

Dataprogram för att förbättra antennen

NEC och mina antenner

Av SM5AYY, Stig Roskvist
Skogstorsvägen 24, 59072 LJUNGSBRO
Tel 013-66391, E-post SM5AYY@swipnet.se

I denna artikel beskriver Stig/SM5AYY hur han använde datorprogrammet NEC-2 för att förbättra sina antenner för 20, 40 och 80 meter.

Han ger goda råd om hur programmet kan användas, beskriver praktiska detaljer vid antennbyggen och berättar om resultaten. Stig hoppas att hans erfarenheter ska inspirera och hjälpa andra att göra antenner efter sina egna önskemål och praktiska förutsättningar.

"DEN BÄSTA ANTENNEN"

Antennen är den del av radiostationen som fortfarande många amatörer gör själva. Ofta har man valt och hängt upp en antenn litet på måfå. Men för DX-aren kommer snart frågorna: "Varför kan jag inte köra DXet andra lyckas med? Vad bestämmer skillnaden? Kan jag göra något för att förbättra mina möjligheter? Kan det bero på antennen?"

DATORPROGRAM

Nu finns det dataprogram för simulering av antenner. Jag letade på Internet och fann två typer; MININEC och NEC.

Jag valde NEC-2 eftersom det beräknar markens inverkan bättre. Programmets noggrannhet har jag inte möjlighet att bedöma, men jag utgår från att ett program som har använts professionellt bör vara användbart för amatörer!

Programmet är utvecklat i USA under försvarskontroll. Versionen NEC-2 är tillgänglig och nedladdningsbar från Internet.

På Internet finns en sida som är tillägnad NEC program.
<http://www.dec.tis.net/~richesop/nec/index.html>

Den innehåller länkar till manualen och olika NEC-relaterade program.

För nedladdning av dataprogrammet väljes NEC-2.exe, vidare en av de två visade FTP-länkarna sedan nec-pc.zip. Denna komprimerade fil packas upp med Pkzip eller Winzip. På 00-index.txt kan man se beskrivningar på katalogens filer.

Varianten NEC2D som räknar med dubbel precision (= bättre beräkningsnoggrannhet) är den som ingår i paketet. Vid körning väljs programversionen beroende på det maximala antal delar(segment) som behövs för att beskriva antennen. Ordnade efter storlek heter versionerna NEC2D, NEC2D512, NEC2D960 och NEC2D1K4. Givetvis ökar beräkningstiden för fler segment. Programmet SOMNEC2D används för en bättre simulering av antenner som ligger nära marken.

Datorprogrammets beräkningsprincip skall jag inte orda om mer än att antennen uppdelas i små ledningsdelar (segment), och i dessa simulerar programmet alla strömbidrag på lämpligt sätt. En summering av strålningsbidragen från alla segment ger sedan fältstyrkan i en given riktning. Denna anges i dB, vilket är relationen i decibel till förstärkningen från en helt rundstrålantenn i fri rymd. Resultatet visas i form av en datafil (ASCII-typ).

Man kan prova en beta version av ett skal till NEC-2 program som heter NecViewWindows och det finns att hämta på <http://www.cam.org/~mboukri/>. Med detta är det tänkt att man ska kunna editera, köra och sedan översiktligt titta på resultatet tredimensionellt. Programmet var inte färdigt när jag laddade

ned det.

På Internet sidan för NEC finns det även andra enkla program att prova, t ex NECDRAW som visar antennen i tre dimensioner och WJGRAPS som visar antennerdiagram.

NEC-2 programmet har en del finesser, tex möjligheten att modellera en cirkulär markvariation (kulle) eller en rak slänt vid antennen. Detta även med ändrade markegenskaper, tex vatten (se RP, GN och GD - under rubriken "Inmatningsfil"). Men programmet tar inte hänsyn till skugg eller defraktions-effekter från markvariationer.

Slutligen - man måste läsa manualen för att utnyttja programmets alla möjligheter!

Starthjälp

Jag ska mycket kortfattat ge lite hjälp för att komma igång med programmet. Jag använder WIN95 och har i en katalog lagt NEC2D, NEC2D512, NEC2D960, NEC2D1K4, SOMNEC2D samt om man önskar andra hjälpprogram tex NECVIEW, THREE.DLL och VBRUN300.DLL. Efter att jag skrivit och lagrat infilen med tex ANTECKNINGAR (eller NOTEPAD), gör jag sedan första körningen genom att starta tex NEC2D och ange in- och utfilerna. Behöver inmatningen brytas används "ctrl c". Resultatet ser jag i utfilen med ANTECKNINGAR. För att rita antennerdiagram överför jag beräknade värden till ett gammalt Graph-in-the-Box som jag kör i DOS, mest kanske för att jag är van att göra så. Andra diagramritande program borde givetvis vara användbara. Slutligen kopierar jag över körningens filer till ett arkivbibliotek för den aktuella antennen, om de ska sparas. De andra filerna lägger jag i ett slaskbibliotek.

Koordinatsystem

För att beskriva antennens utseende måste den placeras i ett koordinatsystem som i programmet kallas x, y och z. Om man känner sig osäker vill jag ge

följande tips. Välj x som avstånd i riktning mot norr (söderut blir negativt värde på x), y som avstånd i riktning västerut (öster blir negativt) och z blir antennerhöjden. Antennvinklar i sida (phi) får då värdet 0 grader mot norr och 90 mot väster. Elevationsplanets vinklar (teta) får 0 grader mot zenit och 90 mot horisonten. Utgångspunkten dvs där x och y är lika med noll, väljer man själv. Den kan t ex vara en ändpunkt på antennen eller en mast som antennen sitter fast vid. Observera att om marken sluttar, och antennen är horisontell så får z olika värden för olika antennerdelar.

Normalt vet man antennertrådens längd, och följande formel kan vara till hjälp vid uppskattning av avståndet för inmatning till NEC-2 programmet. Glöm ej att tråden hänger ner. Man bör alltså korrigera sin trådlängd för detta nedhäng om det är stort.

