

Radiofrekvent strålning från närbelägna åsknedslag och dess verkan på räddningscentraler

Åskskydd i Räddningscentraler Radiofrekvent strålning från närbelägna åsknedslag och dess verkan på räddningscentraler

Publikationen har utarbetats av
Sven Garmland Emicon AB, Lund

Räddningsverkets kontaktperson:
Lars Berg, Enhet Tekniskt ledningsstöd

Radiofrekvent strålning från närbelägna åsknedslag och dess verkan på räddningscentraler

Innehåll

	<i>Sida</i>
1. Inledning	5
2. Räddningscentraler	5
3. Radiofrekvent fält från åskurladdning	6
4. Skärmningsegenskaper hos räddningscentraler	9
4.1 Allmänt	9
4.2 Kraftigare armering, typ Åmål	9
4.3 Svagare armering, typ Bromölla	11
5. Resulterande EM-fält i anläggningar	12
6. Inducerad störning i installation	16
6.1 Allmänt	16
6.2 Ingen skärm	16
6.3 Skärm av kraftigare armering	17
6.4 Skärm av enklare armering	19
6.5 Jämförelse med standardkrav	22
7. Slutsatser	24

1. Inledning

Denna rapport utgör dokumentation över en undersökning av strålade störningar från åsknedslag och deras inverkan på räddningscentraler.

Vid åsknedslag uppstår, förutom överspänningar i ledningsnät, även en pulsformad radiofrekvent våg som utbreder sig radiellt från nedslagsplatsen. Räddningsverkets räddningscentraler är, med hjälp av speciella åtgärder i byggnadsarmeringen och kabelintaget, skärmade för att ett EMP-skydd ska erhållas. Skyddets funktion har studerats i ett antal projekt och funnits fungera väl såsom EMP-skydd. Skyddets effektivitet mot påkänningar från åska har inte undersökts i samma grad.

Liksom EMP-fältet dämpas även den elektromagnetiska vågen från åsknedslag av armeringen. De pulser som alstras vid åsknedslag har ett långsammare förlopp än EMP och styrkan varierar, bland annat beroende på åskströmmens styrka och avståndet till nedslaget. För att undersöka hur allvarlig påverkan ett åsknedslag utgör på en räddningscentral har resultat från tidigare genomförda CW-mätningar studerats för att tillsammans med beräkningar kunna skapa en bild över armeringens dämpning på elektromagnetiska fält från åska. Åskfältets utseende på olika avstånd har beräknats och resulterande fält inne i anläggningen har kunnat bestämmas.

För att få ett mer användbart mått på effekterna inne i anläggningen har beräkningar på resulterande strömmar och spänningar i ett installationsexempel genomförts. Beräknade påkänningar har jämförts med de som elektronik utsätts för vid standardprovning för CE-märkning. Vi har kunnat konstatera att ett åsknedslag 10 meter från anläggningen skulle medföra påkänningar överstigande standardprovningens, om skärmning saknades. Utnyttjas däremot räddningscentralens armering som skärm reduceras påkänningarna till en nivå betydligt under provnivån.

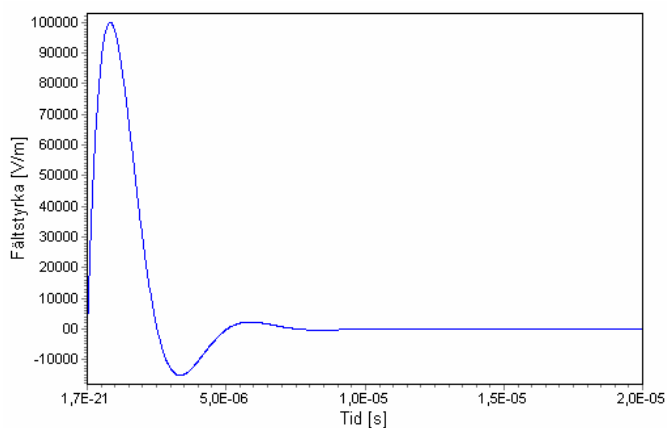
Förutom de internt inducerade påkänningarna ger åsknedslag också upphov till störningar från externa kablar, inkopplade via kabelintaget. Den påkänning som åskströmmar i det externa kabelnätet åstadkommer undersöks i en separat utredning.

2. Räddningscentraler

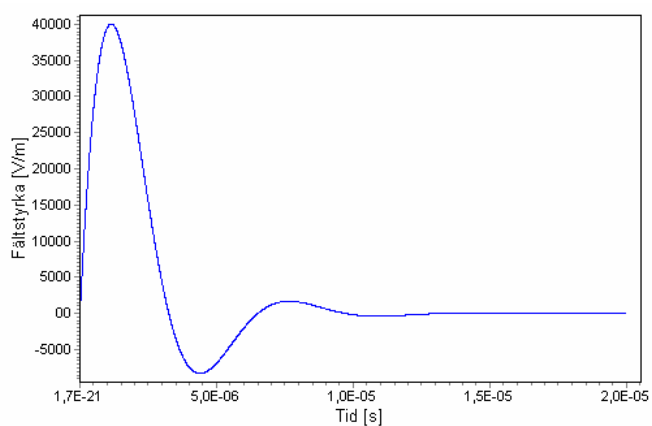
Genom åren har ett antal mätningar av EMP-verkan på räddningscentraler genomförts. Trots att dessa varit ämnade att klargöra EMP-effekter kan vissa resultat ge information även om anläggningarnas åskskydd. De CW-mätningar som genomförts visar i allmänhet dämpningen av radiofrekvent fält inom frekvensområdet 1-500 MHz, ibland även för något lägre frekvenser. Det är det intressanta området för EMP, medan det för åska mest intressanta området ligger under 1 MHz. Det kan tyckas märkligt att inte frekvensområdet under 1 MHz studerats när provningen ändå genomfördes men det förklaras av att en utökning av frekvensområdet neråt innebär att en helt annan typ av belysningsantenn måste användas. Genom att studera de mätresultat som finns och med vetskap om skärmningsmekanismernas frekvensberoende kan man ändå göra relativt goda uppskattningar av skärmningsegenskaperna för åska.

3. Radiofrekvent fält från åsknedslag

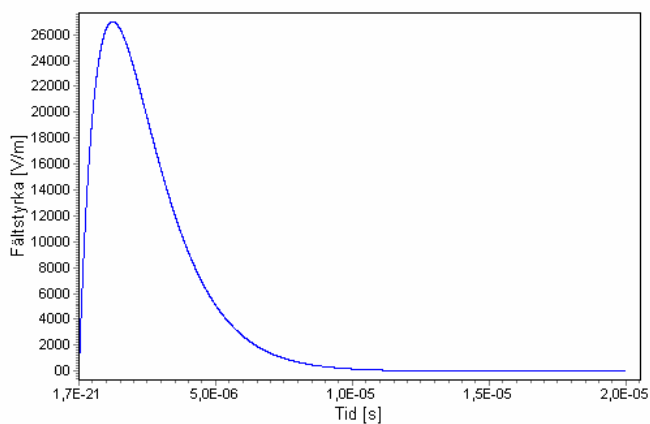
Elektriska och magnetiska fältstyrkan på olika avstånd från ett typiskt åsknedslag har hämtats från EMEC systemsimulator¹ och redovisas i figurerna 1-11, nedan. Frekvensspektra för magnetfälten redovisas i en gemensam graf i figur 11. Observera att tidsskalan skiljer i de olika graferna.



