

## Åskskyddets tekniska principer

**Christer Bohlin, som har varit kapitel-sekreterare i EL AMA 83 för avsnitten åskskyddsanläggningar samt anordningar för jordning, spänningsutjämning och åskskydd, redovisar i denna artikel några av de begrepp och tekniska principer som gäller för åskskydd av byggnader och installationer.**

### **Blixtfrekvens och blixtdata**

Bortsett från geografiska variationer är blixtfrekvensen i genomsnitt en markblixst per kvadratkilometer och år.

### **Inslagsrisk**

Varje objekt har en sk effektiv träffyta som beror på planyta och höjd. Sannolikheten för inslag i objektet är direkt proportionell mot denna träffyta och blixtfrekvensen inom området.

### **Blixtdata**

Via blixstens fotpunkt tillförs objektet en strömstöt där strömmens momentanvärde varierar på ett, för varje blixst, säreget sätt. Blixstarna är många individer där endast vissa karaktäristiska egenskaper är gemensamma. Dessa egenskaper kallas för "blixtparametrar".

Genom att detaljerat analysera en stor mängd blixtoscillogram från naturliga blixstarna kan alla dessa parametrar kvantifieras. Arbetet görs vid olika vetenskapliga institutioner och resultaten redovisas i rapporter som är tillgängliga för dem som arbetar med skyddsfrågor.

Data för de olika blixtparametrarna har en mycket stor spännvidd, vilket är till be-

svär för dem som skall konstruera blixtskydd. Ett blixstinslag med en 10 gånger så hög strömamplitud ger, i vissa avseenden, 10 000 gånger större fysikaliska påkänningar. I motsats därtill ökar svårigheterna att åstadkomma en väl fungerande infångning vid en lägre toppström. Åskskydden skall klara varjehanda blixst inom vissa bestämda gränser.

### **Blixstdata:s betydelse för konstruktion av skydd**

Den statistiska fördelningen av data för olika parametrar är utgångspunkten för allt konstruktionsarbete inom åskskyddstekniken. Även om de flesta parametrar har betydelse för skyddens utformning kan man urskilja några som på ett mer avgörande sätt bestämmer konstruktionerna.

### **Skyddsgrad**

Skyddsgraden i procent definieras som "den statistiskt bestämda kvoten av antalet blixstarna som efter vidtagna skyddsåtgärder kan träffa byggnaden utan att förorsaka skada och totala antalet blixstnedslag i byggnaden".

Att åskskydda en byggnad innebär att man med en serie välplanerade åtgärder ökar skyddsgraden till en nivå som beslutats.

### **Skyddsgrad enligt svensk standard SS 487 01 10**

Före arbetet med en standard påbörjas behöver man fastställa hur låg skaderisken måste vara för att en byggnad skall anses åskskyddad enligt standarden.

En utgångspunkt för arbetet med SS 487 01 10 var att risken för blixstskada under ett år skulle vara mindre än 0,001 för normala byggnader, oavsett deras storlek. Emellertid

visar det sig att höga byggnader eller sådana med stora planytor behöver dimensioneras för skyddsgrader uppemot 95, 99, 99,9 eller 99,99% för att klara denna skaderisk. Villor, skolor, landsortskyrkor och andra mindre objekt däremot, kan dimensioneras för 90% skyddsgrad utan att skaderisken blir för hög. Eftersom varje skyddsgrad kräver sin egen beskrivning, medför detta att omfattningen hos en standard behöver begränsas till att gälla endast byggnadsobjekt upp till en viss storlek.

Av två skäl kunde stora skyddsgrader inte beskrivas i SS 487 01 10. För det första skulle anläggningarna bli så dyrbara att kostnaden inte skulle kunna accepteras av villaägare och andra som ansvarar för mindre objekt. För det andra var det tveksamt om man med generella regler skulle kunna beskriva stora skyddsgrader.

Eftersom syftet med SS 487 01 10 var att skapa ett kvalitetsmått att användas av de objektsägare som inte har tillgång till egen tekniska kompetens utan som är hänvisade att anlita företag på marknaden, var det motiverat att begränsa objektens storlek och beskriva skydd med en måttlig skyddsgrad. Den skyddsgrad som till slut valdes var 90%.

### **90%-ig skyddsgrad**

Kraven på ett åskskydd med 90% skyddsgrad är att det skall klara en blixtnedslags händelse med följande maximala värden på de viktigaste parametrarna:

Maximal strömstyrka	$I = 70 \text{ kA}$
Maximal strömbranthet	$S = 70 \text{ kA} / \mu\text{s}$
Totalt laddningsinnehåll	$Q = 70 \text{ As}$
Sammanlagd strömvarme	$P = 10^6 \text{ A}^2\text{s}$

### **Förhöjd skyddsgrad**

För alla objekt som på grund av storlek eller betydelse behöver en högre skyddsgrad anbefaller standarden en s k förhöjd skyddsgrad. Det innebär att andra parametervärden än de som standarden utgår från måste räknas fram. Det innebär vidare, att allt vad som sägs i standarden behöver omtolkas för att svara mot den förhöjda skyddsgraden.

