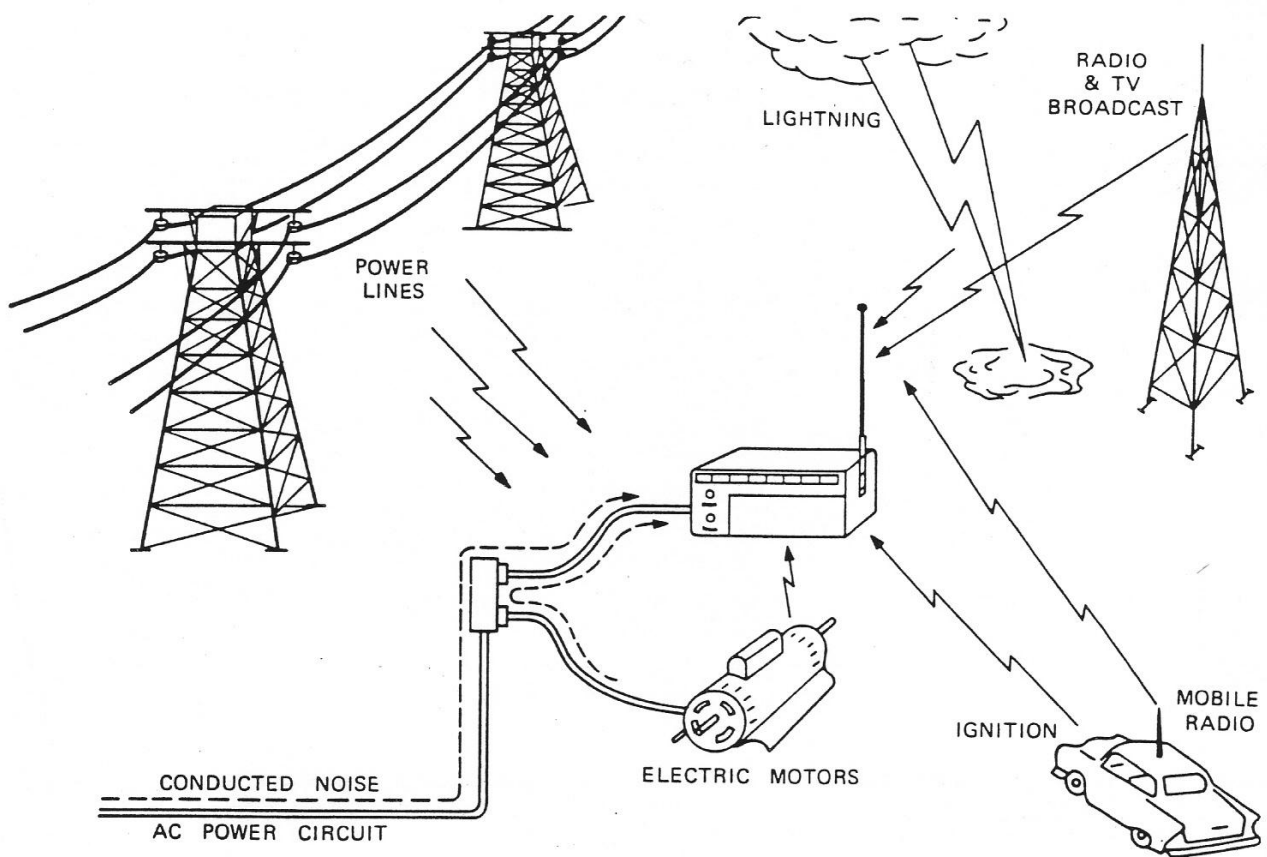


# EMC



Indholdsfortegnelse:

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| Introduktion til EMC.....                    | 3  |
| Grundlæggende HF-teknik.....                 | 4  |
| FOUIER analyse. ....                         | 7  |
| COMMON MODE / DIFFERENS MODE. ....           | 8  |
| Netkvalitet.....                             | 9  |
| Netfilter .....                              | 14 |
| 50HZ filterprobe .....                       | 16 |
| Skærmning. ....                              | 18 |
| Konklusioner vedrørende skærmede kabler..... | 22 |
| Jording.....                                 | 23 |
| Transientanalyse.....                        | 26 |
| Overspændingsbeskyttelse .....               | 28 |
| Overspændingsbeskyttende komponenter.....    | 33 |
| Kontaktbeskyttelse .....                     | 40 |
| Støjfiltre på signal ledninger .....         | 41 |
| Ind- og udstråling .....                     | 49 |
| Skærmdæmpning .....                          | 52 |
| ESD - Statisk elektricitet.....              | 55 |
| Foranstaltninger mod ESD.....                | 59 |
| EMC - Standarder .....                       | 60 |

## Introduktion til EMC

Forkortelsen EMC står for Elektromagnetic Compatibility og kan oversættes til 'fredelig sameksistens' eller 'elektriske apparaters evne til at fungere uden at genere hinanden'. Beskrivelsen dækker altså både indkommende og udsendt støj.

De to hovedkilder til elektrisk støj er:

Naturskabt støj, f.eks.: lyn, statisk elektricitet, støj fra rummet.

Menneskeskabt støj, f.eks.: sendere, motore, kompressore, frekvensomformere o.l.

De naturskabte støjklender kan vi jo ikke fjerne, men vi kan forsøge at afbøde virkningerne på vores udstyr.

De menneskeskabte støjklender kan vi derimod fjerne/reducere ved at sætte grænser for hvor meget støj et apparat må udsende, eller ved at gøre apparatet mindre følsomt for elektrisk støj.

Kravet til beskyttelse mod EMC afhænger af, hvor støjfyldte omgivelserne er (skal apparatet/systemet bruges hjemme eller i en fabrikshal), hvilken grad af beskyttelse der kræves (flere fejl kan accepteres i et TV-spil end i en respirator), samt selvfølgelig de økonomiske overvejelser.

EMC er hovedsagelig HF teknik da frekvensindholdet af elektrisk støj strækker sig fra DC og helt op i GHz området.

De forskellige støjtyper kan deles op i:

Støj fra lysnettet.

Støj fra signalledninger.

Indstråling / udstråling.

Statisk elektricitet.

## Grundlæggende HF-teknik

Ved højere frekvenser bliver strømmen af elektroner stadig vanskeligere at holde styr på. Så snart vi øger frekvensen op over LF opstår fænomenet strømfortrængning som betyder, at elektronerne i en leder nægter at fordele sig jævnt men søger udad mod overfladen. Jo hurtigere (højere frekvens) jo færre elektroner midt i lederen. Derfor bruges ledere med stor overflade ved høje frekvenser.

Samtidig vil elektronerne helst fortsætte ligeud og kun afbøjes i bløde buer (ingen skarpe knæk på ledninger og printbaner ved HF).

Da vores elektroniske komponenter som ledninger, modstande, spoler og kondensatore desværre ikke er ideelle, men kun i besiddelse af dominerende egenskaber som ændres ved høje frekvenser.

Går der strøm f.eks. i en ledning vil der skabes et magnetfelt (kendt fra skolens fysiktimer) og da magnetfelter frembringes af spoler, vil det sige, at ledningen har en selvinduktion som kan måles til ca. 1,5 µH/m. Dette betyder at ledningen bliver en større og større modstand (XL) ved højere frekvens. Ledningens tykkelse har mindre betydning, se tabel 2.1

|                               |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tværsnit<br>i mm <sup>2</sup> | 0,50 | 0,75 | 1,0  | 1,5  | 2,5  | 10   | 16   |
| Diameter<br>i mm              | 0,40 | 0,49 | 0,56 | 0,69 | 0,89 | 1,79 | 2,26 |
| Selvinduktion<br>i µH         | 1,55 | 1,51 | 1,48 | 1,44 | 1,39 | 1,25 | 1,20 |

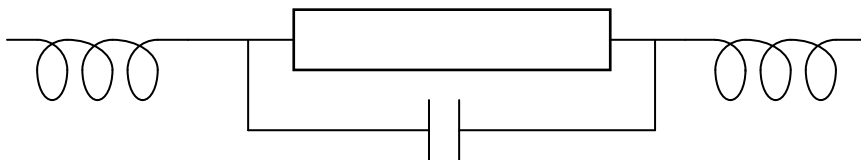
Tabel 2.1 Selvinduktion L for 1 m ledning.

Hvis selvinduktionen er 1,5 µH/m, kan modstanden i en 10 m ledning ved f.eks. 100 MHz beregnes:  $X_L = 2\pi fL$ ,  $2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 9420 \Omega$

Hvis strømmen derimod løber igennem f.eks. en bred jernplade fordeler elektronerne sig, hvorved magnetfeltet og dermed selvinduktionen formindskes betydeligt.

Derfor anvendes stelplaner ved HF, f.eks. hele lag i print, eller kabinettet. Ledninger, printbaner o.l. holdes så korte og brede som muligt.

Modstande har tilledninger som ved HF bliver til en mærkbar spole, og over modstandsmassen sidder en en kapacitet som ved HF kortslutter modstanden.



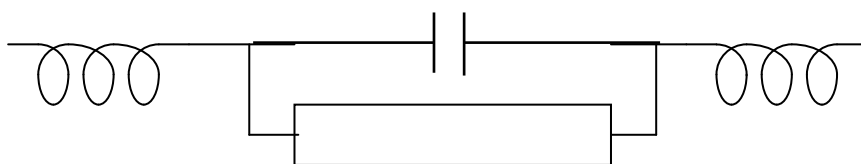
I en traditionel kulmodstand er der ca. 20 nH ( $L_s$ ) i 0,5 cm tilledninger, hvilket betyder en fordobling af modstandsværdien allerede ved 150 MHz.

Ved en SMD modstand falder  $L_s$  til ca 2nH.

Ved den rigtige fysiske opbygning kan parallelkapaciteten i nogen grad ophæve seriespolen.

Kondensatore har også tilledninger som får en tilsvarende virkning som ved modstande , desuden har mange kondensatore 'viklet' eller snoet opbygning for at gøre deres fysiske størrelse mindre. Denne opbygning øger kondensatorens indbyggede selvinduktion. Disse selvinduktioner forøger modstanden ved højere frekvens og modvirker derfor kondensatorens normale virkning.

Desuden indeholder kondensatoren også en seriemodstand og et tab mellem pladerne ( $L_p$  = parallelmodstand).

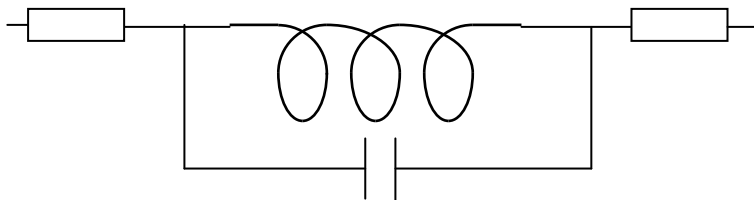


Især almindelige elektrolytter har store selvinduktioner, og kan derfor ikke anvendes ved frekvenser over ca. 50 kHz.

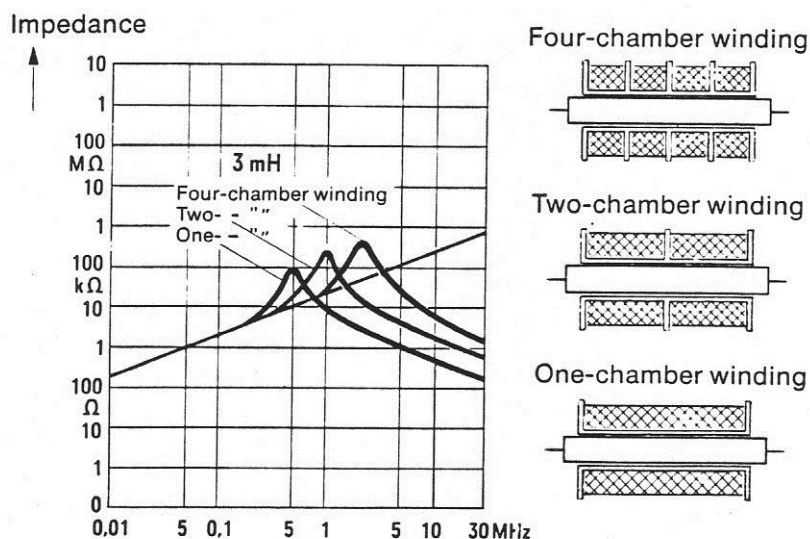
Keramiske kondensatore har de mindste selvinduktioner, og anvendes derfor ofte ved HF.

Spoler er viklet på en form og mellem viklingerne er der en kapacitet som kortslutter spolens virkning ved HF. Viklingsmetoden er meget vigtig ved høje frekvenser for at gøre denne virkning mindst mulig.

Spoler indeholder naturligvis også en tabsmodstand i ledningen.



Herunder ses virkningen af de forskellige viklingsmetoder:



Jern- eller ferrit kerner i spolen holder på magnetfeltet, og øger derfor spolens selvinduktion. Dette udnyttes ved ferritringe omkring ledninger, som f.eks i monitorledninger, til at bremse støj ved at øge modstanden for høje frekvenser.

Ved ovennævnte komponenter opstår der ved en høj frekvens en resonansfrekvens som får komponenten til at virke som en svingningskreds.

Det er derfor vigtigt at vælge komponenter til HF (EMC) med omhu, samt at holde til- ledninger så korte som muligt.

## **FOUIER analyse.**

Teorien om Fouier analyse bygger på, at alle kurveformer kan konstrueres af et antal sinusser med forskellig størrelse og frekvens.

Dette lyder også fornuftigt, da f.eks. en firkantkurve jo ændrer sig hurtigt, og derfor må indeholde høje frekvenser. En forstærker, der skal kunne gengive firkantkurver, må således kunne behandle meget høje frekvenser ( minimum  $10 \cdot \text{grundfrekvensen}$  ).

En firkantkurve kan tegnes ved at tage en grundfrekvens, derefter de ulige harmoniske ( $3 \cdot \text{frek}$ ,  $5 \cdot \text{frek}$ ,  $7 \cdot \text{frek}$  o.s.v.) og tegne dem oveni med tilsvarende faldende amplitudestørrelse.

Alle kurveformer består altså af et antal sinuskurver med forskellig frekvens og størrelse.

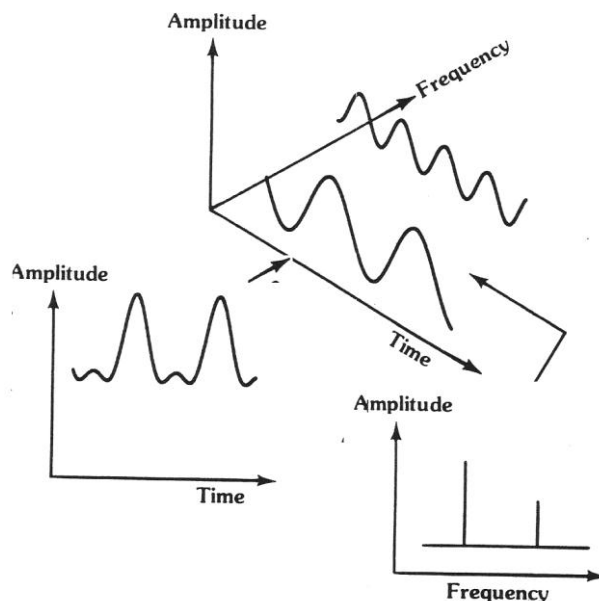
Ved hjælp af matematiske formler kan frekvensindholdet af en kurveform som f.eks en puls udregnes, hvis stigetid og pulsbredde er kendt.

Når man ser en kurveform på et oscilloscope, ser man størrelsen i forhold til tiden.

Dette svarer til at alle sinusserne er tegnet ind oven i hinanden, og det er næsten umuligt at skille de enkelte frekvenser ad.

Hvis man ønsker at se de forskellige frekvenser må man bruge en spectrum-analyzer eller en selektiv målemodtager, hvor man ser størrelsen i forhold til frekvensen.

Instrumenterne kan altså bruges til at bestemme frekvensindholdet af et signal og er i princippet et skarpt filter, der sweepes ( flyttes ) hen over frekvensområdet.



Hvis man vil måle THD, distortion ( hvor ren en sinus er ) kan man lægge en sugekreds hen på grundfrekvensen og dermed fjerne den. Det der er til rest ( andre frekvenser ) er altså støj og kan derefter måles.

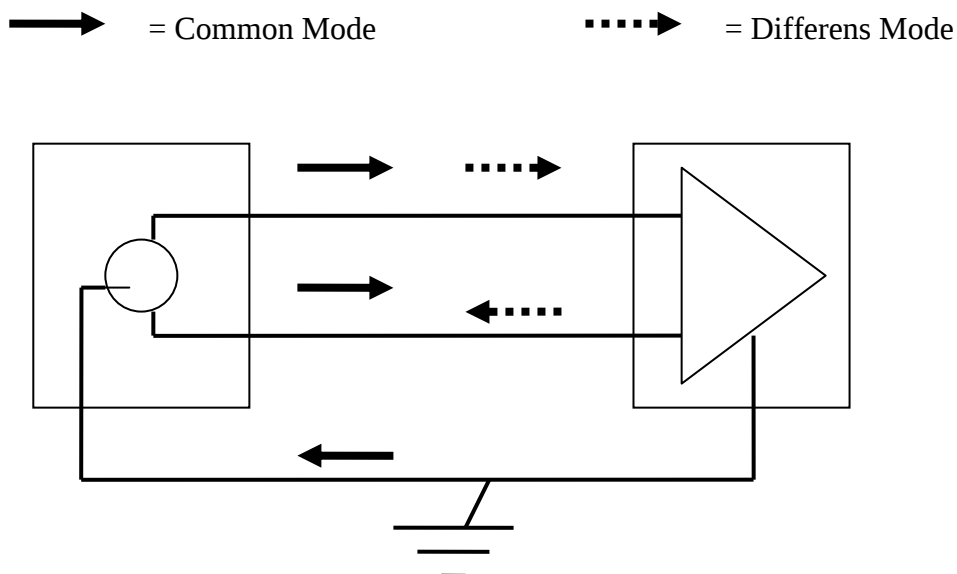
Fouieranalyse er altså ikke kun teori, men kan bruges i praksis til at finde ud af, hvilke frekvenser og amplitudestørrelser et signal indeholder.

## COMMON MODE / DIFFERENS MODE.

Når støjsignaler indkobles kan det principielt ske på to måder, nemlig som **common mode** (CM), eller som **different mode** (DM).

Den væsentlige forskel er, at ved CM (fælles strømretning) er både signal og stelledning i forhold til jord inficeret af støjen.

Ved differens mode er støjsignalet målbart imellem signal og stelledning, ligesom vores normale nyttesignal.



CM og DM henviser altså til strømvejene for de signaler, der kan forstyrre.

Betegnelserne bruges også ved differential-forstærker koblinger hvor different mode er vores input signal, mens common mode er ens støj på begge indgange, som bliver kraftigt dæmpet pga. forstærkerens CMRR.

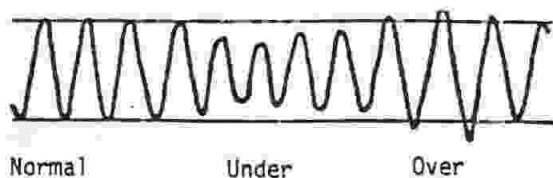
## Netkvalitet

Når vi taler om netkvalitet mener vi, hvad der kommer ind på de 230/380V som forsyner vores kredsløb. Elværkerne lover: 207 - 244 V, 50 Hz  $\pm$  0,2 % over 24 timer.

Med hensyn til EMC er støjen der kommer fra nettet meget varieret f.eks.: Kortvarige transienter med kæmpe størrelser, HF støj fra Personsøgere eller underspænding p.g.a. indkobling af en stor belastning.

Der er stor forskel på frekvens- og energiindhold i støjen. Lige fra pulser med stigetider på nS og til kA størrelse.

