

F14 – Åskskydd

- Åska, fenomenet.
- Typiska data för blixurladdningar.
- Överspänningsavledning.
- Olika typer av överspänningsavledare.

[Kap 11 i kompendiet]

Hittills har vi pratat om två urladdningssituationer, urladdning mellan kontakter i en omkopplare eller elektrostatisk urladdning. Det finns emellertid en elektrisk urladdning i naturen som kan vara mycket kraftigare, blixten. Den kan orsaka både störningar och omfattande skador.

Egentligen är åska ett ganska snällt urladdningsfenomen. Stigtiden t_r är några μs lång och det elektriska fältet starkast vid 5 – 10 kHz, men åskan kan inducera höga spänningar p.g.a. stora strömderivator.

På längre avstånd kan åska orsaka störningar i utrustning, men dess verkan på nära håll är farligast.

ÅSKA och ÅSKSKYDD

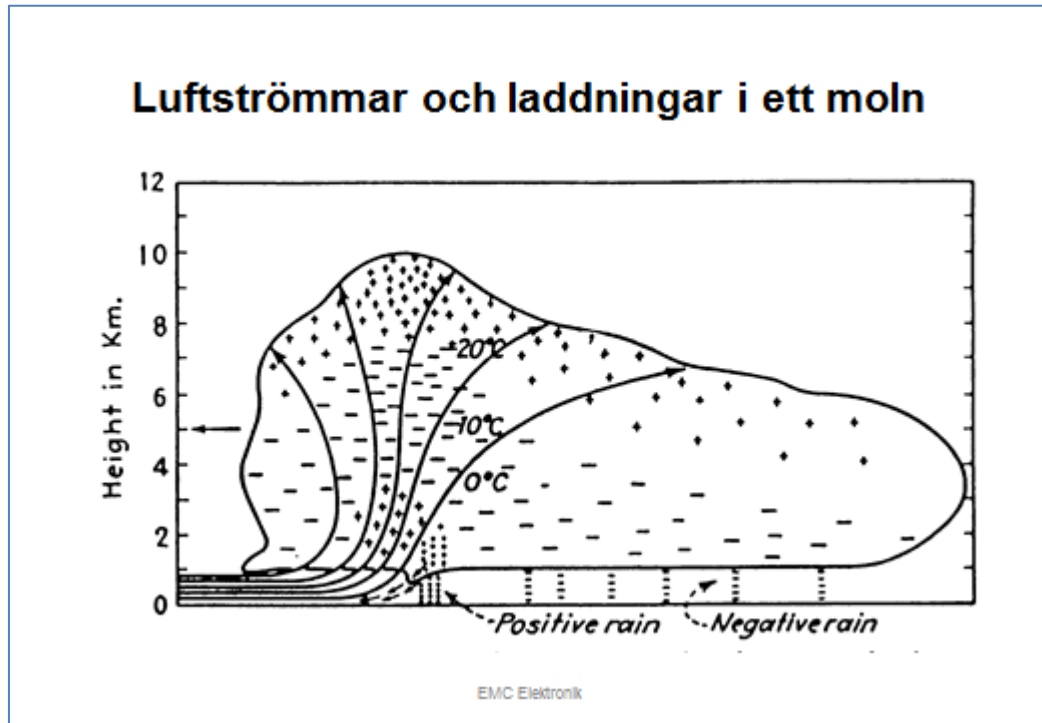


Foto:
Jonas Thomén

EMC Elektronik

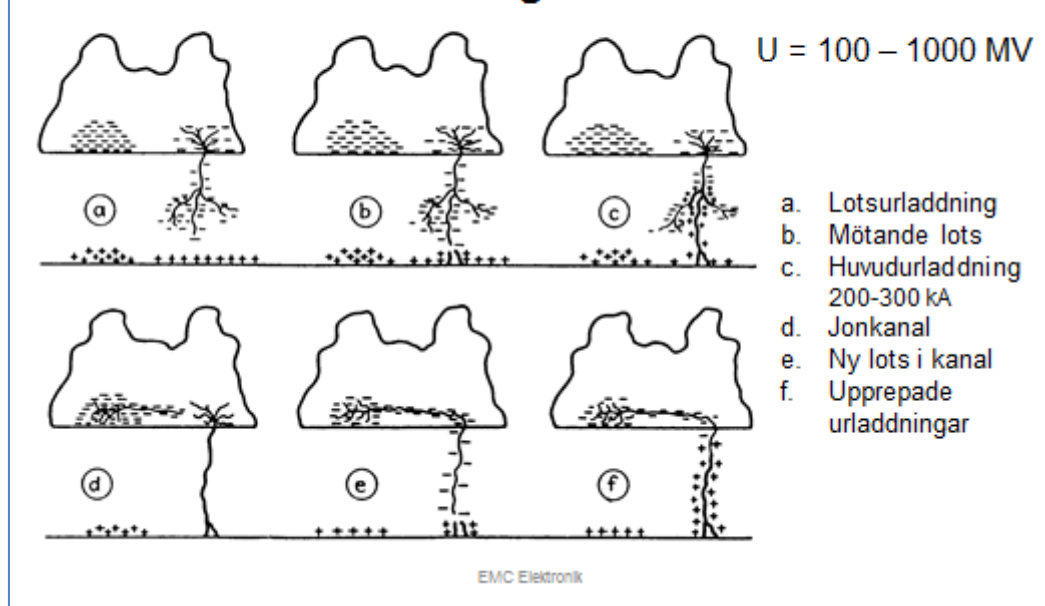
Man har inte forskat klart om hur åska uppstår och det finns fortfarande saker man inte kan förklara fullt ut. I stort sett går det till så här när åskmoln bildas:

Kraftiga vindar drar med sig regndroppar från de lägre och varmare delarna av ett moln till de högre regionerna där temperaturen kan vara -20 – -40 °C. Där blir dropparna större, fryser till is och börjar falla neråt.



I de lägre delarna av molnet möts de fallande isaglen av de varma uppvindarna igen och proceduren upprepas upp till 10 – 20 gånger. Till slut faller dropparna eller isbitarna ner till marken i form av regn eller hagelskur. När regndropparna rör sig upp och ner i molnet överför de laddningar till olika delar av molnet som får olika mycket laddning. Om spänningen i ett moln eller mellan moln och marken blir tillräckligt hög sker en blixurladdning.

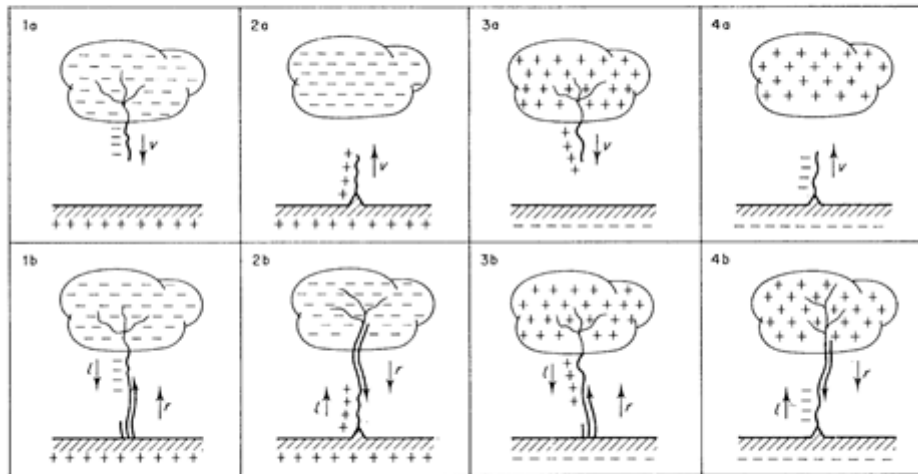
Blixurladdningens framväxt



Ett överslag byggs upp i flera steg. När spänningen mellan molnet och marken (eller en annan del av molnet) stiger upp till $10^8 - 10^9$ Volt börjar luften joniseras.

- a. En förurladdning (leader pilot streamer) eller lotsurladdning startar oftast från moln (men inte alltid). Den består av joniserad luft. Den går fram ca 50 – 100 m i taget med hastigheten ca 15 % av ljushastigheten. Efter en paus på ca 50 – 1000 μ s tar den nästa språng. Lotsurladdningen är ganska slumpartad och kan vika av i oväntade riktningar, men generellt är riktningen mot den motsatta potentialen (laddningen).
- b. När lotsurladdningen befinner sig några meter från marken utgår från denna en mötande lotsurladdning.
- c. När den nedåtgående lotsurladdningen når marken eller möter den uppåtgående lotsuppladdningen uppstår en s.k. huvudurladdning. Den är i det här fallet uppåtgående och kallas för "retur stroke". Strömmen är 200 – 300 kA.
- d. Under huvudurladdningen som varar ca 5 -500 μ s uppstår en kanal av joniserad luft som fortsätter leda strömmen 0,1 – 1 kA.
- e. Genom överslag i molnet kopplas nya laddningar till kanalen och en ny lotsurladdning sker (s.k. dart leader). Denna rör sig med ca 3 % av ljushastigheten.
- f. När dart leader når marken uppstår en ny huvudurladdning oftast i samma bana. Antalet följdurladdningar varierar mellan 1 – 10 st, vanligast 4 st.

Fyra typer av åska



Vanligast

EMC Elektronik

Ovanstående typ av åska (1) är vanligast, men det finns också tre andra typer. En uppåtgående positiv (2) eller negativ (4) lots startar oftast från ett högt spetsigt föremål.