Trådlängd - korrektion för "nedhäng"

$$= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

x = avståndet mellan trådändar i riktning norr-söder.
y = avståndet i riktning väster-öster samt z = skillnaden i höjd mellan ändarna.

Anm: Korrektionen för nedhängen vid lika höga fästpunkter är mycket nära lika med

$$\frac{8}{3} \cdot \left(\frac{S}{L}\right)^2 \cdot 100 \% \text{ av spännvidden,}$$

där L är spännvidden och S nerhänget, båda i meter (se t ex ITT Reference Data for Radio Engineers).

Inmatningsfil

Inmatningen av data till NEC sker via en fil, som man tyvärr inte kan kalla användarvänlig. Ursprungligen var programmet skrivet i Fortran med inmatning från ett antal hålkort. Vid överföringen till DOS ersattes dessa av den tidigare nämnda infilen, där rader (definierade av ett startord) motsvarar de gamla hålkorten.

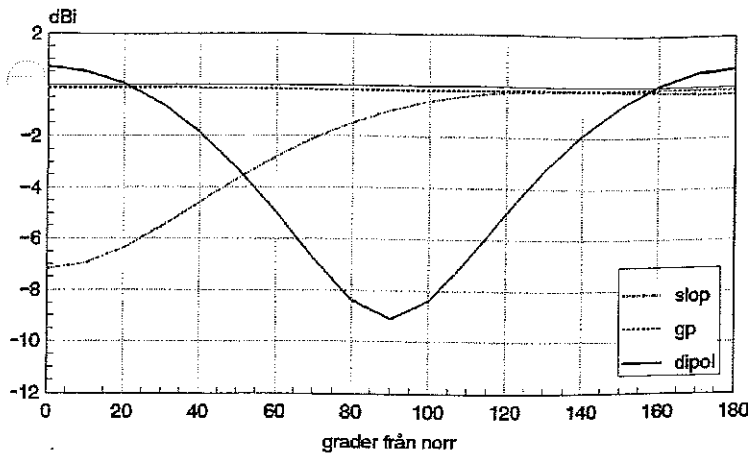
Varje rad indelas i 80 positioner där datauppgifter placeras. De två första positionerna på varje rad skall innehålla information om vilken typ av datainput som följer på raden i form av ett startord. Resten av raden skall ha uppgifter placerade i positioner enligt startordets beskrivning i manualen.

Inmatningsfilen skall börja med minst en rad för kommentarer. Dessa skall börja med CM utom sista som ska ha CE som startord. Därefter kommer rader som beskriver antennens geometri och varje ska börja med startord av typen GA, GE, GF, GM, GR, GS, GW, GX, SP och SM. Varav GE skall vara det sista. Dessa startord ("input card") är beskrivna i manualen. Efter antennens geometri inmatas rader för hur programstyrningen ska utföras. Startord som

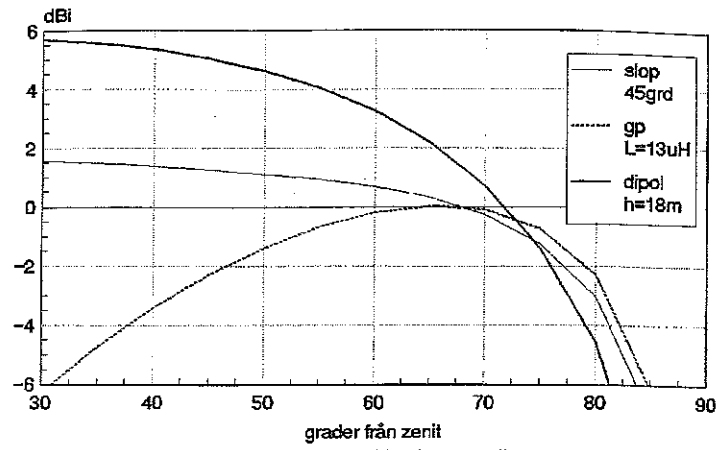
CE	Horisontell dipol över mark.							
GW	1	11	0.	20.	18.	0.	-20.	18. .004
GE	0							
FR	0	2	0	0	3.5	0.1		
EX	0	0	6	0	1.			
GN	0	0	0	0	13.	1.000E-03		
RP	0	5	3	0	40.	0.	10.	45.
XQ								
EN								

GW visar en tråd uppdelad i 11 segment, (udda antal för att kunna matas i mittsegmentet). Ändpunkterna (x/y) är 0/20 resp 0/-20 m dvs tråden (40 m lång) hänger i väst-östlig riktning med höjden 18 meter och trådradien 4 mm.
FR anger 2 frekvenser med början vid 3.5 MHz och i 0.1 MHz steg (dvs 3.5 och 3.6)
EX visar att tråden matas mitt på segment nr 6 med 1 volt.
GN anger markegenskaperna med dielektricitetskonstanten 13 och ledningsförmågan 0.001. Dessa värden tror jag kan representera villaområden med trädgårdar.
RP ger vinklar för utskrift av antennerförstärkning: 5 värden vertikalt(theta), med start 40 grd från zenit och med 10 grd intervall.
3 värden horisontellt(phi) med start från 0 (norr) och med 45 grd intervall

Figur 1 - inmatningsfil för horisontell dipol

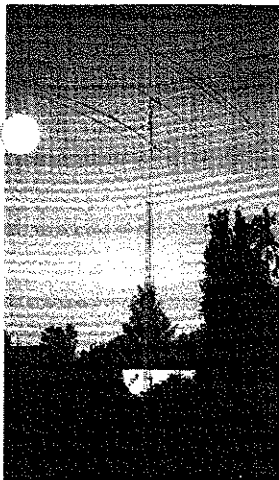


Horis. antennendiagram 70 grd från zenit.



Vert. antennendiagram i horis. max riktn.

Fig 2 och 3. Horisontell dipol, lutande (slop) dipol samt ground-plane för 80m. Antennendiagram beräknat från datafilen i fig 1.