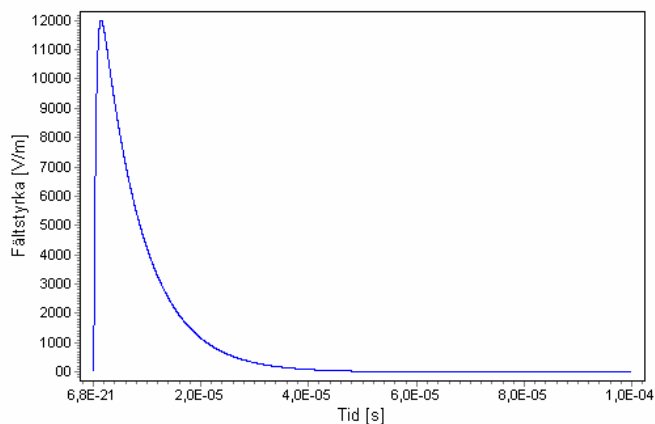
Figur 1. E-fält 10 m från åsknedslag



Figur 2. E-fält 30 m från åsknedslag

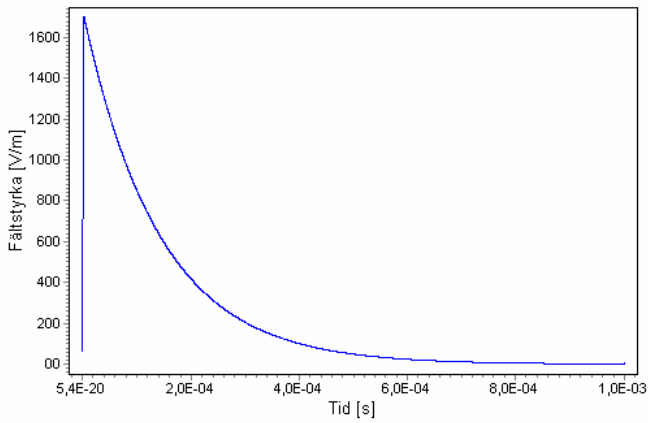


Figur 3. E-fält 50 m från åsknedslag

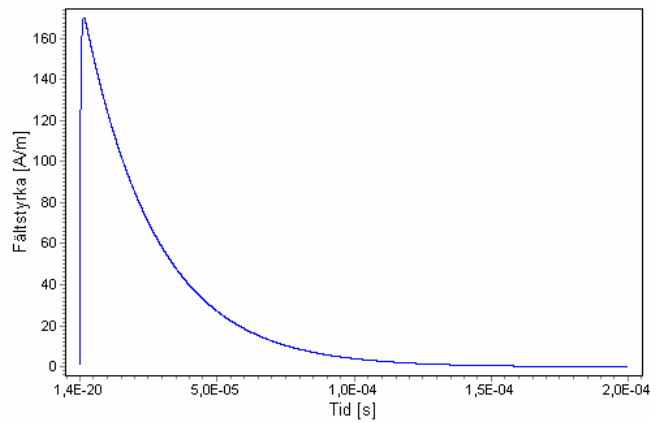


Figur 4. E-fält 100 m från åsknedslag

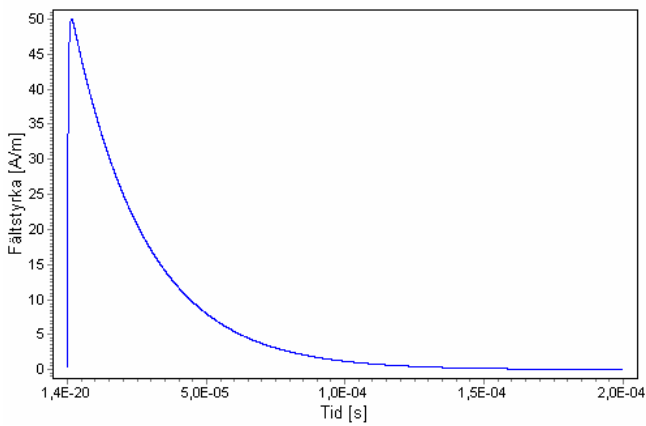
¹ EMEC är ett datorstött verktyg, utvecklat av FMV, för simulering av olika elektromagnetiska effekter på elektroniksystem.



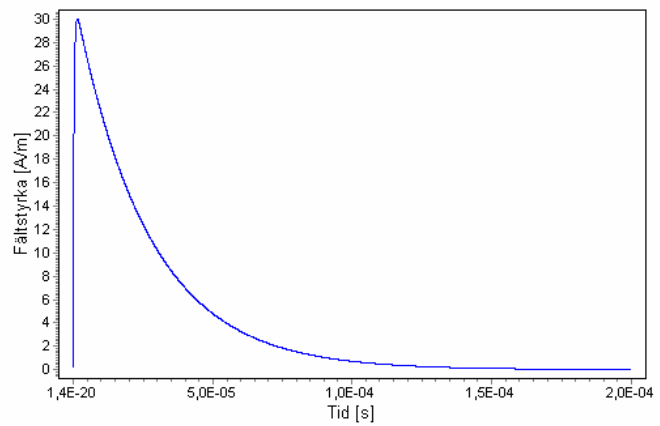
Figur 5. E-fält 500 m från åsknedslag



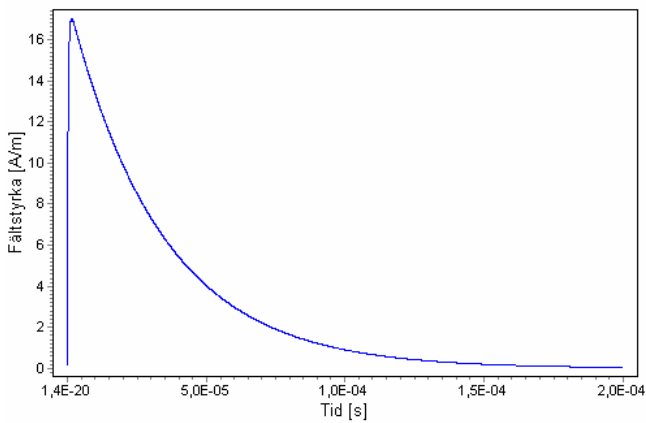
Figur 6. H-fält 10 m från åsknedslag



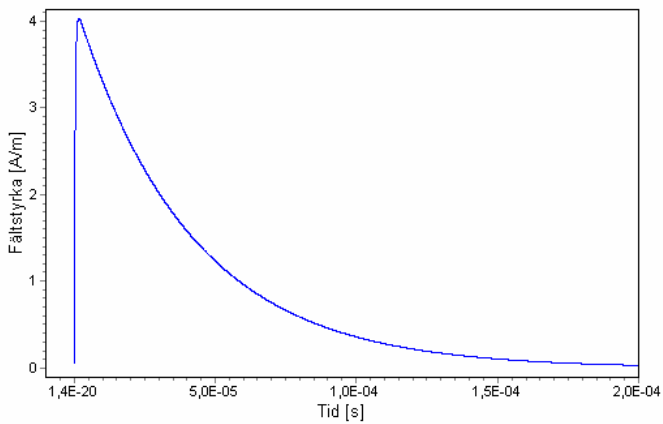
Figur 7. H-fält 30 m från åsknedslag



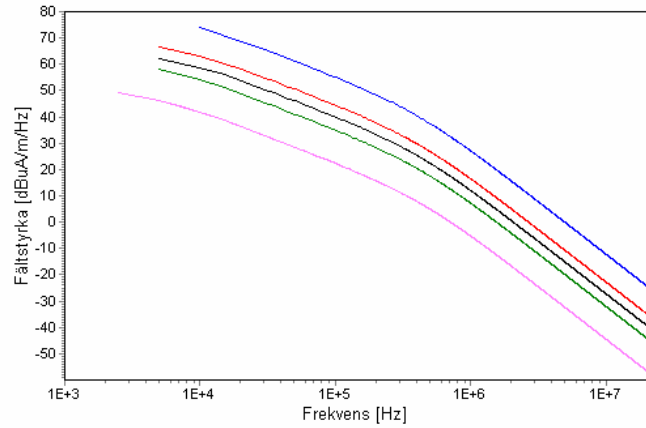
Figur 8. H-fält 50 m från åsknedslag



Figur 9. H-fält 100 m från åsknedslag



Figur 10. H-fält 500 m från åsknedslag



Figur 11. H-fältets frekvensspektrum på olika avstånd från åsknedslag. blå=10m, röd=30m, svart=50m, grön=100m och violett=500m

De tre parametrarna maxvärde, stigtid och pulslängd sammanfattas i nedanstående tabell:

Avstånd (m)	10	30	50	100	500
E_{topp} (V/m)	100000	40000	27000	12000	1700
t_r (s)	$5 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$
$t_{1/2}$ (s)	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$
H_{topp} (A/m)	170	50	30	17	4
t_r (s)	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$7 \cdot 10^{-7}$
$t_{1/2}$ (s)	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$

Tabell 1. Toppvärde, stigtid och pulslängd hos E- och H-fält på olika avstånd från åskurladdning.

4. Skärmningsegenskaper hos räddningscentraler

4.1 Allmänt

Skärmning mot elektromagnetiska vågor åstadkommes i räddningscentralerna med hjälp av armeringen i väggar, golv och tak. Speciella åtgärder vidtas för att armeringen ska utgöra en så kallad faradays bur. Huvudsyftet med skärmningen är att skapa ett skydd för EMP från kärnladdningsexplosioner. Samtidigt får man ett förbättrat åskskydd och en allmänt säkrare miljö avseende andra typer av elektromagnetiska störningar.

Genom åren har ett antal projekt genomförts för att utreda skyddets effektivitet och hur konstruktionen kan optimeras ur EMP-skyddssynpunkt.

Skärmningens funktion såsom åskskydd har däremot inte undersökts lika noggrant. Liksom EMP skapar åsknedslag överspänningar både i externt ledningsnät och internt inne i räddningscentralen på grund av den genom väggen inträngande elektromagnetiska vågen. Såsom skydd för de externa överspänningarna förses räddningscentralerna med en intagsplåt. I plåten monteras olinjära överspänningsskydd och filter som tack vare plåtens integration med armeringen begränsar inkommande överspänningar. Kabelintagets förmåga att reducera åsköverspänningar studeras i ett separat delprojekt.

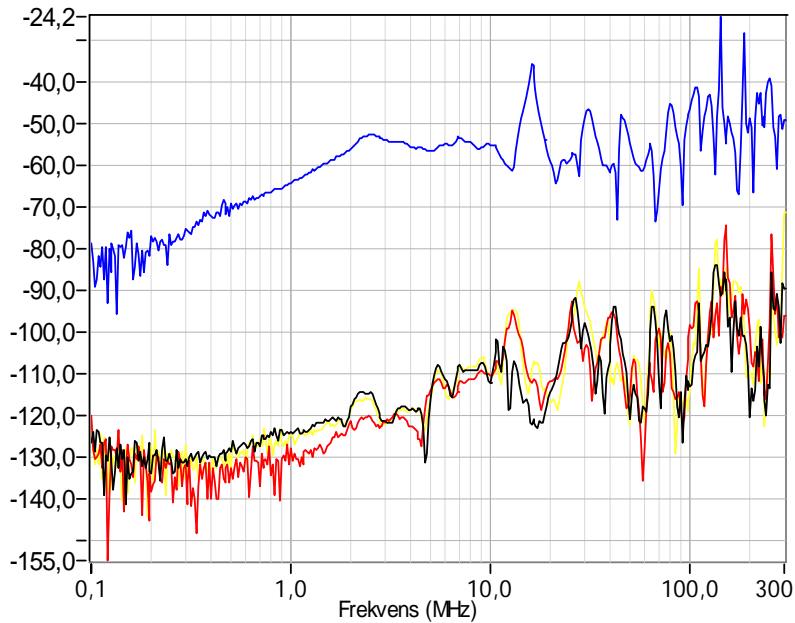
Den här rapporten redovisar endast den del av påkänningarna som uppstår internt i räddningscentralen på grund av den inträngande elektromagnetiska vågen.

För åska är det intressanta frekvensområdet väsentligt lägre än för EMP och eftersom de CW-mätningar som genomförts har syftat till EMP-analyser har lågfrekvensområdet inte undersökts. Med vetskap om de verksamma skärmningsmekanismerna kan man dock genom att studera mätresultat på högre frekvenser skatta skärmningen på lägre frekvenser. Dessutom kan mer tillförlitliga beräkningar göras i det lägre frekvensområdet. Vi kan således med relativt stor säkerhet uttala oss om skärmningseffektiviteten även för åska.