Åska i siffror

	Kraftig blixurladdning i Sverige	Svag blixurladdning i Sverige	Blixt i tropikerna
Toppström	200 kA	5 kA	500 kA
Branthet	200 kA/μs	20 kA/μs	500 kA/μs
Varaktighet till 50%	350 μs	100 μs	
Laddning	40 C	2 C	200 C
Toppeffekt (1-10 kHz)	10 GW		

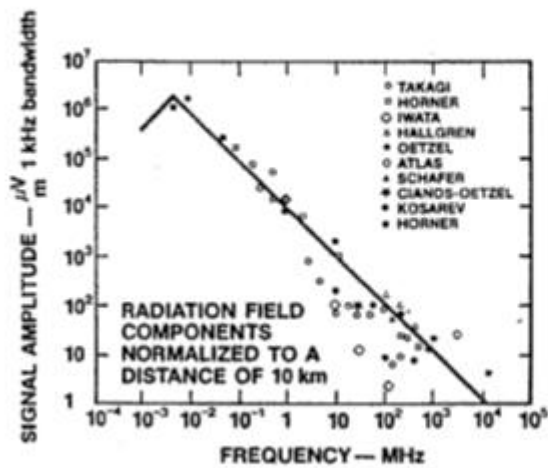
Åskans spektrum maximum vid ca 5 – 30 kHz

Om stigtiden för en blixt $\approx 1 \mu s$ fås

$$f = 1/(\pi t_r) \Rightarrow f = 300 \text{ kHz}$$

EMC Elektronik

Åskans spektrum



EMC Elektronik

Åskans frekvensspektrum ligger främst i det lågfrekventa området.

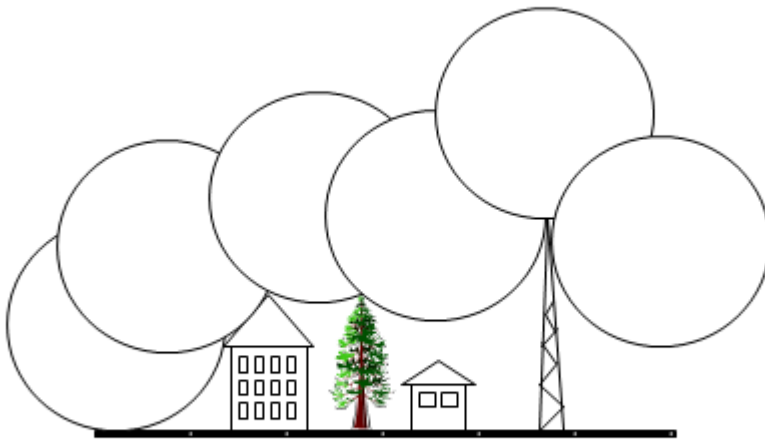
Oväntad nedslagspunkt



EMC Elektronik

Bilden visar en händelse i England 1873 när blixten slog ner från en till synes solklar himmel.

Klotregeln

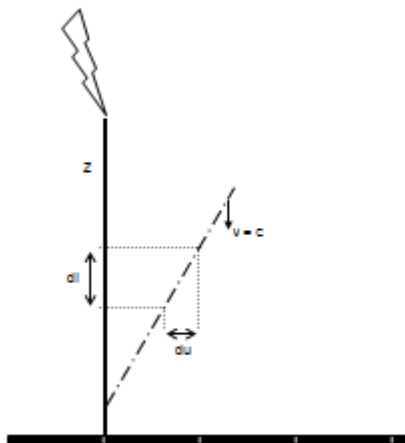


Ett objekt anses skyddat mot åska om det inte nås av ett hypotetiskt klot med radien 75 – 200 m.

EMC Elektronik

Ett objekt anses skyddat mot åska om det inte nås av ett hypotetiskt klot med radien 75 – 200 m.

Spänningsgradient du/dl längs åskledare



$$\begin{aligned} Z &= 300 \, \Omega \\ v &\approx c \approx 300 \, \text{m}/\mu\text{s} \\ di/dt &= 100 \, \text{kA}/\mu\text{s} \end{aligned}$$

EMC Elektronik

Impedansen Z för rak ledare är ca 300 – 500 Ω . Våghastigheten $v \approx c \approx 300 \, \text{m}/\mu\text{s}$. Strömderivatan är 20 – 200 $\text{kA}/\mu\text{s}$.

Beräkning av spänningsgradienten om $di/dt = 100 \text{ kA}/\mu\text{s}$:

Ohms lag $U=Z \cdot I \Rightarrow du/dl=Z \cdot di/dl$. $v=dl/dt$ och $v=c$ ger att $dl=c \cdot dt$. $\Rightarrow$

$$\frac{du}{dt} = \frac{Z}{c} \frac{di}{dt}$$

$\Rightarrow$ Spänningsgradienten $du/dl = 100 \text{ kV/m}$. Är ledaren 10 m lång kan spänningen bli 1 MV.