### **Begränsad skyddsgrad**

Om en beställare så önskar kan man även tänka sig en begränsad skyddsgrad och det på två sätt. Dels kan den 90%-iga skyddsgraden upprätthållas men omfatta endast vissa av de möjliga inslagshändelserna, exempelvis inslag via inkommande el- och telefonledning- ar, dels kan själva skyddsgraden göras lägre för alla slags inslagshändelser. I båda fallen blir skaderisken högre.

Vad för slags skydd beställaren erhåller måste emellertid klargöras.

### **Bestämning av skyddsgrad**

Det som avgör skyddsgraden är anläggningens svagaste detalj. Det räcker med en enda skyddsgradsbegränsande brist för att beställaren inte skall få den tekniska funktion som beställts. En oupptäckt brist innebär också att beställaren får bekosta en mängd skyddsåtgärder som ändå inte kommer att påverka den slutliga säkerheten.

### **Dimensioneringsprinciper**

För att undersöka hur en anläggning reagerar på en blixtnedslags händelse allt som inte leder ström. Det må dock observeras att de flesta material leder ström, fast mer eller mindre bra. Material kan indelas i "icke perfekta" ledare och isolatorer. Om de senare elimineras så erhålls ett skelett av ledarmaterial vari man kan mata ett antal konstupulser med de parametervärden som hänförs till skyddsgraden. Genom att studera hur skelettet reagerar mot konstupulserna kan man se hur skyddet i sin helhet fungerar. Därvid detaljstuderas följande:

#### **Värmeutveckling i blixtnedslagspunkt**

Förutom att själv blixtnedslagskanalens plasma har hög värme, det rör sig om temperaturer på 30 000 °C, så utvecklas värme när blixtnedslagskanalens laddningar matas in i det material som har träffats av blixten.

För 90% av blixtnedslags händelserna utvecklas upp till 1400 J i blixtnedslagspunkten, de återstående 10 procenten har än mer elektrisk energi att omsätta till värme.

#### **Värmeutveckling i ledare**

En feldimensionering när det gäller ledartjocklek får mycket allvarliga konsekvenser

eftersom värmeutvecklingen påverkas av ledardiametern med en faktor 4. Energiinmatningen i ledaren är dessutom så snabb att den sk skineffekten, dvs strömkoncentrationen vid ledarytan, ökar risken för ledarbrott som i sin tur leder till elektriska bågar i brottytorna. Ett ledarhaveri innebär att ledaren eller delar av denna förångas. En metall som förångar uppträder som ett explosivämne, vilket resulterar i en kraftig värme- och tryckvåg.

### **Värmeutveckling i kontakter**

I åskskyddsanläggningar ställs särskilt stränga krav på kontakter. Det finns en uppenbar risk för att dessa skall sprängas eller smälta. I alla händelser får man räkna med en kraftig gnistbildning. Gnistorna runt en kontakt kan liknas vid svetsloppor vars antändningsförmåga erfarenhetsmässigt är mycket stor.

### **Strömmens mekaniska krafter**

Ström i en ledare ger upphov till ett magnetfält som påverkar ledaren mekaniskt. Blixtpulsen har en mycket hastig tillväxt och ett mindre hastigt avtagande. Den mekaniska påkänningen är inte bara stark, den är också plötslig som ett hammarslag.

### **Resistiva spänningsfall**

Elektrisk ström förorsakar ett spänningsfall som är proportionellt mot mediets resistivitet. Om den stora laddningsmängd som blixten beledsagar skall röra sig genom exempelvis trä eller tegel så blir spänningsfallet så stort att mediet bryter samman - en urladdning slår genom materialet. Åskskyddets nedledare har till uppgift att förbikoppla isolerande material och därmed förhindra sådana genomslag. Från jordtaget matas emellertid strömmen ut i ett medium som ibland har en mycket hög resistivitet. Radiellt ut från jordtaget skapas därmed ett relativt stort spänningsfall.

För att undvika stegspänningsolyckor på grund av de markspänningar som uppstår är det viktigt att anläggning utformats så att strömmen får en ordentlig spridning innan energin matas in i jordmassan.

### **Induktivt spänningsfall**

Blixtpulser innehåller högfrekventa komponenter som gör att det induktiva spänningsfallet längs ledarna blir stort. Spänningsfallet längs varje ledare är beroende av strömstyrkans ändringshastighet,  $di/dt$ , och ledarens induktans.

Mellan en byggnads takledarsystem och jordtag uppstår ofta spänningsfall på flera hundra kilovolt, ofta rör det sig om några megavolt. Det induktiva spänningsfallet uppträder endast i de ledare som utsätts för blixtröm. Andra ledare däremot som inte utsätts, såsom vissa belysningsledning, rörsystem m m, antar den spänning som åskskyddets jordtagssystem eller en främmande fjärrjord har. Mellan åskskyddets detaljer och andra systemdetaljer kan det således uppstå spänningar som är tillräckligt höga för att ge upphov till sidourladdningar.