4.2 Kraftigare armering, typ Åmål

En av de räddningscentralerna som studerades tidigast med CW-metoden var den i Åmål. Den anläggningen har högre krav på fortifikatoriskt skydd än de som byggs idag. Detta innebär att den försetts med relativt kraftig armering.

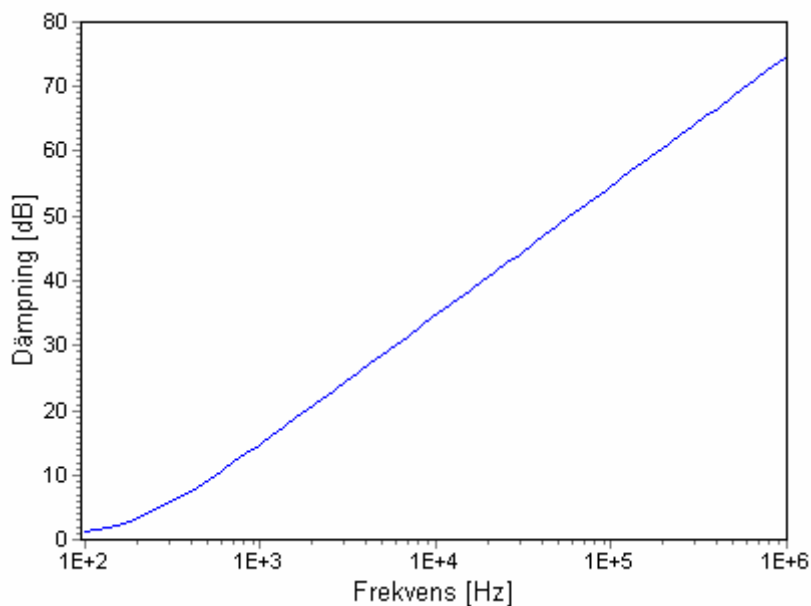
Då genomfördes bland annat en kopplingsmätning där inducerad ström i en rektangulär slinga (2 m × 5 m) mättes. Slingan placerades dels i bestrålningsfältet utanför anläggningen och dels på olika platser inne i räddningscentralen. Genom att jämföra strömmarna kan man se att skärmningen är som bäst inom frekvensområdet 250 kHz – 10 MHz, där den är ganska konstant kring ca 60 dB. För detta frekvensområde och för lägre frekvenser bestäms inducerad ström av magnetfältets styrka. Det för åska intressanta frekvensområdet ligger under 250 kHz. Här är dämpningen proportionell mot frekvensen. Skärmningen av magnetfält uppvisar i detta område samma beteende hos ett nät som hos en homogen, tunnare, plåt.



Figur 12. Ström inducerad i $2\text{ m} \times 5\text{ m}$ stor slinga mätt utanför (blå) och i olika punkter inne i räddningscentralen i Åmål.

Skärningsberäkningar genomförs ofta på oändligt stora skärmplan. Ett skärmat rum består ju av ändligt stora väggar och storleken på det skärmade utrymmet påverkar skärnings-effektiviteten. Det gör att ett större rum har högre dämpning än ett mindre om väggmaterialet är detsamma. Tyvärr är det i praktiken omöjligt att beräkna skärmdämpningen på en kub eller annan typ av kantig form. Däremot kan beräkningar genomföras på en sfär. Genom att välja sfärens diameter så att förhållandet mellan total volym och total väggyta blir densamma som för ett fyrkantigt rum fås en relativt god approximation.

Magnetfältsdämpning hos en sfär med 10 meters radie och en godstjocklek på $20\text{ }\mu\text{m}$ visas i figur 13 nedan. Dämpningen för mycket låga frekvenser är 0 och stiger proportionellt med frekvensen för att bli ca 60 dB vid 200 kHz. För högre frekvenser blir dämpningen en överskattning eftersom sfären saknar öppningar. Inom det för åska intressanta området är dock denna dämpningskurva en god approximation till förhållandena i den anläggningstyp som Åmål-anläggningen representerar.

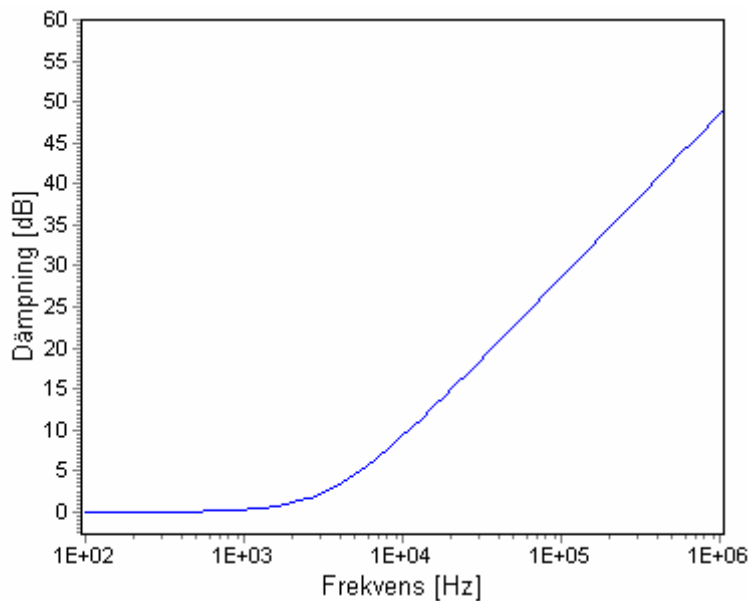


Figur 13. Beräknad skärmdämpning för lågfrekvensområdet, anläggningstyp Åmål.

4.3 Svagare armering, typ Bromölla

Under senare år har räddningscentralerna byggts med lägre krav på fortifikatoriskt skydd. Detta medför att armeringskonstruktionen är enklare, med mindre total järnmängd. För skärmningen innebär det en höjning av den frekvens då skärmning börjar uppträda, däröver ökar skärmningen fortfarande proportionellt med frekvensen men på en lägre nivå. Frågan att avgöra är hur mycket skärmningen minskar.

Genom att studera fältmätningar genomförda under CW-mätning på räddningscentralen i Bromölla har skärmningen på lägre frekvenser kunnat uppskattas till nedanstående resultat. Skärmning börjar erhållas vid ca 1 kHz och ökar därefter proportionellt med frekvensen för att nå en nivå av ca 40 dB vid 200 kHz. Figur 14 nedan visar beräknad dämpning för en homogen skärm, tunnare än den i figur 13 ovan, anpassad till resultat från mätningen i Bromölla.

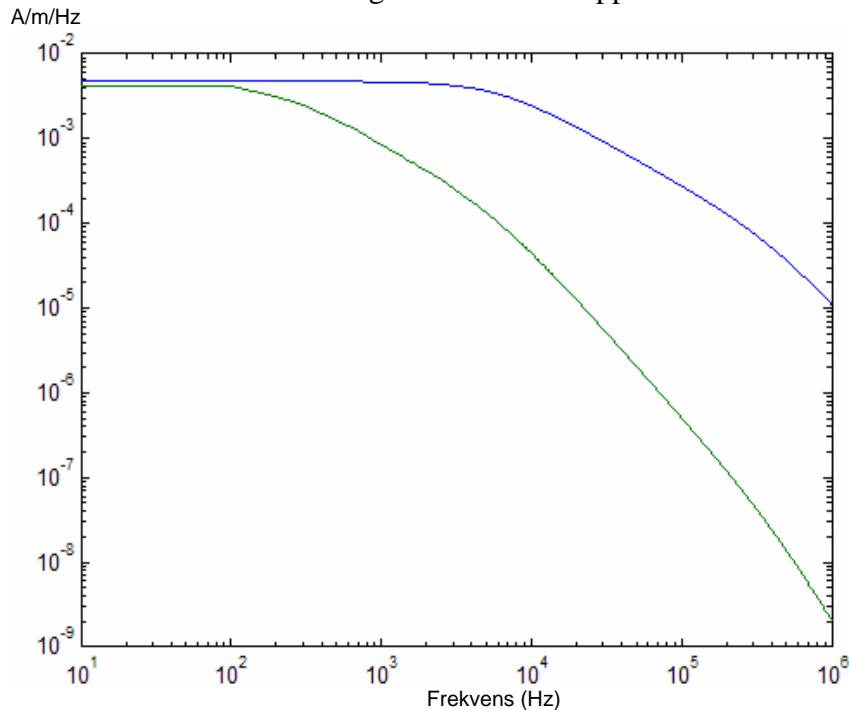


Figur 14. Beräknad skärmdämpning för lågfrekvensområdet, anläggningstyp Bromölla.

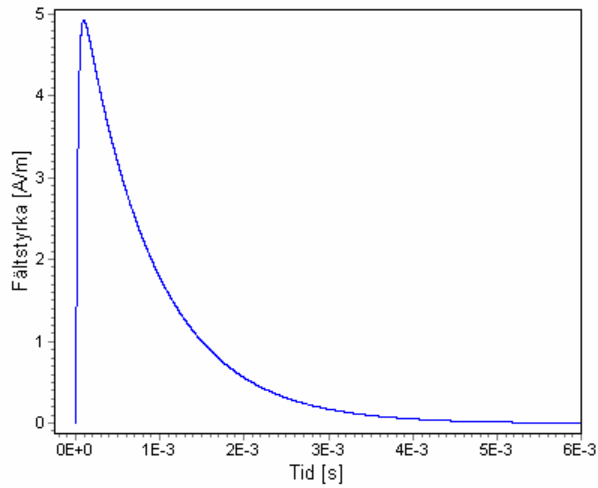
5. Resultterande EM-fält i anläggningar

Den elektriska komponenten av det infallande fältet dämpas mycket effektivt av skärmningen och det interna fältet utgörs i allt väsentligt av det magnetfält som tränger igenom skärmen. Med resultaten i kapitel 3 och 4 ovan som indata har en uppskattning av från åska resulterande magnetfältet inne i anläggningarna genomförts. Frekvensspektrum för resulterande fältet fås genom att multiplicera frekvensspektrum för externt, infallande, fält med skärmdämpningen. Tillhörande tidsfunktion fås genom en invers fouriertransformering av frekvensspektrumet.