Åskskydd

Åskskydd

- Primärt skydd (nedslagspunkt)
 - Metallbur
 - Åskledare: Cu 25 mm², Al 50 mm²
- Sekundära effekter 500 – 1000 m bort
 - Konduktiv koppling
 - Induktiv koppling
- Överspänningsskydd!

EMC Elektronik



Direkta nedslag är inte så vanligt som de sekundära effekterna av åsknedslag. Dessa är de spänningar och strömmar som uppstår i kablar, vattenrör, byggnadskonstruktioner, staket, mm. 500 – 1000 m från nedslagsplatsen.

- På grund av konduktiv koppling och markens begränsade ledningsförmåga ökar potentialen kraftigt (100 kV – 1 MV) så att överslag uppstår.
- Genom induktiv koppling uppstår höga strömmar i slingor.

Åskledare

För att leda bort höga strömmar behövs stora ledareor, för koppar 25 mm² och för stål eller aluminium 50 mm².

Sammanfattning av överspänningsskydd

Egenskap	Gasurladdningsrör	Varistor (MOV)	TranZorb	Zenerdiod	Diod Likriktare
Klippspänning	200V – 2 kV	10V – 1 kV	5 – 200 V	3 – 200 V	(yttre spänning)
Toppström	20 – 200 kA	1 – 10 kA	200 A	5A	0,1 – 20 A
Reaktionstid	1 – 200 μ s	1 – 100 ns	10 ns	100 ps	10 – 100 ns
Kapacitans, typ	3 pF	1 nF	5 nF	100 pF	10 pF

Seriellt

- Smältsäkring
- Spole, drossel

Parallellt

- Se ovan!
- Transformator
- Kondensator

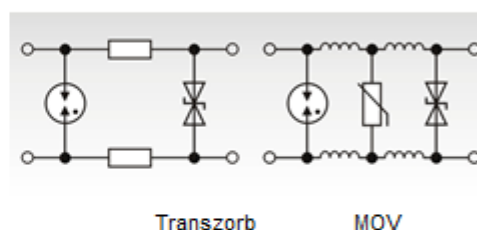
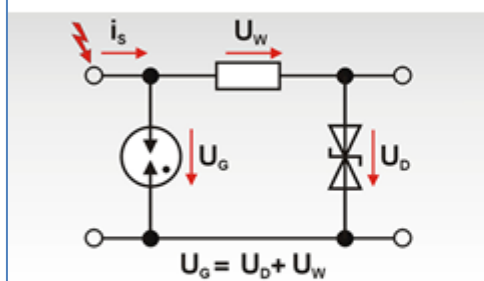


Smältsäkring, "propp"

EMC Elektronik

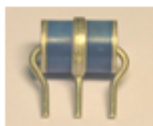
Gasurladdningsrör

Gasurladdningsrör



Transzorb

MOV



Monteras parallellt över ingången

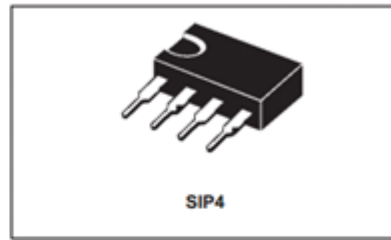
EMC Elektronik

Gasurladdningsrör är det enda skydd som tål riktigt höga strömmar. Andra fördelar är högt isolationsmotstånd och låg kapacitans. En nackdel är den relativt långa reaktionstiden (1 – 200 μ s).

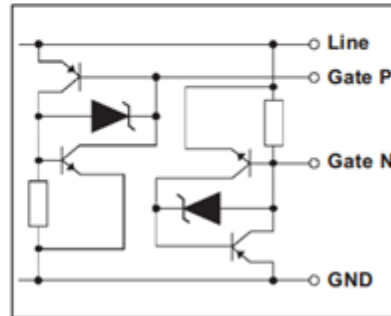
Halvledarkrets

Transient Voltage Suppressor, L3121B

- Peak Surge Voltage: 4 kV
- Admissible I_{pp} : 100 A
- 10/1000 μ s



SCHEMATIC DIAGRAM



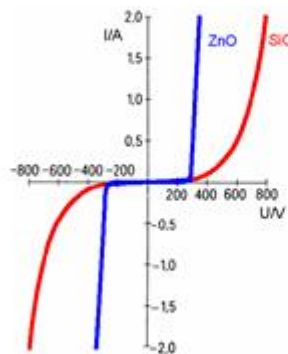
CONNECTION DIAGRAM

EMC Elektronik

T.ex. L3121B. Fördel: snabb reaktionstid; nackdel: Stor kapacitans och relativt stor läckström.

