

Jord och jordning av amatörradiostationer

Av SM5BLC Bo Lennart Wahlman
Yngvevägen 12, 182 64 DJURSHOLM
Tfn 08-755 99 05

I artikeln "Skydda din amatör-radiostation mot blixten" i QTC 1998/5 gavs en rad goda råd. Här kommer ytterligare några ord på vägen.

Tulipanaros

Det är som bekant lättare att säga tulipanaros än att göra en. Och har man till slut ändå lyckats knäpa ihop en, så ska den trivas i sin jord! Så ock en amatörradiostation. D v s att all jord är inte det samma. Under tidernas lopp har jag då och då diskuterat jordningsproblem med radioamatörer, och ibland kunnat konstatera missuppfattningar eller ovetskap om ett och annat. Problemen bör vara av intresse även för en vidare krets av radioamatörer och därför vill jag gärna dela med mig. Det följande baseras på sådant jag tillägnat mig under mitt professionella förflutna bland dåvarande Televerket Radios radiolänkstationer, och även praxis vid utländska teleförvaltningar. Många och mycket av detta är direkt tillämpligt för amatörradiostationer.

Ett bra jordnät kan kosta en del, och därför vill kanske amatören göra så mycket själv som möjligt, och följaktligen kan det vara på sin plats att ge detaljerade tips för att få ett fackmässigt resultat.

Det finns många slags jord

Låt oss först reda ut några olika begrepp:

- HF-jord
- Åskjord
- Skyddsjord
- Särjord
- Chassi- eller stomjord
- Signaljord
- Stationsjord
- Batterijord

De olika ändamålen kan ha olika kriterier för vad man vill uppnå, och ibland leder detta till en intressekonflikt: Det som är bra ur den ena synpunkten kan vara dåligt ur den andra synpunkten. Ett exempel är skyddsjordning av ett nätanslutet oscilloskop: Å ena sidan bör/skall oscilloskopet ur skyddssynpunkt vara skyddsjordat, men å andra sidan kan detta medföra att man får in brum och andra störningar på det som ska mätas, om nivån är låg, och då blir mätresultatet ej rättvisande eller t o m leder till felfunktion av provföremålet.

Det grundläggande problemet vid all jordning är potentialutjämning och styrning av utjämningsströmmar önskade vägar. Är det fråga om stationär (= varaktig) likström gäller det att se till att resistansen är lägsta möjliga längs den väg man vill att strömmen ska ta. Detta är ett nödvändigt, men inte tillräckligt villkor. Längs hela vägen måste även arean vara tillräcklig för att ledaren/ledarna ska tåla de aktuella strömmarna utan skadlig uppvärmning, som i värsta fall annars skulle kunna göra att något smälter av eller rent av ger upp-

hov till brand.

Är det inte stationär likström, är det impedansen som ska minimeras, d v s man måste ta hänsyn till induktans- och kapacitansförhållandena längs strömmens väg.

Det är två huvudanledningar till att man jordar sin anläggning:

- Skydd av person och egendom
- Hindra funktionsstörning

Åskjord

I denna uppsats ska vi främst ägna oss åt åskjorden, eller snarare åskjordtagets praktiska utformning. I den mån det framkommer ett läsarintresse, måhända det kan bli en uppföljning med betraktelser även över några andra jordiska problem.

Jag pekar här på några faromoment vid åskjordning, som man måste se upp med, om man ska undvika obehagliga överraskningar efter någon tid.

Ett problem, som kanske inte är bekant för alla radioamatörer är det fenomen som kallas galvanisk korrosion. Den uppstår vid blandning av olika metaller i fuktig miljö. I torra lokaler kan man blanda olika metaller utan risk för galvanisk korrosion. Man kan t e utan betänkande skruva fast en kopparledare mot en aluminiumstomme. Men finns det fukt närvarande i sammanfogningspunkten har man förutsättningarna för ett galvaniskt batteri (två metaller av olika slag + en elektrolyt), och då får man se upp. Står dessa metallbitar i elektrisk kontakt med varandra, flyter det en elektrisk ström genom kontaktstället. Detta innebär elektrokemiskt en transport av metalljoner bort från det ena metallstycket och en utfällning av något vid det andra. Eventuellt kan något ämne avgå i gasform, beroende på elektrolytens art. Det blir alltså fråga om en materialtransport, där den oädlare av de sammanfogade metallerna efter hand äts upp, d v s korroderar. När det gäller järn kallar vi det för rost; är det koppar eller mässing kallar vi det ärg.