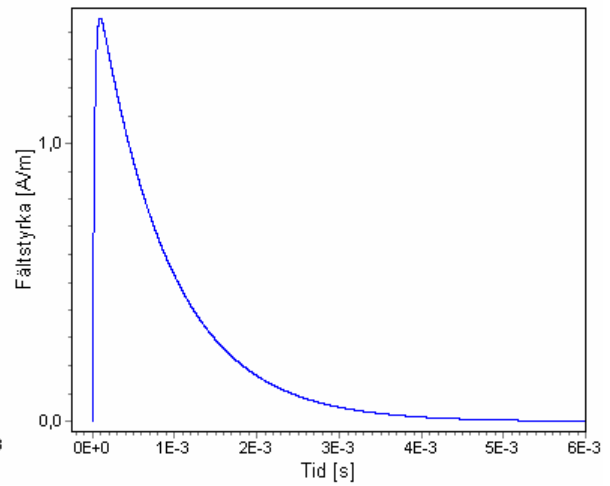
I figur 15 nedan visas frekvensspektrum för magnetfält med och utan skärm, 10 meter från ett åsknedslag. I detta fall med skärmning av den kraftigare typen som användes i åmålanläggningen. Jämförelsen visar tydligt hur skärmningen ökar när frekvensen ökar. I figurerna 16-20 visas resulterande magnetfälts tidsförlopp för olika avstånd till nedslaget.



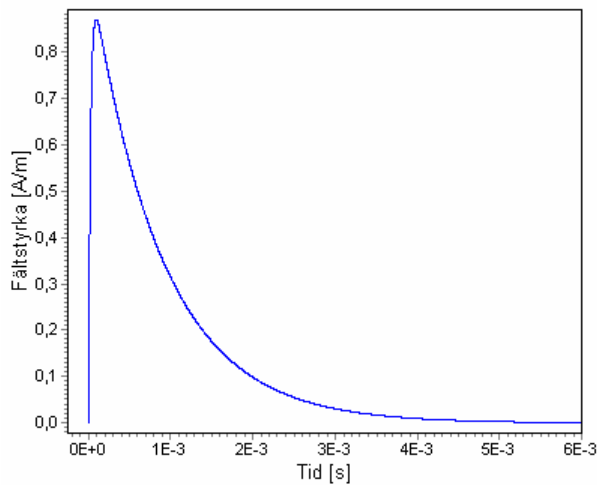
Figur 15. Jämförelse mellan infallande magnetfält och resulterande magnetfält. Avstånd till åsknedslag: 10 meter. Skärmtyp: Åmål.



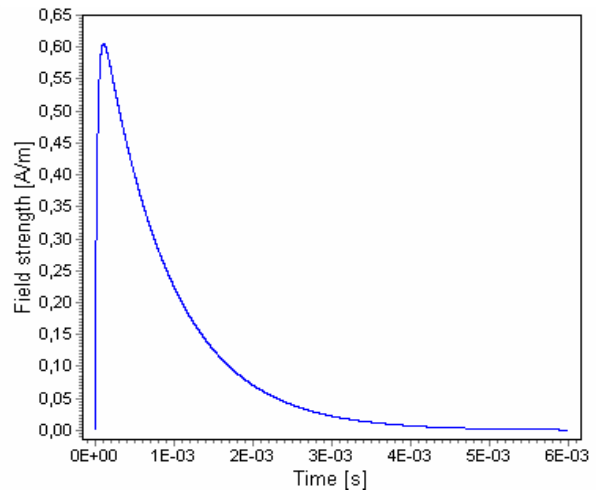
Figur 16. Internt H-fält 10 m från åsknedslag



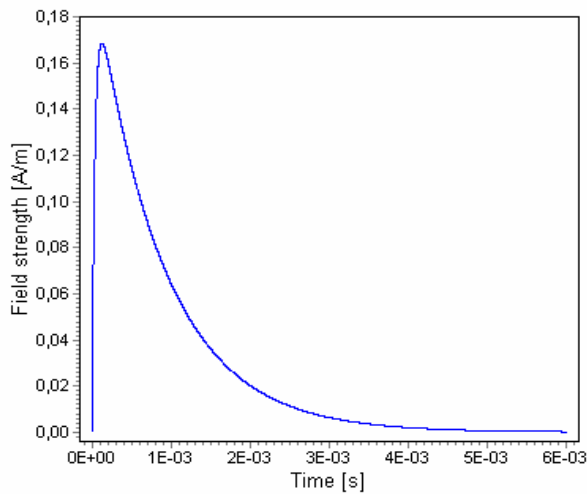
Figur 17. Internt H-fält 30 m från åsknedslag



Figur 18. Internt H-fält 50 m från åsknedslag

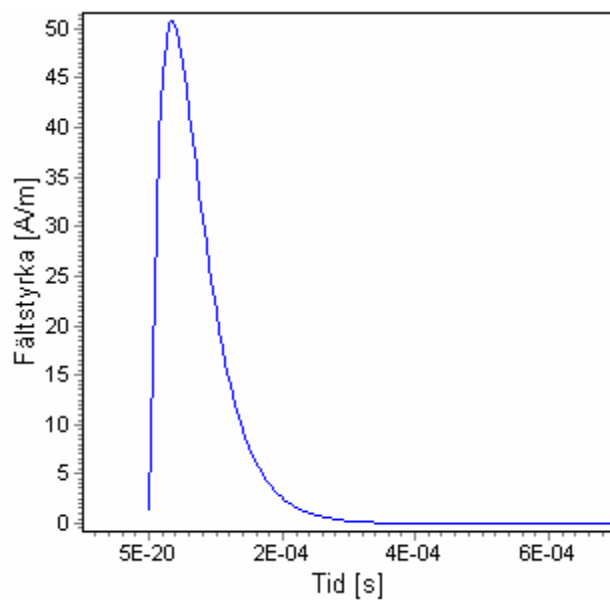


Figur 19. Internt H-fält 100 m från åsknedslag

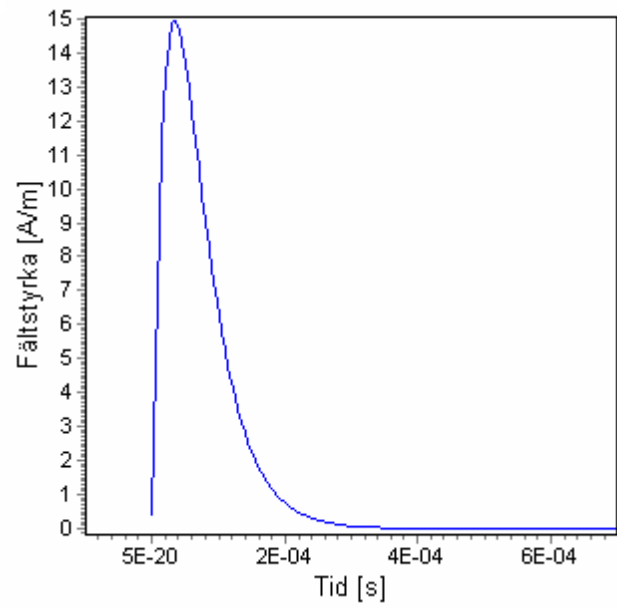


Figur 20. Internt H-fält 500 m från åsknedslag

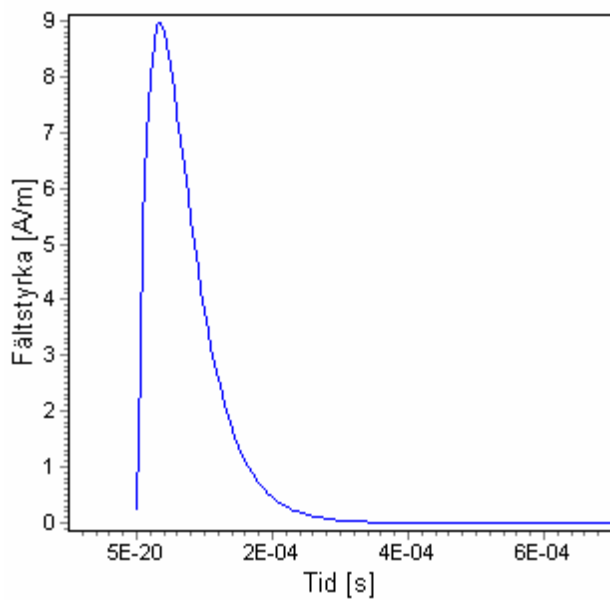
I nedanstående figurer visas motsvarande beräkningar av internt magnetfält i den enklare anläggningstypen, typ Bromölla.



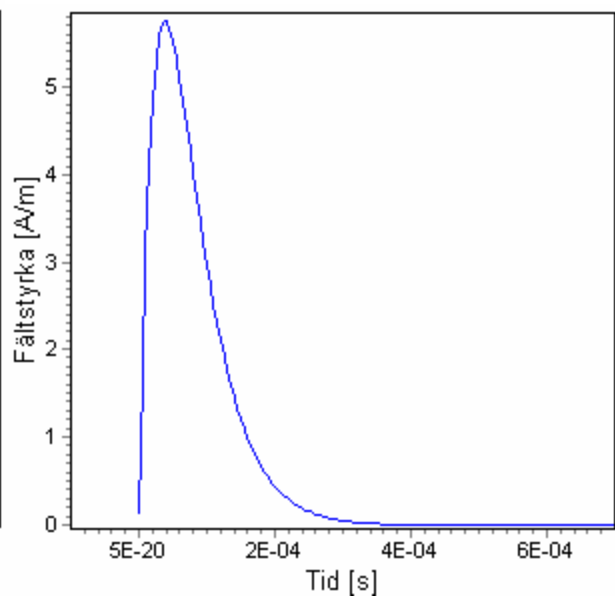
Figur 21. Internt H-fält 10 m från åsknedslag



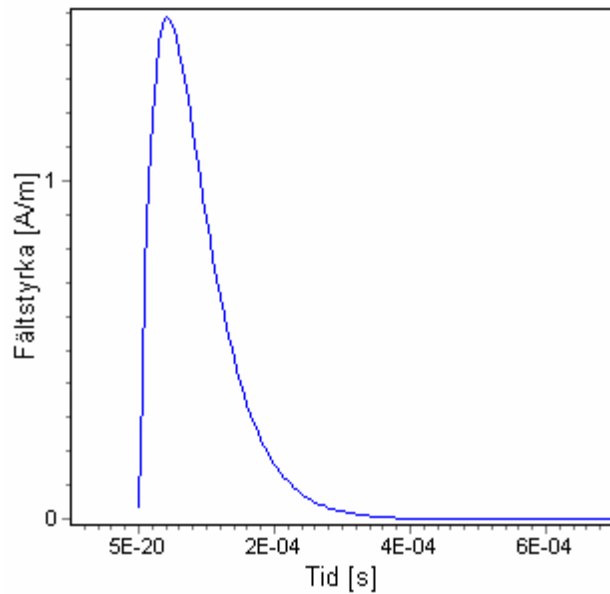
Figur 22. Internt H-fält 30 m från åsknedslag



Figur 23. Internt H-fält 50 m från åsknedslag



Figur 24. Internt H-fält 100 m från åsknedslag



Figur 25. Internt H-fält 500 m från åsknedslag

Toppvärdet hos magnetfälten i de olika fallen sammanfattas i tabell 2 nedan.