Varistor

Metal Oxide Varistor (MOV)



EMC Elektronik

Varistor (MOV = metal oxide varistor, VDR = voltage dependent resistor). Mellan två metallektroder i en VDR finns ett skikt av bimetall som uppför sig som små dioder riktade mot varandra. När det är en liten spänning mellan elektroderna går det ingen ström eftersom resistansen är hög. Ifall spänningen blir högre än den spänning VDR är specad till blir det genombrott och hög ström kan passera eftersom resistansen är låg. En MOV fungerar ett begränsat antal gånger och en alldeles för hög spänning kan förstöra den fullständigt.

Tranzorb-diod

En traszorb är en zenerdiod som utvecklats för att klara mycket höga strömmar.

TRANSZORB®

Transient Voltage Suppressors

SMP3V3 – SMP36V




P6KE6.8

PRIMARY CHARACTERISTICS	
V_{BR} uni-directional	4.10 V to 44.2 V
V_{WM}	3.3 V to 36 V
P_{PPM}	400 W
I_{FSM}	40 A
T_J max.	150 °C
Polarity	Uni-directional
Package	DO-220AA (SMP)

TranZorb 6.8V 600W Peak

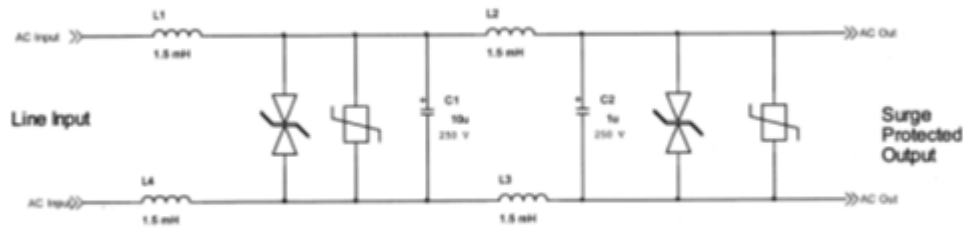
EMC Elektronik

För att zenerdioden inte skall förstöras av värmen som utvecklas vid en blixurladdning använder man en kavitet pläterad med silver eller aluminium. Dioden som kallas tranzorb klarar kortvarigt 5 kW.

Nackdelen är en stor kapacitans upp till 10 μ F medan fördelen är att den är liten.

The Trojan Surge Protector

- MOV – Metal Oxide Varistor
- TVS – Transient Voltage Suppressor

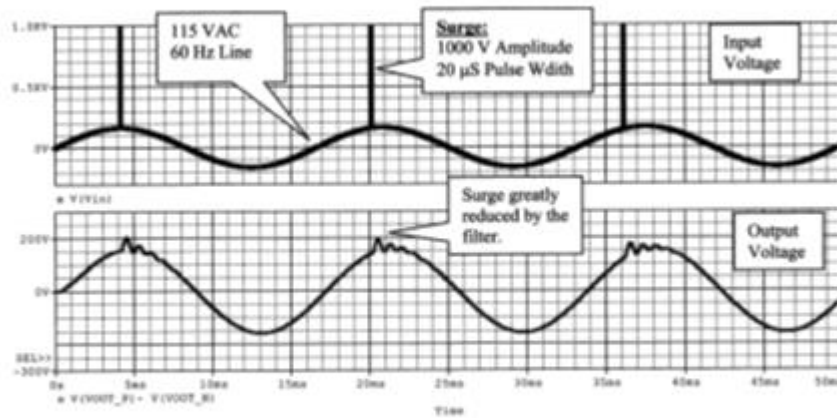


Copyright © Pearson Education, Inc.
Marc E. Herniter "Cool Circuits" 2006

EMC Elektronik

1. Linjeingångens induktans utgör tillsammans med C1 en reaktiv spänningsdelning. Det enklaste skyddet kan bestå av en MOV och en keramisk kondensator (100 nF, 360 V) parallellkopplad över vägguttaget.
2. En förbättring kan göras med serieinduktanserna L2 och L3 samt C2. Observera att värdena valts för amerikansk nätstandard 120V/60Hz.
3. En MOV och en TVS till gör kretsen ännu bättre. TVS kan vara en tranzorb.

