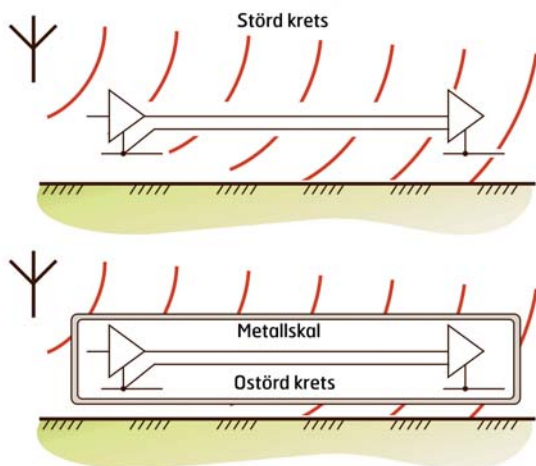


Tillförlitlig signalöverföring

En kabelskärm ska anslutas i båda ändarna till apparat-skärmarna, annars gör den nästan ingen nytta. Underlag för detta påstående redovisas med förenklade modeller i denna artikel.

Det diskuteras allt som oftast var och hur en kabelskärm ska anslutas (felaktigt används begreppet "jorda skärmen", "ansluta" är mer adekvat). En del hävdar att det är bäst att ansluta kabelskärmen enbart i en ända och andra att den skall anslutas i båda ändarna. Delar av enändesskolan hävdar, att den ända från vilken signalen drivs är den som ska anslutas och ytterligare



Figur 1. Metallskärmning reducerar fältkoppling till och från en krets.

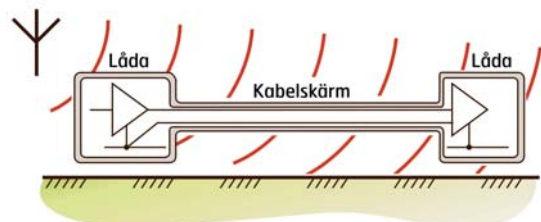
andra, att det är i den andra ändan som kabelskärmen ska anslutas. Som vanligt finns det orsaker till varför alla har mer eller mindre rätt, allt beroende på vad man vill åstadkomma med sin kabelskärm.

GRUNDMODELL

Föreställ dig en signalöverförings-krets (drivare – ledning – mottagare), blir störd av ett elektromagnetiskt fält, se figur 1. Ett sätt (det finns fler) att skydda kretsen är, att innesluta den i en metalllåda; vi säger att kretsen skärmas. Rätt utfört reduceras fältet tillräckligt för att kretsen skall bli ostörd. Om vi nu vill, att drivare – mottagare skall placeras långt från varandra och fortfarande vara skärmade, så blir lådan otymplig. Då utför man lådan som två lådor med ett flexibelt rör emellan, dvs. en kabel med flexibel metallisk yttermantel, se figur 2.

Denna enkla modell visar, att kabelskärmen ska anslutas i båda ändarna till båda lådorna; kabelskärmen är en flexibel ersättning för en stel otymplig låda.

Att inte ansluta kabelskärmen till enbart en, eller ingen, av lådorna är ju detsamma som att dela skärmlådan i första fallet i två eller tre delar. Det är väl ingen som vill hävda, att om man hade haft en lång, stel låda så skulle denna lådskärm bli bättre om man delade på lådan i två eller fler delar, eller hur?



Figur 2. En kabelskärm är en flexibel del av en skärmlåda.

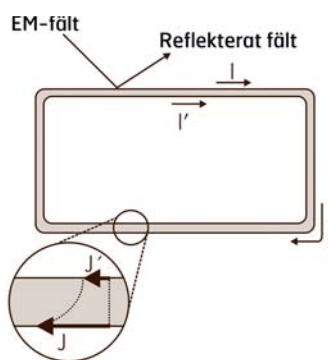
Skärmanlutning



Nu finns det erfarenheter som visar, att signalöverföringen och apparaterna fungerar när kabelskärmen är ansluten i båda ändarna eller när kabelskärmen är ansluten enbart i en ände. Det finns förklaringar till detta, men låt oss först se på grundprinciper för kabelskärmning.