Metallerna kan ordnas i en s k elektrolytisk spänningskedja allt efter deras benägenhet att i en elektrolyt anta en större eller mindre, positiv eller negativ potential i förhållande till en referenselektrod. Denna potential kallas normalpotential. Normalpotentialen för några rena metaller framgår av tabell 1. Normalpotentialen

	Volt		Volt
Aluminium	+1,7	Tenn	-0,14
Zink	-0,76	Bly	-0,13
Krom	-0,60	Koppar	+0,52
Järn	-0,44	Silver	+0,80
Nickel	-0,23	Guld	+1,50

Tabell 1. Några metallers normalpotential

Teknik

är en vetenskaplig företeelse, som ska mätas under noga specificerade förhållanden, bl a med en specificerad elektrolyt.

Om man ska konstruera ett elektriskt batteri ska man välja elektroder av material som ligger långt från varandra i den elektrolytiska spänningskedjan, t e zink och koppar, vilket var just vad som användes i världens första batteri, den s k Voltas stapel. Efter hand som batteriet används försviner mer och mer av den oädlare metallen, som i detta fall är zink. Koppar-elektroden står sig.

Guld rostar inte, det är den ädlaste metallen vi har, men i dyraste laget som konstruktionsmaterial och har därför begränsad teknisk användning. Förgyllda kontakter är ett exempel där kostnaden är motiverad. Guld slår dessutom både koppar och silver när det gäller elektrisk ledningsförmåga. Lägg märke till att ordningsföljden i den elektrolytiska spänningskedjan inte är utslagsgivande för den elektriska ledningsförmågan. Exempelvis leder aluminium nästan lika bra som koppar, men ligger ändå i motsatt halva i spänningskedjan, och järn, som ligger däremellan i spänningskedjan leder sämre än både aluminium och koppar.

Vid praktiska tillämpningar råder långt ifrån laboratoriemiljö, och inte heller är det rena metaller man då arbetar med, utan legeringar av olika slag. I den praktiska miljön består elektrolyten vanligen av mer eller mindre förorenat vatten, som inverkar annorlunda än den elektrolyt, som föreskrivs vid normalpotentialmätning. I stället för en normalpotential har man då att göra med en korrosionspotential, som påverkas av föroreningar eller önskade legeringsämnen i metallerna. Värmebehandling och mekanisk bearbetning vid tillverkningen kan också påverka korrosionspotentialen. Se tabell 2. Procenttalen avser metallens renhetsgrad, tal åtskilda av bråkstreck avser proportionerna av huvudbeständsdelarna av legeringen. Lägg

	Sötvatten	Havsvatten
	(P _H =6)	(P _H =7,5)
Zink (98,5 %)	/0,823	/0,284
Varmförzinkat stål	/0,794	/0,806
Stål	/0,350*	/0,335*
Härdförkromat stål	/0,291	
Bly (99,9 %)	/0,283	/0,259
Lödtenn 60/40	/0,279	
Tenn (98 %)	/0,275	/0,809
Aluminium (99,5 %)	/0,169	/0,667
Nickel (99,6 %)	+0,118	+0,046
Aluminiumbrons	+0,139	/0,001
Koppar	+0,140	+0,010
Mässing 70/30	+0,153	+0,028
Tennbrons (8 % tenn)	+0,156	
Silver	+0,194	+0,149
Guld	+0,306	+0,243

* Typiskt värde, varierar avsevärt alltefter legeringens sammansättning

Tabell 2. Korrosionspotential (volt) för några tekniska metaller

märke till att ordningsföljden påverkas av vattnets kvalitet. (P_H är ett kemiskt mått på en vätskas surhetsgrad eller alkalitet. $P_H=6$ betyder att vattnet är något surt, vid $P_H=7,5$ är det svagt alkaliskt, $P_H=7$ betyder fullständigt neutralt, t e destillerat vatten)

Att exempelvis aluminium och zink klarar sig så bra i praktiken, trots att de är så oödlå, beror på att de av atmosfärens påverkan snabbt överdras med ett oxidlager, som skyddar mot vidare angrepp.