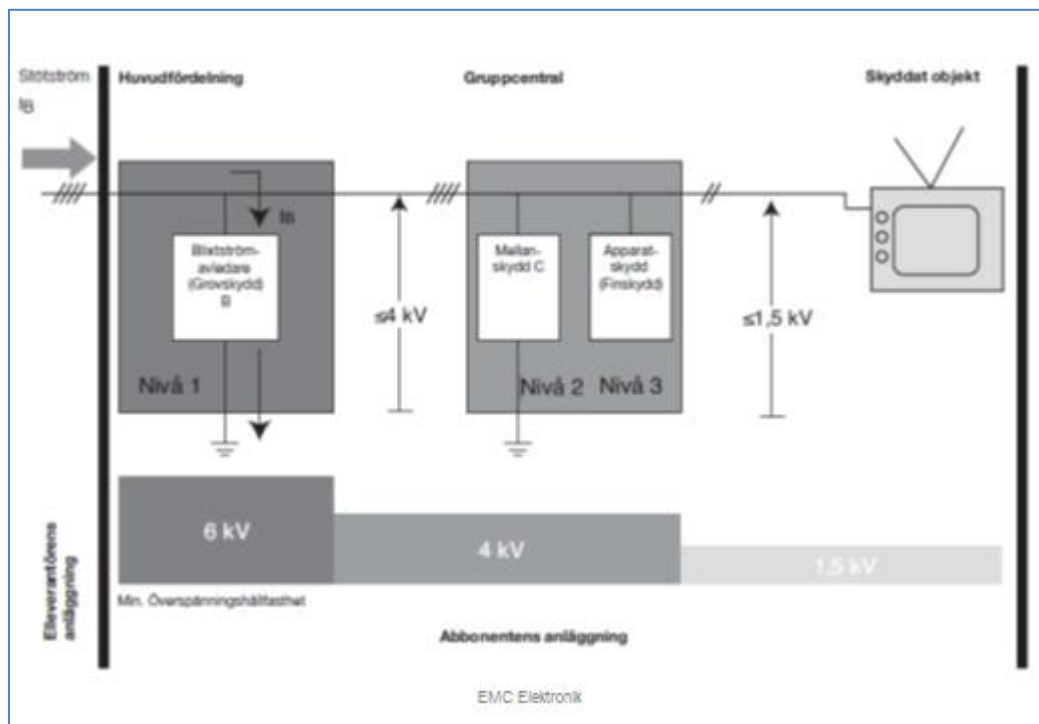
Simulering



Copyright © Pearson Education, Inc.
Marc E. Herniter "Cool Circuits" 2006

EMC Elektronik

Simulering av strörsningsskyddet beskrivet ovan.



Ett modernt åskskydd brukar uppdelas i flera steg.



Uteende för ett åsk- /högspänningsskydd.

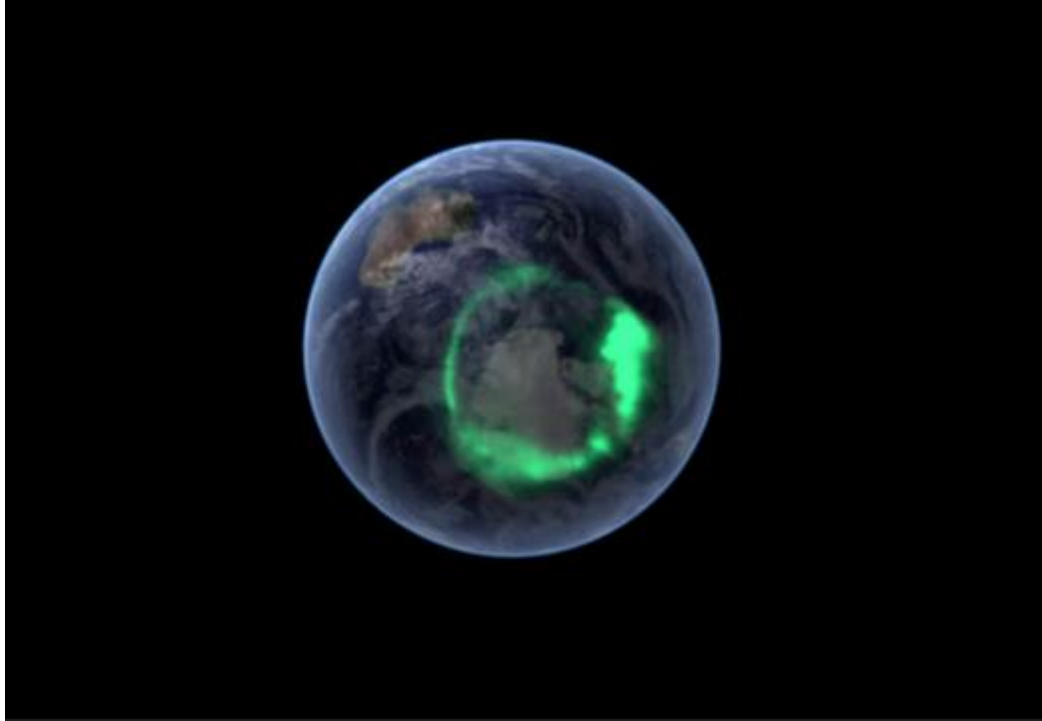
Solaktivitet

- De processer i solen, som påverkar solfläckarna styr också partikelstrålningen från solen, solvinden.
- Solstormar kan orsaka störningar i elförsörjning, elektroniska kommunikationer och orsaka problem för tåg- och flygtrafik.