Herunder nogle af de vigtigste støjtyper:



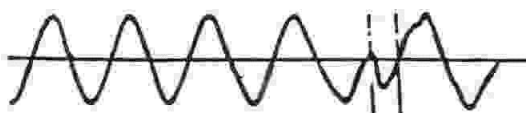
Transient (kortvarig overspænding)



HF-støj (højfrekvens)



Koblingsstøj



Fasekompensering

## Transienter:

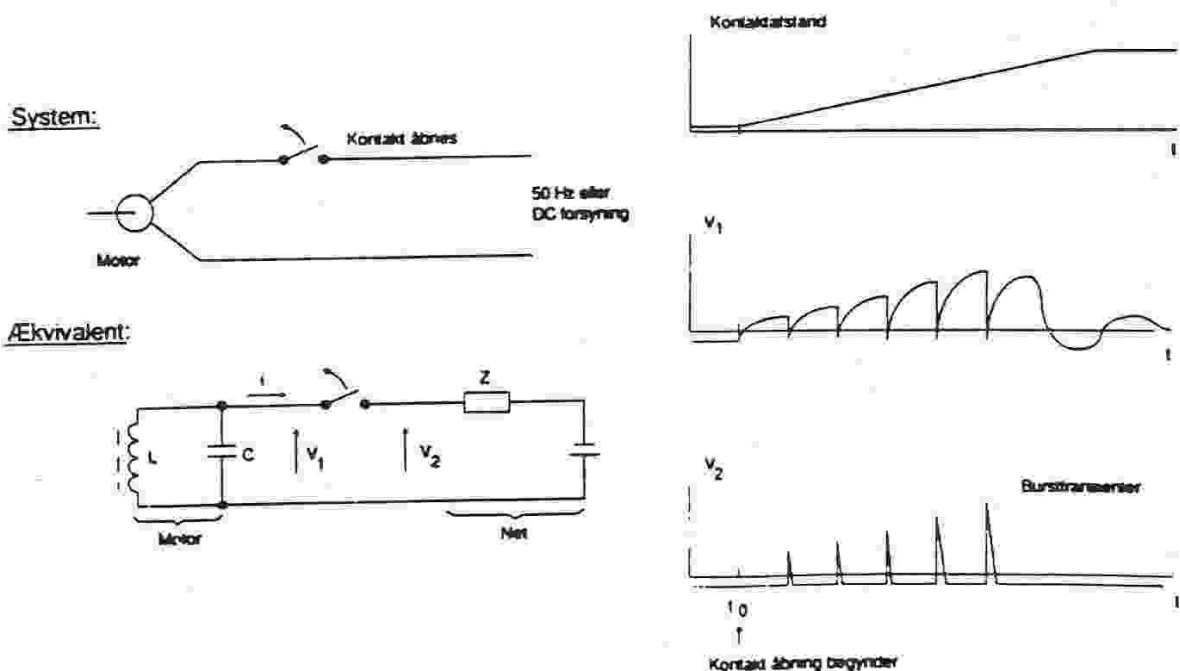
Er nok den netstøjstype, der giver de fleste EMC problemer, især i mikroprocessorbaseret udstyr.

Den kan komme fra mange forskellige kilder f.eks. når især induktive belastninger afbrydes (eller tændes).

F.eks. kaffemaskiner, køleskabe, kompressorer, motore, relæer, el-svejsere o.l.

Denne form for støj indeholder meget hurtige stigetider (d.v.s. høje frekvenser) og kan nå meget store spændinger (kV).

Langt den største transient opstår, når en spole afbrydes. Støjen er en lang række transienter, der opbygges når kontakten slipper og der springer gnister indtil kontakten er helt åben, hvorefter transienten klinger ud.



Støjen fjernes/dæmpes ved at fjerne kilden eller dæmpe den med filtre, beskyttelsesdioder og RC-led.

Netindgange beskyttes på lignende måde, og ved at indsætte skilletransformatorer (overfører HF dårligt). Selvfølgelig kan man også prøve en anden fase eller indsætte forskellige former for netstabiliserende anlæg (f.eks. no-break/batteri eller UPS).

Transienter opstået som følge af lynnedslag beskrives separat senere.

### **HF indstråling:**

Udspringer fra alle former for sendere f.eks. radioamatører , HF svejsere , mobiltelefoner m.m

Når denne form for støj kommer ind over nettet bekæmpes den ved filtrering. (se netfiltre ).

### **Koblingsstøj:**

er et stigende EMC problem som følge af den udstrakte brug af SMPS (switch-mode power supply) , hvor man ensretter og derefter hakker DC'en i stykker med en frekvens på omkring 50kHz , styret af forbruget. Virkningsgraden er bedre, og man sparer 50Hz transformatore, men switch frekvensen udsender altså støjimpulser på nettet.

I øvrigt skaber ensretning også støj, da der næsten kun trækkes strøm til lade-kondensatoren på spændingstoppe.

Løsningen er også her dæmpning (filtrering).

### **Over/underspænding:**

Stammer fortrinsvis fra ind/ud kobling af belastninger. Især ved lange forsyningsledninger. Kan afhjælpes med no-break anlæg eller batteri, hvis kortvarige med Safe-stab trafoer.

### **Netudfald:**

Forekommer ved omkoblinger på lysnettet foretaget af elværkerne.

Løses ved forbedring af strømforsyningen i apparatet, no-break anlæg eller batteridrift.

### **Fasekompensering:**

Stammer fra ud og indkobling af f.eks. kondensatorbatterier, hvorved fasen trækkes. Afhjælpning som ovenfor.

## Netadskillelse.

I mange tilfælde kan netproblemer klares med almindelige 'skilletrafoer' som er uegnede til at overføre højere frekvenser end 50 Hz. Derfor dæmpes transienter udmærket.

Det kan dog give problemer hvis Jord kobles direkte med over, da også denne ledning nemt kan være 'støjbærer'.

Der fremstilles forskellige skilletransformatore med specielt 'jordede' kerner, hvis jord er påkrævet.

Vær opmærksom på, at der jo er HF modstand i almindelige ledninger, som evt kan øges med ferrit kerner. Nogle problemer kan løses med en simpel forlængerledning, eller ved at flytte apparatet til en anden kontakt, evt på en anden fase.

Hvis problemerne er over/underspænding kan en Safe-stab skilletrafo måske løse problemet, da den har en ekstra vikling, hvori der er en 50Hz svingningskreds, som kan hæve spændingen op til normalen.

Se billedet næste side.

Ved større anlæg kan det blive nødvendigt med et no-break anlæg, som også kan sikre forsyning ved netudfald i kortere eller længere tid, alt efter pengepung.

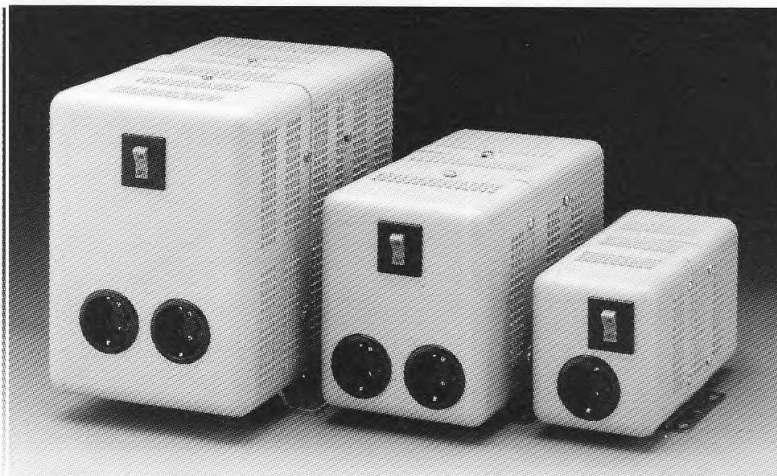
### Eksempel på Uninterruptable Power Suply:

**SCANPOCON er specialist i UPS-anlæg - fra de mindste anlæg til en enkelt PC til komplette, redundante systemer med nødstrøm til flere timer, dieselgenerator m.m. Alle UPS-anlæg fremstilles for SCANPOCON af General Electric Digital Energy (GE).**



- **ML-serie** - 350 - 1000VA - line-interactive UPS "Low Cost"
- **Match** - 500VA til 3000VA - line-interactive UPS
- **NetPro** - 600VA til 4000VA - on-line UPS
- **LanPro** - 3kVA til 30kVA - on-line UPS
- **SitePro** - 10kVA til 500kVA
- **SG-serie** - 80kVA til 200kVA

## Safestab eksempel:



### Philips Safestab Netspændingsstabilisatorer/Transientdæmpere-Sikrer Mikroprocessorstyret udstyr mod fejlfunktion og destruktion

- Spændingsregulering til  $220 \pm 1\%$
- Asymmetrisk transientdæmpning  $>60$  dB
- Symmetrisk transientdæmpning  $>41$  dB
- Reguleringstid på 50 mS
- Forvrængning af udgangsspænding mindre end 3%
- Energireserve på 10-15 mS
- Kortslutningssikker
- Modeller fra 100 VA
- Plastikbeskyttelseskappe
- Simpel tilslutning

Med Philips Safestab kan man se bort fra hovedparten af de netspændingsforstyrrelser, der kan forekomme. Kombinationen af stor transientdæmpning, energireserve og spændingsstabilisering gør, at elektroniske systemer, der er beskyttede af Safestabben får en væsentlig forbedret driftssikkerhed. Safestabben kan anvendes til at sikre så godt som alle former for elektronisk udstyr, med

hovedvægten på computerstyrede systemer, hvor transienter på lysnettet kan være ensbetydende med fejlfunktion eller decideret destruktion af systemet. Transienter på nettet på flere kilovolt er ikke usædvanlige, men Safestabben sørger for at kun en ufarlig brøkdelen kommer igennem til resten af systemet. Safestabben har en række væsentlige funktioner samlet i en kompakt enhed.

### Spændingsregulering

Safestabben's udgangsspænding er  $220V \pm 1\%$  ved fuldlast, resistiv belastning og 220V/50Hz netspænding. Reguleringsområdet for varierende indgangsspændinger og belastninger, hvor udgangsspændingen reguleres tæt på 220V, er meget stort. Figur 1 viser det typiske reguleringsområde.

Spændingsreguleringen forudsætter en netfrekvens på 50 Hz  $\pm 5\%$  samt en forvrængning mindre end 5%.

**Netspænding:** En ændring af netspændingen mellem 187 og 253V resulterer i en ændring af udgangsspændingen på  $<3\%$ . Ved meget kraftige netspændingsændringer ( $-40\%$  til  $+50\%$ ) reguleres udgangsspændingen ved fuld last mellem  $-10\%$  og  $+2\%$ .

**Netspænding + belastning:** Ved belastningsændringer 0-100% eller 100-0% samt netspændingsændringer 187-253V varierer udgangsspændingen maksimalt: PE 6230:  $\pm 5\%$ ; PE 6231:  $\pm 4\%$ ; PE 6232:  $\pm 3\%$ ; PE 6234:  $\pm 2,5\%$ .

**Reguleringstid:** 50 ms for netspændingsændringer mellem 187-253V.

#### Energireserve ved pludselig netsvigt:

Sammenlignet med en konventionel transformator er energireserven 10-15 ms. Energiresserven er afhængig af hvor på sinuskurven nettet afbrydes. De angivne værdier er de lavest målte værdier.

**Kortslutningsbeskyttelse:** Udgangen er strømbegrænset og beskyttet med sikringsafbrydere (ifølge Semko 115x).

**Forvrængning:** Udgangsspændingen har ved sinusformet netspænding mindre end 3% forvrængning.

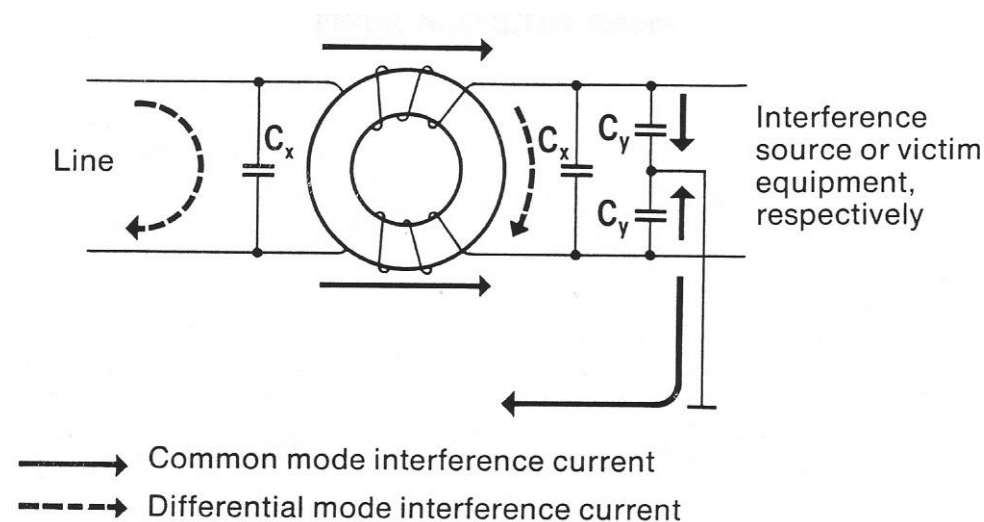
#### Virkningsgrad:

| Typenr  | Virkningsgrad | Tomgangstab |
|---------|---------------|-------------|
| PE 6230 | 80%           | 25W         |
| PE 6231 | 83%           | 40W         |
| PE 6232 | 83%           | 80W         |
| PE 6233 | 90%           | 90W         |
| PE 6234 | 90%           | 160W        |

## Netfilter

For at dæmpe de forskellige former for netstøj indsættes enten en stor modstand for de kritiske frekvenser i serie med signalet, eller en lille modstand i parallel til HF-jord.

Netfiltre opbygges som regel med begge dele, spoler i serie og kondensatore til jord.



Netfiltres virkemåde:

De såkaldte X kondensatore kortslutter differens mode støj sammen.

Y kondensatore leder common mode støj til HF-jord (f.eks. kabinet).

Spolen er en strømkompenserende type, da magnetiseringen i ferrit kernen på grund af viklingsmetoden går i hver sin retning for nyttesignalet og dermed ophæves virkningen. For common mode støj giver ferritkernen derimod en større selvinduktion (impedans), da støjstrømmen frembringer magnetisering i samme retning.

I almindelige spoler med ferritkerner kan kernen mættes magnetisk, hvorved selvinduktionen og dermed filtervirkningen næsten forsvinder.

Et af de store problemer, når der tales om netfiltre er impedanserne, da de fleste fabrikanter opgiver data målt i 50 ohms systemer. Desværre er lysnet og forbruger sjældent 50 ohm, så derfor bør netfiltre udmåles i den aktuelle opstilling. Hvis impedansen af belastningen er mindre end impedansen af nettet kan man med fordel vende filtret omvendt for at få den bedste støjdæmpende virkning.

Et andet praktisk problem er monteringen, filtret skal placeres ved indgangen skruet fast på chassi, undgå for en hver pris lange tilledninger, der kan ophæve virkningen af et nok så godt netfilter. Husk på, at ledninger er store modstande ved høje frekvenser og støjkobling til andre ledninger derfor ofte kan være støjens letteste vej.

Eksempler på netfiltre:



Up to 6A current ratings  
IEC 950-compliant  
Integrated earth line choke

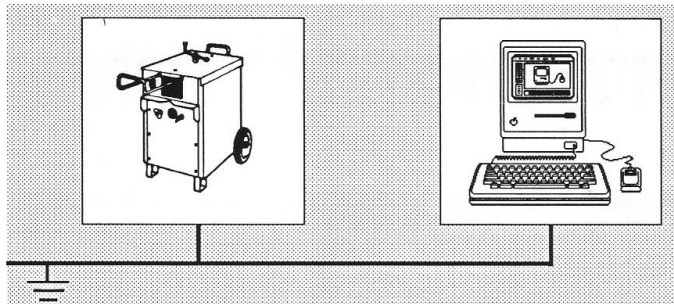




## Støjveje - Overvejelser ved installation

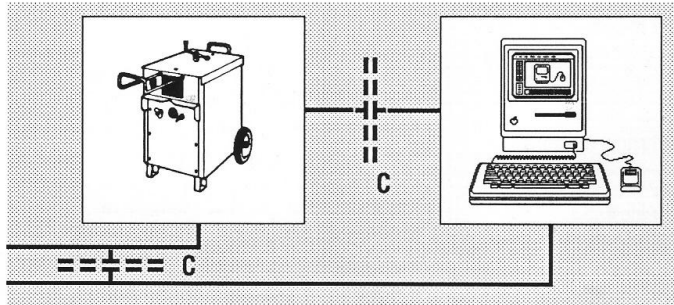
Der er i princippet 4 måder, hvorved støj kan overføres til dataudstyr

### 1. Galvanisk forbindelse



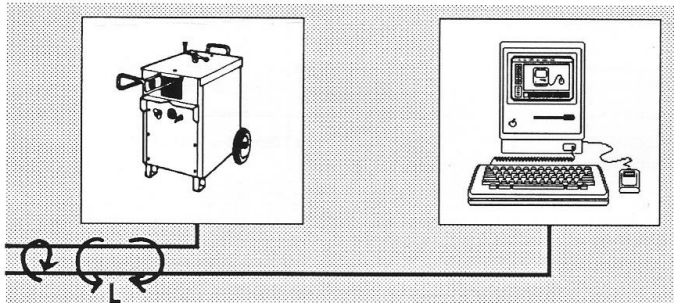
Der må ikke tilsluttes andet udstyr på den fase, der forsyner dataudstyr

### 2. Kapacitiv overførsel



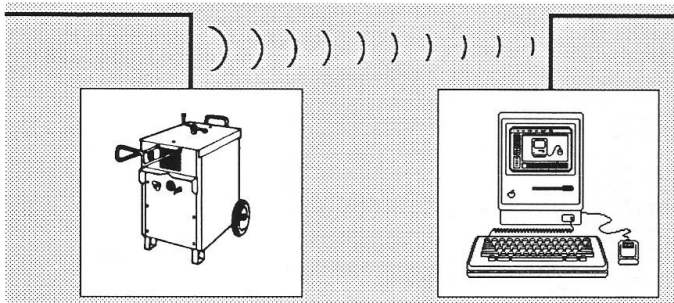
Støj kan overføres kapacitivt enten direkte fra støjilden til dataudstyret, eller fra støjildens forsyningskabel til dataudstyrets forsyningskabel. Derfor må dataudstyret ikke placeres tæt på en støjkilde, og dataudstyrets forsyningskabel må ikke monteres parallelt med andre kabler.

### 3. Induktiv overførsel



Som for kapacitiv overførsel gælder her, at dataudstyrets forsyningskabler ikke må monteres parallelt med andre kabler.

### 4. Elektromagnetisk overførsel



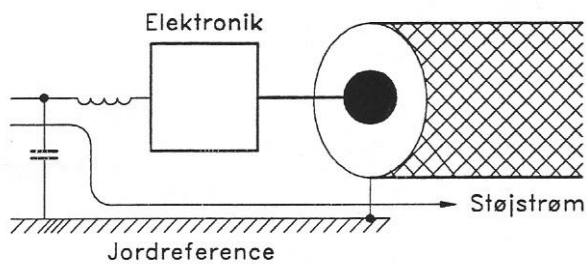
Denne type støj er mere sjælden og optræder kun ved højfrekvent støj (højere end ca. 30 MHz). Denne type støj afhjælpes ved afskærmning af kablerne og eventuelt i særlig grove tilfælde ved afskærmning af de lokaler, hvori dataudstyret står.

Både kapacitiv og induktiv kobling aftager eksponentielt med afstanden, f.eks. hvis afstanden ændres fra 1mm til 10mm stiger dæmpningen 20dB, men hvis afstanden øges fra 10cm til 100cm stiger dæmpningen også kun 20dB.