Ytterligare en variant är, att signalöverföringen och apparaterna fungerar trots att kabelskärmen inte alls är ansluten till någon låda, men då behövs ju inte kabelskärmen av andra skäl än mekaniska! Dessutom kan detta fall vara elektriskt sämre än åtminstone en anslutning; kabelskärmen förstärker kopplingen till omgivningen.

SKÄRMNINGSPRINCIP



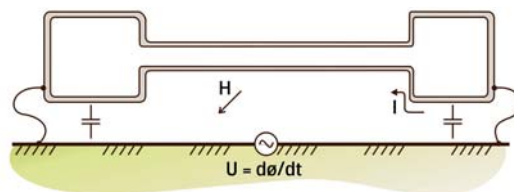
Figur 3. Skärmning genom både reflektion och reducerad strömtäthet (absorption).

Fältet, vilket exponerar den metalliska lådan, orsakar att ström flyter i metallskalet, se figur 3. Strömmen på ytan medför ett motriktat fält och vi får en reflektion. Vid låga frekvenser utnyttjas denna ström hela godstjockleken, men med ökande frekvens utnyttjas en mindre och mindre del av plåtens tjocklek. Strömtätheten blir lägre på "läsidan" av plåten p.g.a. den s.k. skineffekten. Vi får ett svagare fält och insidan p.g.a. både reflektion och absorption.

Om nu lådan, som vi nämnde ovan, delas i två lådor, vilka förbindes med varandra med ett homogent rör, förändras i princip inte situationen. Den något otympliga "lådans" skärmningsfunktion är densamma som tidigare.

Nu kanske någon undrar hur det kan flyta ström i en metalllåda som är upphängd i fri rymd och inte ansluten någonstans? Svaret är att det är av samma orsak som det går ström genom en trådstump upphängd i luften, som vi kallar antenn. Ofta är lådor med elektronik inte upphängda i "fria rymden" (bortsett från batteridrivna mobila apparater såsom mobiltelefoner, miniräknare, bärbara datorer mm); det finns oftast någon elektrisk förbindelse någonstans, åtminstone via strömförsörjningskabel och via strökapacitanser till omgivande ledande strukturer. Denna anslutning utgörs oftast av skyddsledaren (PE) i strömförsörjningskabeln.

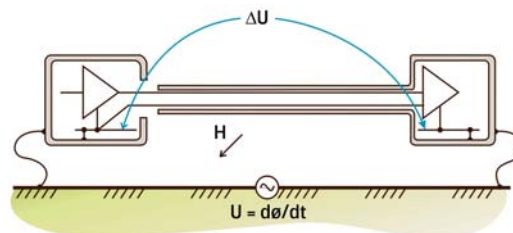
Fältets magnetiska komponent inducerar en slingspänning i den slinga som bildas, se figur 4. Slingspänningen driver en ström genom skärmstrukturen (byggnadsstruktur, PE-ledare, lådor och kabelskärm).



Figur 4. Fältet ger upphov till en ström i skärmstrukturen.

Strömmen ger i sin tur upphov till ett motriktat fält (reflektion) och därmed en minskad påverkan, d.v.s. vi har en skärmningsverkan p.g.a. denna slingström. Jämför med ett kortslutet varv omkring en transformator! Ju bättre kortslutning, d.v.s. ju lägre impedansen är i slingan, desto bättre skärmverkan.

Om inte kabelskärmen är ansluten i ena änden får vi förmodligen ändå en slinga via signalöverföringskretsen, vars signallösa oftast är anslutna till apparathöljet i båda ändarna. En sådan slinga har högre impedans än en kabelskärmslinga och medför därmed lägre skärmverkan. Men vad värre är, den del av slingspänningen, som fördelad mellan signalkretsens ändar, kommer ju att störa densamma, se figur 5!



Figur 5. Inducerad slingspänning stör signalöverföringskrets.

Signalnolledaren (returledaren) har ju impedans och den del av slingspänningen som uppträder över denna ledningsimpedans ligger således i serie med den nyttiga signalspänningen.

Det förekommer att kabelskärmar ansluts i ena änden via en kondensator; ett motiv lär vara att man vill undvika den cirkulerande strömmen vid relativt låga frekvenser. Men då får vi ju heller ingen skärmverkan! Även om kabelskärmen är ansluten till lådorna i båda ändar kommer det vid låga frekvenser (inträngningsdjupet är lika med eller större än metalltjockleken) att finnas en spänning mellan kretsändarna (kallas common mode-spänning), men denna är lägre, dels p.g.a. den lägre impedansen i kabelskärmen, dels p.g.a. den ovan nämnda skärmningseffekten.