http://www.krisinformation.se/web/Pages/Page____73370.aspx

Norrsken (polarsken/sydsken) uppstår när laddade partiklar, huvudsakligen elektroner, som accelererats till höga energier i jordens magnetosfär kraschar i atmosfären. Sådan acceleration sker bara i vissa

områden i magnetosfären, vilket gör att polarskenet huvudsakligen uppträder i ringformade områden runt jordens två magnetiska poler.



Vid rymdålderns intåg i mitten av 1900-talet blev det möjligt att klarlägga vad som orsakar norrsken genom mätningar på plats i rymden. Hur accelerationen av de elektroner som ger upphov till polarsken när de kommer ner i atmosfären egentligen går till, och hur energi överförs från solvinden, kan fortfarande inte anses vara helt klarlagt, även om huvuddragen är kända.

Satelliter, flygtrafik och elektriska system på jorden påverkas av det s.k. rymdvädret.

Rymdvädret påverkar elkraftsystem och elnätverk genom att elektriska fält uppstår genom induktion när jordens magnetfält varierar, vilket det gör bland annat under en geomagnetisk storm. Detta inducerade elektriska fält kan ge upphov till starka strömmar i olika elektriska komponenter, kretsar och kraftnät. Sådana strömmar kallas ibland GIC, Geomagnetically Induced Currents (geomagnetiskt inducerad ström). Bland annat är en del stora transformatorer känsliga.

Järnvägarnas signalsystem kan störas, och då varning för geomagnetisk storm har utfärdats övergår man till nödförfaranden med manuella metoder, så att tågtrafiken ska kunna löpa vidare utan olyckor.

Rymdväder låg bakom bland annat det stora kraftavbrottet i Québec i Kanada den 13 mars 1989, då omkring 6 miljoner människor blev utan el i 9 timmar och i Malmöområdet den 30 november 2003, då 50 000 abonnenter drabbades i någon timme.

I en studie från 2009 dras slutsatsen att elkraftnäten fortfarande är sårbara, och att en ovanligt stark geomagnetisk storm kan få konsekvenser som i ekonomiska termer skulle kunna jämföras med orkanen Katrinas härjningar (Ref Wikipedia).



Koronamassutkastning

- Koronamassutkastningarna ger upphov till geomagnetiska stormar, vilket är störningar i jordens eget magnetiska fält. Detta kan skada elförsörjningen.

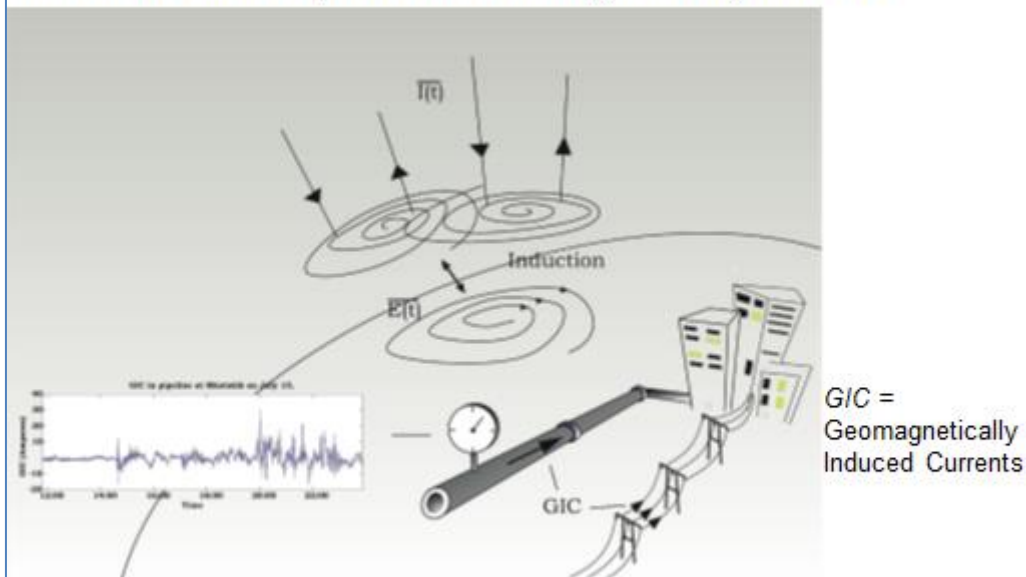


EMC Elektronik



Elektriska strömmar i jonosfären orsakar strömmar i elnätet och i pipelines genom elektromagnetisk induktion. Infällt i bilden visas verkligt uppmätt ström i en finsk gaspipeline.