Avstånd (m)	10	30	50	100	500
Utan skärm	170	50	30	17	4
Kraftig armering	5	1,5	0,9	0,6	0,17
Enkel armering	50	15	9	6	1,5

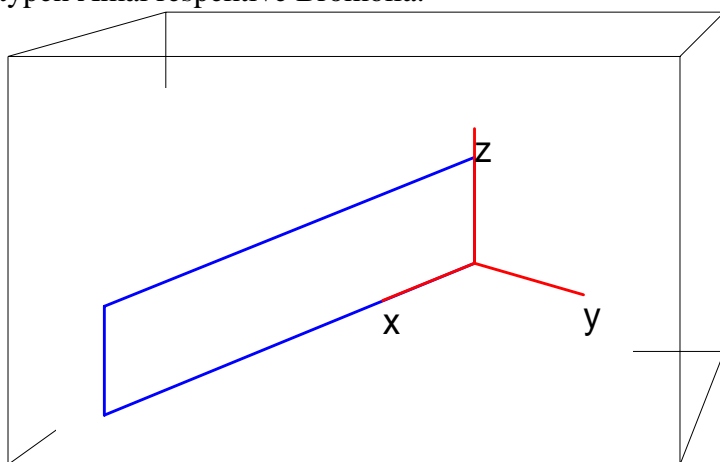
Tabell 2. Magnetfältets beroende av skärmningen (toppvärde) för olika avstånd till åsknedslaget

Fältstyrkan inne i anläggningen är ett bra mått på den elektromagnetiska miljön, men det kan vara svårt att avgöra vilken verkan det elektromagnetiska fältet kan ha på installerad elektronik. Det är egentligen först när man vet vilka strömmar och spänningar som uppstår i installationen som man kan göra en bedömning om riskerna för skador på elektroniken. För ett så pass långsamt förlopp som detta är inducerad spänning och ström i princip proportionella mot arean av den ledningsslinga som fångar upp fältet.

6. Inducerad störning i installation

6.1 Allmänt

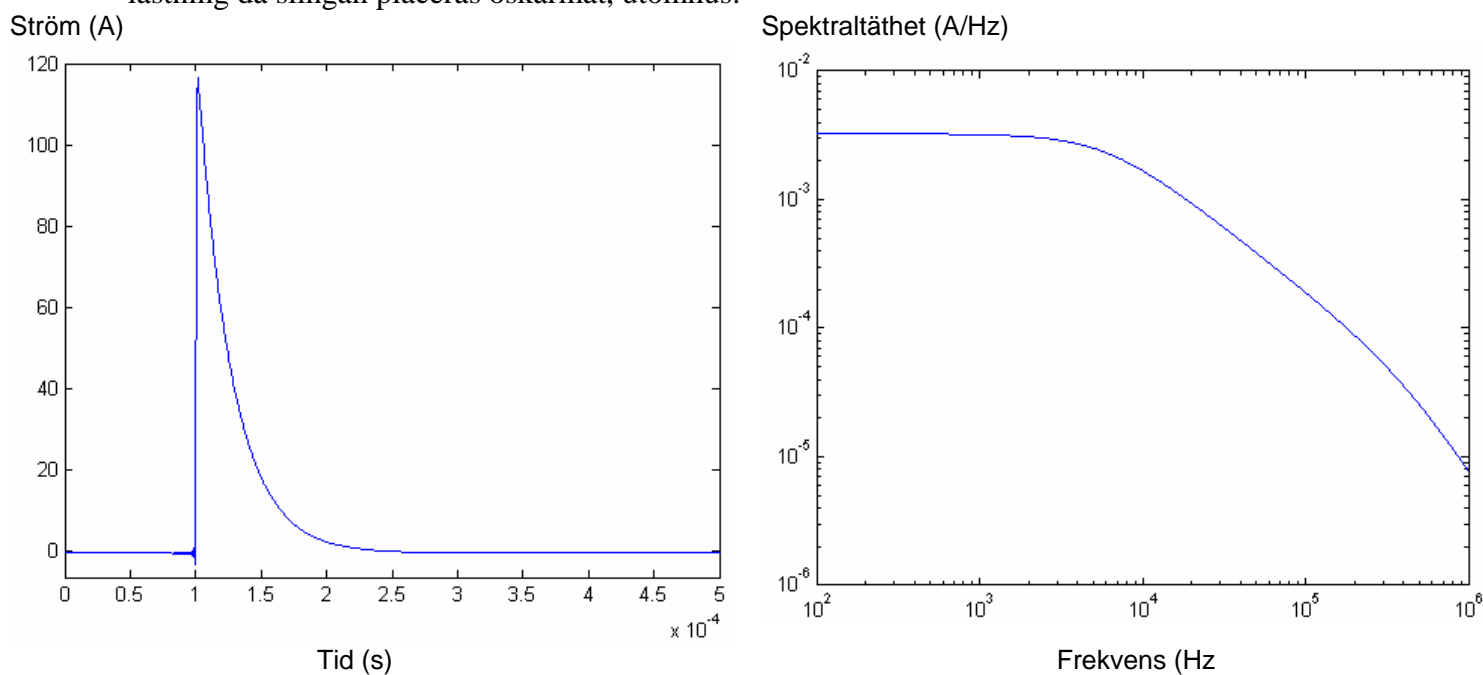
För att undersöka effekterna av ett resulterande magnetfält inne i en skärmad anläggning har vi genomfört simulering av inducerad ström och spänning i en trådslinga. Nedan visas ett exempel på inducerad spänning och ström i en rektangulär trådslinga med måtten 2×10 meter. Slingan har dels placerats oskärmad, utomhus och dels innanför de två olika skärmarna av typen Åmål respektive Bromölla.



Figur 26. Rektangulär trådslinga med måtten 2×10 meter för beräkning av exempel av påverkan från åsknedslag.

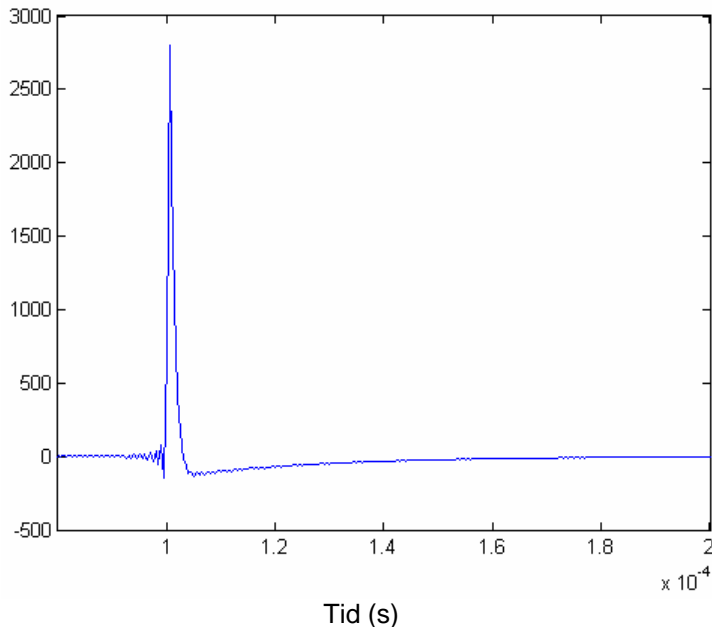
6.2 Ingen skärm

I figurerna 27 och 28 nedan visas inducerad kortslutningsström och ström i 50 ohms belastning då slingan placeras oskärmad, utomhus.



Figur 27. Inducerad ström i 2×10 meter stor, kortsluten, rektangulär slinga, ute, 10 meter från åsknedslag.

Om man belastar slingan med 50 ohms resistiv last minskar strömmen och framförallt minskar lågfrekvensinnehållet vilket gör att pulslängden blir avsevärt kortare. Se figur 28 nedan som visar spänningen över 50 ohms last. Denna motsvarar en ström på 56 A. Spänning (V)

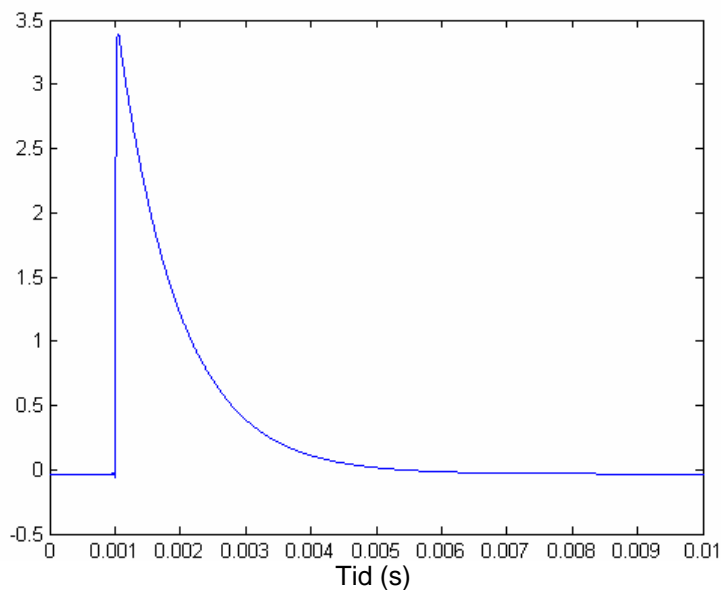


Figur 28. Inducerad spänning i 2×10 meter stor, rektangulär slinga belastad med 50 ohm, 10 meter från åsknedslag, utan skärm.