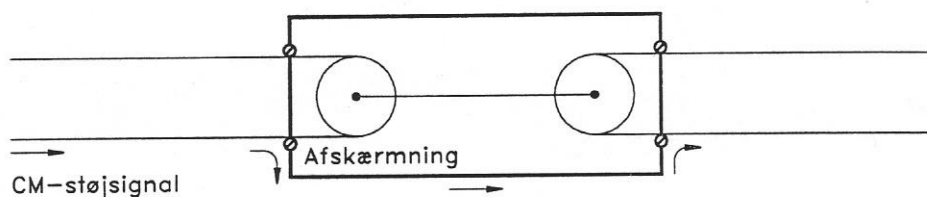
Som det ses af ovenstående kan afstanden i en almindelig kabelbakke forbedre dæmpningen med over 100 gange. Træk derfor aldrig følsomme kabler tæt på stærkstrøms- eller støjfyldte kabler.

## Skærmning.

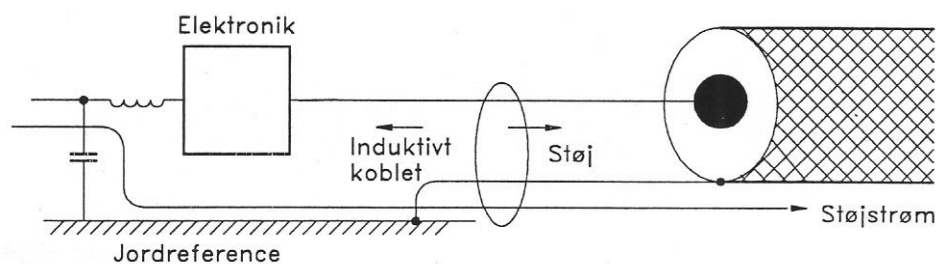
Skærmede ledninger er som bekendt en udmærket måde at adskille støj- og nyttesignaler, men dette kræver, at skærmningen er rigtigt udført. Hvis ikke, er de dyre skærmede kabler helt nytteløse.



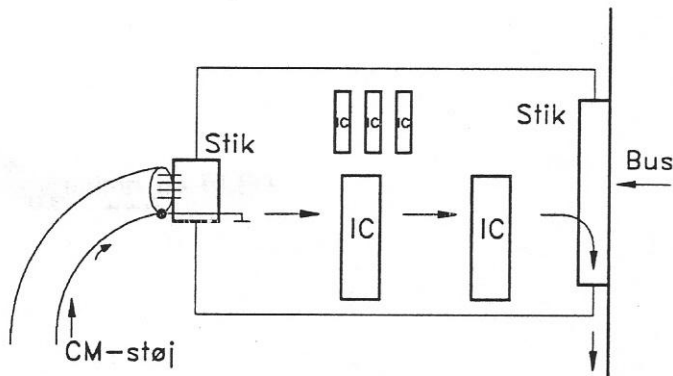
Afskærmningen skal være gennemført, d.v.s. samles korrekt i HF-tætte stik, kasser e.l.



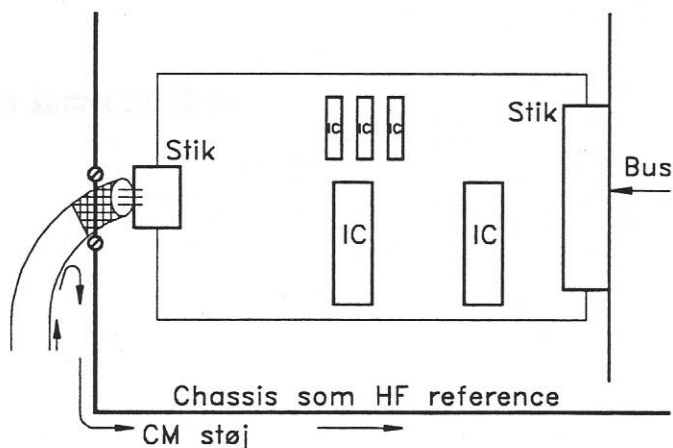
Skærme samlet med 'pigtailes', kronemuffer eller i plastkasser giver store muligheder for indkobling af støj.



Også på printkortniveau er der grund til at interessere sig for afslutningen af skærmningen. Hvis alle ledninger bare forbindes til indgangsstikket vil en commonmode støjstrøm løbe på tværs over kortet, med risiko for problemer.



Hvis derimod skærmen afsluttes til god HF-reference ( lille modstand for hf ) f.eks chassis løber støjen udenom elektronikken.



Løsningen er altså at give sorteper videre, ved at koble støjen udenom. Dette kræver dog, at alle kabler er forbundet til denne HF-reference, således at støjstrømmen ikke på noget tidspunkt har en nemmere vej igennem vores elektronik end udenom.

## Koblingsimpedans

Koblingsimpedansen ( $Z_k$ ) er et udtryk for, hvor godt skærmen leder ved forskellige frekvenser (måles i  $m\Omega/m$ ).

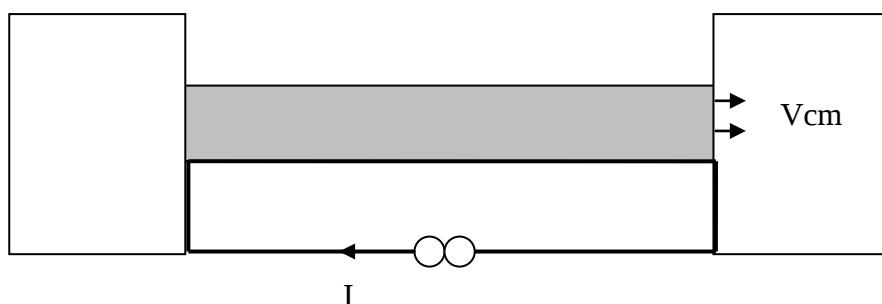
Impedansen stiger ved høje frekvenser for alle typer kabelskærmtyper, undtagen hvis skærmen er med blykappe.

Impedansen i skærmen må ikke blive større end impedansen i kapaciteten fra skærm til innerleder, da evt støj så kobles ind her.

Jo tættere skærmen er, jo lavere er modstanden gennem skærmen. For alle skærme med åbninger, f.eks. med flettede strømper vil impedansen stige med frekvensen fordi åbningerne virker som små ledningsstykker og dermed spoler.

Hvis et skærmet kabel med to innerledere forbindes mellem to metalkabinetter er commom mode koblingen til innerlederen bestemt af støjstrømmen i skærmen. Den resulterende spænding  $V_{cm} = I * Z_k * l$ .

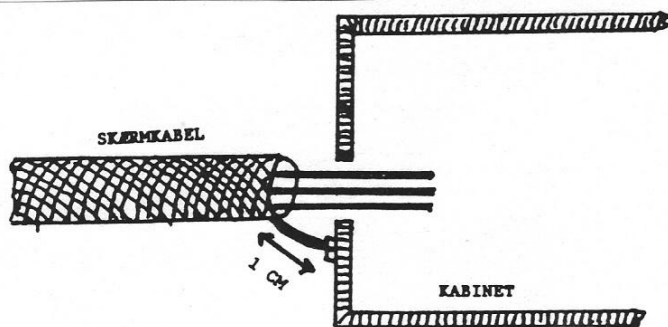
$I$  er ampere i skærmen,  $Z_k$  er koblingsimpedansen ved støjfrekvensen i  $ohm/m$ ,  $l$  er længden i  $m$ .



Eksempel: Et 10m langt kabel med en  $Z_k$  på  $10m\Omega/m$  påtrykkes en strøm på 100mA.

$$V_{cm} = 100mA * 10m\Omega * 10m = 10mV.$$

Dette gælder kun hvis skærmen er ideelt forbundet i begge ender. Hvis der indføres en impedans i serie med skærmen forringes skærmens virkning væsentligt.



Figuren herover viser en skærm forbundet med en pigtail på bare 1 cm. En ledning har en selvinduktion på ca.  $1,5\mu\text{H/m}$ , derfor kan impedansen beregnes til:

$$Z = 6,28 * 10\text{M} * 1,5\mu * 0,01\text{m} = 0,1 \Omega.$$

Et billigt kabel har typisk en  $Z_k$  på  $10\text{m}\Omega/\text{m}$  ved  $10\text{MHz}$ .

Det betyder at en kun 1 cm lang pigtail forringer skærmvirkningen for et 1m langt kabel med en faktor  $0,1/10\text{m} = 100$ . Dette svarer til ca 40dB.

I eksemplet på forrige side med 10m kabel indfører vi nu ovennævnte 1 cm pigtail :

$$V_{\text{cm}} = 100\text{m} * (10\text{m} * 10 + 0,1) = 20\text{mV}$$

Altså selv ved 10m skærmet kabel giver bare 1 cm pigtail en fordobling af støjen.

### Undgå derfor for enhver pris pigtails

Skærmen skal forbindes til lavimpedanset kabinet eller stel-struktur.

Kontroller samlinger inden der investeres i dyre kabler.

**UTP** Uskærmet parsnoet kabel har vist sig meget effektivt som et alternativ til skærmning, og er meget billigere at fremstille.

UTP kablernes snoning bevirker at eventuelle støjfelte fasevendes i forhold til signalet for hver snoning, og derfor udbalancerer støjen sig selv.

### ***Konklusioner vedrørende skærmede kabler.***

Det er lettest at skærme mod elektriske felter.  
Skærmjording et eller flere steder skærmer udmærket mod elektriske felter.

Hvis der på skærmen optræder en støjstrøm, kan denne indkobles via kapaciteten i en ujordet skærmafslutning eller induktivt via Pig - tails afslutninger.

Brug af umagnetiske skærme duer ikke til afskærmning af magnetiske lavfrekvens felter.

Magnetisk udstråling formindskes ved jording af skærm i begge ender.  
Jording i begge ender forhindrer ikke magnetisk indstråling, da en loop antenne herved kan fremstilles.  
Den ene ende kan evt. afsluttes med en kondensator.

Skærm må helst ikke være del af signal-returvej. Brug i stedet parsnoet ledning (twisted pair), evt skærmet.  
Hvor dette ikke kan undgås (Coax kabler) skal afsluttes med kablets impedans.

Konklusionen er altså, at selvom der findes mange forskellige slags skærmede kabler, f.eks. dobbelt skærm og skærmet kabel med to snoede innerledere (twisted pair), er selv det bedste kabel ikke bedre end stik / samlinger og HF referencen.

## Jording.

Oftentimes man at alle EMC problemer løses med en god jordforbindelse, dette er en sandhed med modifikationer.

Hvad er så en god jord? Lad det være sagt med det samme  
Jord i stikkontakten er KUN til personlig sikkerhed, det der før hed ekstrabeskyttelse - nu: beskyttelse mod indirekte berøring.

Jordforbindelsen er ofte mange meter ledning, og da ledning er ca. 1,5 uH/m er den fuldstændig værdiløs overfor EMC's høje frekvensindhold (f.eks ved 100 MHz er modstanden 942 ohm pr meter ).

Desuden ligger jord og strømførende ledninger sædvanligvis op ad hinanden i kabler, derfor er jordledningen ofte ligeså 'inficeret' som de andre ledninger p.g.a. kapacitiv eller induktiv kobling.

Hvad er løsningen så? Ja, der er brug for en god HF reference, sådan at VI bestemmer hvor eventuelle støj strømme skal løbe.

En god HF reference vil sige korte og især brede stelbånd i stedet for ledning. Ledende rack eller kabinet er en udmærket HF reference.

At lede støj strømmen uden om følsomt elektronik er en nødvendig foranstaltning. D.v.s. vi skal sørge for, at HF-modstanden er mindre udenom end igennem elektronikken dette kan gøres ved at forbinde alle ind - og udganges stel til en fælles HF-jord.

Mange computerfirmaer krævede tidligere en separat jord under 2 eller 5 ohm, hvis denne modstand måles ved 50Hz er den som HF reference fuldstændig værdiløs.

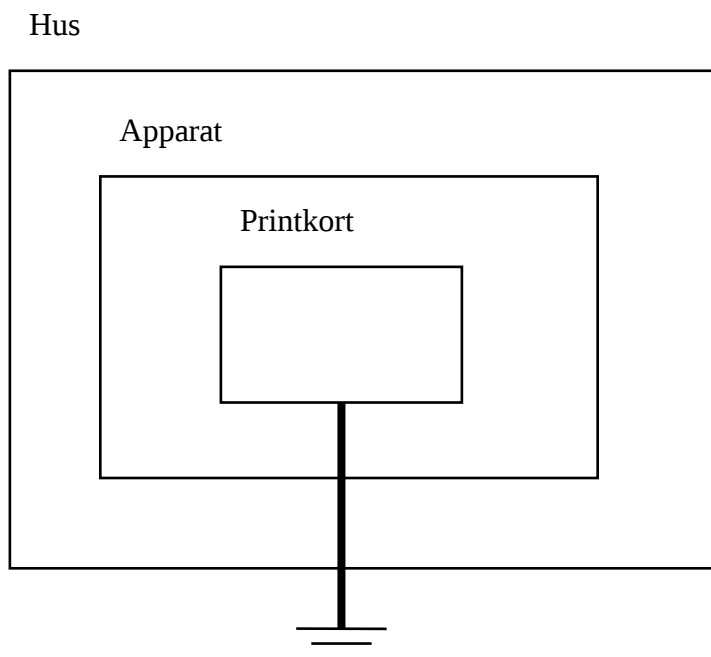
Der er ikke meget ved at have et godt EMC-filter, der er forbundet (refereret) til en ledning, der er ligeså støjfyldt, som de signaler filtret skulle afkoble.

Jordforbindelsens kvalitet afhænger altså af , hvad jordforbindelsen er beregnet til. Er det person beskyttelse ? - så er en ledning OK.

Hvis det er en potetialeudligning, som kan beskytte indgange og forhindre "faseforskelle" - er den gul/grønne ledning fin.

Hvis det skal være en lynafleder er det ikke de hurtigste stigetider, men derimod de enorme strømme, der skal kunne afledes.

En god EMC jord er en god højfrekvens reference, der udføres på flere niveauer, som egentlig ikke har noget med hinanden at gøre. Se illustration næste side.

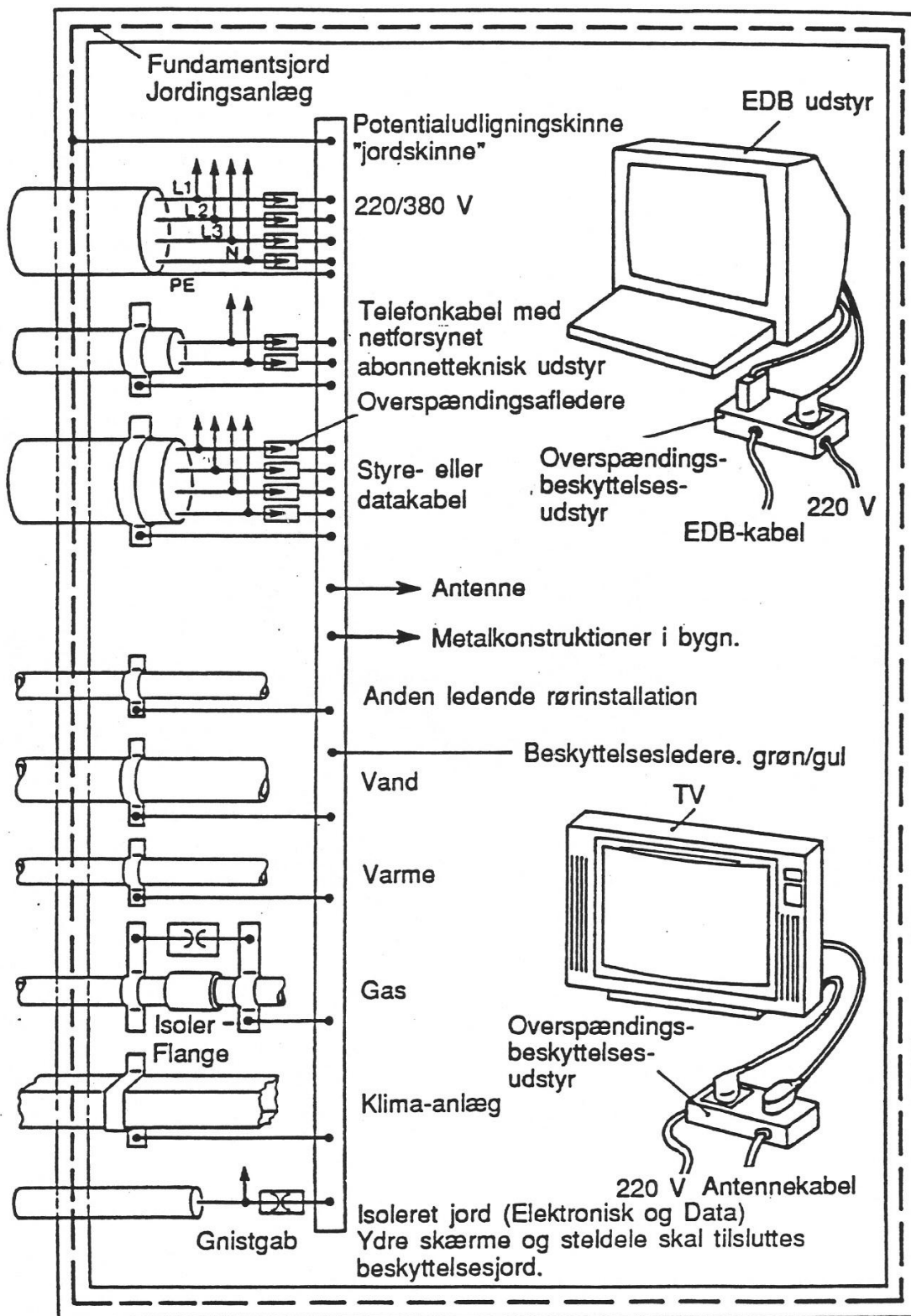


Niveau 1. Der hvor ledningerne kommer ind i huset skal beskyttes/potentialeudlignes.

Niveau 2. Der hvor apparatet tilsluttes.

Niveau 3. Der hvor et printkort sættes til.

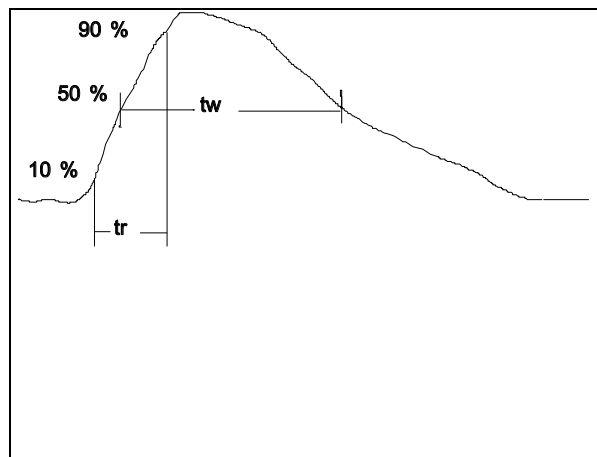
Alt metal forbindes sammen (potentialeudlignes), så eventuelle spændingsforskelle udlignes. Potentialeudligningen forhindrer derved strømme i følsomt udstyr.



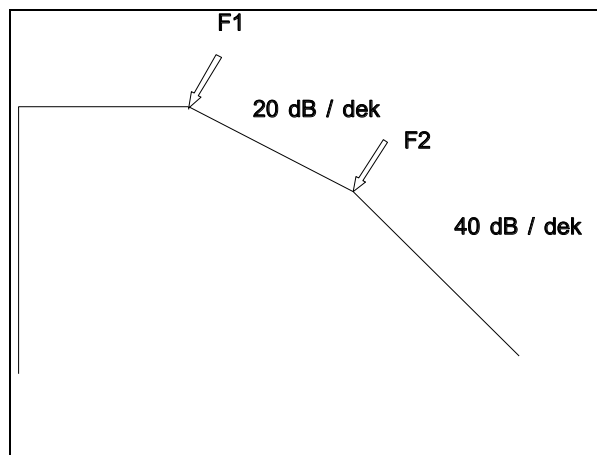
## Transientanalyse

Transienter er egentlig kortvarige overspændinger.

For transienter kan frekvens-indholdet udregnes hvis størrelse, stigetid og pulsbredde er kendt :



Frekvensindholdet kan til beregningsformål bestemmes ud fra følgende:



Kurven er ret op til en frekvens F1 , hvorefter den aftager med 20 dB / dekad.