Författarens antennmast på tomten i Ljungsbro. Önskemålet var antenner för 80 (CW-delen), 40 och 20 m-banderna. Om 80 m antennen ej täckte varvet runt, måste det vara enkelt att hänga om antennen för andra riktningar. För de andra banden skulle det vara vridbara riktantennerna. Givna förutsättningar var ett klenkt Versatower på en villatomt med några mindre träd och gränsande mot en gräsyta västerut. På den senare var en större gran belägen 30 m bort. Ingen antenndel skulle vara lägre än 3 m över marken utanför tomten.

EK, FR, GN, KH, LD, EX, NT, TL, CP, EN, GD, NE, NH, NX, PQ, PT, RP, WG och XQ passar bra i denna avdelning. Någon tom rad får ej finnas och raden EN anger slutet på programmet.

Efter raden EN kan t ex utbytesrader placeras, som kan klistras in i programmet för olika alternativ som t ex olika beräkningsfrekvenser eller vinkelområden i utskriften.

Om man vill räkna med god noggrannhet på antennhöjden som är nära marken (någon meter), måste man först utföra en beräkning av markegenskaperna med programmet SOMNEC2D. Denna beräkning gäller för en frekvens åt gången. Lämpligen används detta simuleringssätt endast för de viktigare frekvenserna, och resten studeras summariskt utan. Valet bestämmer man vid inmatning av GN.

När inmatningsfilen är klar, kan man med hjälp av NECVIEW se om den stämmer med vad man anser sig ha beskrivit. En inmatningsfil med några kommentarer för beräkning av en horisontell dipolantenn kan se ut som fig 1.

Utskriftsfil

Programmet ger en utfil som innehåller mycket text och data. Bland de viktiga data ingår antennendiagrammet för önskat vinkelområde (total power gains), den komplexa ingångsimpedansen samt förteckningar över segmentens strömmar och anslutningar. Det är ofta värt arbetet att kontrollera att segmenten är anslutna till varandra på rätt sätt. Se även till att matningspunkten är där man tänkt sig (segment 6 i fig 1) och att strömmarna är lika i motsatta riktningar (om antennen är symmetrisk).

MINA KRAV PÅ ANTENNER

Mitt önskemål var antenner för 80 (CW-delen), 40 och 20 m banden som fungerade för DX. Om 80 m antennen ej täckte varvet runt, måste det vara enkelt

Exempel på problem vid användning av programmet

- Segmenten hänger inte ihop som tänkt. Inmatningsfilen (GW) är felskriven.
- Matningspunkten är inte mitt på antennelementet. Tankefel vid segmentnumreringen.
- Skarpning av element med olika radier. Använd startord GC (stegvis ändring av radien under GW) eller möjligen flera korta segment med stigande eller fallande radier.
- Närliggande parallella ledare. Flytta isär och se vad som händer.
- Jordade ledare. Programmet räknar med en ideal anslutning till jord. Använd startordet LD på jordanslutningssegmentet. Resistanser på minst 10-30 ohm är vanligt.
- Två ändringar av ledarriktningen. Löses med korta segment runt "hörn".
- För korta segment relativt våglängd eller ledningsradie. Startordet EK "thin-wire kernel" kan hjälpa.
- Serieimpedanser i ett segment. Minst ett segment av samma dimension på varje sida.
- Man kan kontrollera om antalet segment är lagom stort genom att ändra och se om antennförstärkningen verkar förbli konstant.

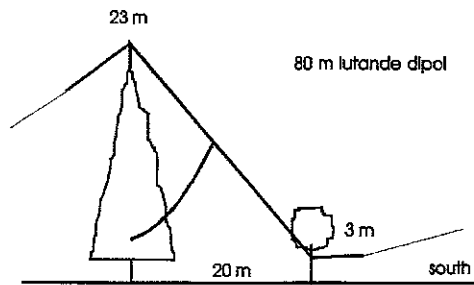


Fig 4. Lutande dipol ("sloping dipole"). För önskad lutningsvinkel skulle antennen bli mycket högre än den närliggande granen, som jag tänkte använda. Jag skulle behöva vika trädändarna både uppe i grantoppen och nere vid marken. Estetiska synpunkter hindrade mig att göra varje trädände av två motriktade delar.

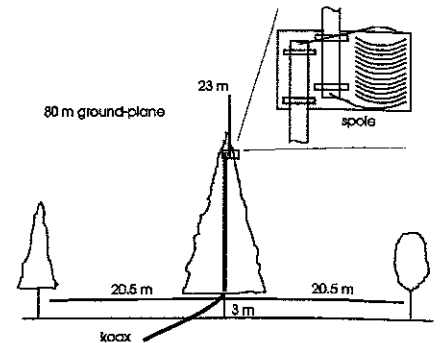


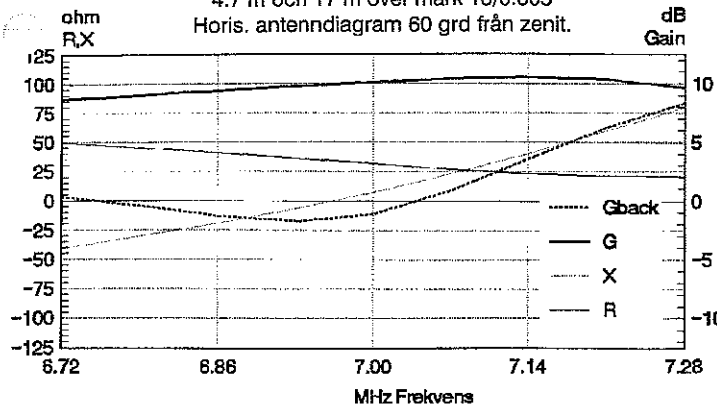
Fig 5. 80 m ground-plane antenn. Antennens översta 7.5 m gjordes av tre aluminiumrör, med olika diametrar. Röret stack upp ca 3 m över granen, fastsurrat och isolerat av 9 mm plastskivor (etenplast) mot granstammen.