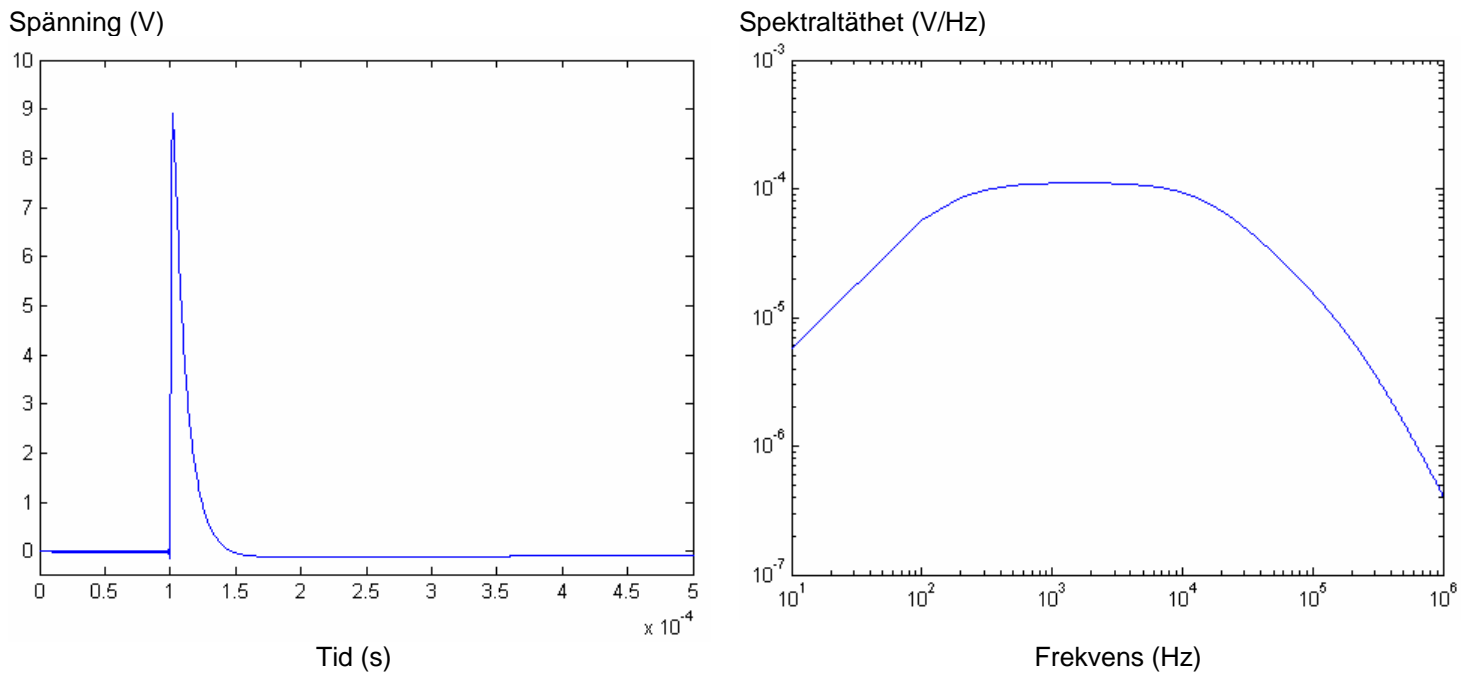
6.3 Skärm av kraftigare armering

Placeras slingan innanför en skärm av typen Åmål fås kortslutningsströmmen enligt figur 29-30 nedan.

Ström (A)

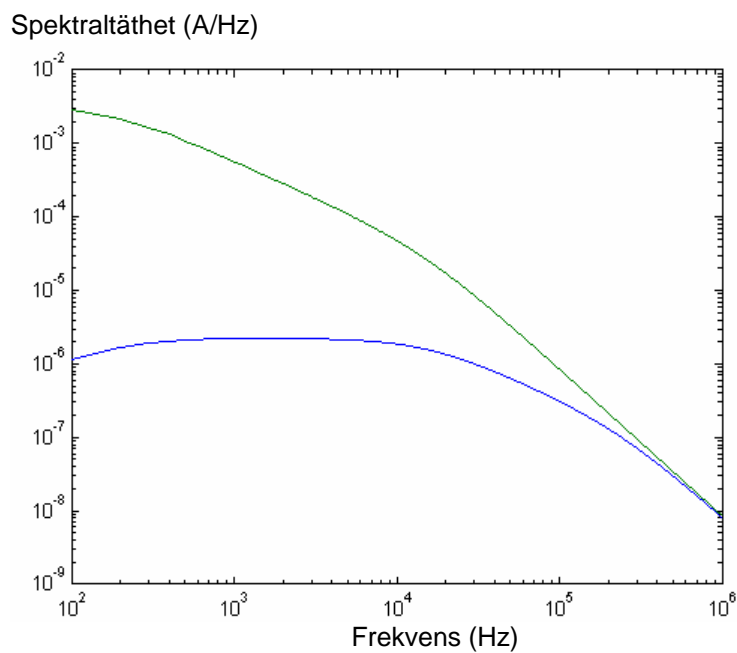


Figur 29. Inducerad ström i 2×10 meter stor, kortsluten, rektangulär slinga, Åmål.



Figur 30. Inducerad spänning i 2×10 meter stor, rektangulär slinga, 50 ohms last, skärmtyp: Åmål.

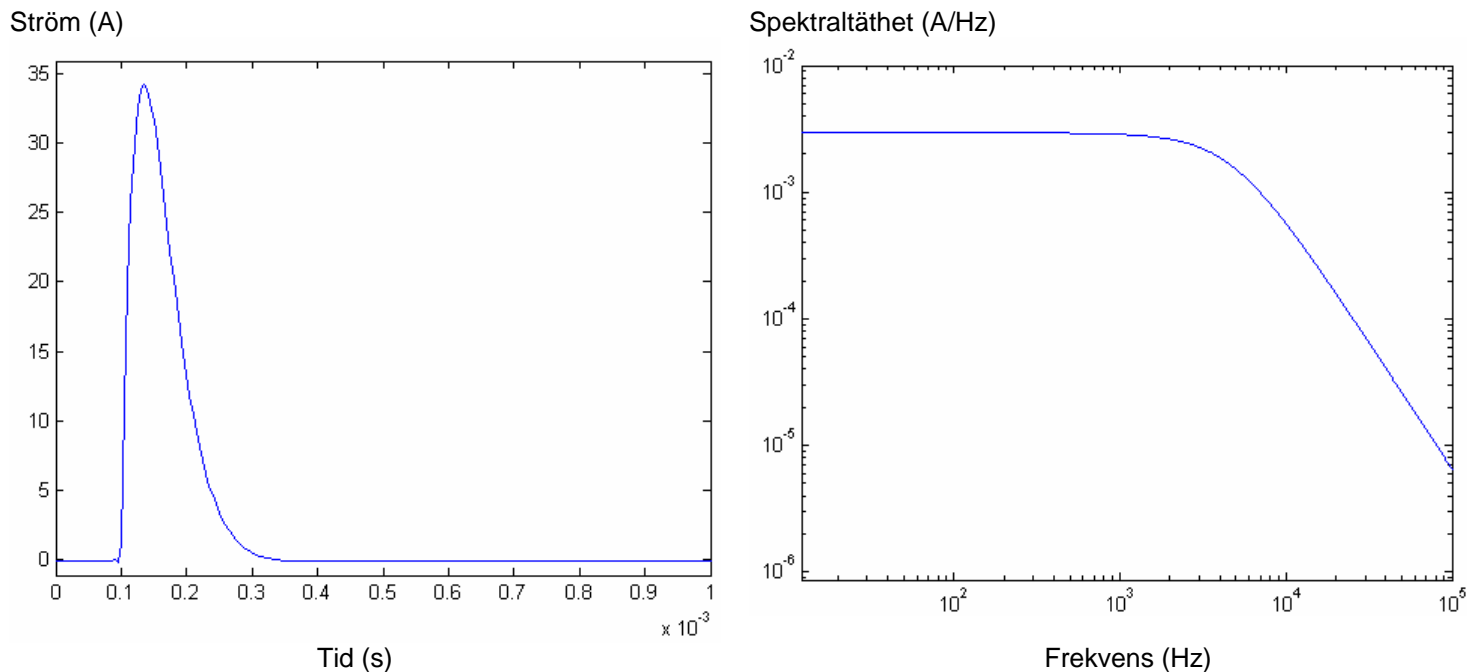
I figur 31 nedan visas en jämförelse av frekvensspektrum för kortslutningsströmmen och strömmen i 50 ohms belastning. Här syns tydligt slingans låga impedans på låga frekvenser. Strömmen minskar betydligt när 50 ohms resistans kopplas in. Enbart kortslutningsströmmen är således inte tillräcklig som illustration till störningsmiljön.



Figur 31. Inducerad ström i 2×10 meter stor, rektangulär slinga, kortsluten (grön) och belastad med 50 ohm (blå), skärmtyp Åmål.