$F1 = 1 / \pi \cdot \text{pulsbredden (tiden mellem 50\% størrelses punkterne)}$ .

Der kan udregnes en " worst case " båndbredde ved at finde punktet F2, hvor standard kurven ændrer sig fra 20 dB / dekad til 40 dB / dekad.

Frekvensen F2 er afhængig af stigetiden  $t_r$  (tiden fra 10% til 90% af maxsværdien) eller faldtiden hvis den skulle være hurtigst.

$F2 = B_w \text{ (højeste frekvens)} = 1 / \pi \cdot \text{stigetiden}$ .

Dette viser, at jo hurtigere stigetid, jo mere energi er der i de højere harmoniske frekvenser.

Praksis viser, at derfra hvor kurven begynder at falde med 40 dB er størrelsen af de harmoniske frekvenser ubetydelige, og derfor kan ses bort fra frekvenser over dette punkt.

Eks:

Den højeste frekvens der skal tages hensyn til ved en stigetid på 500nS er:

$$F2 = 1 / 3.14 * 500n = 637kHz.$$

Energiindholdet i en transient er bestemt af peak spændingen og pulsbredden.

Joule (Wsek) = K faktor \* spænding \* strøm \* tid.

K faktor afhænger af kurveformen, for en transient = 1,4. Hvis f.eks. maks spænding måles og belastning er kendt, kan maks strøm udregnes. Tid er halveringstiden (pulsbredden).

Eks:

En transient på 400V peak spænding og maks strøm 10A har en halveringstid på 1 mS .

$$\text{Energi indhold} = 1,4 * 400 * 10 * 0,001 = 5,6 \text{ Joule.}$$

## Overspændingsbeskyttelse

### Generelt:

Overspændinger, der f.eks. er forårsaget af lyn eller koblinger i elforsyningsnettet, har en meget stejlt stigende spændingskurve. Dette betyder, at spændingen kan stige til adskillige kV i løbet af få  $\mu$ s. Sådanne spændingsimpulser betegnes som transienter, og de er skyld i ødelæggelse af elektroniske komponenter. Ved overspændingsbeskyttelse forstår man de passende forholdsregler, der muliggør en absorption eller afledning af disse transienter.

Antallet af forstyrrelser i eller ødelæggelser af elektroniske apparater og anlæg på grund af overspændingspåvirkninger, har i de senere år været stærkt tiltagende. Årsagen hertil ligger bl.a. i de elektroniske komponenters væsentlig større ømfindtlighed, på grund af deres lave spændingsniveauer og små effekter. Mens man f.eks. for blot nogle få år siden anvendte robuste relæer i styrekredse, benytter man i dag i stigende grad halvleder komponenter, hvorved den tilstrækkelige ødelæggelsesenergi nedsættes med en faktor  $10^3$  til  $10^4$ , i forhold til tilsvarende elektromekaniske komponenter.

Databehandlingsanlæg, der i dag anvendes i vid udstrækning i alle størrelser virksomheder til løsning af bl.a. administrative opgaver, styring af procesanlæg m.m., kan kun udnyttes rationelt, når man kan regne med den optimale driftssikkerhed. En væsentlig del af denne driftssikkerhed opnås igennem en omfattende beskyttelse af både netforsynings- og dataledningerne.

Overspændingsbeskyttelse kan opdeles i tre væsentlige anvendelsesområder, indenfor netspændingsforsyning, måle-, styre-, og reguleringsteknik samt datakredsløb.

### Årsager til transiente støjspændinger:

Den hyppigste årsag til opståelsen af transiente overspændinger er den atmosfæriske udladning, lynet. Ved en lynudladning kan der forekomme strømme med maksimalværdier på mere end 100 kA, og med meget korte stigetider. Lynstrømmens høje amplitude forårsager et stort spændingsfald over en bygnings jordlederanlæg, ligesom lynstrømmens store stejlhed inducerer meget høje spændinger i ledersløjfer. Lynudladningens resulterende energi fører til ødelæggelse af ubeskyttede komponenter i elektriske og elektroniske strømkredse.

Transiente overspændinger kan desuden opstå på grund af koblinger i elektriske anlæg. Højfrekvente udligningsstrømme i energiforsyningsnettet forplanter sig videre på højspændingsnettet, og indkobles på lavspændingsniveauet.

Overspændinger og højfrekvente støjspændingsimpulser kan også optræde i lavspændingsanlæg på grund af pludselige spændingsfald og spændingsændringer, sikringsoverbrændinger, kortslutninger, thyristorstyringer, kobling af relæer ed. Strømstøjhederne kan herved antage endnu højere værdier end ved lyn.

Andre årsager til transiente overspændinger er statiske spændingsudladninger og påvirkninger fra nuklear-elektromagnetiske impulser fra kerneekspllosioner (NEMP).

### Spændingsforsyning:

Lynnedslag og koblinger i energiforsyningsnettet kan føre til indkobling af energirige overspændinger i den centrale nettilslutning for elektriske anlæg, hhv. i hus- og fabriksinstallationer. For at forhindre en forplantning af disse overspændinger ind i de elektriske anlæg og -installationer, er det vigtigt at installere spændingsbegrænsende højenergiafledere direkte ved bygningens eller anlæggets nettilslutningspunkt. Som en yderligere beskyttelsesforanstaltning imod overspændinger, bør der desuden installeres overspændingsafledere i gruppe- og underfordelertavler, og eventuelt helt fremme ved de enkelte forbrugere.

### Beskyttelses teknik:

På grund af det generelt lavere spændingsniveau, og den derfor tilsvarende lavere spændingsstyrke i forhold til netforsyningsanlæg, er måle-, styre-, og reguleringstekniske anlæg særligt sårbare overfor overspændinger.

Overspændingsbeskyttelsesenheder for disse anvendelsesområder skal derfor både være i stand til at begrænse overspændinger til værdier kun lidt over driftspændingen, og samtidigt kunne aflede strømværdier op til 10 kA.

### Datagrænseflader:

Datagrænseflader er særligt sårbare på grund af deres ekstremt spændingsømfindtlige halvlederkomponenter. Allerede forholdsvis små spændingsspidser, der kun overstiger signalspændingen ganske lidt, kan ødelægge datagrænsefladens komponenter. Der bør derfor installeres overspændingsbeskyttelseskomponenter i umiddelbar nærhed af det sårbare apparat eller anlæg.

Overspændingsbeskyttelsesadapters er en elegant løsning, idet de nemt kan eftermonteres i eksisterende anlæg. Til anvendelse i nyanlæg kan leveres overspændingsbeskyttelsesenheder for planforsænket installation i vægge, dåser eller kabelkanaler.

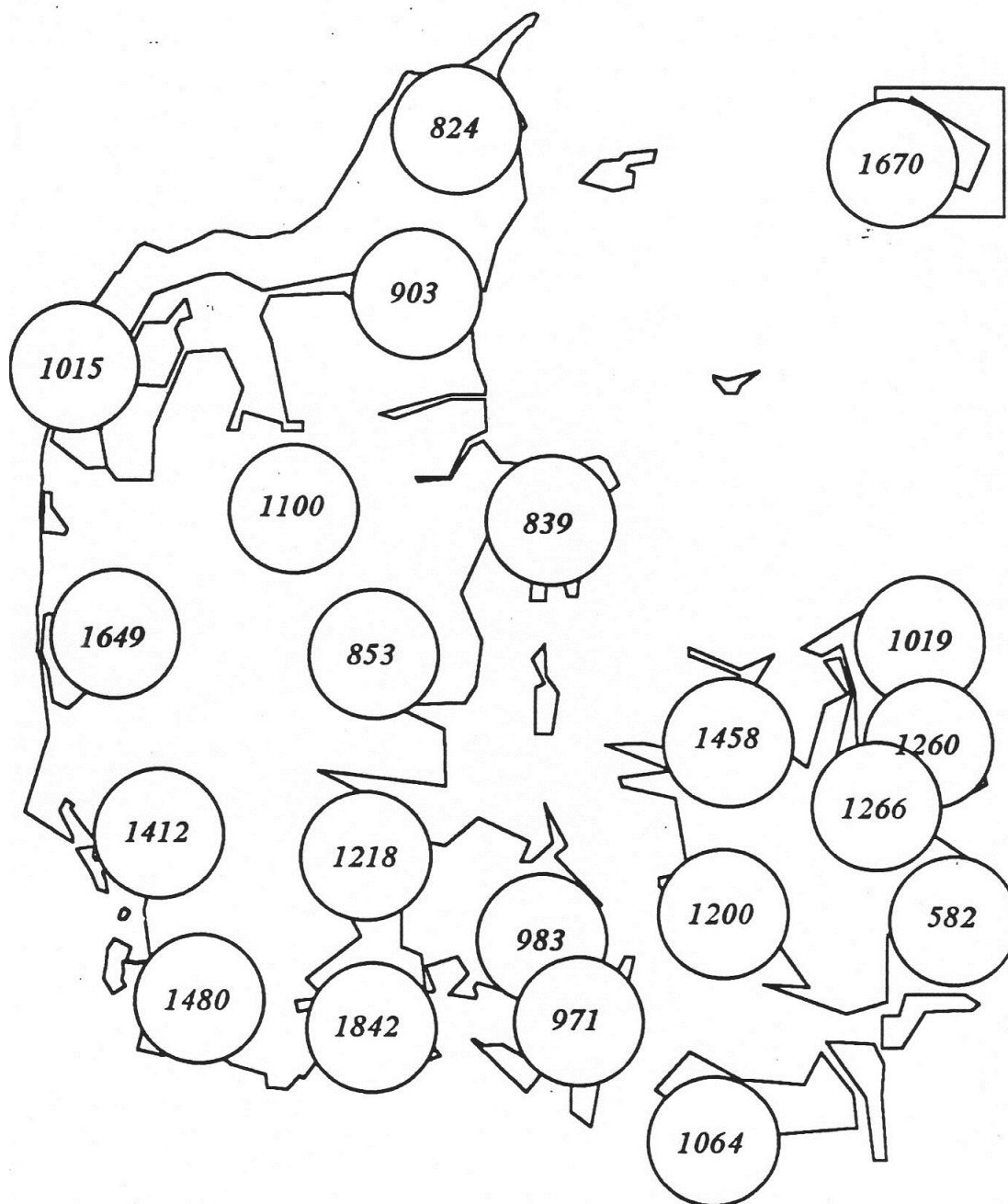
### Indkoblingsmåder:

Indkobling af transiente overspændinger fra et system til et andet, kan ske galvanisk, induktivt eller kapacitivt. **Den galvaniske Indkobling** sker over fælles impedanser imellem støjilden og den støjfølsomme del. På grund af lynstrømmen igennem et elektrisk anlægs jordovergangsmodstand indkobles et spændingsfald ( $U_e = R_e \times I_B$ ) galvanisk i de tilsluttede favspændingsledninger.

**Den induktive Indkobling** sker på grund af det magnetfelt der opstår, når lynstrømmen løber igennem lynaflederanlægget. Dette magnetfelt kan inducere spændingsspidser i nærtliggende lavspændingsstrømsløjfer.

Forekommer der store potentialforskelle imellem to ledere, bevirker de elektriske felter, der opstår imellem de to områder, en **kapacitiv Indkobling**.

## Lyn, pr. 500 km<sup>2</sup>/år

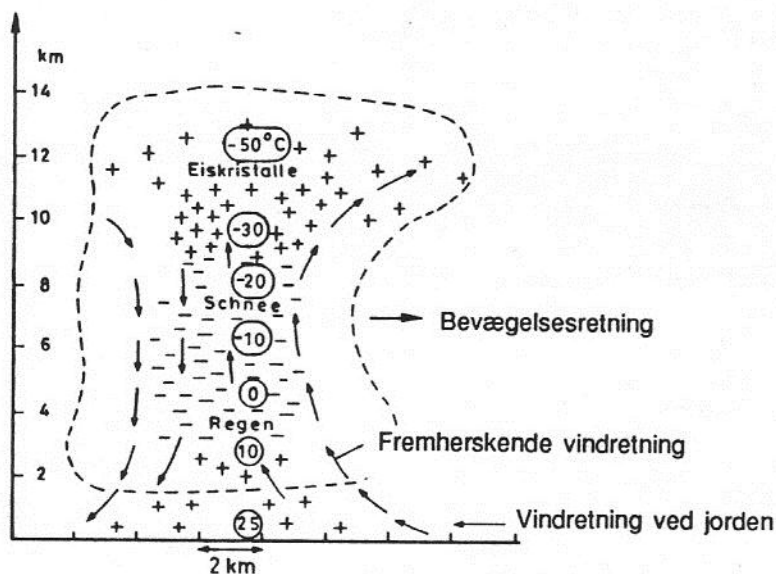


Lyntællinger foretaget i tidsrummet 1965-1974  
Landsgennemsnit 1119 lyn pr. 500 km<sup>2</sup>/år

## Lyn

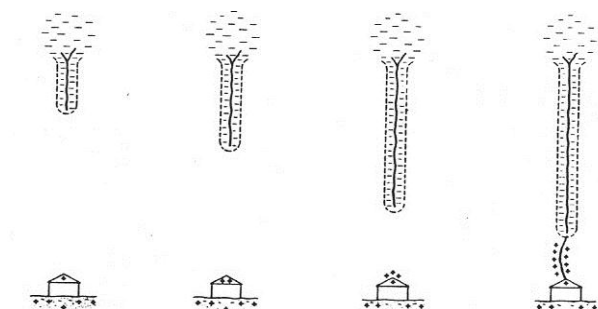
Et tordenvejr er et meteorologisk elektrisk fænomen. Under specielle meteorologiske forhold, hvor varme luftmasser med højt vandindhold flyttes vertikalt i atmosfæren, dvs. op fra jordoverfladen, opstår de karakteristiske cumulus nimbus skyer med den amboltformede top.

Disse skyer kan nå højder på over 20 km. Inde i skyen er der en turbulens af op- og nedadgående luftstrømme med hastighed op til orkanstyrke. Under disse forhold sker der en ionisering, og der opstår en ladningsdeling, som f.eks. i figuren herunder, med negative ladninger nederst i skyen og positive øverst.



På jordoverfladen og især på høje objekter på jordoverfladen opstår der som følge heraf positive koronladninger. Opdelingen på figuren er meget skematisk, og det skal bemærkes, at der især ved fronttordenvejr kan være en helt anden ladningsfordeling. Selve mekanismen, der genererer denne ladningsopdeling i en tordensky, diskuteres stadig i videnskabelige kredse, men der er enighed om, at der er et samspil mellem den hurtige afkøling af den fugtige luft, hvor der dannes skydampe og iskrystaller, og den naturlige feltstyrke, der er mellem jorden og ionosfæren.

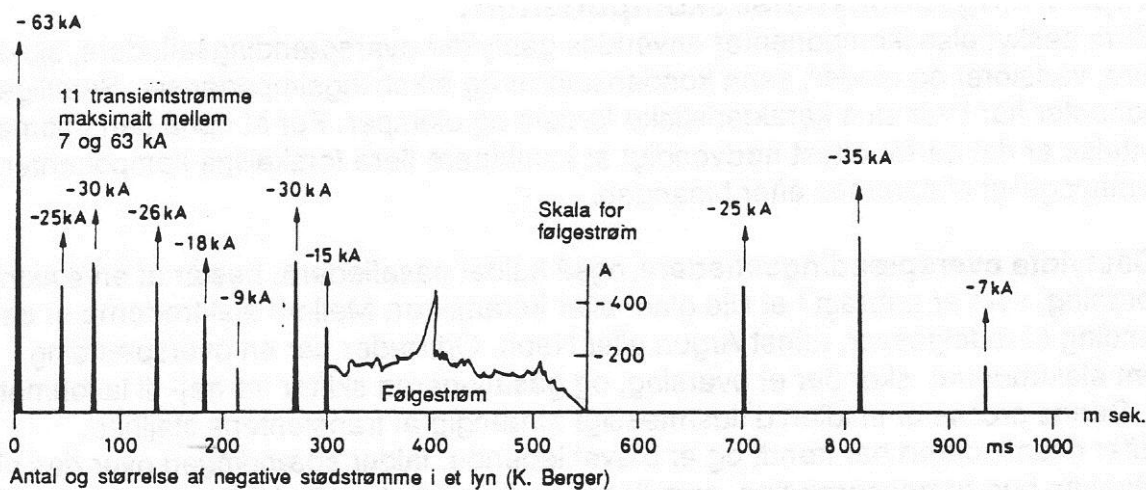
Når rumladningerne i tordenskyerne forårsager en feltstyrke på et par hundrede kilovolt pr. meter (kV/m), udgår de såkaldte leaderkanaler fra ladningerne. Leaderkanalerne, der har en højioniseret lysende plasma-kerne (Leit-blitz) omgivet af ladninger, bevæger sig "blindt" ud fra skyen, indtil en af dem når en kritisk afstand  $R_s$ , til en modsat ladet ladningskoncentration, fx jordoverfladen, hvor luftens overslagsfeltstyrke overskrides (ca. 6 kV/cm), og det kommer til et overslag.



Den kritiske afstand  $R_s$  bestemmes i opbygningsfasen, dvs. jo kraftigere lynet er, jo større er  $R_s$ .  $R_s$  er i øvrigt den teoretiske størrelse for radius for beskyttelseszonen ved lynaflederanlæg, i DS453 er  $R_s = 30$  m.

De fleste lyn er udladninger mellem skyer både vertikalt og horisontalt. Kun ca. 30 % er lyn mellem sky-jord eller omvendt. Man skelner her mellem negative sky-jordlyn, der er de hyppigste, og positive sky-jordlyn.

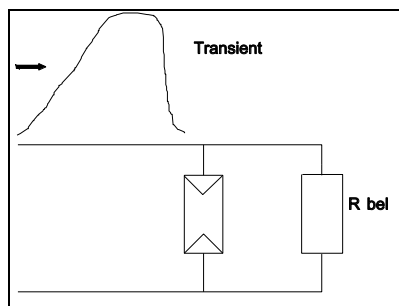
De negative lyn karakteriseres sig ved at have flere på hinanden følgende udladninger gennem den samme leaderkanal, og med et strøm/tidsforhold som gennemsnitligt anført på figuren herunder. Det positive lyn opstår karakteristisk efter en omgang negative udladninger og transporterer ved en engangsudladning i gennemsnit 10 gange så meget energi som et negativt lyn.



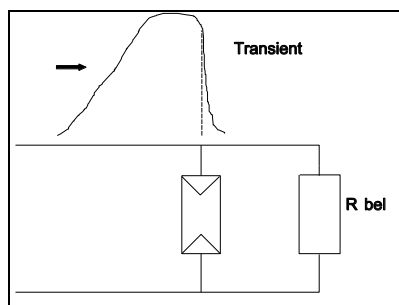
## Overspændingsbeskyttende komponenter

### Gnistgab:

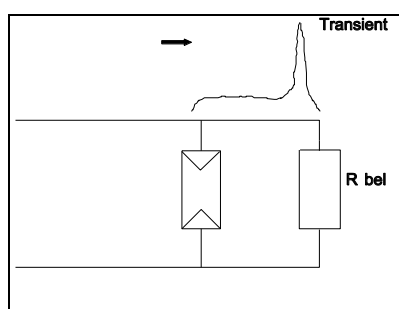
Figureerne herunder forestiller virkemåden af et gnistgab:



En transient på ledningen er på vej hen til gnistgabet.



Spændingen når op på gnistgabets tændspænding.



Lysbuen ændrer modstanden fra Gigaohm til milliohm. Som det ses på figuren går der tid (under 1 mikrosekund) inden overslaget kommer. Hvis transientens stigetid er meget hurtig stiger tændspændingen, da gnistgabet ikke kan følge med, men energien i transienten reduceres kraftigt. Spændingen over gnistgabet er ca 25 Volt så længe strømmen er større end ca 0,5 A. Først når strømmen falder afbryder gnistgabet igen. Derfor skal der benyttes sikringer, hvis kredsløbet kan levere denne strøm, da gnistgabet ellers ikke slukker igen.

Der findes dog særlige slukke gnistgab, som afbryder når spændingen falder under tændspændingen.