Inducerade strömmar, med data från en gasledning i Finland

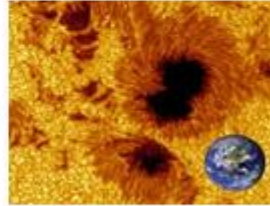


EMC Elektronik

Källa: Wiki, Antti Pulkkinen

Solruptioner

- Elektromagnetiska strålningsutbrott (solruption), kan skapa problem för radiokommunikation och GPS-systemet.



EMC Elektronik

Solstorm slog ut flyget

SVD
2015-11-05

På onsdagen lamslogs svensk flygtrafik när radarsystemen slogs ut. Orsaken tros vara så kallade solstormar – ett rymd-fenomen som kan drabba samhällsfunktioner allt oftare.

– Ju mer digitala tjänster vi använder desto mer sårbara blir vi, säger Richard Widh på Myn-digheten för samhällsskydd och beredskap.

De senaste åren har forskare varnat för att en förödande sol-storm skulle kunna slå ut mycket viktiga samhällssystem. Solstor-men som orsakade flygstopp under onsdagen var inte av för-ödande karaktär, men ett exem-pel på hur samhällsfunktioner kan påverkas.

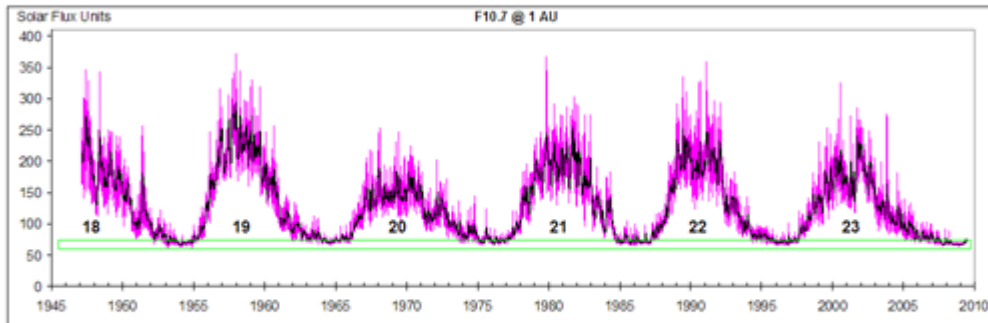
Det finns olika typer av sol-stormar och dess styrka och påverkan är skiftande.

– Det är inte vanligt att sol-stormar orsakar stora conse-kvenser. Men lättare störningar kan förekomma lite när som helst. Men stora störningar som drabbar en större geografisk yta är sällsynt, säger Richard Widh, som arbetar på enheten för cybersäkerhet och skydd av kri-tisk informationsinfrastruktur, på MSB till SvD.

En solstorm uppstår när magnetfältet kring solen öppnas så att snabba solvindar kan strömma ut och slungas iväg i rymden, och till exempel träffa vår planet.

FRIDA SVENSSON

Solcykler på 11 år



Solruptioner och solfläcksaktivitet
Toppas var 11:e år

EMC Elektronik

Konsekvenser av solstormar

I extrema fall kan solstormar orsaka störningar i elförsörjning, elektroniska kommunikationer och orsaka problem för tåg- och flygtrafik.

När elektriska strömmar, som är orsakade av solstormen, går genom högspänningsledningar, järnvägar och olje- och gasledningar talar man om geomagnetiskt inducerade strömmar (GIC).

I elnätet kan inducerade strömmar leda till att kraftledningar och transformatorer kopplas från och till och med skadas vilket kan orsaka kortare eller längre strömavbrott. Störningar av elektroniska kommunikationer orsakas främst av längre strömavbrott men kan även uppkomma då strömmar induceras i telenätets kopparledningar som skadar utrustning.

Tentatal 9, aug 2013

Åskan slår ned i en åskledare på 20 m avstånd från en dator. Datorn är kopplad till en skrivare med en signalkabel. Både datorn och printern är anslutna till 230 V elnätet på ett sådant sätt att en öppen slinga på 2 m² bildas. Under blixurladdningen stiger strömmen i åskledaren från noll till toppströmmen 400 kA på 2 μs. Vilken är den maximala spänningen som induceras i slingan?



Lösningsförslag

Enligt formelsamlingen sid 305 är inducerad EMC i slinga:

$$E = \frac{\mu_0 A}{2\pi r} \times \frac{di}{dt}$$

$A = \text{Arean}$
 $d = \text{trådradie}$
 $N = 1.$

$$E \approx \frac{4\pi 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 20} \times \frac{4 \times 10^5}{2 \times 10^{-6}} \quad E = 4 \text{ kV}$$