ANTENN FÖR 80 m

En vanlig antennlösning är en horisontell dipolantenn och därför har jag använt en sådan som referens och alternativ vid jämförelsen av olika antenners möjligheter. Jag valde dipolens höjd till 18 m eftersom det var den maximala höjd jag kunde tänka mig. Fig 2 och 3 innehåller antennendiagrammet beräknat från datafilen i fig 1.

För att utvärdera hur användbar denna antenntyp är, måste man bedöma inom vilka vertikala vinkelområden DX-signalerna kommer in. Detta är en intressant fråga som borde diskuteras mera. Jag tror infallsvinklar runt 10° - 20° över horisonten är viktiga för DX på 80 m och detta har legat som grund för

2-element yagi för 40m.
Matarelement 22 m och direktor 20.2 m. Bom
4.7 m och 17 m över mark 13/0.005
Horis. antenndiagram 60 grd från zenit.



2-element yagi för 40m.
Matarelement 20.6 m och reflektor 22.2 m.
Bom 4.7 m och 17 m över mark 13/0.005
Horis. antenndiagram 60 grd från zenit.

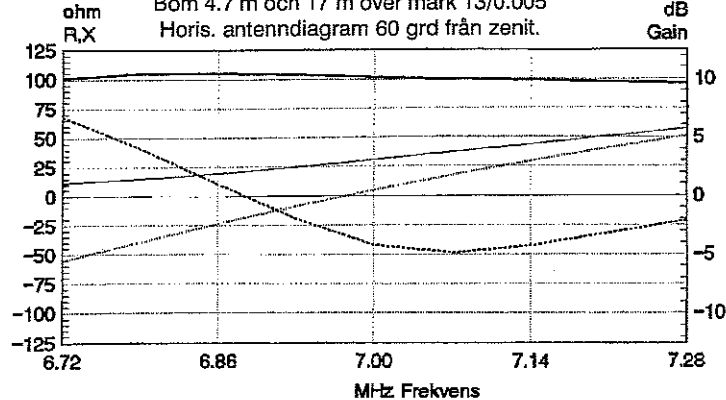


Fig 6 och 7. ANTENN FÖR 20 OCH 40 m. Visar Gain och Gainback samt drivimpedansen $R + jX$ i de två fallen med enkla modeller. Jag har valt att visa värden som funktion av frekvensen. Detta är till stor hjälp för förståelsen och vid justering av antennen. Man ser att max gain och bästa F/B inte uppträder vid samma frekvens. Alternativet med reflektor ger ett något bättre F/B för det valda avståndet mellan elementen. Denna lösning visade sig även lämplig för integrationen med 20 m antennen på samma bom.

mina antennlösningar.

Nackdelar med den horisontella dipolen är minskningen av förstärkningen i trådens riktning. För DX innebär detta ofta en S-enhets sämre signal i dessa riktningar. Detta kan vara skillnaden mellan att höra eller inte höra! Ytterligare en nackdel är behovet av fästpunkter så att antenntråden är horisontell. I mitt fall stod valet mellan att den hängde ned på mitten eller blivit en inverterad dipol. Det senare är det bästa alternativet och ger en något ökad signal i ändriktningen. Denna typ av jämförelser mellan antenntyper går utmärkt att göra med NEC-2 programmet. Prova gärna själv genom att ändra infilen.

Lutande dipol

En antenntyp som jag fann intressant var en lutande dipol ("sloping dipole"). För önskad lutningsvinkel skulle antennen bli mycket högre än den närliggande granen, som jag tänkte använda. Jag skulle behöva vika trådändarna både uppe i grantoppen och nere vid marken. Estetiska synpunkter hindrade mig att göra varje trådände av två motriktade delar. Se fig 4.

Det beräknade antenndiagrammet som ingår i fig 2 och fig 3 blir hyfsat med knappt 0 dBi vid 70 grader från zenit (20 grader över horisonten) och i trådriktningen. I diagrammet ser man att antennen är användbar även för QSO inom delar av SM. För DX fungerar antennen inom +/- 90 grader i horisontplanet räknat från den nedåtgående trådens riktning. Jag placerade den i riktning mot söder, så den var användbar mellan väster, söder och öster. Det var även möjligt att flytta nedre fästpunkten till östlig riktning för att täcka norr-öster. Matningsimpedansen är runt 70 ohm, men jag matade den direkt med en 50 ohm koaxkabel (SVF=1.4).

Som fästpunkt används den nämnda granen förlängd 2 m med ett 6 m långt 35 x 2 mm aluminiumrör som surrades fast mot stammen (tack -CNQ för klättrandet!). Den första mindre stormen böjde röret! Efter byte till ett stålrör, kom nästa storm och böjde även detta! Och slet av antenntråden!

Antennlinan var alltså inte tillräckligt slak för att klara granens och topprörets rörelser under stormen. Slutsats: man spar arbete och får mer tid för DX-andet om man gör beräkningar av hållfastheten och "tänker till" innan man sätter upp antenner!

För övrigt fungerade antennen bra i fyra månader under vintern. Som exempel kan nämnas CW QSO med EM1, 3C5, D44, 5V, 3B8, 6W, 3DA, TN, V5 VKOIR. Men även väster- och österut fungerade den med HC, HP, T19, XE, XZ, XX9, S21, HS0 och P29. För QSO med den sistnämnda var jag tvungen att flytta fästpunkten mot öster. Med trådriktning söderut var JA och W stationer svaga.

Ground-plane antenn

En ny konstruktion för 80 m var nödvändig. Behovet av en slak antennlina ledde efter några datorsimuleringar till att den övre dipolhalvan borde göras vertikal och den undra horisontell några meter över marken. Antennen kommer då även att vara mottaglig för signaler som infaller i riktningar nära zenit. Eftersom mitt intresse var DX bedömde jag att detta kunde försämrare signal/stör-förhållandet. Därför ersatte jag den horisontella dipoldelen med två motriktade delar för att minimera strålningen uppåt. Elektriskt kan man se dessa som en virtuell jord och antennen har blivit en ground-plane antenn med ett jordplan av endast två ledare. Beräkningar visade att jordförlusterna minskade när jordlinorna flyttades upp från marken. Med höjden 3 - 4 m blir resultatet i klass med om jag skulle ha många nedgrävda jordlinor. Dessutom uppfylldes kravet på beröringskydd av antennen på ett bra sätt.