Fås i udgaver fra 60V til 12kV. Strøm op til 150kA.

### **Varistore:**

Varistore er spændingsafhængige modstande, som egentlig er en halvlederkomponent opbygget af mange N P overgange. Antallet af de mange indbyggede diodestrækninger bestemmer ved hvilken spænding varistoren leder.

Modstanden ændrer sig fra Megaohm til milliohm på nannosekunder når spændingen overskrides.

Hvis transientens spænding ændrer sig hurtigere kan varistoren ikke følge med, og spændingen over komponenten stiger. Dvs at meget hurtige transienter ikke dæmpes særligt godt.

Varistore har forholdsvis høj kapacitet ( ca 100pF ) som gør dem uegnede til HF signaller-ninger.

Hvis varistoren udsættes for gentagne overspændings påvirkninger kan de enkelte dioder afbryde/kortslutte, hvorefter varistoren efterhånden nedbrydes.

Det kan være svært at afgøre hvornår komponenten skal udskiftes, fabrikanterne anbefaler jævnlig udskiftning ( årligt ).

Fås til spændinger fra 40 - 2 kV. Strøm op til 40 kA.

### **Suppressor-dioder:**

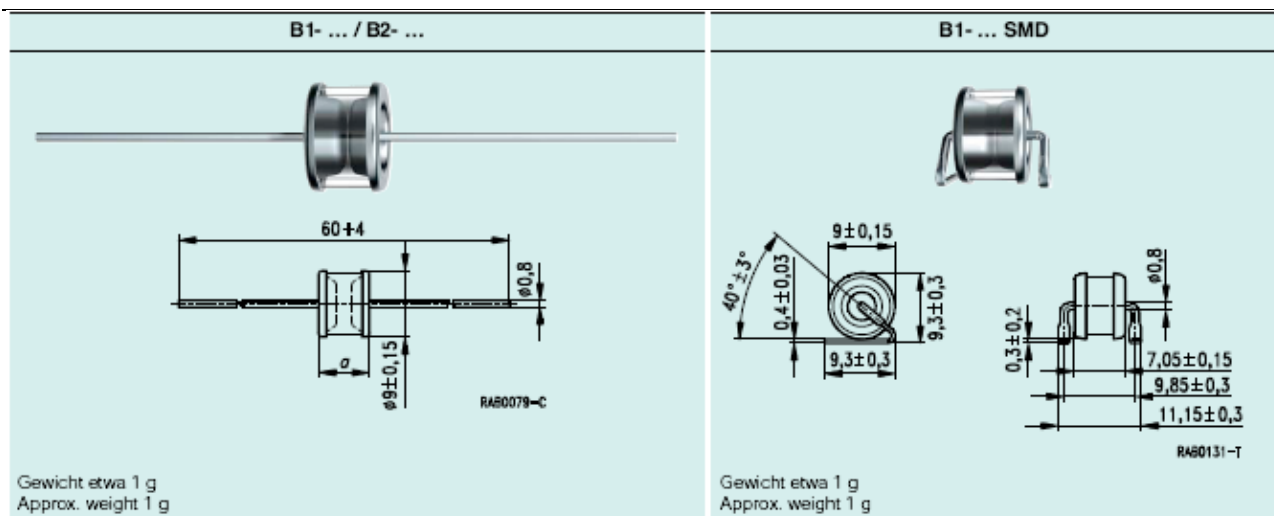
Suppressor-dioder, også kaldet Transient Voltage Suppressor eller transorb-dioder, er en lynhurtig zenerdiode, som kan lede på picosekunder.

Hvis pulsen er bred eller gentages tit stiger spændingen over dioden, og må ikke overskride max clamping voltage.

Suppressor-dioden skal ligesom zenerdioder monteres i spærreretningen, og hvis der skal beskyttes mod både positive og negative spændinger skal to vendes ryg mod ryg.

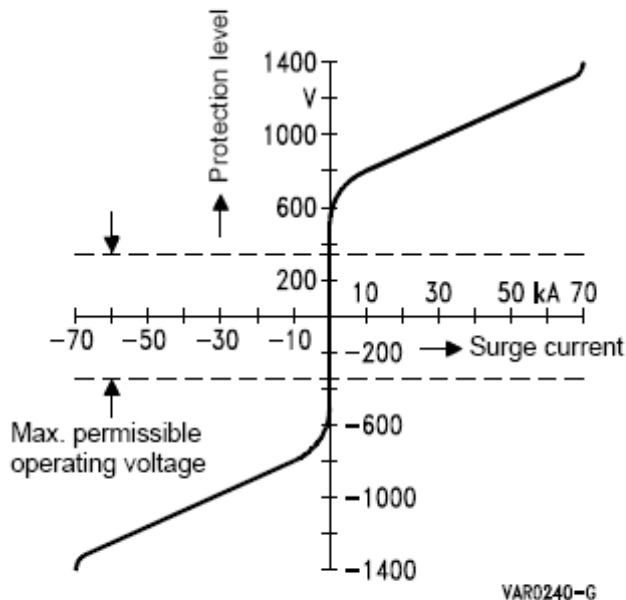
Kan købes til spændinger fra 5 - 400V. Strøm op til flere kA.

På de næste sider ses eksempler på datablade.

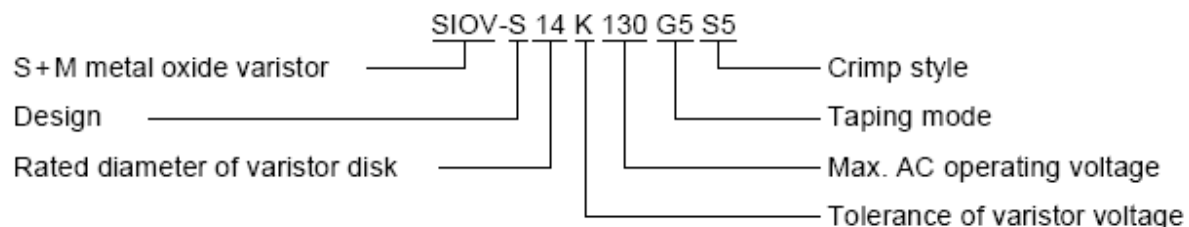


| Ausführung<br>Version                                                               |                        | Typ / Type                  |                    |                       |                       |                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----|
|                                                                                     |                        | Bestell-Nr. / Ordering code |                    |                       |                       |                       |    |
| mit Anschlußdraht<br>with leads                                                     |                        | B1-C90/20 <sup>1)</sup>     | B1-C150            | B1-A230 <sup>1)</sup> | B1-A350 <sup>1)</sup> | B2-B600 <sup>1)</sup> |    |
|                                                                                     |                        | Q69-X184                    | Q69-X198           | Q69-X185              | Q69-X186              | Q69-X154              |    |
| SMD                                                                                 |                        | B1-C90/20SMD                |                    |                       |                       |                       |    |
|                                                                                     |                        | Q69-X165                    |                    |                       |                       |                       |    |
| Nennansprechgleichspannung<br>Nom. dc spark-over voltage                            | $U_{agn}$<br>$V_{sdn}$ | 90                          | 150                | 230                   | 350                   | 600                   | V  |
| Toleranz der $U_{agn}$<br>Tolerance of $V_{sdn}$                                    |                        | ± 20                        | ± 15               | ± 15                  | ± 15                  | + 20 / – 10           | %  |
| Ansprechstoßspannung<br>Impulse spark-over voltage<br>bei / at 1 kV/µs              | $U_{as}$<br>$V_{sl}$   | < 600                       | < 600              | < 650                 | < 700                 | < 1100                | V  |
| Nennableitstoßstrom<br>Nom. impulse discharge current<br>Welle / Wave 8/20 µs       | $i_{sN}$<br>$i_{dN}$   | 5                           | 5                  | 5                     | 5                     | 5                     | kA |
| Nennableitwechselstrom<br>Nom. alternating discharge current<br>bei / at 50 Hz, 1 s | $I_{wN}$<br>$I_{daN}$  | 5                           | 5                  | 5                     | 5                     | 5                     | A  |
| Isolationswiderstand<br>Insulation resistance<br>bei / at                           | $R_{is}$<br>$R_{is}$   | ≥ 10 <sup>10</sup>          | ≥ 10 <sup>10</sup> | ≥ 10 <sup>10</sup>    | ≥ 10 <sup>10</sup>    | ≥ 10 <sup>10</sup>    | Ω  |
| Kapazität<br>Capacitance                                                            | $C$<br>$C$             | < 1                         | < 1                | < 1                   | < 1                   | < 1                   | pF |
| Maß $a$<br>Dimension $a$                                                            |                        | 7 ± 0,3                     | 7 ± 0,3            | 6 ± 0,3               | 6 ± 0,3               | 6,5 ± 0,3             | mm |

Varistors (**Variable Resistors**) are voltage-dependent resistors with a symmetrical  $V/I$  characteristic curve (figure 1) whose resistance decreases with increasing voltage. Connected in parallel with the electronic device or circuit that is to be guarded, they form a low-resistance shunt when voltage increases and thus prevent any further rise in the overvoltage.



**Figure 1** Typical  $V/I$  characteristic curve of a metal oxide varistor on a linear scale, using the SIOV-B60K250 as an example



### General technical data

|                                               |                   |                                |
|-----------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Climatic category                             | 40/85/56          | in accordance with IEC 68-1    |
| LCT                                           | – 40 °C           |                                |
| UCT                                           | + 85 °C           |                                |
| Damp heat, steady state<br>(93 % r.h., 40 °C) | 56 days           | in accordance with IEC 68-2-3  |
| Operating temperature                         | – 40 ... + 85 °C  | in accordance with CECC 42 000 |
| Storage temperature                           | – 40 ... + 125 °C |                                |
| Electric strength                             | ≥ 2,5 kV          | in accordance with CECC 42 000 |
| Insulation resistance                         | ≥ 1,0 GΩ          | in accordance with CECC 42 000 |
| Response time                                 | < 25 ns           |                                |

**Characteristics** ( $T_A = 25\text{ °C}$ )

| Type<br>(untaped)<br>SIOV- | $V_V$<br>(1 mA)<br>V | $\Delta V_V$<br>(1 mA)<br>% | Max. clamping voltage |          | $C_{typ}$<br>(1 kHz)<br>pF |
|----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|----------|----------------------------|
|                            |                      |                             | $V$<br>V              | $i$<br>A |                            |
| S05K11                     | 18                   | $\pm 10$                    | 36                    | 1,0      | 1600                       |
| S07K11                     | 18                   | $\pm 10$                    | 36                    | 2,5      | 3100                       |
| S10K11                     | 18                   | $\pm 10$                    | 36                    | 5,0      | 6800                       |
| S14K11                     | 18                   | $\pm 10$                    | 36                    | 10,0     | 11000                      |
| S20K11                     | 18                   | $\pm 10$                    | 36                    | 20,0     | 18000                      |
| S05K14                     | 22                   | $\pm 10$                    | 43                    | 1,0      | 1300                       |
| S07K14                     | 22                   | $\pm 10$                    | 43                    | 2,5      | 2500                       |
| S10K14                     | 22                   | $\pm 10$                    | 43                    | 5,0      | 5200                       |
| S14K14                     | 22                   | $\pm 10$                    | 43                    | 10,0     | 9000                       |
| S20K14                     | 22                   | $\pm 10$                    | 43                    | 20,0     | 15000                      |
| S05K17                     | 27                   | $\pm 10$                    | 53                    | 1,0      | 1050                       |
| S07K17                     | 27                   | $\pm 10$                    | 53                    | 2,5      | 1900                       |
| S10K17                     | 27                   | $\pm 10$                    | 53                    | 5,0      | 4000                       |
| S14K17                     | 27                   | $\pm 10$                    | 53                    | 10,0     | 7000                       |
| S20K17                     | 27                   | $\pm 10$                    | 53                    | 20,0     | 13000                      |
| S05K20                     | 33                   | $\pm 10$                    | 65                    | 1,0      | 750                        |
| S07K20                     | 33                   | $\pm 10$                    | 65                    | 2,5      | 1500                       |
| S10K20                     | 33                   | $\pm 10$                    | 65                    | 5,0      | 3100                       |
| S14K20                     | 33                   | $\pm 10$                    | 65                    | 10,0     | 5500                       |
| S20K20                     | 33                   | $\pm 10$                    | 65                    | 20,0     | 11000                      |
| S05K25                     | 39                   | $\pm 10$                    | 77                    | 1,0      | 660                        |
| S07K25                     | 39                   | $\pm 10$                    | 77                    | 2,5      | 1260                       |
| S10K25                     | 39                   | $\pm 10$                    | 77                    | 5,0      | 2800                       |
| S14K25                     | 39                   | $\pm 10$                    | 77                    | 10,0     | 4600                       |
| S20K25                     | 39                   | $\pm 10$                    | 77                    | 20,0     | 8600                       |
| S05K30                     | 47                   | $\pm 10$                    | 93                    | 1,0      | 580                        |
| S07K30                     | 47                   | $\pm 10$                    | 93                    | 2,5      | 1050                       |
| S10K30                     | 47                   | $\pm 10$                    | 93                    | 5,0      | 2150                       |
| S14K30                     | 47                   | $\pm 10$                    | 93                    | 10,0     | 3500                       |
| S20K30                     | 47                   | $\pm 10$                    | 93                    | 20,0     | 7200                       |

## Suppressor-dioder, eller TSV'ere:

### 1500 WATT AXIAL TRANSIENT VOLTAGE SUPPRESSORS

Protect sensitive electronics against voltage transients induced by inductive load switching and lightning. Ideal for the protection of I/O interfaces, Vcc bus, and other integrated circuits used in telecom, computer, datacom and industrial electronics.

#### FEATURES

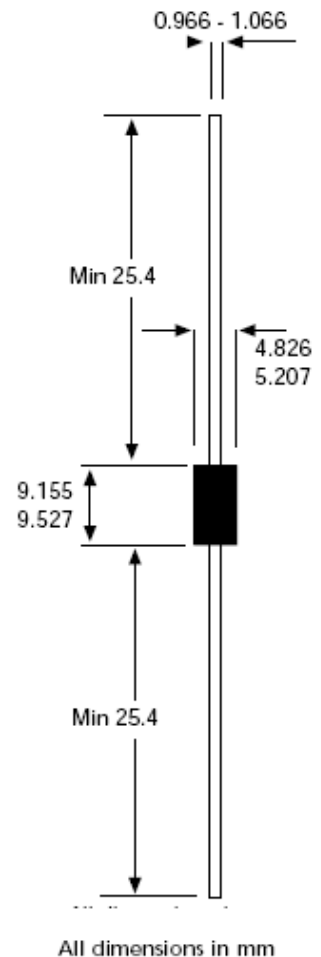
- Breakdown voltage range 6.8 to 440 Volts
- Uni-directional and Bi-directional
- Glass passivated junction
- Low clamping factor
- 100% surge tested
- UL recognised

#### MAXIMUM RATING

- Peak Pulse Power (Ppk): 1500 Watts (10 x 1000µs)@25°C  
(see diagram on page 6 for wave form)
- 5 watt steady state
- Response time:  $1 \times 10^{-12}$  seconds (theoretical)
- Forward surge rating: 200 Amps, 8.3ms half sine wave,  
(uni-directional devices only)
- Operating & storage temperature: -55°C to +150°C

#### MECHANICAL CHARACTERISTICS

- Case: DO-201AD: Moulded plastic over glass passivated junction
- Terminals: Axial leads, solderable per MIL-STD-202 Method 208
- Solderable leads = 230°C for 10 seconds (1.59mm from case)
- Marking: cathode band, (positive terminal, uni-directional devices only),  
device code, logo
- Weight: 1.5 grammes (approx)



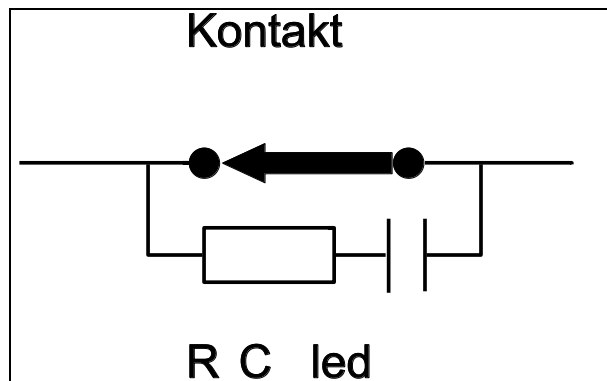
## ELECTRICAL SPECIFICATION @ Tamb 25°C

| Part Number (Uni) | Part Number (BI) | Reverse Stand off Voltage $V_R$ (Volts) | Breakdown Voltage $V_{BR}$ (Volts) @ $I_R$ |       |      | Maximum Reverse Leakage $I_R$ @ $V_R$ ( $\mu A$ ) | Maximum Clamping Voltage $V_C$ @ $I_{PP}$ (Volts) | Maximum Peak Pulse Current $I_{PP}$ (A) |
|-------------------|------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                   |                  |                                         | MIN                                        | MAX   | mA   |                                                   |                                                   |                                         |
| 1.5KE6.8*         | 1.5KE6.8C*       | 5.50                                    | 6.12                                       | 7.48  | 10.0 | 1000.0                                            | 10.8                                              | 139.0                                   |
| 1.5KE6.8A*        | 1.5KE6.8CA*      | 5.80                                    | 6.45                                       | 7.14  | 10.0 | 1000.0                                            | 10.5                                              | 143.0                                   |
| 1.5KE7.5          | 1.5KE7.5C        | 6.05                                    | 6.75                                       | 8.25  | 10.0 | 500.0                                             | 11.7                                              | 128.0                                   |
| 1.5KE7.5A         | 1.5KE7.5CA       | 6.40                                    | 7.13                                       | 7.88  | 10.0 | 500.0                                             | 11.3                                              | 132.0                                   |
| 1.5KE8.2          | 1.5KE8.2C        | 6.63                                    | 7.38                                       | 9.02  | 10.0 | 200.0                                             | 12.5                                              | 120.0                                   |
| 1.5KE8.2A         | 1.5KE8.2CA       | 7.02                                    | 7.79                                       | 8.61  | 10.0 | 200.0                                             | 12.1                                              | 124.0                                   |
| 1.5KE9.1          | 1.5KE9.1C        | 7.37                                    | 8.19                                       | 10.00 | 1.0  | 50.0                                              | 13.8                                              | 109.0                                   |
| 1.5KE9.1A         | 1.5KE9.1CA       | 7.78                                    | 8.60                                       | 9.55  | 1.0  | 50.0                                              | 13.4                                              | 112.0                                   |
| 1.5KE10           | 1.5KE10C         | 8.10                                    | 9.00                                       | 11.00 | 1.0  | 10.0                                              | 15.0                                              | 100.0                                   |
| 1.5KE10A          | 1.5KE10CA        | 8.55                                    | 9.50                                       | 10.50 | 1.0  | 10.0                                              | 14.5                                              | 103.0                                   |
| 1.5KE11           | 1.5KE11C         | 8.92                                    | 9.90                                       | 12.10 | 1.0  | 5.0                                               | 16.2                                              | 93.0                                    |
| 1.5KE11A          | 1.5KE11CA        | 9.40                                    | 10.50                                      | 11.60 | 1.0  | 5.0                                               | 15.6                                              | 96.0                                    |
| 1.5KE12           | 1.5KE12C         | 9.72                                    | 10.80                                      | 13.20 | 1.0  | 5.0                                               | 17.3                                              | 87.0                                    |
| 1.5KE12A          | 1.5KE12CA        | 10.20                                   | 11.40                                      | 12.60 | 1.0  | 5.0                                               | 16.7                                              | 90.0                                    |
| 1.5KE13           | 1.5KE13C         | 10.50                                   | 11.70                                      | 14.30 | 1.0  | 5.0                                               | 19.0                                              | 79.0                                    |
| 1.5KE13A          | 1.5KE13CA        | 11.10                                   | 12.40                                      | 13.70 | 1.0  | 5.0                                               | 18.2                                              | 82.0                                    |
| 1.5KE15           | 1.5KE15C*        | 12.10                                   | 13.50                                      | 16.50 | 1.0  | 5.0                                               | 22.0                                              | 68.0                                    |
| 1.5KE15A          | 1.5KE15CA*       | 12.80                                   | 14.30                                      | 15.80 | 1.0  | 5.0                                               | 21.2                                              | 71.0                                    |
| 1.5KE16           | 1.5KE16C         | 12.90                                   | 14.40                                      | 17.60 | 1.0  | 5.0                                               | 23.5                                              | 64.0                                    |
| 1.5KE16A          | 1.5KE16CA        | 13.60                                   | 15.20                                      | 16.80 | 1.0  | 5.0                                               | 22.5                                              | 67.0                                    |
| 1.5KE18*          | 1.5KE18C*        | 14.50                                   | 16.20                                      | 19.80 | 1.0  | 5.0                                               | 26.5                                              | 56.5                                    |
| 1.5KE18A*         | 1.5KE18CA*       | 15.30                                   | 17.10                                      | 18.90 | 1.0  | 5.0                                               | 25.2                                              | 59.5                                    |
| 1.5KE20*          | 1.5KE20C         | 16.20                                   | 18.00                                      | 22.00 | 1.0  | 5.0                                               | 29.1                                              | 51.5                                    |
| 1.5KE20A*         | 1.5KE20CA        | 17.10                                   | 19.00                                      | 21.00 | 1.0  | 5.0                                               | 27.7                                              | 54.0                                    |
| 1.5KE22           | 1.5KE22C         | 17.80                                   | 19.80                                      | 24.20 | 1.0  | 5.0                                               | 31.9                                              | 47.0                                    |
| 1.5KE22A          | 1.5KE22CA        | 18.80                                   | 20.90                                      | 23.10 | 1.0  | 5.0                                               | 30.6                                              | 49.0                                    |
| 1.5KE24*          | 1.5KE24C*        | 19.40                                   | 21.60                                      | 26.40 | 1.0  | 5.0                                               | 34.7                                              | 43.0                                    |
| 1.5KE24A*         | 1.5KE24CA*       | 20.50                                   | 22.80                                      | 25.20 | 1.0  | 5.0                                               | 33.2                                              | 45.0                                    |
| 1.5KE27*          | 1.5KE27C*        | 21.80                                   | 24.30                                      | 29.70 | 1.0  | 5.0                                               | 39.1                                              | 38.5                                    |
| 1.5KE27A*         | 1.5KE27CA*       | 23.10                                   | 25.70                                      | 28.40 | 1.0  | 5.0                                               | 37.5                                              | 40.0                                    |
| 1.5KE30           | 1.5KE30C         | 24.30                                   | 27.00                                      | 33.00 | 1.0  | 5.0                                               | 43.5                                              | 34.5                                    |