Tabell 2 anger bara riktvärden. Resultatet är i hög grad beroende på materialets exakta sammansättning och behandling vid tillverkningen. Vid förläggning i mark, som ju varken är sjövattnet eller havsvattnet tillkommer att jordartens beskaffenhet inverkar i hög grad. Det blir alltså olika resultat för samma material i norrländsk pinnmo, gotländsk kalkjord eller skånsk leråker. Tabellen visar dock i stora drag vad man har att vänta sig vid förläggning i jord av olika slag.

I åskjordaningsartikeln i QTC nr 5 föreslås kopparlinor som jordledare. Det är nog bra ur åksynpunkt, men det är vanskligt ur korrosionssynpunkt på flera sätt. Där föreslås bl a att åskjordledaren (underförstått av koppar) ska anslutas direkt till armeringen i en byggnads betonggrund, exempelvis genom svetsning. Betong i markkontakt kan vara fuktig. I en tvättstuga blöter man ner betongen inifrån. Plastfolie under grundsulan och grundmursisolation är inte att lita på för evigt. Äldre källarförsedda hus kan sakna fuktspärr under bottensulan. Resultat av påsvetsningen av kopparlina: Efter en tid är armeringsjärnet svårt rostskadat p g a galvanisk korrosion. Att betongarmering (utan kontakt med främmande metaller) klarar sig bra beror på att betong är naturligt alkalisk, vilket är gynnsamt ur korrosionssynpunkt.

En alternativ metod är att slå hål i betongen utifrån fram till armeringen, svetsa fast en grov stång i rostfritt, syrafast stål. Jordlinan ansluts sedan med *kontaktpressning* med för ändamålet avsedda skarvhylsor och ett speciellt hydrauliskt verktyg. Ett sådant verktyg ingår sällan i radioamatörens verktygsarsenal, så det blir till att ragga, eller överlåta arbetet till någon fackman (som väl vill ha en slant för besväret). En variant är att gänga stången och förse jordlinan med en kontaktpressad kabelsko som ansluts med skruvförband. Pressverktyget slits vid användning, och måste vara kontrollerat, så att presstrycket blir tillräckligt för att inte kabelskon ska ryckas loss av de stora mekaniska krafter, som kan uppstå vid en rejäl blixtröm. Ett riktvärde är att utdragskraften för att dra av kabelskon från linan ska vara minst 80 % av linans brottlast.

Syrafast? Ja, s k rostfritt (t e matbestick) gör egentligen inte skäl för beteckningen. Under ogynnsamma förhållanden korroderar det faktiskt, fast långsamt. Denna kvalitet för egentligen kallas rosttrött stål. En dyrare legering klarar sig även i sur

miljö och kallas då syrafast. I alla jordningssammanhang bör man kosta på sig den dyrare varianten, så skjuter man upp framtida besvikelser.

För att hindra korrosion av förbindningen isoleras det hela med asfalt av samma slag som används vid grundmursisolerings. Asfaltera linan minst 1 meter ut från väggen. Snåla inte på asfalten och se noga till att det inte blir blottor någon stans. Se upp så att isolationen inte skadas av vassa stenar vid återfyllningen av markmaterialet.

Har du nu en vattenledningsservis med galvat järnrör (vanligast vid äldre fastigheter; på senare tid använder man mest plaströr för vattenservisen) har man ett latent problem om åskjordlinan är av koppar. På olika vägar kommer vattenledningen att via din skyddsjordade amatörstation eller på annat sätt få elektrisk kontakt med din åskjord. Då bildas ett batteri av kopparlinan och vattenledningsröret tillsammans med den mer eller mindre fuktiga marken, och det blir en galvanisk utjämningsström genom den "kortslutning" som gjorts inuti huset. Batterispänningen är inte hög, men strömmen fortgår dag som natt, och galvanisk korrosion uppstår. Därvid vinner koppar över galvat stål, och detta kan bidra till att du efter några decennier får läck på vattenservisen! Risker ökar ju närmare varandra vattenservisen och jordlinorna ligger. Särskilt illa blir det om jordlinan tillåts korsa vattenservisen. Får *aldrig* ligga tätare än en meter åtskilda; helst 20 meter eller mer, om tomten tillåter. Om detta är ogörligt måste jordlinan omges med ett isolerande rör hela den väg, som ligger mindre än en meter från vattenröret. Isolerrörets ändrar tätas väl med kabelmassa eller liknande. Vanliga kabelförläggningsrör (s k IP-rör) är avsedda för torrt inomhusbruk, och duger inte för markförläggning. Förlagda i mark spricker de sönder redan efter några få år. Välj rör eller slang av material som uttryckligen är avsett för markförläggning.