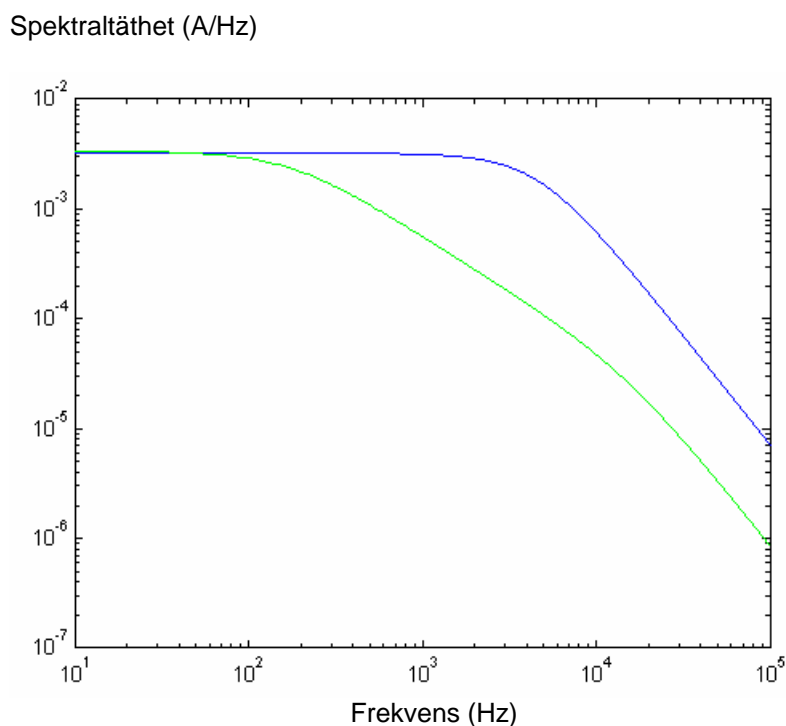
6.4 Skärm av enklare armering

Om vi istället placerar trådslingan innanför den enklare typen av skärm erhålles högre ström p g a den sämre skärningsverkan. Figureerna 32-33 nedan visar motsvarande beräkningar för detta fall.



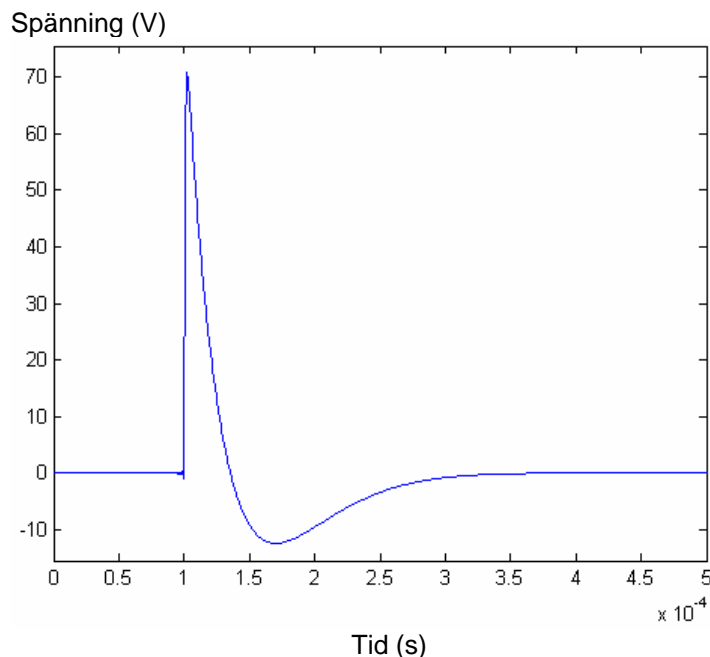
Figur 32. Inducerad ström i 2×10 meter stor, kortsluten, rektangulär slinga, Bromölla.

Jämför vi frekvensspektrum för kortslutningsströmmen i slingan, placerad i de två olika skärmkonstruktionerna, får vi nedanstående kurvor.



Figur 33. Frekvensspektrum för inducerad kortslutningsström i 2×10 meter stor, skärmtyp: Åmål (grön) och skärmtyp: Bromölla (blå).

I figur 34 nedan visas inducerad ström när slingan belastas med 50 ohm, skärmtyp: Bromölla.



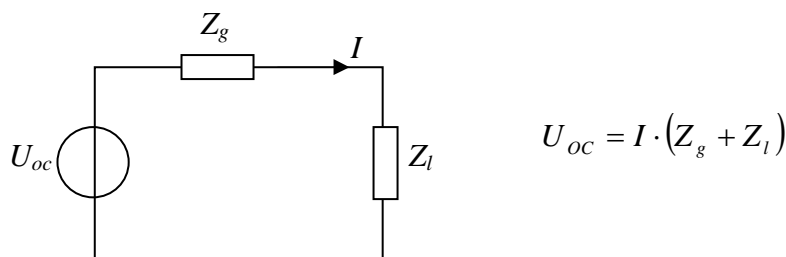
Figur 34. Inducerad spänning i 2×10 meter stor, rektangulär slinga, belastad med 50 ohm, skärmtyp: Bromölla. 10 meter från åsknedslag.

Inducerad störning i den rektangulära slingan är proportionell mot magnetfältet och i nedanstående tabell redovisas inducerade störningens toppvärde för de olika fallen:

Avstånd till åsknedslag (m)		10	30	50	100	500
Utan skärm	Inducerad ström (A)	120	35	21	12	2,8
	Inducerad spänning (V)	2800	850	500	280	65
Skärmtyp Åmål	Inducerad ström (A)	3,4	1	0,6	0,34	0,08
	Inducerad spänning (V)	9	2,6	1,6	0,9	0,02
Skärmtyp Bromölla	Inducerad ström (A)	34	10	6	3,4	0,8
	Inducerad spänning (V)	70	21	12	7	1,6

Tabell 3. Inducerad kortslutningsström och spänning (över 50 ohm) i 2×10 meter stor slinga beroende av avstånd till åsknedslag och skärmtyp.

För att kunna bedöma störningens betydelse är det nödvändigt att analysera trådslingans karakteristik. En lågimpediv krets ger hög kortslutningsström och låg inducerad spänning och vice versa. Slingan kan beskrivas som en tvåpolsekvivalent med en generatorspänning som bestäms av påkänningen och en källimpedans som bestäms av trådslingans egenskaper, tråddiameter, längd och bredd etc. Genom att strömmen beräknats med 2 olika belastningar, Z_l , kan både tomgångsspänningen, U_{oc} , och källimpedansen, Z_g , bestämmas.

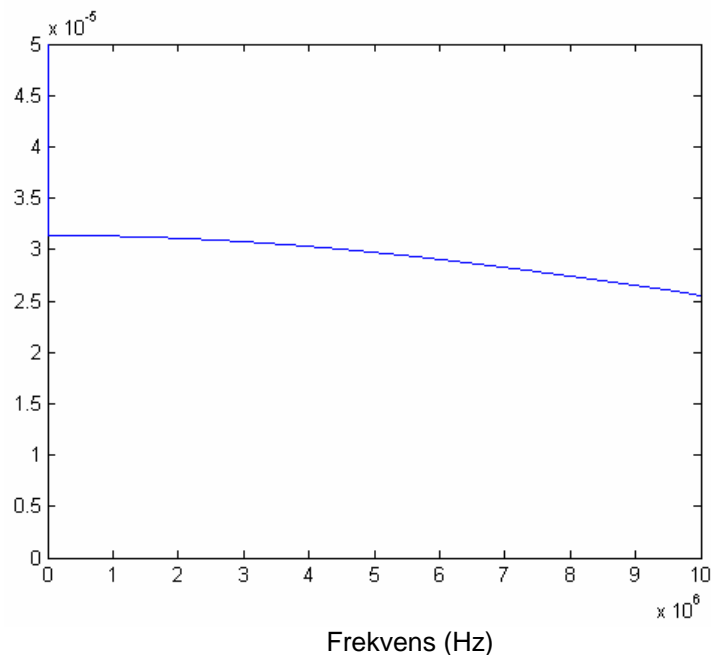


Figur 35. Ekvivalent krets för beräkning av tvåpolsekvivalent.

När både generatorspänning och källimpedans är kända kan jämförelser med andra påkänningar entydigt genomföras. Exempelvis kan påkänningen jämföras med den som fås av olika provningsgeneratorer.

Om vi sätter in beräknade strömmar vid $Z_l = 0$ respektive $Z_l = 50$ får vi en källimpedans som är i stort sett induktiv över hela det intressanta frekvensområdet och genom att dividera impedansen med vinkelfrekvensen ($\omega = 2\pi f$) erhålls ett närmevärde på induktansen. Se figur 36 nedan.

Z_g/ω (H)



Figur 36. Beräknad induktans i de 2×10 meter stora rektangulära trådslingan.

Vi kan alltså konstatera att källimpedansen kan approximeras med en induktans på ca $30\mu\text{H}$. Strömmen är proportionell mot storleken på slingan, så att inducerad ström blir dubbelt så stor om slingans dimensioner fördubblas. Den beräknade strömmen förutsätter att slingan är fritt installerad långt från väggarna. I verkligheten utförs installationer i allmänhet tillsammans med andra kablar, längs kabelstegar och, väggar och golv. Härvid kommer strömmen att minska på grund av omgivningens skärmande verkan.

Vi kan konstatera att inducerade spänningar och strömmar är låga även om avståndet till blixten är så litet som 10 meter. Naturligtvis kan åsknedslaget inträffa ännu närmare an-

läggningen men sannolikt sker då nedslaget i själva anläggningen, i den tillhörande radio-masten eller i anslutna kablar. Det fallet studeras i ett separat delprojekt.

För att bedöma hur allvarlig påkänningen är för installerad elektronik kan vi göra jämförelser med kända påkänningar.