## Kontaktbeskyttelse

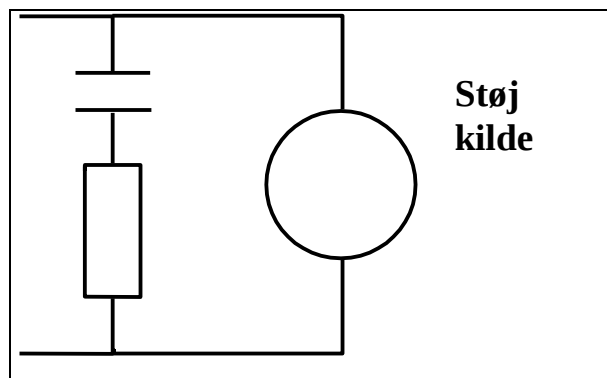
Når en kontakt afbrydes springer der gnister som bliver længere og længere indtil afstanden over kontaktsættet er blevet for stor.

Dette er årsagen til at kontakter "brændes", og kan måles som en række korte pulser der vokser i størrelse. Kontakterne kan beskyttes med et RC-led med en modstand og en kondensator. Dette RC led dæmper naturligvis også den elektroniske støj, som pulserne forårsager med deres høje frekvens- og amplitude-indhold.



Langt de største pulser opstår når en induktiv belastning afbrydes. Feks trafoer, relæ-spoler, motorer ol. Disse spolars magnetfelt skaber en strøm i spolen i modsat retning. Hvis en transistor skal kunne holde til at trække et relæ må den ofte beskyttes med en diode over spolen.

RC led kan også her benyttes til at dæmpe strømpulsen ved montage direkte over spolen.



Virkningen bliver bedst hvis RC-ledets ledninger holdes så korte som muligt.

Vær opmærksom på, at komponenterne skal kunne holde til store spidseffekter. Feks er X2 godkendte kondensatore velegnede. Der findes sammenbyggede RC-led.

Også pga stærkstrømsreglementet er der grund til at vælge sine komponenter med omhu.

Når kontakten er åben kan der ved vekselstrøm gå en anseelig lækstrøm udenom kontakten.

Feks ved 100nF / 47 Ohm kan der ved 230V/50Hz gå 7,2 mA

## Støjfiltre på signal ledninger

På signal ledninger kan støj være svært at fjerne fordi støjfrekvenserne kan ligge i samme område, som vi ønsker overført. I disse tilfælde må kilden eller indkoblingsvejen fjernes. Hvis der er tale om transienter, kan diverse amplitude begrænsende komponenter benyttes. (se overspændingsbeskyttelse).

Hvis støjen ligger udenfor nyttesignalets frekvensområde, kan man med forskellige filtre kortslutte støjen til stel.

Hvis høje frekvenser skal overføres, f.eks. digitale signaler, som jo har hurtige stigetider, skal man være forsigtig med at fjerne de høje frekvenser, da kurven så afrundes fordi de hurtige ændringer nu fjernes.

Al filterteori bygger på mistilpasning, dvs. støjen møder lille modstand til stel og stor modstand i signalvejen.

Dette kan opnås med kondensatore og spoler, og filtrene benævnes efter hvilke frekvensområder de lader passere:

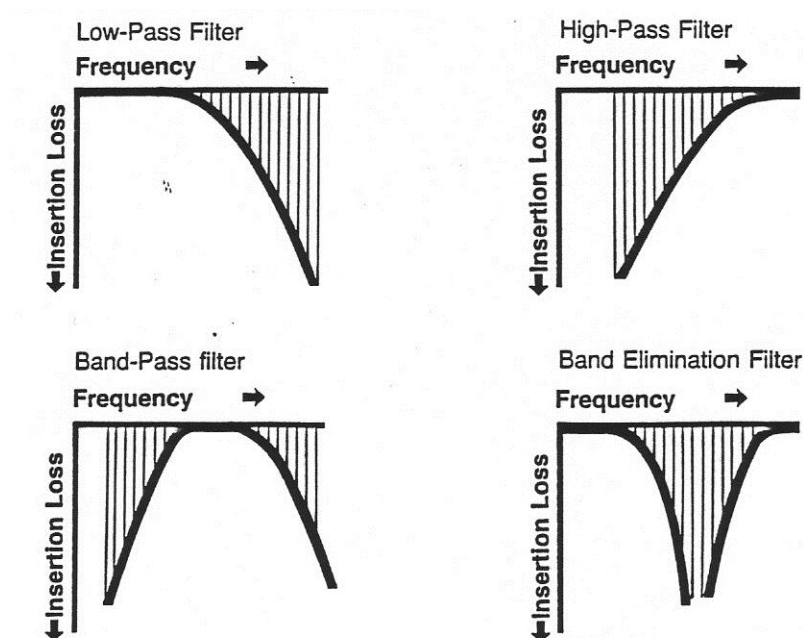
LP = low-pass. Lavpas lader lave frekvenser passere.

HP = high-pass. Højpas lader høje frekvenser passere.

Band-pass. Båndpas leder et bestemt frekvensområde igennem.

Band elimination. Båndstop fjerner et bestemt område.

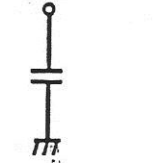
Se figur.



Vores almindelige L og C filtre kan naturligvis bruges til at afskære uønskede frekvenser. Figurene herunder viser virkningen.

20dB/Decade

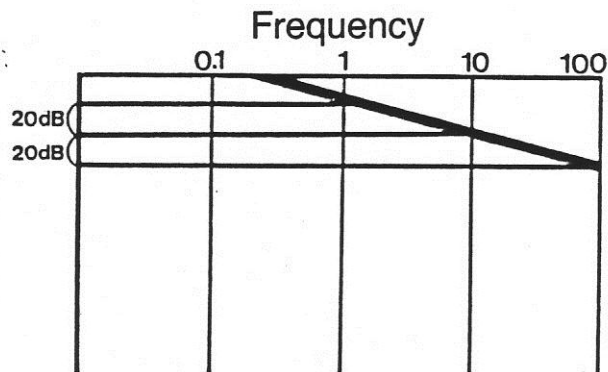
Capacitor



Coil

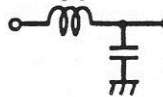


Insertion Loss



40dB/Decade

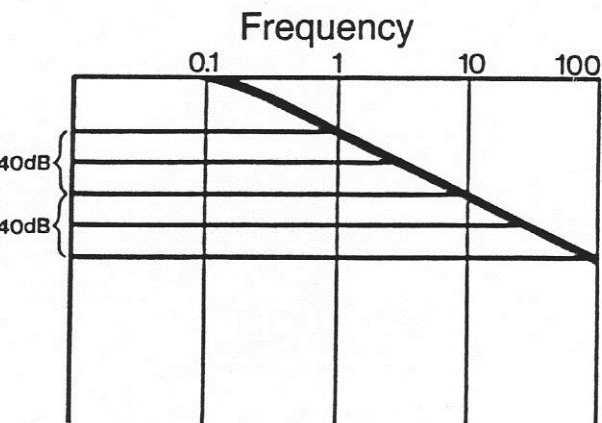
L Type



L Type

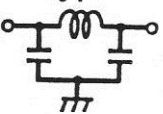


Insertion Loss



60dB/Decade

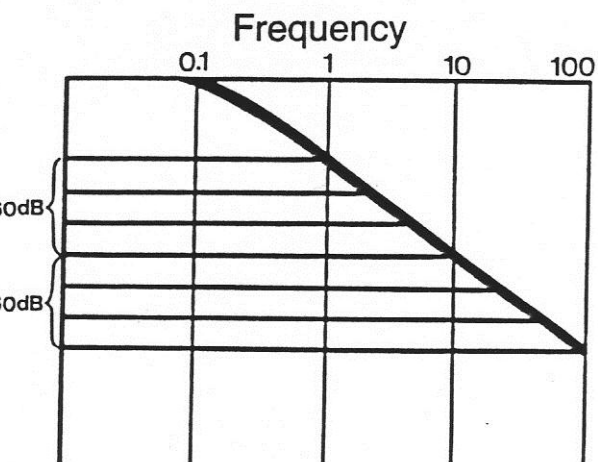
$\pi$  Type



T Type

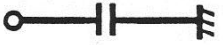
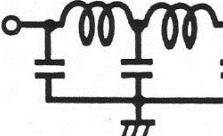
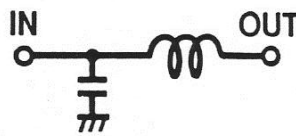
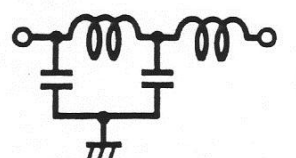
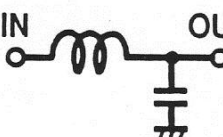
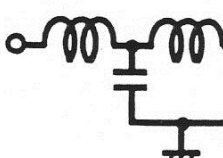
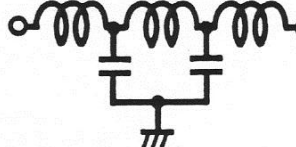


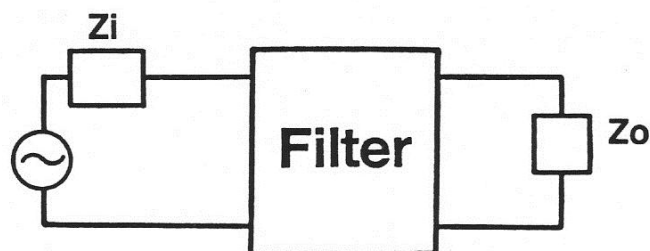
Insertion Loss



Valg af filter er meget afhængig af de impedanser som de skal tilsluttes, da vi jo ikke ønsker at dæmpe nytte signalet. Oftest testes filtrene ved ind- og udgangsimpedanser på 50 ohm, men da impedanserne sjældent er sådan i virkeligheden er en måling efter montering ofte nødvendig.

Herunder vises hvordan filtrene skal vendes, afhængig af impedanserne:

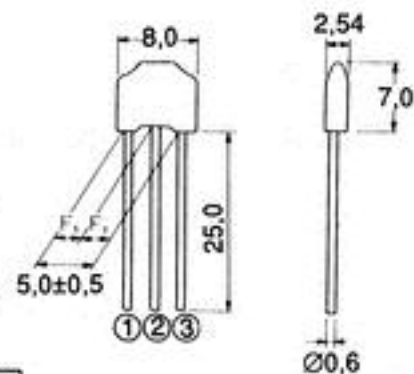
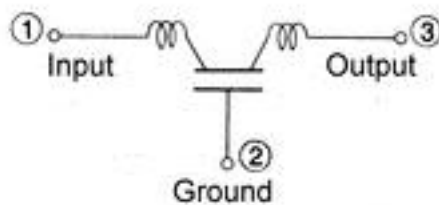
|                               |      | Load impedance ( $Z_o$ )                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |      | High                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Low                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Source impedance<br>( $Z_i$ ) | High |  Capacitor<br> $\pi$ Type<br> Double $\pi$ Type |  L Type<br> Double L Type                                                                                                 |
|                               | Low  |  L Type<br> Double L Type                                                                                                     |  Coil<br> T Type<br> Double T Type |



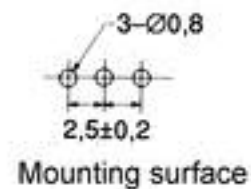
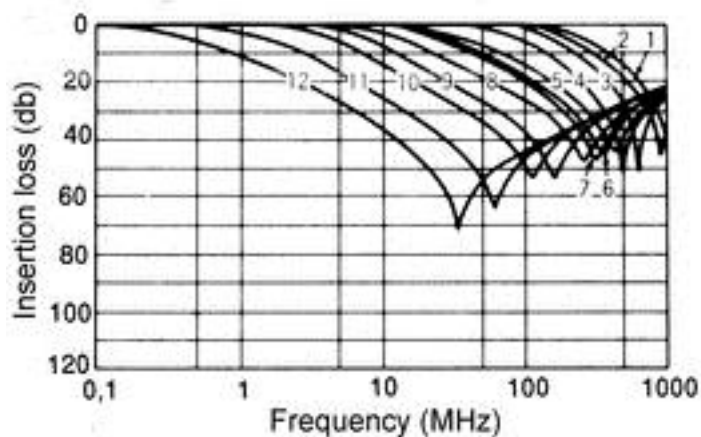
Der findes et bredt udvalg af færdige filtre til EMC, herunder nogle eksempler:

Oversigt over forskellige filter types frekvensområde:

| Classification            |                                      | Frequency Range |        |         |          |        |         |          |  | Features                                                                                                                                  |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------|---------|----------|--------|---------|----------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                                      | 100<br>K        | 1<br>M | 10<br>M | 100<br>M | 1<br>G | 10<br>G | 100<br>G |  |                                                                                                                                           |
| 2-terminal capacitor      | Two-terminal capacitor DD            |                 |        |         |          |        |         |          |  | Eliminates EMI with upper limit of several tens of MHz                                                                                    |
|                           | Monolithic capacitor RPE             |                 |        |         |          |        |         |          |  | Eliminates EMI with upper limit of several tens of MHz                                                                                    |
| On-board use EMI-filter   | Bead inductor BL01 BL02 BL03 BLM     |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for eliminating subtle EMI to several hundred MHz (Example)<br>Protection from radiation of digital equipment                    |
|                           | 3-terminal capacitor DS□310 DS□306   |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for suppressing EMI up to several hundred MHz (Example)<br>Digital equipment and car radio                                       |
|                           | π type block BNP                     |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for suppressing EMI up to 1GHz (Example)<br>Car electronic equipment and digital equipment                                       |
| Feed-thru type EMI filter | 4-terminal block BNX                 |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for EMI countermeasures from several hundred KHz to 1GHz (Example)<br>Digital equipment                                          |
|                           | Feed-thru capacitor DF553            |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for suppressing EMI higher than several tens of MHz (Example)<br>General communications equipment and measuring equipment        |
|                           | Barrier layer DFT 304 NFT 403        |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for suppressing EMI higher than 10MHz (Example)<br>Communications equipment, DBS receivers and mobile telephones                 |
|                           | Monolithic capacitor DFT 301 NFT 501 |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for suppressing EMI higher than a few MHz (Example)<br>Industrial electronic equipment                                           |
|                           | Monolithic capacitor (Large sized)   |                 |        |         |          |        |         |          |  | Suitable for suppressing noise higher than several hundred KHz (Example)<br>Airborne equipment, defense equipment and satellite equipment |



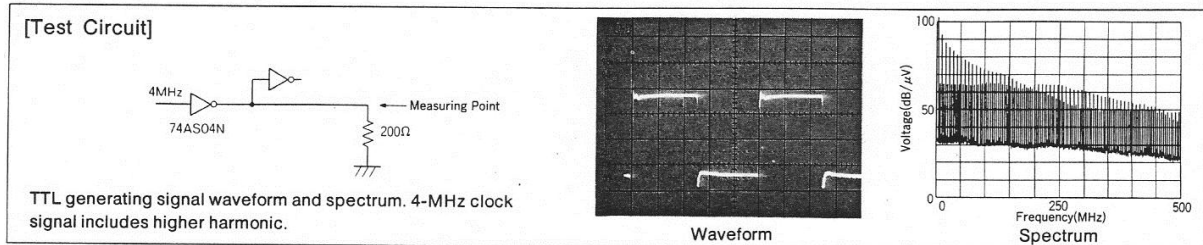
**Suppression curve**



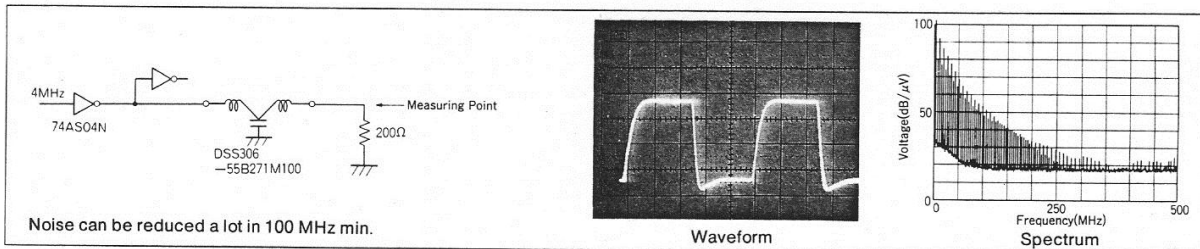
DSS306 EMIFIL® is a compact filter for mounting on circuit boards. Constructed from a ceramic capacitor and two ferrite beads. Can replace ordinary decoupling capacitors in many applications and protect sensitive circuits from interferences in the 1–1000 MHz frequency range. For improved suppression, the connection on one side of the capacitor is double and is used for input and output. The inductance of the lead is therefore in series with the supply voltage and not in series with the capacitor. To further increase the inductance, the connection leads are fitted with ferrite beads. On installation of the filters, it is important that the connection without ferrite bead (i.e. the middle connection) is made as short as possible and that the inductance of the track of the circuit board is minimised

## DSS306 analyse:

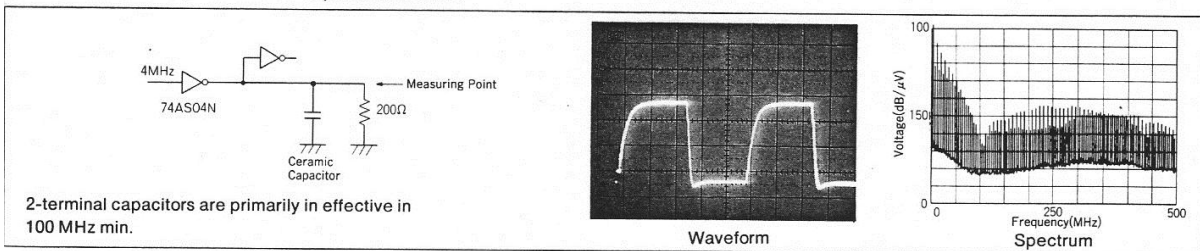
### ● Operation before using filter



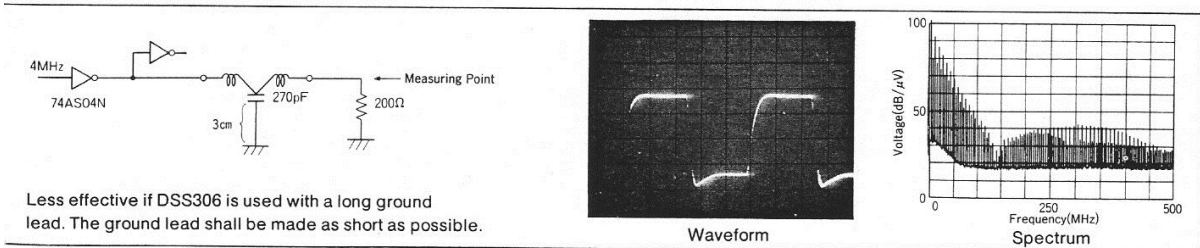
### ● Operation with DSS306



### ● When an ordinary 2-terminal capacitor is used



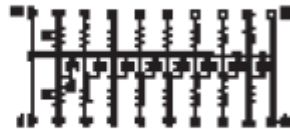
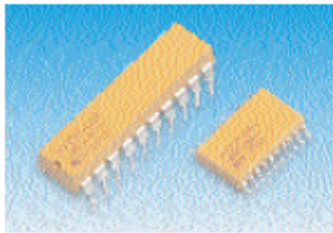
### ● Ground conditions for DSS306 are inappropriate



Som det ses af figuren herover er monteringen også vigtig her

- KORTE LEDNINGER TIL STEPLAN.