Tänk efter också om kanske *din grannes* vattenledningsservis ligger i farozonen! Det kan bli dyrbart om grannen får för sig att det är din åskjordning som orsakat läckan på hans vattenservis och vill ha skadestånd!

På några få platser i landet kan det förekomma gasledning till fastigheten. Dessa brukar vara asfalterade som korrosionsskydd, och så länge den beläggningen är intakt är det ingen risk för galvanisk korrosion. Men skiktet kan ha skadats vid ovarsam förläggning av rören eller p g a markförskjutningar, och ren ålder kan också ta sin tribut. Då kan den galvaniska korrosionen sätta igång. En gasläcka på tomten är inte roligt.

I något fall kan telefonledningen komma jordledes via en blykabel. Koppar vinner över bly, och efter några decennier kan det ha blivit ett mikroskopiskt hål i blymanteln, som leder in fukt i kabeln, och så småningom fungerar telefonen dåligt.

På samma sätt kan elserviskabelns järnarmering ätas upp i snabbare takt än eljest

p g a närhet till en åskledarekopparlina. Den juteomspinning, som brukar finnas på järnbandarmerade kablar innebär inget skydd alls mot de galvaniska krypströmmarna.

Allt det här låter ju ganska nedslående. Måste det vara så besvärligt? Svaret är nej! Om man vill undvika galvanisk korrosion, ska man se till att inte blanda material, eller, om detta är ofrånkomligt, välja kombinationer, som ligger så nära varande som möjligt i korrosionspotential. Det enda rätta vid val av markledare för åskjordning är *varmgalvad ställlina*. Då blir problemen med galvanisk korrosion av vattenservis och liknande obefintliga. Ställlinan har lite sämre ledningsförmåga än kopparlina, och det faktum att materialet är magnetiskt innebär att vågimpedansen för en strömpuls blir större än vid koppar, så därför bör man öka linans area ett steg. Å andra sidan kostar stål mindre än koppar, så det jämnar ut sig. Det är viktigt att alla fästelement såsom bultar, muttrar, brickor också är varmgalvade. Tjockleken på beläggningen ska vara 80 mikrometer, varken mer eller mindre. Är det tunnare blir inte skyddet nog. Är det tjockare kan det spricka och flagna av med tiden. Om man inte insisterar på varmgalvning kanske man blir pålurad elförzinkade detaljer. Elförzinkning är alltid tunn, men duger för inomhusbruk i någorlunda torra lokaler, men är bara skräp vid utomhusbruk. Redan efter ett fåtal år utomhus rostar även sådant som är elförzinkat.

Beträffande bultar måste varnas för en del fusk som kan förekomma. Gängningen måste sålunda göras med ett litet undermått på bulten, så att rätt dimension erhålls efter galvningen. Gängning efter galvningen tillåts ej! Däremot är det inte helt fel att rensa gängor på *muttrar* efter galvningen, eftersom gängorna där efter hela sin längd får skydd av den zink, som finns på en rätt behandlad bult.

Masten

Ofta är radioamatörens mast tillverkad av aluminium. Aluminium och koppar trivs inte ihop, och bultar du en kopparjordlina mot en aluminiummast får masten stryka, och hållfastheten kan gå under det tillåtna. Vid kombinationen koppar och aluminium bildas dessutom korrosionsprodukter av sådant slag, som dels försämrar ledningsförmågan för blixtrömmen, dels har större volym än det material de skapades av, vilket ger en sprängverkan som bidrar till att förbindningen släpper mekaniskt. Galvat stål är inte det bästa för kontakt med aluminium heller, men inte lika farligt som koppar. Detta talar till ställlinans förmån i jämförelse med kopparlina. I vart fall bör jordlinan inte anslutas direkt mot masten utan via ett mellanstycke av samma material (samma legering) som masten. Då blir det mellanstycket som korroderar och inte själva masten. Mellanstycket ska ha minst samma elektriska ledningsförmåga som jordlinan. Förbindningen inspekteras regelbundet

och mellanstycket byts ut vid behov.