Nackdelen blev att hela antennen behövde flyttas upp några meter och topphöjden skulle bli för stor relativt granen som den skulle placeras vid. Detta löstes genom att antennen förkortades fysiskt med en seriespole i den vertikala delen. Beroende på spolens placering och storlek ändras givetvis antennens förluster. Även strömmens fördelning längs tråden förändras och därmed antennens matningsimpedans. För denna komplicerade analys är NEC-2 väl lämpad. Det är bara att starta programmet och flytta spolen hit och dit tills man finner den bästa placeringen. En placering vid ca 70% av ledningens längd brukar vara bra.

Antennens enda plats hos mig var ju i granen. Så frågan var om granstammen kommer att påverka antennen? Jag simulerade granstammen som en ledare med stammens kontinuerligt varierande radi och en konduktivitet (1/resistivitet) på 30% av vatten, dvs 0.0004 Siemens/m. Avståndet till antennen valde jag till några dm. Efter beräkning med denna förenklade modell i NEC-2 visade det sig att strömmen i granen skulle vara försumbar jämfört med strömmen i antennen.

Jag valde att placera resonansfrekvensen vid 3.5 MHz. SSB delen var mindre viktig för mig. Mätningar visade att resonansen hamnade vid en något lägre frekvens och att det fanns extra förluster. Troligen ligger de i koaxkabeln som är från 70-talet. Anpassning av antennen gjordes efter kabeln och vid transceiveren. Eftersom kabelns impedans ej är lika med antennens, kommer impedansen vid transceiveren att variera med kabelns längd. Detta har jag utnyttjat genom att lägga till några meter extra kabel och tillsammans med ett enkelt PI-filtrer få anpassning till

50 ohm. SVF för antennen med och utan filtret visas i fig 10. Min kabel har en elektrisk längd av ca 60 m mellan antenn och transceiver. Ur anpassnings-synpunkt kan det vara en fördel med denna långa kabel. Den elektriska längden är ju större vid 3.8 än vid 3.5 MHz. Antennimpedansen transformeras därmed olika och man kan få liknande impedanser för de båda ändfrekvenserna. Men ur förlustsynpunkt är det inte bra med en lång kabel. När detta skrivs har jag endast provat antennen under sommaren 1997, en tid då aktiviteten och konkurrensen är mindre. Alla världsdelar kom i loggen, JA och W hördes bättre än med den tidigare antennen, och vanliga sydamerikaner och afrikaner kördes även med 100 W. Men antennen är ej optimal för SM kontakter. Dessa verkar ofta ha ett par S-enheter svagare signaler än jag minns med den lutande dipolantennen. Nästa projekt (de finns alltid) önskar jag kan bli att finna en lågprofil antenn med direktivitet (!) för lyssning, och gärna med en kompletterande polarisation.

Praktisk uppbyggnad av 80 m ground-plane antenn

Antennens översta 7.5 m gjordes av tre aluminiumrör, med olika diametrar. För att vara säkrare på att den överlever, gjordes en hållfasthets beräkning. Som tidigare stack röret upp ca 3 m över granen, fastsurrat och isolerat av 9 mm plastskivor (etenplast) mot granstammen. Resten av vertikalen bestod av 4 st parallella skärmstrumpor sammanhållna av en krympslang. Denna del visade sig bli ca 0.5 m längre efter Newtons påverkan (tyngdkraften). De två jordlinorna bestod av 20.5 m långa trådar som ur estetisk synpunkt hade 1 mm diameter, givetvis med isolatorer i ändarna.

Spolen var gjord av ett 10 m långt 4.7 mm kopparrör (s k bromsledning), tätbindad på ett 110 mm AE rör. Dessa 15 varv skruvades in i en bärande struktur bestående av en 9 mm tjock 150 x 250 mm skärbräda av etenplast. Skärbrädan var försedd med två rader hål med 104 mm avstånd och med 11 mm mellan hålen i raden.

Yttervarven som blev fribärande borde kunna utslutas för att kompensera den förlängda skärmstrumpan och flytta resonansen till 3.5 MHz. Skivan var även isolator och bärande struktur mellan det övre och undre antenntörret, vilka hölls fast mot skivan med rostfria rörklammer. Eftersom etenplast bryts ned av UV-ljus så lindades svart el-tejp runt skivan. Spolen placerades 5.6 m från toppen. Se skissen över antennen i fig 5.

2-element yagi med spolar 440 ohm 4.5 m från bom. Matarelement 14 m, direktor 14.3 m. Bom 4.7 m och 17 m över mark 13/0.005 Horis. antendiagram 60 grd från zenit.

ANTENN FÖR 20 OCH 40 m

På 70-talet byggde jag en 2-element yagi för 40 m i förkortande spolar i elementen och med en direktor som parasitiskt element. Den fungerade, men hade inte det fram-back förhållande (F/B) som jag förväntade, framför allt inte sedan den placerats på samma bom som min 3-elementare för 20 m, vilken även tappade stinet.

När jag nu skulle göra nya antenner, kom NEC-2 till stor hjälp. Första frågan var om det var bäst med direktor eller reflektor för en 2-el yagi. Fig 6 och fig 7 visar Gain och Gainback samt drivimpedansen R + jX i de två fallen med enkla modeller.

Nästa fråga är den inbördes påverkan mellan 20 och 40 m antennerna. 40 m antennens element kommer även att ha en resonans för 20 m våglängd, vilket kommer att störa 20 m antennens diagram. Detta förhindras genom den fysiska förkortningen av 40 m elementen, vilken erhålls med förlängningsspolorna och som är praktiskt nödvändig för att minska antennstorleken. Eftersom spolens reaktans ökar med frekvensen flyttas 40 m elementets resonans på första övertonen utanför 20 m bandet.