Det enda effektiva sättet att undvika denna typ av påverkan är att införa isolation någonstans i slingan, oftast i signalöverföringskretsen.

IDEALISK KABELSKÄRM

Om frekvensen är tillräckligt hög, d.v.s. metallskärmen (lådor och rör) är två – tre gånger större än inträngningsdjupet, kommer en minimal ström att flyta på skärmens insida, vilket ger upphov till dels ett mycket mindre fält än det ursprungliga, dels en betydligt lägre spänning på skärmens insida. Detta gäller både för lådorna som för rören.

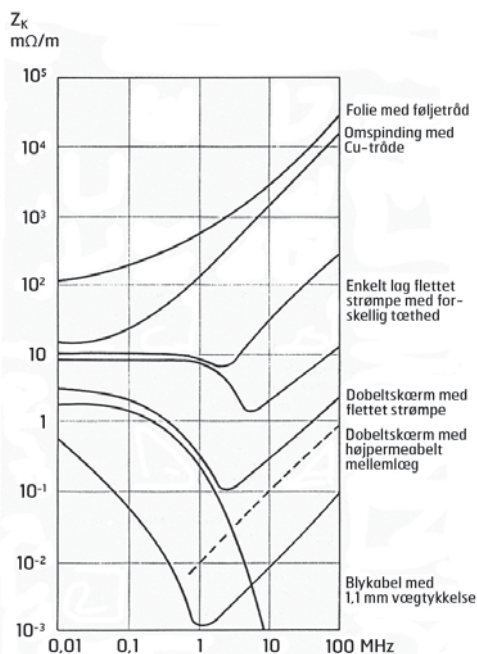


Den ström som flyter på skärmens insida ger som sagt upphov till ett spänningsfall p.g.a. ytans impedans. För lådorna, där ytorna är nästan lika breda som långa, blir detta spänningsfall tämligen litet. På rörets insida är däremot den interna ytan relativt smal och lång, vilket gör att det, åtminstone för låga frekvenser där tillräcklig ström tränger in i materialet, uppstår ett icke försumbart spänningsfall. Vid höga frekvenser är spänningsfallet på rörets insida, nästan alltid försumbart.

ICKE-IDEALISK KABELSKÄRM

Röret som kabelskärm är tämligen opraktisk, varför man normalt utformar kabelskärmen som en flätad strumpa många metalltrådar med lämplig ytbehandling (förtennad koppar). Denna strumpa är inte lika tät som ett rör, ty ström kan följa trådarna till strumpans insida och fält kan läcka in genom de små ofrånkomliga öppningarna mellan trådarna. Denna interna ström och detta fältläckage ger upphov till ett inre spänningsfall, vilket ökar med ökande frekvens. Detta är tvärt emot vad som är fallet med det homogena röret; det homogena röret blir bättre skärm med ökande frekvens och den flätade strumpan blir sämre.

Förhållandet mellan spänningen på kabelskärmens insida och strömmen på dess utsida kallas bl. a. överföringsimpedans och mäts i ohm per meter kabelskärmlängd. Överföringsimpedansen är ett mått på kabelskärmens godhet; ju lägre överföringsimpedans desto bättre skärm. Eller med andra ord, ju lägre spänning för en given ström desto bättre skärmningseffekt. Exempel på kabelskärmars överföringsimpedans finns i figur 6. En bra kabelskärm har en överföringsimpedans i storleksordning 10 milliohm per meter.

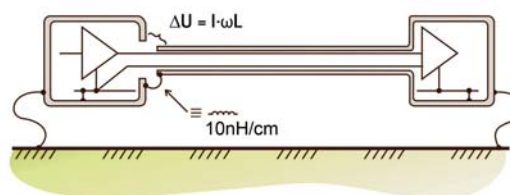


Figur 6. Olika kabelskärmstypers transferimpedans. Referens: Nissen, "EMC Håndbogen".

IDEALISK KABELSKÄRMSANSLUTNING

Hittills har vi förutsatt att kabelskärmen (rör eller strumpa) är ansluten till lådorna runt om sin periferi med hela dess tvärsnitt. Detta medför inget nämnvärt bidrag till spänningsfallet på skärmens insida och för-sämras således inte skärmningseffekten.