Om man av någon anledning envisas med kopparlina kan problemen minskas om mellanstycket görs av material, som i den galvaniska spänningskedjan ligger mellan legerat aluminium och koppar. Nickel kan vara ett val. Förtennad brons (ej mäs-sing!) kan vara ett annat.

Hela förbandet målas. Först med gul zinkkromatprimer (som går väl ihop med aluminium) i flera lager, sen med lämplig täckfärg. Det hela fuktskyddas med vulk-tejp. Så länge detta förblir fukttätt står sig skarven utan problem. Inspektera efter ett blixtnedslag, huruvida isoleringen vär-meskadats av blixtrömmen. Reparera omgående vid behov. Det regnar ju vanli-gen i samband med åskväder, så se till att skarvstället blir helt urtorkat innan du förbättrar isolationen.

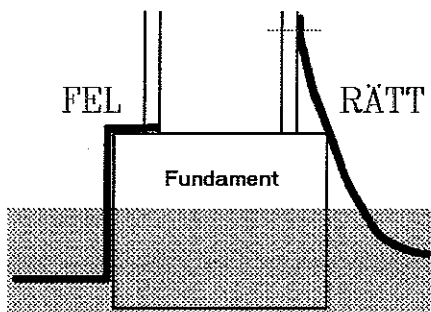
"Att linda vulktejp över skarven" kan låta enkelt, men är exempelvis mastbenet en vinkelprofil är det inte enkelt. Hur det ska lösas i praktiken om man är i en sådan situation, får man avgöra från fall till fall allt efter omständigheterna.

Förtennat kopparband av tillräcklig di-mension är en möjlighet, men det gäller då, att tennskiktet inte skadas vid förlägg-ningen så att kopparen blir bar någon stans, ty då blir ont värre.

En jordlina ska dras till vart och ett av mastbenen. Ansluts till *utsidan* av benet. 0,5 à 1 m utanför mastfundamentet läggs en lina i cirkel, får "bita sig själv i svan-sen" och ansluts i korsningspunkten till var och en av de radiellt utgående jordli-norna.

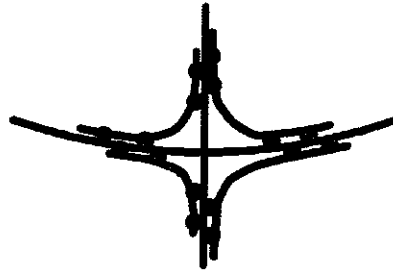
Impedansen

Impedansen ska hållas så låg som möjligt längs den väg man vill att blixtrömmen ska ta, medan den gärna kan vara hög längs den väg man vill att blixtrömmen *inte* ska ta. Detta innebär att jordlinan ska gå så rakt som möjligt, och där riktungs-ändringar är ofrånkomliga ska det inte vara en "snygg installation" horisontellt och vertikalt med skarpa knickar runt hörn och kanter. Mjuka böjar med stor böjningsradie ska det vara.



Figur 1. Förläggning av åskjordledare vid fundamentkant

Ringledare ansluts till de från mast-benen radiellt utgående jordledarna enligt figur 2.



Figur 2. Anslutning av ringledning till radiella jordledare

Generellt har band lägre impedans än lina vid given tvärsnittarea. Detta beror på att delarna närmast centrum av en lina inte är lika verksamma som de yttre delarna för att leda en strömpuls ("skineffekten"). En nackdel med band är att de är mer mot-spänstiga än lina i hanteringen. Ett band ska inte vikas vid en snäv riktningssä-n-dring, utan samtidigt böjas och vridas utan att stället plattas till.

Det finns faktiskt vissa likheter mellan en antenn och en åskjordledare. För bästa funktion ska jordledaren vara anpassad till omgivningen, speciellt i fjärränden. I annat fall blir det en reflexion där och det kan uppstå en stående våg, som förlänger plågan och förstärker strömmen genom resonans. Jag har hört talas om ett fall för dåvarande Televerket, där det var ett blixtnedslag i den ganska långa telefonkabel (luftledning) som försörjde en radiolänkstation i obyden med telefon. På en kilometerlång sträcka hade kabeln fallit ned och blivit kapad med jämna mellanrum på något hundratal meter. Up-penbarligen hade det blivit en stående våg på kabeln, som givit så hög ström vid strömnoderna att kabeln smält.