Kurvor för en 2-el yagi med lika spolar i alla elementen (totalt 4 st) visas i fig 8. Strålningstabiliteten minskar något (spolarna höjer den, men längre elementlängder sänker). Notera att antennen går baklänges vid 6.7 MHz! Drivimpedansen kommer att vara runt 25 ohm enligt dessa beräkningar. Med en noggrannare modell blev impedansen snarare runt 35 ohm, så för tillfället matas antennen direkt med en 50 ohm kabel.

Elementens inbördes placering studerades i NEC-2 för att finna lägen för minsta inbördes påverkan mellan antennerna. Då kan varje antenn justeras på sitt frekvensband med liten påverkan för den andra, vilket förklarar trimningen. Dessutom minskar inverkan av kabeln till det ej använda matarelementet, som ju då har en öppen kabelkontakt vid transceivern. Med mina koaxkablars längder finns det ingen större inbördes påverkan. Man kan kontrollera detta genom att kortsluta den ena antennens matarkabel under SVF-mätning på den andra.

För 20 m antennen med tre element kommer impedansen att vara runt 20 ohm. En kvartsvägs-transformator med två parallellkopplade 75 ohms kablar används för anpassning till 50 ohm. Genom att linda upp dessa som en spole placerad på bommen, kan man minska strömmarna på kabelns utsida och undvika av den osymmetriska matningen av elementet.

Efter många simuleringar och varianter blev antennens dimensioner enligt följande:

- 40 m reflektorn 0.1m från bommens ände och med längden +/- 7.355m
- 20 m reflektorn 0.6m och +/- 5.52m
- 20 m mataren 3.315m och +/- 5.22m
- 40 m mataren 6.1m och +/- 7.105m
- 20 m direktorn 7.2m och +/- 4.97m.

Elementen för 40 m har diametrar från 35 till 12 mm och är uppdelade i 6 längder på varje halva så att brothållfastheten i varje skarv är lika. Motsvarande data för 20 m elementen är 28 till 12 mm diameter och uppdelning i 4 delar för mataren och 5 för de andra elementen.

Om någon vill kopiera antennen med dessa mått, bör man lägga till en justermån, eftersom det är troligt att elementrören väljs med andra kombinationer av diametrar. Man måste göra SVF och framför allt F/B-mätningar för att få optimala egenskaper. Ett bra tips är att det i första hand är matarelementet som justeras så att lägsta SVF hamnar vid rätt frekvens. De andra elementen justeras efter bästa F/B. Sedan klaras anpassningen med ett filter. Men som vanligt gör "naturlagar" att justeringarna påverkar varann!

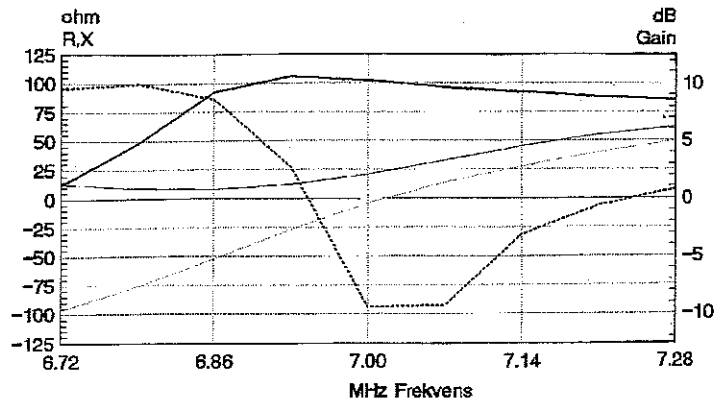


Fig 8. Kurvor för en 2-el yagi med lika spolar i alla elementen (totalt 4 st). Man ser att antennen blir smalbandigare, men med bibehållen förstärkning och något bättre F/B förhållande.

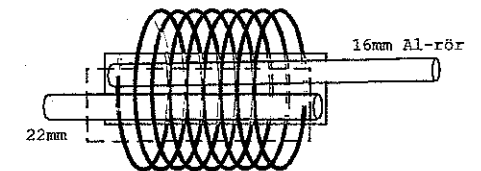
Spolarnas uppbyggnad i 20/40 m antenn

Den på 70-talet tillverkade 40 m beamen hade förlängningsspolar med stommar av plast, vilka samtidigt var bärande av den yttre delen av elementet. Spolstommarna försvagades av UV-ljus och vibrationer och började brytas sönder efter ca 7 år. Den nya konstruktionen har överlappande elementrör som hålls samman av två dubbla glasfiberarmerade epoxylaminat skivor. Krafterna blir därmed fördelade längs en 18 cm lång del och hållfastheten bör bli bättre. De två elementrören överlappar alltså varandra och spolen förbinder rörändarna, se fig 9. Genom att vinkla det yttre röret uppåt kan elementets nedhäng delvis kompenseras, och antennen får en snyggare profil.

I datorprogram behöver man ofta beskriva verkligheten med modeller, vilket kan vara besvärligt. Detta gäller även här. NEC-2 gillar inte närliggande parallella ledare. För att göra en modell av spolens överlappande rör förde jag därför följande resonemang: Strömmen i den överlappande rördelen närmst elementmitten är störst och därmed skall hela denna längd ingå i elementets längd. Rördelen mot elementspetsen (efter spolanslutningen och parallellt med förra röret) kommer att ha en lägre ström, och som även påverkas av kapacitansen mellan rören, så jag bortser från dess strålning och anser att rörlängdens reaktans ingår i induktansens värde.