6.5 Jämförelse med standardkrav

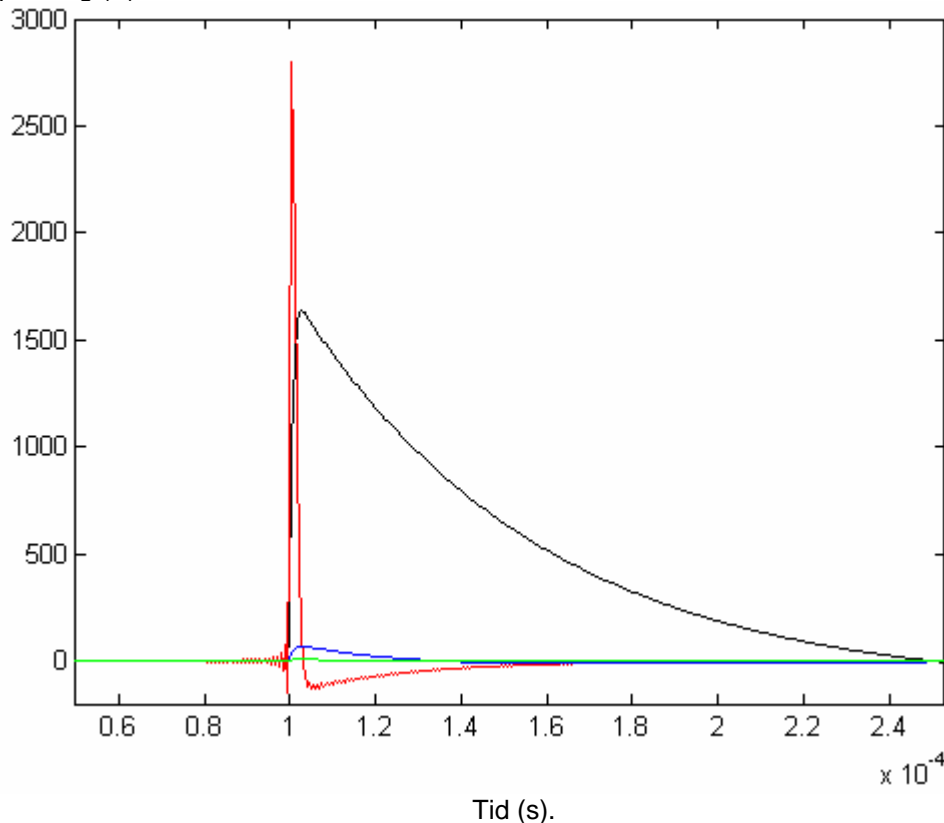
All elektronisk utrustning som säljs inom EU måste sedan ett tiotal år tillbaka vara CE-märkt. Märkningen innebär att apparaterna måste uppfylla vissa grundkrav avseende störningstålighet och -emission. Sedan några år tillbaka innefattar dessa krav att alla produkter måste provas avseende tålighet mot åskpulser, s k surge-prov. I huvudsak gäller två olika provningsklasser, en lindrigare för produkter som ska användas i bostads- och kontorsmiljö och en strängare som gäller industriprodukter. Provningspulser injiceras på utrustningens anslutningar för strömförsörjning och signaler. Provningspulsen har följande egenskaper:

Generators tomgångsspänning: Stigtid: 1,2 μ s, Pulslängd: 50 μ s, Toppvärde: 500 V- 2kV, beroende på anslutning och miljö.

Generators kortslutningsström: Stigtid: 8 μ s, Pulslängd: 20 μ s, Toppvärde: 250 A- 1 kA. Provningsgenerators källimpedans varierar med typen av provningsfall och varierar mellan 2 och 42 ohm

Om vi jämför frekvensspektrumen för de beräknade spänningarna med 2 ohms standard-generator får vi kurvorna enligt figur 37 nedan

Spänning (V).



Figur 37. Jämförelse mellan inducerad spänning i slingan och spänning från provningsgenerator.

Svart: Spänning över 50 ohms last, Surge-generator med 2 kV tomgångsspänning (industrimiljö)

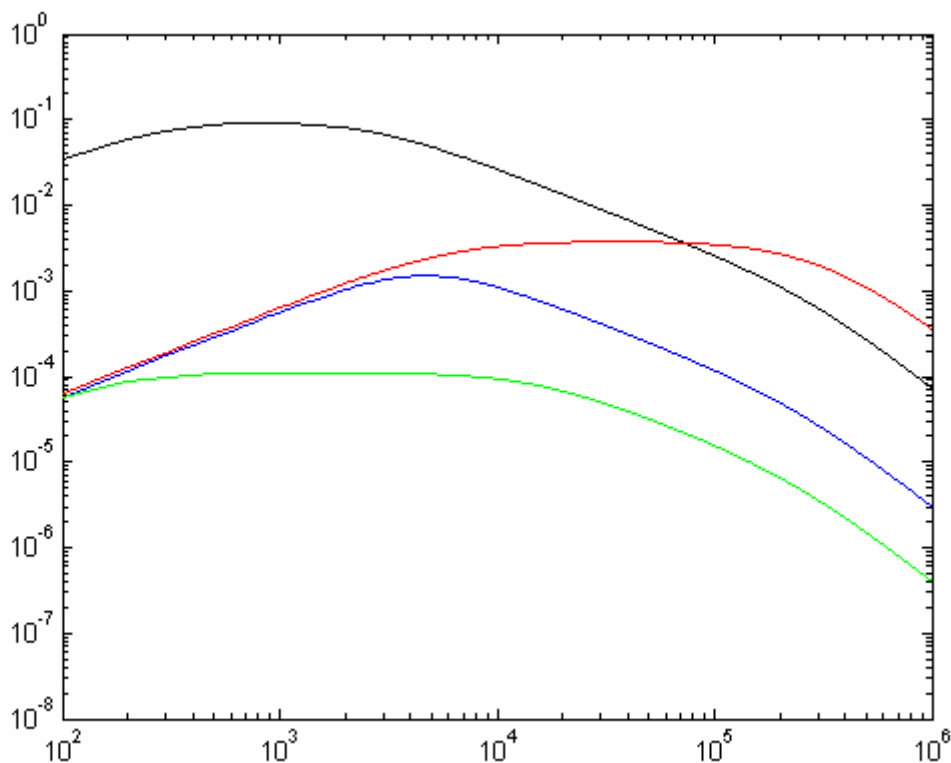
Röd: Inducerad spänning i trådslinga med 50 ohms belastning, utan skärmning

Blå: Inducerad spänning i trådslinga med 50 ohms belastning, skärmning typ: Bromölla

Grön: Inducerad spänning i trådslinga med 50 ohms belastning, skärmning typ: Åmål

Kurvformen hos provpulsen avviker från de beräknade påkänningarna och en jämförelse mellan dem kan inte enkelt göras enbart av betraktande av tidsförloppen. Påkänningen utan

skärm har ett högre toppvärde men samtidigt kortare varaktighet än provpulsen. En kompletterande jämförelse i frekvensplanet ger en möjlighet till säkrare slutsatser. Frekvensspektrum för de olika pulserna framgår av figur 38 nedan.



Figur 38. Jämförelse mellan inducerad spänning i slingan och spänning från provningsgenerator.

Svart: Spänning över 50 ohms last, Surge-generator med 2 kV tomgångsspänning

Röd: Inducerad spänning i 2×10 meter stor trådslinga med 50 ohms belastning

Blå: Inducerad spänning i 2×10 meter stor trådslinga med 50 ohms belastning, skärmning typ: Bromölla

Grön: Inducerad spänning i 2×10 meter stor trådslinga med 50 ohms belastning, skärmning typ: Åmål

Vi kan här se att provpulsen ligger över alla påkänningarna för frekvenser under ca 70 kHz. För högre frekvenser ligger påkänningen vid det oskärmade fallet däremot över provpulsen. Påkänningen i det oskärmade fallet skulle alltså kunna vara ett problem även om utrustningen genomgått godkänd provning. Båda de skärmade fallen understiger däremot väl provpulsen för alla frekvenser. En utrustning provad med provpulsen skulle alltså även klara den beräknade påkänningen.

7. Slutsatser

Det är inte helt trivialt att avgöra vilka påkänningar som är acceptabla vid ett åsknedslag. Även om vi vet vilken fältstyrka som nedslaget ger upphov till i en skärmd anläggning är det osäkert vilka påkänningar som därigenom uppträder på anläggningens elektroniksystem och dessutom är det osäkert vilken tålighet elektroniken har.

Vi har därför kompletterat fältberäkningarna med ett installationsexempel och jämfört inducerad påkänning i denna med den påkänning man får vid standardprovning för CE-märkning. Det valda installationsexemplet är i och för sig endast just ett exempel och installationen i en verklig anläggning är avsevärt mer komplex än denna. Men fältet i anläggningen har ett relativt långsamt förlopp och kräver en ganska stor slinga för att fånga upp en störning av betydelse. Den använda slingan har en yta av 20 m² och är helt exponerad och optimalt riktad mot fältet. Sannolikheten att en verklig installation skulle plocka upp avsevärt högre störningar än denna bedöms som låg.

Vi kan konstatera att åsknedslaget måste vara relativt nära anläggningen innan några allvarliga störningar induceras, även i en oskärmd anläggning. Närbelägna åsknedslag kräver dock skärmning för att störningar eller skador ej ska inträffa. Vi kan se att toppvärdet hos fältstyrkan minskar med ca 10 dB för med den svagare armeringen och ca 30 dB med den kraftigare. Det kan tyckas vara en ganska blygsam förbättring men den begränsade reduktionen beror mycket på den dåliga skärmningen i lågfrekvensområdet. Om vi istället betraktar den inducerade störningen ser vi att toppvärdet på spänningen reduceras drygt 30 dB (40 ggr) för den enklare armeringen och ca 50 dB (300 ggr) för den kraftigare armeringen. Ett åsknedslag 10 meter från den enklare armeringsskärmen ger i detta fall ungefär samma påkänning som om avståndet varit 500 meter och skärmning saknats.

Jämförelse med påkänning för CE-märkningens standardprovning visar också på god marginal.

Det är heller ingen större mening att försöka dämpa inducerade störningar till en lägre nivå än de restspänningar som ledningsbundna åskströmmar åstadkommer.

Det är vår bedömning att även den enklare armeringen ger en rimlig nivå av skärmning mot strålade störningar från åsknedslag.

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
Telefon 054-13 50 00, telefax 054-13 56 00
Beställningsnummer T84-410/06
ISBN 91-7253-288-2