## 601 Series RC Network T-Filter



Standard Surface Mount  
H = 4.57, W = 7.87, L = 27.05 H = 2.78, W = 10.34, L = 12.95  
Lead spacing = 2.54 8.64 Lead spacing = 1.27 10.34

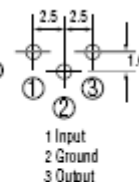
- Low pass noise filters designed to filter out the high frequency noise content of digital signals at board level
- Can be used to filter a maximum of eight signal lines
- Flame retardant case to **UL94V-0**.

Voltage rating 50V Capacitance voltage 25V  
Resistance temperature coefficient  $\pm 300$ ppm/°C Capacitance tolerance  $\pm 30\%$   
Capacitance temperature coefficient Z5U

|     |          | Attenuation (dB) |       |        |        |      |                   | Mfrs. List No. | Order Code |
|-----|----------|------------------|-------|--------|--------|------|-------------------|----------------|------------|
| pF  | $\Omega$ | 10MHz            | 20MHz | 100MHz | 200MHz | 1GHz |                   |                |            |
| 50  | 25       | 3dB              | 4dB   | 7dB    | 14dB   | 19dB | 4120R-601-250/500 | 287-076        |            |
| 200 | 25       | 4dB              | 7dB   | 15dB   | 40dB   | 17dB | 4120R-601-250/201 | 287-088        |            |
| 50  | 25       | 3dB              | 4dB   | 7dB    | 14dB   | 19dB | 4420P-601-250/500 | 508-585        |            |
| 200 | 25       | 4dB              | 7dB   | 15dB   | 40dB   | 17dB | 4420P-601-250/201 | 508-597        |            |

## Signal line noise filters

Two ranges of high performance signal line noise filters to suppress noise in signal lines without causing distortion to the original signal. The NFV510 series are suitable for use with analogue signals such as RGB lines and the NFV610 is designed for use in digital circuits such as computer, digital TV/audio, telecomms etc.



Murata



Technical specification  
Voltage rating 100V DC  
Current rating 200mA  
Operating temperature range -25°C to +85°C  
Dimensions 13.0(h) x 13.0(w) x 6.5(d)

| Cut off frequency | 10MHz | 50MHz | 100MHz | 200MHz | 500MHz | Murata part No.  | Order code |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|------------------|------------|
| 50MHz             | -     | -     | 15     | 40     | 20     | NFV510-655T2A506 | 26-6050    |
| 100MHz            | -     | -     | -      | 15     | 35     | NFV510-655T2A107 | 26-6055    |
| 10MHz             | 3     | 10    | 20     | 35     | 25     | NFV610-655T2A106 | 26-6080    |
| 20MHz             | -     | 3     | 10     | 15     | 25     | NFV610-655T2A206 | 26-6085    |
| 50MHz             | -     | -     | 3      | 10     | 25     | NFV610-655T2A506 | 26-6090    |
| 100MHz            | -     | -     | -      | 3      | 15     | NFV610-655T2A107 | 26-6095    |

| Type   | Cut off | Order code | 1+   | 25+  | 100+ | 250+ |
|--------|---------|------------|------|------|------|------|
|        | 50MHz   | 26-6050    | 1.50 | 1.35 | 1.08 | 0.99 |
|        | 100MHz  | 26-6055    | 1.50 | 1.35 | 1.08 | 0.99 |
| NFV610 | 10MHz   | 26-6080    | 1.20 | 1.05 | 0.89 | 0.84 |
|        | 20MHz   | 26-6085    | 1.20 | 1.05 | 0.89 | 0.84 |
|        | 50MHz   | 26-6090    | 1.20 | 1.05 | 0.89 | 0.84 |
|        | 100MHz  | 26-6095    | 1.20 | 1.05 | 0.89 | 0.84 |

## Filtered 'D' adaptors

These filtered 'D' type adaptors provide an effective EMC solution for various installations. The adaptors incorporate 1000pF discrete ceramic capacitors between each pin and the shell to provide excellent attenuation of EMI and RFI. Designed to plug into any standard sub 'D' connector, they maintain the gender of the connection and so allow the existing cables and connectors to be used. The adaptors can be used with either plug or socket, and include two 4-40 UNC jacks screws the orientation of which can be reversed.



### Technical specification

|                       |                                       |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Shell                 | tin plated steel                      |
| Pin contact           | brass, gold plated over nickel        |
| Insulator             | PBT & glass fibre reinforced – UL94V0 |
| Dielectric strength   | 1000V for one minute                  |
| Insulation resistance | $3 \times 10^9$ at 500V DC            |
| Working voltage       | 100V DC                               |
| Attenuation           | 40dB min at 100MHz                    |

## T-network varistor

A three terminal miniature T-network varistor comprising a capacitor linked to two internal ferrite bead inductors designed to eliminate noise and protect sensitive semiconductors. Pins on 2.5mm pitch.

Dimensions 8.0mm(w) x 10.5mm(h) x 2.54mm(d).



Murata



### Technical specification

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Varistor voltage   | 25V DC |
| Rated voltage      | 50V DC |
| Rated current      | 6A     |
| Peak pulse current | 100A   |

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Capacitance       | 220pF $\pm 20\%$      |
| Temperature range | -40° to +105°C        |
| Murata type       | DSS 706-351D221M25-50 |

## SMD Pi-section capacitive filters

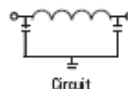
The 4700 series SMD filters incorporate ceramic tube technology and ferrite inductors to provide high quality (pi) section filtering in a compact surface mount package. They are designed for use on surface mount boards to suppress interference from noise generating components. Reel quantity **1000 pcs**.

### Features:

- Excellent performance
- Tape and reel for easy placement
- Excellent solderability
- Reduces PCB component count

Applications include radio and telecomms, signal processing, disc drives, set top equipment, sensors and instrumentation.

Tusonix



### Technical specification

|                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| Current rating        | 10A                         |
| Operating temperature | -55°C to +125°C             |
| Capacitance Voltage   | Attenuation dB (50Ω system) |
| Value                 | 10MHz 100MHz 1GHz           |
| 2000pF 100V           | 10 45 70                    |
| 1000pF 100V           | 7 40 65                     |
| 4000pF 100V*          | 13 52 70                    |
| 8200pF 100V*          | 20 65 70                    |

\* @ 85°C

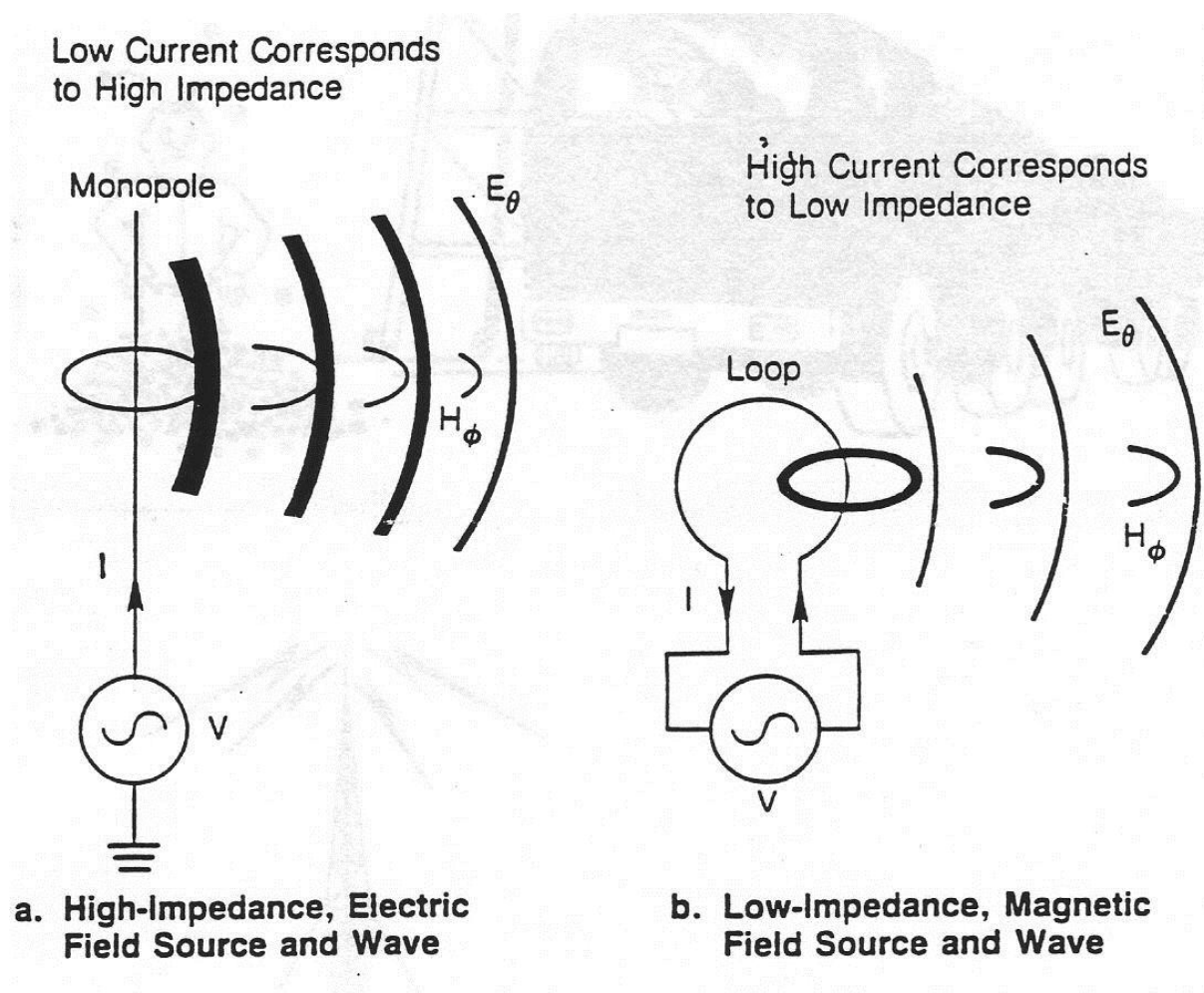
|                  |            |
|------------------|------------|
| Tusonix part No. | Order code |
| 4700-003         | 27-0080    |
| 4700-005         | 27-0082    |
| 4700-008         | 27-0084    |
| 4701-001         | 27-0086    |

## Ind- og udstråling

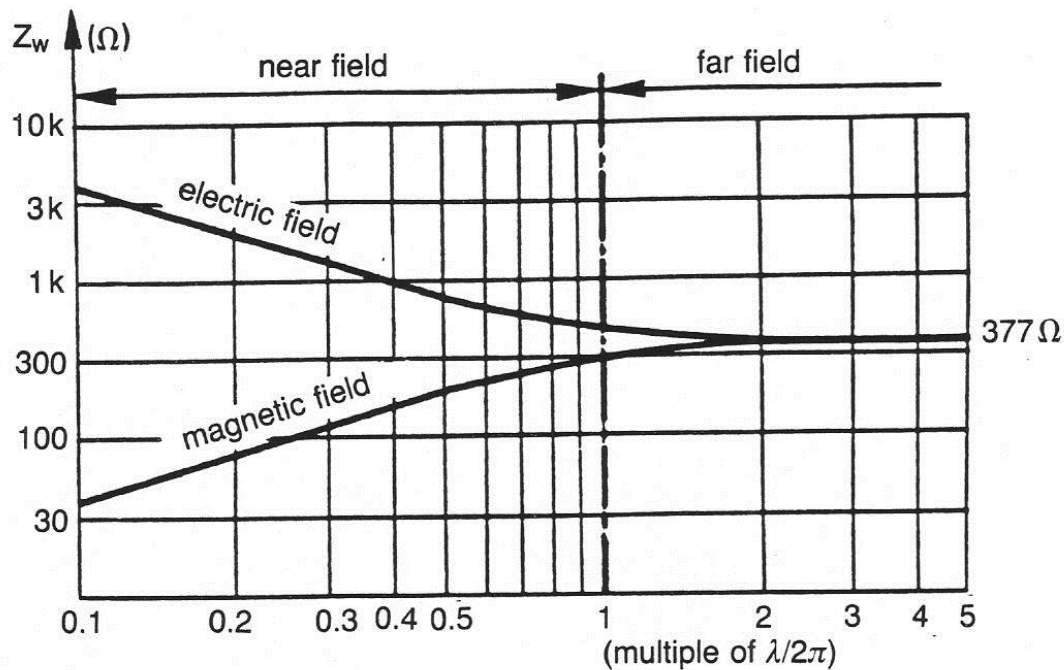
For at sende eller modtage kræves en antenne. Hvis elektronik forstyrres må der derfor være en antenne, som kan modtage støjen.

Denne antenne kan være en printbane eller en metaldel, som er afstemt (længden tilpasset til en del af senderfrekvensens bølgelængde) til modtagelse af elektriske felter (såkaldte E felter).

Antennen kan også være en loop-antenne (en kortslutning med rigtig længde) til modtagelse af magnetiske felter (såkaldte H felter).

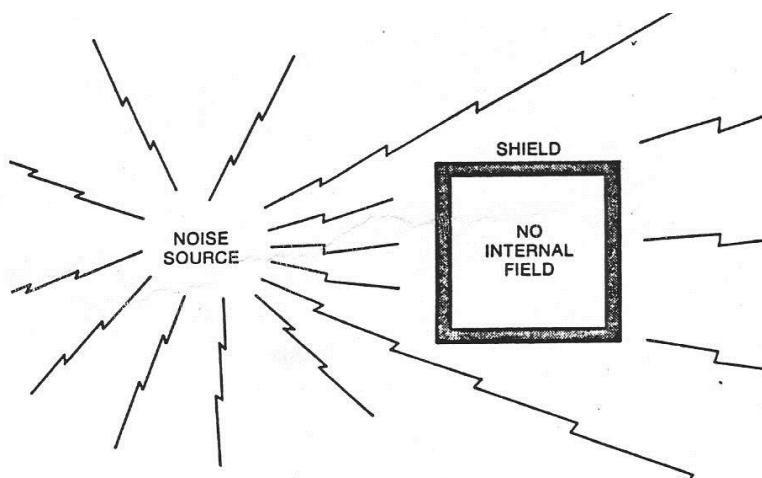


Dette gælder for de såkaldte nærfelter som er indenfor bølglængden/ $2\pi$ .  
I praksis udsender en antenne begge felter og længere væk kaldes de fjernfelter og her udlignes felterne til elektromagnetisk udstråling (fast fase og impedansforhold).



Afhjælpning af problemet er afbrydelse af antennen eller afskærmning af følsomt elektronik.

Metalpader giver god dæmpning af elektriske- og fjern-felter. Også magnetiske felter dæmpes godt, hvis frekvensen er over ca. 1 Mhz.  
Magnetiske lavfrekvens felter er svære at skærme imod.



Tabel over forskellige metalleres dæmpnings evne:

| <i>Metal</i>      | <i>Relative<br/>Conductivity<br/>(<math>\sigma_r</math>)</i> | <i>Relative<br/>Permeability<br/>at 150 kHz<br/>(<math>\mu_r</math>)</i> | <i>Absorption<br/>Loss A,<br/>dB/mm at<br/>150 kHz</i> |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Silver            | 1.05                                                         | 1                                                                        | 52                                                     |
| Copper—Annealed   | 1.00                                                         | 1                                                                        | 51                                                     |
| Copper—Hard Drawn | .97                                                          | 1                                                                        | 50                                                     |
| Gold              | .70                                                          | 1                                                                        | 42                                                     |
| Aluminum          | .61                                                          | 1                                                                        | 40                                                     |
| Magnesium         | .38                                                          | 1                                                                        | 31                                                     |
| Zinc              | .29                                                          | 1                                                                        | 28                                                     |
| Brass             | .26                                                          | 1                                                                        | 26                                                     |
| Cadmium           | .23                                                          | 1                                                                        | 24                                                     |
| Nickel            | .20                                                          | 1                                                                        | 23                                                     |
| Phosphor-Bronze   | .18                                                          | 1                                                                        | 22                                                     |
| Iron              | .17                                                          | 1000                                                                     | 650                                                    |
| Tin               | .15                                                          | 1                                                                        | 20                                                     |
| Steel, SAE 1045   | .10                                                          | 1000                                                                     | 500                                                    |
| Beryllium         | .10                                                          | 1                                                                        | 16                                                     |
| Lead              | .08                                                          | 1                                                                        | 14                                                     |
| Hypernick         | .06                                                          | 80 000                                                                   | 3500*                                                  |
| Monel             | .04                                                          | 1                                                                        | 10                                                     |
| Mu-Metal          | .03                                                          | 80 000                                                                   | 2500*                                                  |
| Permalloy         | .03                                                          | 80 000                                                                   | 2500*                                                  |
| Steel, Stainless  | .02                                                          | 1000                                                                     | 220*                                                   |

\*Assuming that material is not saturated.

Som det ses i tabellen er de magnetiske metaller, der dæmper mest.

## Skærmdæmpning

Som det ses herunder giver selv meget tynde metalpader giver god dæmpning af elektriske- og fjern-felter. Også magnetiske felter dæmpes godt, hvis frekvensen er over ca. 1 Mhz.

Magnetiske lavfrekvens felter er svære at skærme imod.