Spolarna för 40 m elementen är fribärande och placerade runt rörskarvarna. De är lindade av 3/16" kopparrör, köpt från ett bilvaruhus i 7.6 m längder. Varje spolens längd valde jag därför till 3.8 m och två spolar tätindades samtidigt på ett 110 mm plaströr. De särades sedan och jag fick två lika spolar med 9.5 varv och ca 5 mm avstånd mellan varven. Remsor av plexiglas används för fixering av avståndet mellan varven. Elektriskt kommer varje spole att vara parallellkopplad med en kapacitans. Denna består till stor del av kapacitansen mellan aluminiumrören, som överlappar varann för den mekanisk infästning av ytterdelen av elementet. Man har här en viss frihet att bestämma kapacitansen genom val av avståndet mellan rören. Detta utnyttjade jag till att placera spolens parallellresonans till strax över 15 MHz. Därmed fungerar 40 m matarelementet delvis som en extra direktor för 20 m.

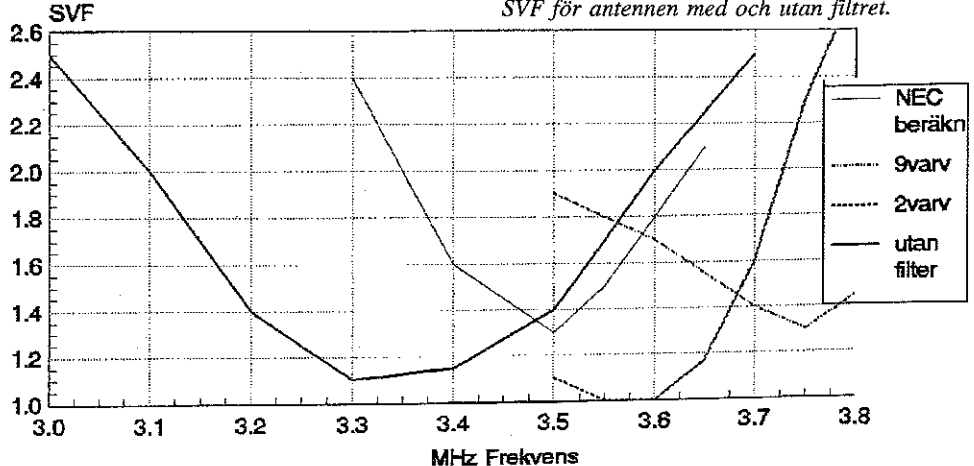
För att bestämma spolens induktans gjorde jag mätningar av resonansfrekvensen med 3 olika 470 pF 2.5 % kondensatorer. Medelvärden av mätningarna, som jag sedan använde vid beräkningarna, gav



9,5 varv 4,7 mm Cu, 115 mm diam. Spollängd 93 mm. 2 st glasfiberlaminat 3x60x180 mm fastskruvade på båda sidorna av Al-rören, med 4 st M4 genomgående skruv för varje rör.

Fig 10. SVF för antennen med och utan filtret.

Ground-plane med 2 jordlinor SVF efter 50 meter koax (0.03 dB/m) Med och utan PI-filter, från antenn 900 pF, 9(2)varv (l=80mm, dia=50 mm), 20pF



induktansen till 8.7 +/- 0.2 uH. Kapacitansen mätes till 9.5 pF, även med en viss osäkerhet. Q-värdet hos spolen uppskattar jag till mer än 300, vilket ger en Q-faktor som överstiger spolen på minst 116 Kohm. Dessa värden använde jag under startordet LD för segmentet i vars mitt spolen var placerad.

Beräkningar och mätresultat

Som väntat fick den verkliga antennen inte maximalt F/B förhållande vid rätt frekvens, utan den måste justeras med mätningar mot en signalkälla på ca 1 km avstånd. För antenbyggare kan det vara bra att veta att en ändring av reflektorlängden med 2 x 20 mm för denna 40 m antenn flyttar frekvensen för bästa F/B med 50 kHz.

Efter att ha justerat antennelementen för bästa F/B i horisontalplanet på båda banden, gjordes nya beräkningar med de nu erhållna längderna. På 20 m stämde resultatet hyfsat. Men på 40 m måste jag simulera antennen med en 2 x 67 mm längre reflektor än den fungerande, för att frekvenserna för bästa F/B skulle överensstämma. Figuren 11 och 12 visar mätvärden. Att mätningen av F/B på 20 m antennen ej visar bättre än ca 20 dB beror sannolikt på reflexioner i bebyggelsen mellan antenn och mätare.

Det finns tänkbara felkällor som kan förklara avvikelse mellan simuleringarna i NEC-2 och motsvarande mätvärden. Några av dem är:

- Skarvning av olika rördimensioner verkar vara en källa till beräkningsfel i NEC-2. Genom mätningar tyckte jag mig se att en kontinuerlig ändring av radien, för att simulera de olika rördimensionerna som elementen är uppbyggda av, gav riktigare resultat än med en direkt skarvning. Därför föredrog jag den metoden i mina simuleringar.

- Spolarna har mätfel både för induktans- och kapacitansvärdena och modellen av inkopplingen är inte invändningsfri.

- Mottagarens impedans är troligen ej exakt 50 ohm. Ett SVF = 1.4 i mottagarens ingång med ogynnsammaste fasläget, ger en reaktans på 17.5 ohm i 40 m elementets matningspunkt, vilket flyttar dess resonans +/- 40 kHz om antennen var 50 ohm resistiv från början. Nu vet vi att den är ca 35 ohm, vilket kan göra påverkan än större.

- I figurerna kan man även se andra skillnader mellan verklighet och beräkningar. Notera skillnaden i SVF värden. Sannolikt kan det bero på dämpning i kablarna mellan antennen och mottagaren (platsen för SVF mätningen). Ett mätt värde på SVF = 1.2 vid mottagaren kan uppe i antennen vara 1.5 om kabeldämpningen är 3.5 dB. Jag har alltså anledning att kontrollera kablarnas dämpning.