I den föregående QTC-artikeln rekommenderas för en fristående mast vid sidan om huset att matarledningen till antennen dras ned under jord, innan den förs in till stationen. Jag håller med om att detta är idealet. Men ibland är det kanske av olika skäl inte möjligt, och då är det en del som man bör tänka särskilt på vid förlägg-ningen.

Om matarledningen är koax ska den så länge som möjligt förläggas tätt intill ett mastben, företrädesvis på *insidan* för att minimera koppling ("transformatorverkan") till blixtrömmen, som tenderar att koncentrera sig på *utsidan* av masten. Eventuell styrkabel till antennrotor ska hela vägen följa koaxen så nära som möj-ligt. När kablarna kommit ned på lagom höjd vinklas de av *vinkelrätt* mot masten så skarpt som kabelkonstruktionen tillåter (Skaffa datablad för kabeln som innehåller uppgift om minsta tillåtna böjningsra-die.) Detta ger en hög impedans för blixtpulsen, så att den bromsas i riktning mot huset. För att den ström som ändå uppstått ska ha någon stans att ta vägen blottläggs koaxens ytterledare som via ett omsvep ansluts elektriskt till masten. Man beakte härvid samma regler som diskuterats be-träffande materialblandningar i samband med jordledaren. Alltsammans fuktskyd-

das med vulktejp. Särskilt viktigt är det att hindra fukt att vandra i koaxens ytter-strumpa. Om alltsammans förblir torrt blir det ingen galvanisk korrosion även vid materialblandningar.

Om styrkabeln är skärmd behandlas den på samma sätt som koaxen. I princip skulle man här kunna koppla in ventilavledare på varje deltråd i styrkabeln, men det är nog mer våld än nöden kräver.

Framkomna till huset förankras kablarna på lämpligt sätt i väggen, och ges en U-formad slack nedåt, innan de förs genom husväggen. Slacken ändamål är trefaldigt. Dels hindrar den regnvatten att följa ka-beln och ge fuktskador i väggen (dropp-näsa), dels ger den en ny bromsande in-duktans för blixtrömmen. Till slut kom-penserar den för längdförändringar p g a temperaturväxlingar, och mastsvaj vid blåst.

Lämpligen förser man koaxen med ett kontaktdon redan utanför väggen i det dubbla syftet att dels enkelt möjliggöra bortkoppling av matarledningen helt och hållet, om man lämnar huset en längre tid, dels kunna koppla in åskskydd för koax-ens innerledare. För kontaktdon typ UHF finns till överkomligt pris ett speciellt don med inbyggt justerbart gnistgap, som justeras så att det nått och jämt *inte* tänder för den högsta HF-spänning som förekommer vid den aktuella sändaranläggningen. Gnistgapet och samtidigt koaxens ytter-ledare ansluts till en jordledare på fa-sadens utsida, och som dras rakt ner i jord, och ansluts kortaste väg till jordnätet. Eftersom detta blir en sekundär väg för blixtrömmen, som i denna punkt inte kan vara högre än vad koaxens medger, så behöver ledningsarean här inte vara sär-skilt stor. 4 à 6 mm² kan räcka. Eventuell bärlina för den horisontella delen av koax + styrkabel ansluts korrosinsskyddat dels till masten, dels till jordlinan på fasaden.

I marknaden finns också speciella don för glimurladdningsrör av knappyt, som är hjälpligt impedansriktigt inkopplade till ett koaxialkontaktdon. En nackdel med somliga av dessa urladdningsrör är att de är av engångstyp: sedan de trätt i funktion vid ett blixtnedslag måste de bytas ut. Härvid är det två problem: dels är rören rätt dyra, dels är det svårt att avgöra, när det är dags att byta. Har skyddet trätt i funktion eller ej?

I princip skulle man vid husväggen kunna installera ventilavledare för styrkabelns alla ledare, men fråga är om det smakar vad det skulle kosta. Man bör våga chans-ningen att en blixtröm längs styrkabeln inte skulle orka runt svängen i slacken utan i stället slå sig igenom isolationen och hoppa över till jordledaren på fasa-den. (Förlägg alltså styrkabeln tätt intill jordledaren.) Styrkabeln går naturligtvis kaputt i slacken, men det får man finna sig i. Förhoppningsvis blir den rest av blixtrömmen som sen letar sig vidare in i huset inte större än vad anläggningen klarar av.