Åskskyddet skall vara så dimensionerat att sidoöverslag förhindras.

### **Resistiv och induktiv stöfördelning**

Ett sätt att minska spänningsfallet över åskskyddet är att fördela strömmen på ett tillräckligt antal ledare.

Olika strömkomponenter fördelas emellertid på olika sätt. Pulsens högfrekventa komponenter fördelar sig proportionellt mot induktanserna medan likströmskomponenterna fördelar sig proportionellt mot resistanserna. För full förståelse av den högfrekventa strömfördelningen måste hänsyn tas till den ömsesidiga induktans som råder mellan samtliga ingående ledare.

Hur strömmen fördelar sig induktivt har betydelse eftersom de spänningsfall som anvisar blixstens väg i huvudsak är induktiva.

Hur strömmen fördelar sig resistivt har betydelse eftersom största delen av blixstens energi och förstörelseförmåga finns i blixtpulsens resistiva komponenter.

### **Resistiv koppling**

Blixtröm som leds genom ledare skapar ett visst spänningsfall per meter ledarlängd. Man säger att det byggs upp en resistiv spänningsgradient i ledarmediet. Alla föremål som står i elektrisk förbindelse med ledaren ifråga antar den spänning som i varje ögonblick förekommer i förbindelsepunkten.

Mark är en dålig ledare vilket kan leda tills skador i främmande system som befinner sig på avstånd från den anläggning som träffats av blixten. Alla föremål som har kontakt med marken antar nämligen den spänning som blixtrömmen orsakar. Två jordtag, som tillhör samma främmande system mes som har kontakt med marken på olika ställe utsätts för skilda potentialer vid blixtnslaget. En del av blixtrömmen drivs därvid in i det främmande systemet. Man säger att det främmande systemet är resistivt kopplat till åskskyddet.

En människa kan betraktas som ett främmande system som är resistivt kopplat till åskskyddet. Et dåligt dimensionerat blixterjordtag kan leda till stegspänningsolyckor.

### **Induktiv koppling**

Samtidigt som magnetfältet runt en blixtleddare inducerar en motriktad EMK i den egna ledaren induceras likaså en EMK i omkringliggande ledarslingor oavsett om dessa är galvaniskt kopplade till åskskyddet eller inte.

Åskskyddet i sig själv består av ledningsslingor. Varje del av åskskyddet är därför ömsesidigt induktivt kopplat till alla övriga ledare i samma åskskydd.

Induktiv koppling bemästras genom att slingytor minskas och genom att åskskyddet utformas med en sådan symmetri att magnetfältet från en blixtförande ledare balanseras av magnetfälten från övriga blixtleddare.

### **Kapacitiv koppling**

Ett åskmoln innehåller en koncentration av elektrisk laddning. Varje laddning vill dra till sig laddningar av motsatt polaritet. Det gör att alla föremål runt åskmolnet blir laddade med s k influensladdningar. Man säger att föremålen är kapacitivt kopplade till åskmolnet.

När en blixter urladdar delar av molnet kollapsar den elektriska balansen. Bunden influensladdning frigörs och beger sig iväg längs ledare i form av vandringsvågor.

Blixten förflyttar dessutom en stor mängd

elektrisk laddning. Först genom luften, sedan genom åskskyddet. Även denna rörliga laddning polariserar föremål i närheten. Två elektriskt isolerade föremål kan i ett visst ögonblick bli polariserade så olika att det slår gnistor mellan dem. Energin i sådana gnistor beror på föremålets kapacitans, men befinner sig föremålen på en dammig vind kan även en energifattig gnista antända.

### **Sammanfattning**

Blixten är den synliga delen av en total kollaps av den elektrostatiske balansen. Alla föremål berörs av detta sammanbrott. Den elektriska verkligheten är inte densamma efter som före ett blixtnedslag.

Sammanbrottet manifesteras av en gigantisk laddningsomfördelning. All frigjord laddning måste hitta nya positioner innan balansen återställs. Omfördelningsprocessen rör sig som en våg ut från det centrum som blixten utför. Men laddning rör sig inte utan att sända ut elektromagnetisk strålning. Denna strålning skakar om materiens minsta delar. Alla föremål utsätts för denna elektriska störning varvid varje föremål i sin tur blir störningskällor i olika hög grad. Olika slags föremål eller samma slags föremål i olika positioner, klarar påkänningarna olika bra. I kollapsens centrum är det få föremål som klarar sig.

För var dag lär sig människan att göra tekniska system som arbetar med allt mindre energier, vilket gör systemen alltmer sårbara. Den elektromagnetiska kollapsen som ett blixtnedslag innebär, ger upphov till en ökad mängd förstörelse. Reglersystem och datorer bryter samman och viktiga funktioner slås ut. Konsekvenserna blir mer kostsamma ju mer beroende vi gjort oss av dessa system. Att konstruera åskskydd är att lära sig handskas med alla de våldsamma effekter som ett blixtnedslag ger upphov till. Energin skall steg för steg brytas ned till allt mindre delar som på ett omsorgsfullt och kontrollerat sätt skall spridas i omgivningen.