde etmek, TEMPEST diye bilinen elektromagnetik dinleme ve güvenlik sistemlerinde (gizli bilgilerin dışarıya çıkmasından endişelenilen durumlarda) kullanılır.



Asansör kumanda panolarında ise, sisteme dışarıdan bir EMI oluşmaması için pano dolap kapağı topraklamasıyla bir Faraday Kafesi oluşturmuş oluruz. Bu kafes bize dışarıdan panoya veya panodan dışarıya oluşabilecek etkileri en aza indirmemizde yardımcı olacaktır. Topraklaması yapılmış olan kafeslerde dikkat edilmesi gerek hususlarda deliklerdir. Çünkü dalga boyu deliğin çapından küçük olan elektromagnetik dalganın kafesin içine girmesi ve sisteme EMI uygulamasına neden olur. Bu kafes bir nevi bir ekranlama tekniğidir.

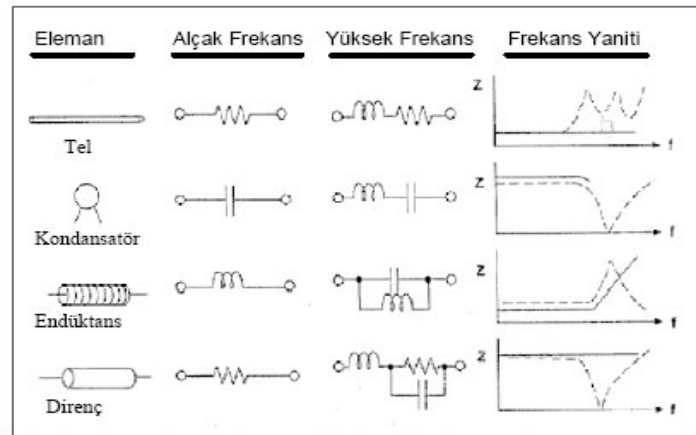
Filtreleme

Elektrik-elektronik cihazların birbirine olumsuz etkileri (istenmeyen girişim ve elektromanyetik (EM) sızıntıyı) en aza indirmek ve böyle olumsuz etkilerin olduğu ortamlardaki performanslarını maksimum düzeye çıkarmak EMC mühendisliğinin temel ilkesidir.



EMC problemlerinin giderilmesinde kullanılan yaygın ve etkili tekniklerden birisi 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 diye sınıflandırılabilir. Aşağıdaki şekilde temel devre elemanlarının seri/paralel kullanımı ile elde edilebilecek basit, 2-kapılı filtre düzenleri gösterilmektedir.

Örneğin, 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. Aşağıdaki şekilde temel elemanlar ve pratikteki davranışları gösterilmektedir.



Temel devre elemanları ve frekans karakteristikleri

Görüldüğü gibi, 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.

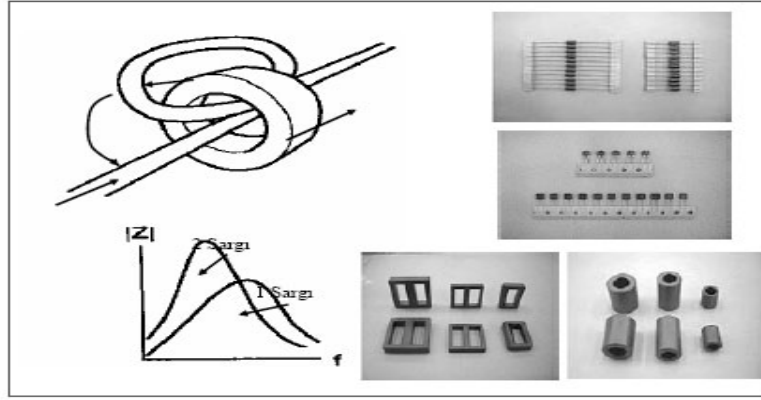
EMC sorunlarını gidermek amaçlı kullanılan filtreler şebeke güç kaynağı filtreleri, DC güç kaynağı filtreleri ve telekomünikasyon filtreleri olarak sınıflandırılabilir. Şebeke güç kaynağı filtreleri lineer yapıda olup elektromanyetik gürültünün sisteme girmesini engellemek amacı ile ekran içine ve şebeke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

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 EMC 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 gerekliliği önemli EMC özellikleridir.

Filtre performansını belirleyen en önemli faktör, filtrenin ekrana monte edilmiş 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.

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 sızıntısının önlemine almak, bağlantı kabloları ve işaret yollarındaki gürültüleri azaltmak anlamına gelir. Ferrit filtreler kablolarla bilezik gibi geçirilerek kullanıldıklarından tercih edilmektedir.



Ferrit Filtre kullanımı, tipik davranışı ve çeşitleri

Yukarıdaki şekilde ferrit bilezik mantığı ve değişik filtre fotoğrafları gösterilmektedir. Ferrit bilezikler ferromanyetik özelliğe sahip olduklarından manyetik alan depolama özelliğine sahiptirler. Amper yasasına göre, içinden akım akan bir telin etrafında manyetik alan oluşur. Sağ el kuralına göre baş parmak 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 artırır, ancak ferromanyetik rezonans frekansını düşürür. Pratikte, sargılar arası kaçak kapasitif etki olduğundan, ikiden fazla sarım kullanılmaz. Ferrit bilezik etki ettiği frekans bölgesindeki istenmeyen işaretleri süzerken faydalı işaretleri etkilemez.

Kabloların ekranlamasında ferrit kullanıldığında alçak frekanslar fazla etkilenmezler. Bu frekanslarda, ferrit endüktansı sabit ve az kayıplıdır. Bu nedenle toplam empedansı az artırır. 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 yararlanır. 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.)

SONUÇ

EMC çok detaylı incelenmesi gereken bir konudur. Özellikle frekansın yükselmeye başladığı çalışma alanlarında elektrik elemanları, kendi özelliklerinden çok farklı hüviyetlerde davranabilmektedir. Buda planlanan girdi ve çıktılarının tamamen değişmesine yol açmaktadır. Özellikle asansör konusunda yüksek frekanslı alanlarda çalışmalar söz konusu olduğunda EMC kurallarına uygun tesisat döşemek, asansör kumandası ve konforu için önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Levent Gürel-Elektromagnetik Uyumluluk
2. Elektrik Mühendisleri Odası 430.sayı Faraday
3. H W Johnson & M Graham-Yüksek hızlı sayısal tasarım.
4. Serdar Tavashlođlu - Asansör Uygulamaları,