En förstärkning av åskskyddet får man om man låter kablarna löpa i ett järnrör

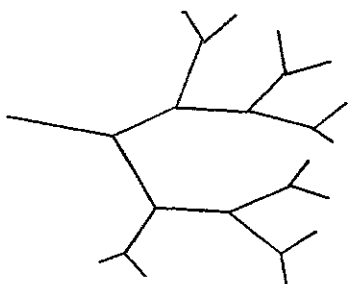
genom väggen och vidare genom huset ända fram till sändaren. Järnröret höjer vågimpedansen för blixtrömmen (HF-impedansen inuti koaxen påverkas inte alls av det yttre järnröret.) Lämpligt rör är gammaldags installationsrör, s k pansar-rör (OP-rör eller SP-rör, föregångare till IP-rör), om man nu lyckas få tag i det i dessa plastens tider. Eventuella skarvar på detta järnrör måste ske med god galvanisk kontakt, så att det inte uppstår sekundära ljusbågar med brandrisk som följd. Järnröret förbinds med det inre jordnätet. I brist på P-rör får man ta till något annat sorts järnrör.

Övrigt inre åskskydd

Alla större metallföremål i stationsrummet (och även huset i övrigt) ska anslutas till den inre åskjorden. Det kan exempelvis vara plåtskåp, förvaringshyllor av metall, diskbänk, trappräcken i metall, arbetsbänk av plåt, ventilationstrummor av metall, dörrkarmar i stål o s v. Detta för att undvika sekundära ljusbågar, som kan ge brännskador eller starta brand. Förbindningarna ska göras med tanke på minsta möjliga impedans längs blixtrömmens väg, och med tillräcklig area på förbindningsledning, minst 6 mm². Förbindningarna måste göras mekaniskt rejäla. Att exempelvis fästa en förbindningsledning med en plåtskruv till exempelvis en plåt-arbetsbänk duger inte. Den kommer att slitas loss av de magnetiska krafter som utvecklas längs blixtrömmens väg och flyga iväg som en projektil. I stället måste man göra ett genomgående skruv- eller nitförband med minst samma area som ledningen. Eventuell målning, isolerande valshud eller glödskaal måste avlägsnas noga vid kontaktstället så att man uppnår lägsta möjliga resistans.

Kråkfot

För vår amatörradioanläggning gäller det därför att fördela blixtrömmen över så stor yta som möjligt och i görligaste mån så att man inte får "återstuds" i de punkter där kabeln slutar. Strömmen bör alltså helst ha gått ner till noll, när pulsen nått jordledarens slut. Ett sätt att närma sig det målet är att bygga jordledaren med s k kråkfot. Se figur 3. Detta är en utvidgning av det som i den tidigare QTC-artikeln kallas utlöpare. Med detta menas att jordlinan efter några meter grenas på två, som får fortsätta åt varsitt håll i ungefär 30



Figur 3. Princip för kråkfot

graders vinkel mot den första delen. Efter ytterligare några meter grenas bägge de två nya ledarna ytterligare en gång. Då har man fått fyra ändar. Efter ytterligare några meter delas alla dessa på två, och så håller man på så länge man orkar och anser det mödan lönt.

Alla de olika delbitarna bör slumpmässigt ges olika längder så minimerar man risken att det uppstår stora stående vågor p g a samtidig reflexion i ändpunkterna. På köpet har man fått ett snyggt jordplan, som kan vara förmånligt för antennens funktion. Om ork, kassa och tomtmark tillåter kan man fortsätta ytterligare lite längre bort med klenare area. Inte för att det hjälper blixtavledningen så mycket som för att antennen ska fungera bättre. Ett bra jordplan är speciellt viktigt för att få upp verkningsgraden på elektriskt korta vertikallantennor.

Står masten på en bergknalle kan det vara svårt att hitta tillräckligt avledande mark inom rimligt håll. I detta fall sker åskskyddet huvudsakligen genom kapacitiv koppling från jordnätet till omgivningen, och det gäller alltså att skapa så stor kapacitans som möjligt. För att åstadkomma detta. Kråkfotmetoden är särskilt lämplig i detta fall.