Nu är inte verkligheten så idealisk. Om nu kabelskärmen anslutes till lådorna med förbindelse-trådar kommer spänningsfall att uppstå i trådarna, se figur 7.



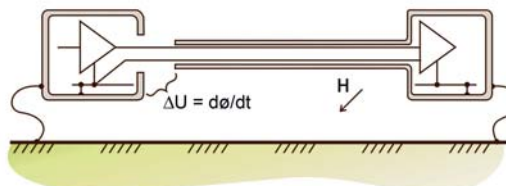
Figur 7. Våd av att ansluta kabelskärm med klen tråd. Inducerad spänning ökar över den inre kretsen.

Detta spänningsfall är frekvensberoende, ty tråden är både resistiv och induktiv. Induktansen i en vanlig förbindelse-tråd är av storleksordningen 10 nH per cm. Således, ju längre tråd och ju högre frekvens desto högre spänningsfall. Detta spänningsfall kan vara åtskilliga tiopotenser högre än spänningsfallet inuti kabelskärmen, även om kabelskärmen är flera meter lång.

Ett exempel; fem cm tråd har en induktiv reaktans på ca 300 milliohm vid 1 MHz. Det motsvarar läckage i 30 meter kabelskärm med överföringsimpedansen 10 milliohm per meter.

Kretsarna inuti lådorna känner nu av den interna spänning som en gemensam-mod-spänning ("common mod"). Strömmen i skärmanslutningstråden ger dessutom upphov till ett magnetfält som inducerar spänning i de intilliggande signalledarna. Spänningsfallet i tråden driver även en kapacitiv ström till signalledarna via strökappacitans mellan ledarna och kabelskärmen. Trådanslutning av kabelskärm är således ingen bra anslutningsmetod utom möjlighet för skydd mot låg-frekventa störningar.

Om man tar bort kabelskärmsanslutning blir spänningen över glappet i stort sett lika med slingspänningen och därmed skärmningsverkan ännu sämre, se figur 8. Den kapacitiva kopplingen till signalledarna ökar, dock induceras ingen spänning eftersom det inte flyter någon ström.



Figur 8. Våd av att inte ansluta kabelskärm. Hela sling-spänningen ligger över den inre kretsen.

Skärmanlutning



Figur 9. Kabelskärmsanslutning som kopplar in störning till kretsar i lådan.

Detta kan i speciella lågfrekvensfall vara en förklaring till att en trådansluten kabelskärm verkar sämre än en icke-ansluten skärm, men det kan då bero på att kabeln inte ansluts till lådan i dess vägg vid genomföringsstället, se figur 9. Strömmen i kabelskärmen eller i dess, ofta långa anslutning ("jordning"), ger då upphov till ett fält inuti lådan och fältet stör någon krets i dess närhet. Ett felaktigt utförande (två fel tar ut varandra) är inte skäl till att utfärda en dålig tumregel.

Det är tokigt att öppna en skärm för att göra den bättre. En dålig anslutning är nästan lika dålig som ingen anslutning. I princip skall alltså en kabelskärm anslutas på samma sätt som man gör med en koaxialkabel, nämligen runt hela dess periferi och med mycket lågt kontaktmotstånd till skärmlådornas väggar vid genomföringsstället (i anslutningsdonet).

UNDANTAG

I vissa fall kan en kabelskärm fungera trots att den inte är idealisk ansluten:

- vid låg störningsfrekvens med korta trådanslutningar i båda ändar och elektrisk kort kabel.
- vid låg störningsfrekvens med trådanslutning i enbart den ena ändan där den oskärmade delen av signalkretsen är mycket kort elektrisk sett och mycket hög kretsimpedans samt kapacitivt kopplat fält.

Ett exempel på det senare är en oskärmad givare isolerat monterad långt från störande kablar och apparater samt ansluten till en lång skärmad kabel. Givaren är någon cm lång och kabeln flera hundra meter samt störningsfrekvensen i 50 Hz. Kabelskärmen ansluts då enbart i lådänden och ska definitivt inte anslutas ("jordas") till byggnads- eller maskinstruktur i givaränden!