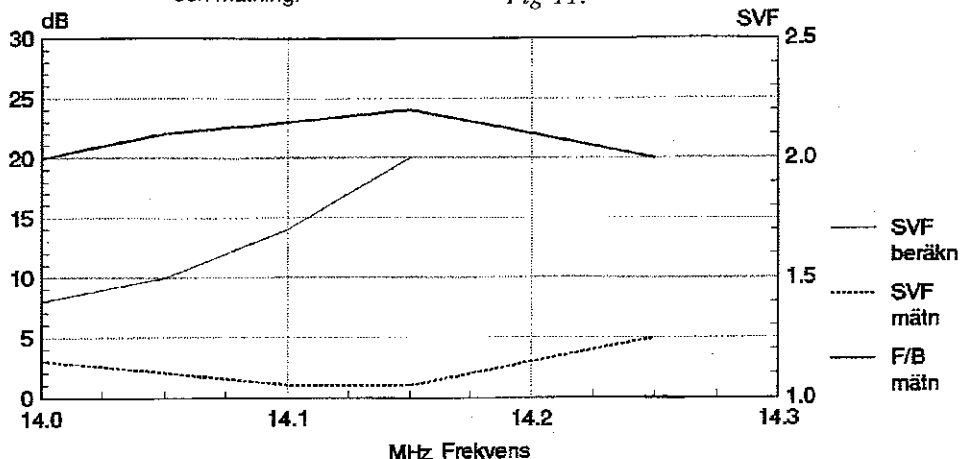
Praktiskt fungerar antennen bra på båda banden. Dämpning av signaler från sida och bak är tydlig och ofta den mest betydelsefulla egenskapen genom dess ökning av signal till stör-brusförhållandet.

Att räkna upp körda DX är kanske inte ett mått på antennens funktion utan snarare på "ny-antenn faktor" dvs med en ny antenn är man mycket mer QRV. Fast själv tycker jag det är kul att läsa resultat i form av vad som körs. Därför kan jag nämna som ett mått, att under vinterhalvåret 1997 gav antennen mig 17 ej tidigare QSLade DXCC länder i Oceanien på 40 m CW. Märk att under den aktiva perioden på året körde jag mycket 40 m (bl a 40 m WAZ CW m.m.). Men jag måste säga att det är mycket lättare att köra DX på 40 m nu, aktiviteten och utrustningarna är mycket bättre idag.

SM5AYY, Stig Roskvist

Yagi med 2element på 40m och 3 element på 20m. F/B mätning samt SVF-beräkning och mätning.

Fig 11.



Yagi med 2element på 40m och 3 element på 20m. F/B mätning samt SVF-beräkning och mätning.

Fig 12.

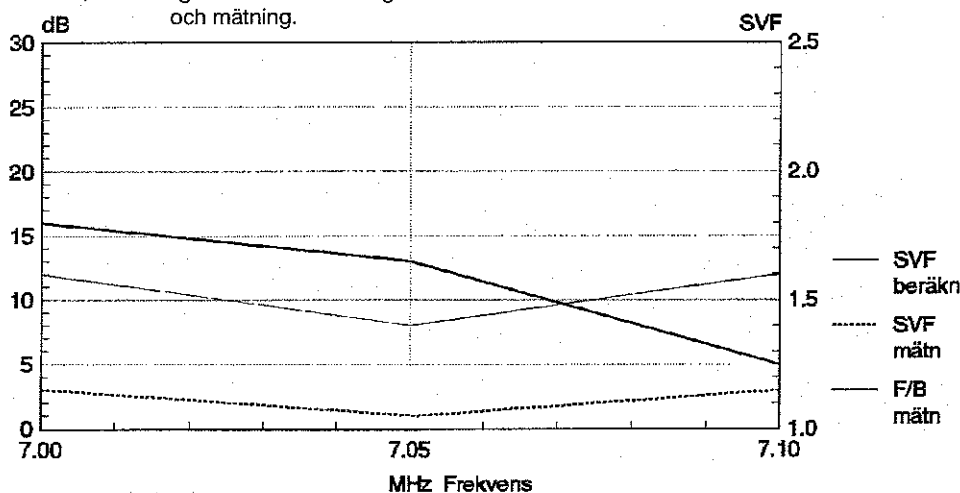


Fig 11 och 12. Efter att ha justerat antennelementen för bästa F/B i horisontalplanet på båda banden, gjordes nya beräkningar med de nu erhållna längderna. På 20 m stämde resultatet hyfsat. Men på 40 m måste jag simulera antennen med en 2 x 67 mm längre reflektor än den fungerande, för att frekvenserna för bästa F/B skulle överensstämma. Figuren 11 och 12 visar mätvärden. Att mätningen av F/B på 20 m antennen ej visar bättre än ca 20 dB beror sannolikt på reflexioner i bebyggelsen mellan antenn och mätare.

Datafiler för NEC-2 nu på SSA:s hemsida!

Det finns ett antal inmatningsfiler för NEC-2 med tillhörande resultatfiler som är bakgrundsmaterial till denna artikel. Filerna är samlade i en zip-fil som du hittar på SSA:s hemsida på internet.

- Filen heter: Qtc11nec.zip och innehåller följande filer:
 - Fig1.out. Utfiler efter beräkning av horisontell dipol enl fig1.
 - Slop80.nec med Slop80.out. In- och utfiler för 80 m lutande dipol.
 - Gp80.nec med Gp80.out. Filer för 80 m ground-plane antenn.
 - Yi20_40.nec med Yi20_40.out. Filer för 20/40 m yagi.

Filerna finns tillgängliga på SSA:s hemsida på Internet under tre månader.

Du hittar filerna under www.svessa.se

Teknikredaktör

Jan/SM0AQW stöder QTC-redaktören när det gäller tekniska artiklar för att få fram nya artiklar och att granska eller förbättra inlämnat material.

Jan är främst inriktad på allmän radioteknik och elektricitetslära, kortvågsantenn och konstruktions-teknik i allmänhet.

Det finns plats för fler medhjälpare för att täcka upp olika områden, exempelvis specialister på digital teknik eller VHF-antenn.

Adress till tekniska redaktören:

SM0AQW Jan Gunmar
Gamla Ekerövägen 42
178 38 Ekerö
Tel 08-56031996
e-post: jan.sm0aqw@swipnet.se