Har man en brunn inom räckhåll kan det vara bra att släppa ned en jordlina till botten där. En latent risk med detta kan man inte blunda för. Har man en dränkbar pump på brunnsbotten, är det naturligtvis möjligt att den tar skada av ett blixtnedslag. Så det blir lite att välja mellan pest och kolera, när man ska bestämma sig för om man ska utnyttja brunnen eller ej. Har man bara en gammaldags handpump ska man inte försumma att ta vara på brunnsens möjligheter att delta i åskskyddet. Men! En kopparjordlina i brunnen samtidigt som ett pumprör av järn vore ytterst olämpligt. Här måste man vara särskilt noga med att undvika materialblandning. För brunnsselektroder kan ett särskilt material, kallat *duriron* vara lämpligt. Det är en järnlegering som anses särskilt hållfast i detta sammanhang.

Skarvning av jordlinor

När skarvning måste göras i jordnätet (vid kråkfot kan det bli många) är kontaktpressning det bästa. Vid hårdlödning kan olämpligt val av lod och otillräckligt borttvättade flussrester ge framtida korrosionsproblem. Svetsning kan ge materialomvandlingar, som nedsätter den mekaniska hållfastheten och ge korrosionsproblem p g a materialblandningar. Svetsning av galvat material gör att dels zink ångar bort där det är varmest, med spolierat rostskydd som följd, dels legerar sig zinken med tillsatsloden vilket kan vara till men för skarvens godhet. Skruvförband (dubbla linlås) kan accepteras om samtliga detaljer är av samma material som de linor som ska skarvas ihop. Tennlödning är helt förkastligt i detta sammanhang.

Jordspett

Först och främst: Jordspett måste vara av samma material som linorna. Om ej, får man efter en tid korrosionsproblem. Har man på sin tomt fast berg inte alltför långt under markytan kommer man kanske inte så långt med sina jordspett. Ibland kan jordlagren vara skiktade med vissa delar med sämre ledningsförmåga än andra. I dessa fall kan det vara bättre att slå jordspetten snett nedåt, så att de så länge som möjligt håller sig inom skikt med god ledningsförmåga, än att slå spetten vertikalt. Vid ett vertikalt spett från en horisontell lina får man dessutom en skadlig induktans p g a den plötsliga riktningsavvikelsen.

Hur en eventuell skiktning ligger kan inte vara gott att veta, utan man får försöka bygga på vad som eventuellt kommit i dagen vid grävning av den egna husgrunden, av andra grävningar i närheten eller vad geologisk expertis möjligen kan tipsa om. Eller, om en mätning av jordtagsresistansen inte skulle visa på ett tillräckligt lågt värde, experimentera med jordspettens indrivningsriktning.

Kemisk förbättring av jordtagsresistansen

Ibland ser man reklam om något mirakelmedel, som sägs förbättra ett för högt värde på jordtagsresistansen. Bruk av sådana medel är olämpligt av flera skäl:

- Dyr
- Inte varaktigt, utan måste göras om årligen. Om det regnar mycket, oftare än så
- Kan vara skadligt för miljön. Kanske dödar det växter i din trädgård
- Ger eventuellt ökad korrosion i jordnätet
- Du får medlet på skorna om du går över det preparerade stället. Eventuellt skadar det dina mattor och golv, om du klampar in med skorna på.

Försök alltså få jordtaget tillräckligt bra med alla de andra medel som står till buds.

Vanlig trädgårdsgödsling, antingen det nu sker med naturgödsel eller konstgödsel, är antagligen bara bra ur jordresistanssynpunkt, men *kan* vara en risk ur korrosionssynpunkt. Var försiktig med gödsling i närheten av mastfundamentet där jordlinorna går ner i mark.

Ventilavledare på elkraften

I den förra QTC-artikeln påpekas att föreskriftenligt måste ventilavledare anslutas till det allmänna elnätet installeras av behörig elektriker. I anslutning till detta kan det vara på sin plats med en liten varning. Det är inte säkert att alla elektriker är helt hemma på förläggningssättets betydelse för att minimera impedansen. Ett litet samspråk med den behörige elektriker rekommenderas så att ledningsförläggningen inte görs så "prydligt" att det blir onödigt induktans i anslutningarna. Inga skarpa krökar, och ledningarna får absolut inte dras i installationsrör av järn!

Fortsättning följer i kommande QTC!