Det lär vara en risk att, när man använder korta ledningar för kabelskärmsanslutning och det förekommer kraftiga s.k. vagabonderande strömmar (50 Hz) eller vid kortslutningsfel, den tunna trådanslutningen brinner av.

Med kraftig runtomslutande kabelskärmsanslutning klarar kabelskärmsanslutningen dessa strömmar. Denna risk är dock inget skäl till att inte ansluta kabelskärmen till lådan utan det är ett skäl att inte ansluta lådan till byggnadsstrukturen eller till skyddsledare. Med ett väl utformat potentialutjämningsystem lär det heller inte bli särskilt mycket ström i kabelskärmen, ty den har högre impedans än potentialutjämningsystemet.

En metod att åstadkomma isolation på ett tillåtet sätt är med en isolationstransformator. Givare och andra kretsar, vilka inte behöver 230V-matning, bör vara isolerade från byggnadens jord och skyddsledat system.

När man använder trådanslutning av kabelskärmar, ger detta upphov till ytterligare störningsinkoppling till elektronikkretsarna i lådorna, se figur 9. Kabelskärmen eller kabelskärmsanslutningen för in störningsström

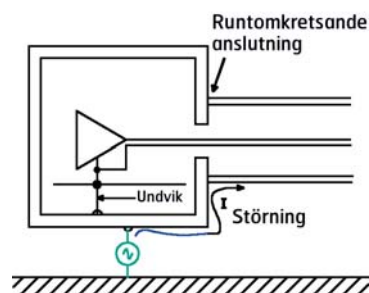
innanför lådskärmen. Genom att ansluta kabelskärmen på lådans utsida kopplas störningsströmmen istället av till lådan. I vissa installationer är det förbjudet att ansluta kabelskärmar i sina båda ändar (varför?) och då kan kabelskärmen ändå fungera hjälpligt vid högre frekvenser om den ansluts i kondensator. Notera att denna kondensatoranslutning blir tämligen frekvensberoende, inklusive resonansproblem, samt dessutom behäftat med samma tillkortakommanden som vid trådanslutning.

Man kan mena att kabelskärmen fungerar då den reducerar påverkan på just signalöverföringskretsen mellan lådorna. I andra sammanhang kan man mena, att om utrustningen i den ena eller den andra lådan inte blir störd, då fungerar skärmen. Båda uppfattningarna är givetvis riktiga. Om utrustningen fungerar då kabelskärmen inte ansluts i ena eller andra änden, men blir störd då den är ansluten i båda ändarna, beror detta förmodligen på att kabelskärmen ansluts felaktigt och inte på att kabelskärmen som sådan inte fungerar p.g.a. att den är ansluten i båda ändarna. En anledning till att utrustningen fungerar trots att skärmen enbart är ansluten i ena änden kan även vara att kabelskärmen egentligen inte behövs.

TUMREGEL

I dagens läge, med ökande mängd högfrekventa störningskällor, vill man att kabelskärmar skall göra nytta vid alla frekvenser och för alla tänkbara fall. Grundregeln är då att ansluta kabelskärmen i båda ändarna till apparatlådan metallhöljen, se figur 4, och kabelskärmsanslutningen skall ske runt skärmens hela omkrets till apparathöljet, se figur 10, antingen direkt via särskilt förskruvning eller via anslutningsdonets metallhölje.

Observera att anslutningsdonets alla delar måste ha god runtomslutande kontakt med varandra och den apparatfasta donhalvan måste ha god elektrisk kontakt med det metalliska apparathöljet. Det senare får man se upp med vid val av ytbehandling samt vid användning av metalliserade plastlådor.



Figur 10. Princip för riktig kabelskärmsanslutning.



Innehållet i den här foldern är hämtad från en artikel skriven av Ulf Nilsson i tidningen *Electronic Environment* nr 2, 2008. Ulf Nilsson från EMC Services har varit verksam inom EMC-området i mer än 35 år och har EMC-utbildat hundratals ingenjörer i Europa och USA. Han är medlem i IEEE EMC Chapter, NARTE-certifierad EMC-ingenjör samt teknisk EMC-redaktör för tidningen *Electronic Environment*. Ulf har varit medförfattare i "Praktisk El- och Telestörskydd", FMVs EMMA-handbok samt hållit föredrag vid ett flertal EMC-seminarier.