### Den samlede skærmdæmpning

| Frekvens | Kobber |        |       | Jern  |        |        |
|----------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
|          | Magn.  | Elekt. | Fjern | Magn. | Elekt. | Fjern. |
| 50 Hz    | 4      | 260    | 131   | 3     | 245    | 117    |
| 1 kHz    | 25     | 233    | 129   | 15    | 219    | 115    |
| 10 kHz   | 45     | 213    | 129   | 52    | 218    | 134    |
| 150 kHz  | 69     | 190    | 130   | 188   | 308    | 248    |
| 1 MHz    | 98     | 185    | 142   | 391   | 479    | 435    |
| 15 MHz   | 205    | 245    | 225   | 1102  | 1143   | 1123   |
| 100 MHz  | 418    | 425    | 422   | 1425  | 1434   | 1430   |

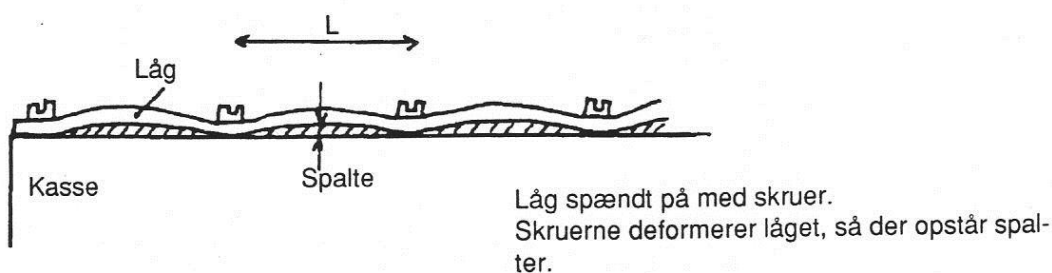
Skærmdæmpning i dB for en 0,25 mm tyk plade. Afstand til kilde: 30 cm.

Huller, samlinger, stik og kabelindføringer indbyder til ind/udstråling. I princippet må der ikke være større sprækker eller huller end  $1/100$  bølgelængde af den frekvens, som skal dæmpes. Ved f.eks. 500 MHz svarer dette til 6 mm. I praksis kan  $1/10$  bølgelængde ofte accepteres.

Det er derfor bedre at have flere små huller end et stort. Hvis der går metaldele igennem huller kan disse virke som antenner.

### Skærmkasser !

Skærmdæmpningen for en skærmkasse er ved høje frekvenser (over 1 MHz) næsten altid bestemt af samlingernes kvalitet og størrelsen af huller og spalter.



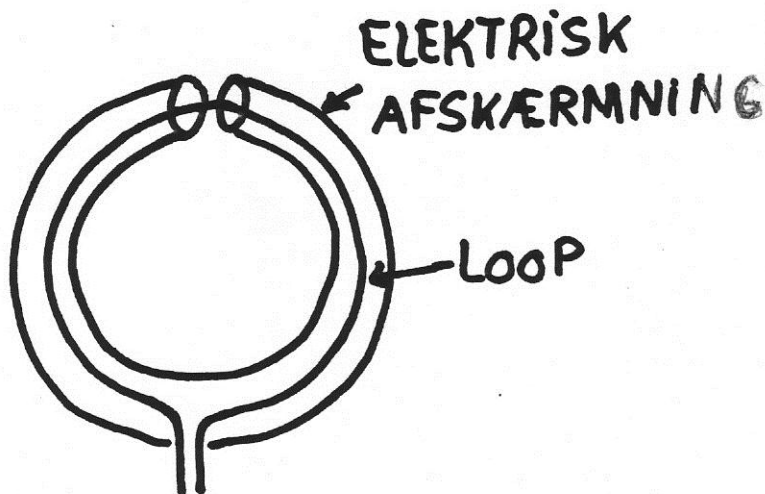
Gode ledende samlinger uden revner og sprækker er altså nødvendigt for at holde ind- og udstråling på et minimum. Samlingerne må ikke overfladebehandles før samling. Svejsning eller tætte riller sikrer god kontakt. Hvis samlingen er med skruer, gøres afstanden imellem disse så lille som muligt. Der findes evt en del forskellige form for ledende pakning på markedet.

Til måling af magnetiske højfrekvensfelter anvendes en loop-antenne.

Selve loopet er elektrisk afskærmet, så antennen kun er følsom for magnetiske felter (kabelskærmen er kun forbundet i den ene ende).

Alle steder, hvor der er en loop (ringforbindelse) er der mulighed for at opfange et magnetisk felt.

Følsomheden afhænger af arealet indenfor loop'et.



MAGNETISK - LOOP

## ESD - Statisk elektricitet

Elektrostatic discharge ( ESD ) betyder egentlig afladning af statisk elektricitet.

Statisk elektricitet opstår når forskellige stoffer gnides eller fjernes fra hinanden. Herved overføres elektroner fra det ene stof til det andet.

Statisk elektriske opladninger kan opnå spændinger på adskillige kV og kan derfor nemt forstyrre eller afbrænde vores elektronik.

Det triboelektriske system viser forskellige stoffers evne til at blive positivt eller negativt ladet ved friktion. Eks:

|              |               |
|--------------|---------------|
| Mest positiv | Asbest        |
|              | Glas          |
|              | Mica          |
|              | Menneskehår   |
|              | Nylon         |
|              | Uld           |
|              | Pels          |
|              | Bly           |
|              | Silke         |
|              | Aluminium     |
|              | Papir         |
|              | Bomuld        |
|              | Træ           |
|              | Stål          |
|              | Rav           |
|              | Voks          |
|              | Gummi         |
|              | Nikkel        |
|              | Kobber        |
|              | Sølv          |
|              | Messing       |
|              | Rustfrit stål |
|              | Celluid       |
|              | Acryl         |
|              | Saran         |
|              | Polyethylen   |
|              | Polypropylen  |
|              | Silikone      |
| Mest negativ | Teflon        |

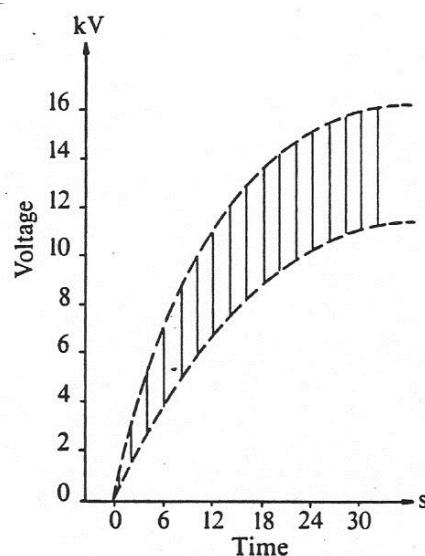
Når to af materialerne fra den triboelektriske liste fjernes fra hinanden opstår en elektrostatisk ladning, hvor det stof der står øverst på listen bliver positivt, det nederste negativt.

Listen skal i øvrigt tages med forbehold, da den er en slags gennemsnit af meget forskellige lister fra diverse litteratur.

Syntetiske materialer som f.eks nylon kan generere meget store spændinger som kan fremkalde gnister ved afladning.

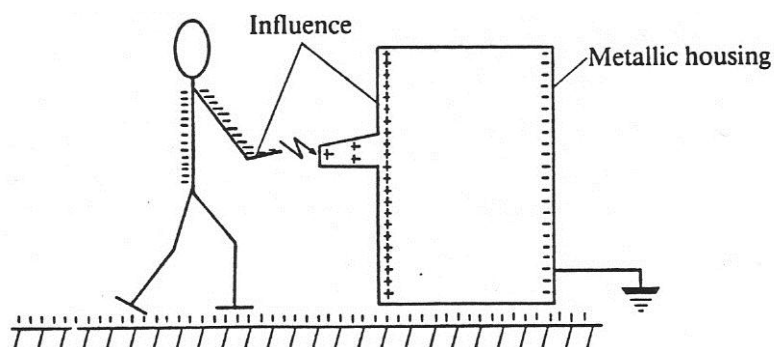
Opladning af personer og deres påklædning er den hyppigste årsag til ESD problemer.

Hvis en person med plastiksåler går hen over et syntetisk tæppe kan de enkelte skridt faktisk måles:

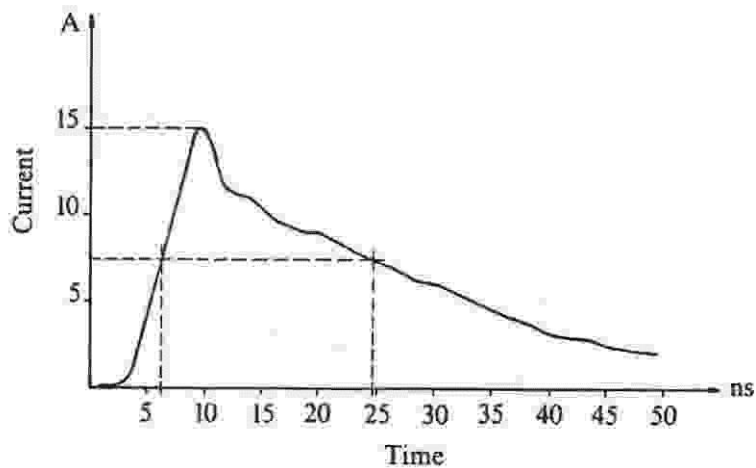


Hvis personen nærmer sig en strømvej til jord aflades denne ladning meget hurtigt, med katastrofale følger for følsomt elektronik.

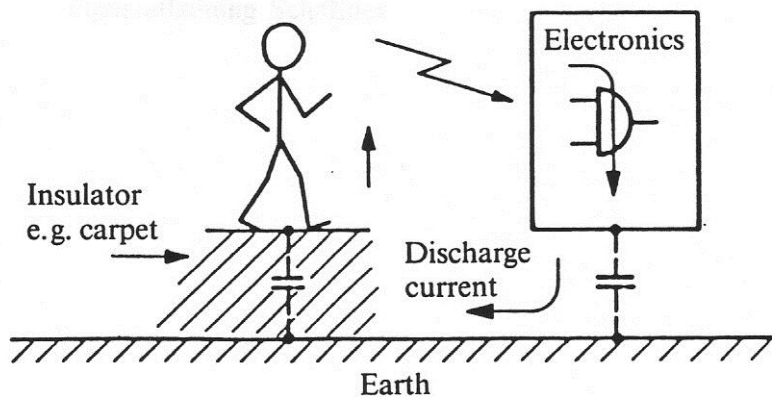
Opladningsgraden er afhængig af hvor i det triboelektriske system stofferne er placeret, overfladestørrelse og luftfugtigheden.



Grafen herunder viser en typisk udladning fra en person som var opladet til 5 kV. Udladningen skete gennem en spids metal genstand, som blev holdt i hånden.



Hvis afladningen sker igennem følsomt elektronik, er det klart, at følgerne kan være katastrofale.



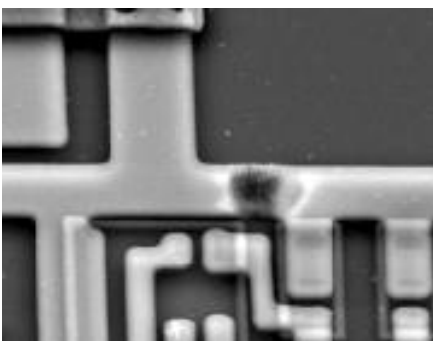
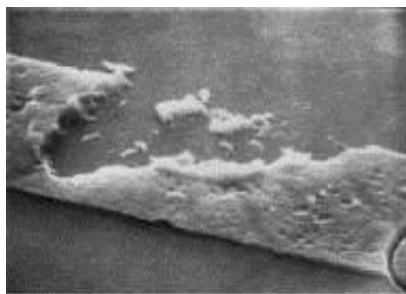
Menneskers følsomhed for elektrostatisk afladning er ca:

2000 V. Afladningen høres.  
3000 V. Afladningen mærkes.  
5000 V. Afladningen ses.

Elektroniske komponenters følsomhed (ca. værdier) :

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| VMOS,HEXMOS,DMOS   | 30 - 1800 V   |
| MOSFET             | 100 - 200 V   |
| GaAsFET            | 100 - 300 V   |
| EPROM              | 100 - 800 V   |
| JFET               | 140 - 7000 V  |
| SAW                | 150 - 500 V   |
| OP-AMP             | 190 - 2500 V  |
| C-MOS              | 250 - 3000 V  |
| Schottky dioder    | 300 - 2500 V  |
| Film modstande     | 300 - 3000 V  |
| Transistore        | 380 - 7000 V  |
| ECL print monteret | 500 - 1500 V  |
| Schottky TTL       | 1000 - 2500 V |

Et af de store problemer i industrien er, at komponenterne ikke altid ødelægges helt, men kan svækkes sådan at fejlen ikke opdages umiddelbart, men da der er brændt et "spor" degenererer komponenten efterhånden og fejler. herunder et par forstørrede eksempler på ESD skader.



## Foranstaltninger mod ESD

Undgå syntetiske tæpper / tøj.  
Brug ledende materialer.  
Gør luftfugtigheden større.  
Ionisering af luften med div. generatore.

For elektronisk udstyr gælder det også her om at skabe en god HF reference uden om printkort ol. til jord, så elektronikken holder.  
Evt. kan overspændings komponenter indsættes.

Det er vigtigt, at alle led i kæden ved, hvordan materialerne skal behandles. Både ved modtagelse, transport, konstruktion, montering og evt reparation skal div foranstaltninger mod ESD benyttes.

**Først at røre ved stel inden komponenter berøres er et absolut minimumskrav.**

Håndledsrem bør anvendes, og gøres dette ikke, er det fyringsgrund mange steder.

EPA (ESD beskyttet område) skal respekteres. I disse områder er næsten alt materiale ESD beskyttet (ledende), og stelforbundet sammen, f.eks.: måtter, bordplader, gulve, stole, poser, tøj, sko, drikkekrus, reoler, kasser, værktøj, loddekolber o.m.a.



Isolerende materialer kan sagtens være statisk opladede, her må installeres Ion-blæsere (højspænding), som aflader ved at udsende både positive og negative Ioner. De positive ioner lugter lidt som bjergluft, og de negative er ozon, som kendes fra kopimaskiner.

## EMC - Standarder

Der er gennem tiden lavet mange forskellige standarder for, hvad der må udsendes og hvor følsomt et system må være.

Der er mange forskellige målemetoder og krav, som bl.a afhænger af til hvem og hvor i verden man vil sælge sit produkt.

Svenskerne var først fremme med EMC standarder, som byggede meget på "rigtige" støjkilder. Disse dannede grundlag for de danske standarder, DS 51XX, som blev meget anerkendt i det meste af Europa.

På grund af, at vi i Danmark har været foran med de elektriske støjkrav og målemetoder henvises der i visse af de nugældende europæiske EMC standarder stadig til DS standarderne.

I europa (EU) opbygges en fælles standard som bliver vedtaget på baggrund af indspil fra mange organisationer, de vigtigste er:

IEC International electrotechnical commision.

CISPR Comite International special des pertubations radio-electriques.

CENELEC European committee for electrotechnical standardization.

CEN European committee for standardization.

ETSI European Telecommunications Standards Institute.

USA samarbejder med CISPR, men har i vid udstrækning egne regler f.eks: FCC, IEEE, ANSI, CBEMA og MIL-STD.

Mange andre lande har deres egne standarder.

For Danmark gælder:

Lov om elektromagnetiske forstyrrelser (lov nr. 216).

CE - mærke som er et EU direktiv (lovpligtigt fra 1996).

Harmoniserede standarder fra EU.

EU standarderne (CE - mærke) giver lov til at sælge produktet i hele EU.

Der er 2 måder at opnå CE mærket på:

1. Firmaet underskriver en såkaldt Overensstemmelses-erklæring. Denne erklæring, som skal opbevares i 10 år, er en garanti for, at produktet overholder alle regler, og herefter påsættes CE-mærket.  
Der er ingen krav om dokumenterede målinger o.l., men da straffe mulighederne er vidtgående (tilbagekaldelse, erstatning, bøder), må det anbefales at teste sit produkt.
2. Firmaet laver sammen med overensstemmelses-erklæringen et teknisk konstruktions dossier, som er en teknisk rapport fra et autoriseret laboratorium der dokumenterer at produktet overholder standarderne.

Foretages der konstruktive ændringer på udstyret, skal det CE mærkes på ny.  
Det skal i øvrigt bemærkes at ved import fra ikke EU lande, er det importøren, der er ansvarlig for CE mærkningen.

I Danmark er det Telestyrelsen, som er kontrolorgan.

EU standarderne fremkommer ved lange og sejge forhandlinger, og resulterer i såkaldte harmoniserede standarder:

CISPR, IEC, ETSI og andre giver input til CENELEC, som udsender forslag til medlemslandenes komiteer.

Disse nationale komiteer (TU) kommer med ændringsforslag og kommentarer til forslaget.

CENELEC revurderer og udsender nyt forslag og dette fortsætter indtil alle kan enes om et resultat.

Til sidst skal en endelig Harmoniseret udgave vedtages i parlamentet, som er gældende efter udsendelse i EU tidende.

Denne process er naturligvis meget langsommelig, og derfor er alle de lovede standarder langt fra færdige.

Der arbejdes med forskellige typer standarder:

|          |                                                                                                              |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GENERISK | som er en beskrivelse opdelt efter miljø, dvs hvor produktet skal anvendes. (bolig, erhverv eller industri). |
| PRODUKT  | som er en beskrivelse opdelt efter produkt, dvs typen af udstyr (feks mobil telefoner eller terminaludstyr). |
| BASIS    | som er detaljerede beskrivelser af målemetoder, krav ol.                                                     |

Findes en produktstandard, skal denne benyttes, ellers bruges de generiske standarder.

| <i>EMC<br/>Standarder</i>               | Udstråling<br>emmision | Indstråling<br>immunitet | Andet                   |
|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>Generisk</b>                         |                        |                          |                         |
| Bolig og let industri                   | 50081-1                | 50082-1                  |                         |
| Svær industri                           | 50081-2                | 50082-2                  |                         |
| <b>Produkt</b>                          |                        |                          |                         |
| ISM HF-udstyr                           | EN 55011               |                          |                         |
| Radiomodtager                           | EN 55013               |                          |                         |
| Husholdning o.l                         | EN 55014               | EN 55014-2               |                         |
| Lysrør o.l.                             | EN 55015               |                          |                         |
| ITE Informations-<br>teknologisk udstyr | EN 55101-3             | EN 55022                 | <b>ESD</b><br>EN55101-2 |
| Radio TV                                |                        | EN 55020                 |                         |
| Medicinsk udstyr                        | EN 60601-1             | EN 60601-2               |                         |
| Maritim navigation                      | EN 60945               |                          |                         |
| <b>Basis</b>                            |                        |                          |                         |
| Test og måling                          | IEC 1000               | IEC 1000                 |                         |
| Industriel kontrol                      | IEC 1000-4-x           | IEC 1000-4-x             |                         |
| <b>Specialstandarder</b>                |                        |                          |                         |
| AC forstyrrelser                        | EN 60555               |                          |                         |
| Signalering på nettet                   | EN 50065-1             |                          |                         |
| <b>Andre standarder:</b>                |                        |                          |                         |
| Svejseapparater                         | EN 50199               |                          |                         |
| Audio,video,belysning                   | EN 55103               |                          |                         |
| Alarm og overvågning                    | EN 55130               |                          |                         |

IEC basisstandarder:

IEC 61000-4-1 Industri måling og kontrol.  
 IEC 61000-4-2 ESD.  
 IEC 61000-4-3 RF felt påvirkning.  
 IEC 61000-4-4 Burst transienter.  
 IEC 61000-4-5 Surges.

IEC 61000-4-6 RF direkte indført.  
 IEC 61000-4-8 AC LF magnet felter.  
 IEC 61000-4-9 Puls magnetfelter.  
 IEC 61000-4-10 Dæmpet svingning.  
 IEC 61000-4-11 Spændingssdyk.

Eksempel på en overensstemmelseserklæring:

I følge EU EMC direktiv 89/336 og 92/31 erklæres herved at :

|                 |                                                       |
|-----------------|-------------------------------------------------------|
| Kategori:       | FM radiomodtager                                      |
| Model:          | LK9702                                                |
| Fremstillet af: | EUC Midt Viborg<br>H.C. Andersensvej 7<br>8800 Viborg |

Ovenstående produkt er i overensstemmelse med:

EN55013 : Emission fra Radiomodtagere

EN55020 : Immunitet for Radio / TV

Udstedelsesdato: Viborg, den 1/4 2008.

Ansvarshavende:

---

Produktionschef Tom Ævlø

Nyttige Internet adresser:

Telestyrelsen: <http://www.tst.dk/>

Dansk standard: <http://www.ds.dk>