

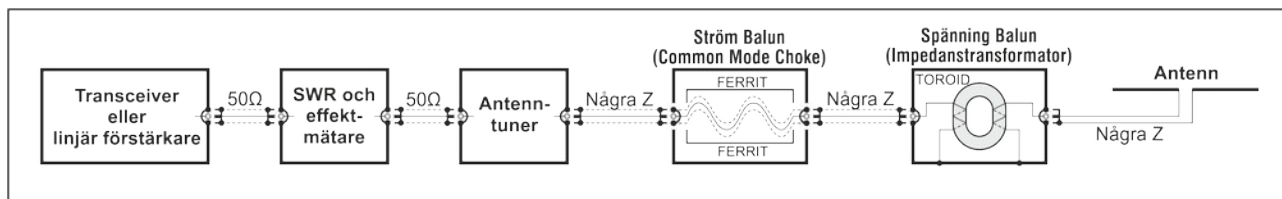
Amatörradio antennsystem

SV9RMU/OH2AXE 2024

Jag skrev originaltexten på engelska.
Detta är en lätt redigerad översättning av den engelska versionen.

Jag har nu väntat i ca 6 månader på att svenska radioamatörer
ska kolla språket och terminologin,
men jag har inte hört något från dem.
Så, åtminstone för tillfället, publiceras detta dokument som det är.

Index	sida	sida	
A. Allmänt	3	D. Baluns och un-uns	36
B. Antenner i allmänhet	4	D.1 Spänningsbalun och -un-un	36
B.1 Lite historia	4	D.1.a Välja kärna för en balun eller un-un	37
B.1.a Antenner	4	D.1.b Balun eller un-un lindning	38
B.1.b Sändare	4	D.2 Strömbalun	39
B.1.c Mottagare	4	D.2.a Bifilar lindning på toroidkärna	40
B.1.d Några tidiga delmål	4	D.2.b Koaxialkabel på toroidkärna	40
B.2 Några grunder för antenssystem	5	D.2.c Ferritrör eller snap-ons på koaxialkabel	40
Våglängdsformler	6	D.3 Hybrid balun	41
B.3 Antennens höjd	9	E. Matningslinjer	41
C. Val och placering av en antenn	10	E.1 Typer av matningslinjer	41
C.1 Trådanterner	13	E.2 Impedans matchning med matningslinjer	42
Trådanternermaterial	13	Hastighetsfaktor	42
Trådanterns löshet	14	Andra matchningssystem	45
Typer av trådanterner	16	F. SWR och sändningseffekt	45
Tråddipolformler	16	F.1 Matningslinjeförluster	46
C.2 "Styva" antenner	20	Dämpningsvärden för några kabeltyper	47
Elementlängder för en multielementantenn	21	F.2 Kablar, kontakter och sändningseffekt	49
a. Vertikaler	21	G. Antenntuners	51
b. Riktantenner	23	Antenntunerkretsar	52
Antennpolarisation	23	G.1 Antenntuner impedans matchningsområde	53
1. Antennmatchningsmetoder ...	23	G.2 Typer av antenntuner	53
2. Roterande dipol	24	H. Antennstapling	54
3. Enkelbands yagi	25	H.1 Stapling av flerbandsantenner	55
4. Flerband yagi	25	H.2 Vertikal stapling av riktantenner för olika band, som HF, VHF och UHF	56
"Skruvmejsel"-antenn	27	I. Elektrisk säkerhet i en radioamatörstation ..	57
Yagi antenn bomeffekt	27	I.1 Skydd mot farliga spänningar	57
VHF- och UHF-riktantenner	27	I.1.a Mekaniskt skydd	57
Spiralantenner	28	I.1.b Säkerhetsjordning	57
Log-periodisk antenn	29	I.2 Skydd mot blixtnedslag	58
C.3 Andra typer av antenner	30	J. Förkortningar	58
Avstämnda slingantenn	30	J.1 Formelsymboler	59
Konisk monopol	31	J.2 Multiplikatorer	59
Discone antenn	31	J.3 Symboler för värden	59
EH antenn	31	J.3.a Mekaniska mått	59
C.4 Antennstöd	31	J.3.b Grundsymboler för elektriska värden	60
C.5 Antennrotatorer och antennriktning	32	J.4 ITU frekvensområden	60
C.5.a Hitta exakt norr eller söder	32	K. Efterord	61
Skillnad mellan geomagnetiska och geografiska riktningar	32		
C.5.b Hitta antennriktningar till hela världen	34		
C.5.c Rotator och antenninstallation ..	35		



Exempel på ett antenssystem

A. Allmänt

För att reda ut saker redan från början: Jag har varit radioamatör i över 50 år och professionellt är jag elektronikdesigner. Jag fick min utsläppscertifikat för radio- och TV-system 1970. Mer information om min nuvarande situation som radioamatör finns (på engelska) på min qrz.com-sida: <https://www.qrz.com/db/sv9rmu>.

Med ett "antenssystem" menar jag allting mellan transceiverns eller linjära förstärkarens antenntontakt och antennen, inklusive SWR/effektmätare, matningslinje, antenn matchningssystem (tuner), balun(er), själva antennen och alla anslutningar mellan olika utrustningar och delar. Du kanske inte har eller behöver alla delar i exemplet ovan. Eller kanske du har några extra utrustning.

Jag har försökt att samla praktisk information och personliga erfarenheter om antenssystem i detta dokument. Jag försöker också reda ut några vanliga missförstånd som cirkulerar om antenssystem. Jag går inte för djupt in i de finare aspekterna av antenndesign och försöker hålla matematiken på ett minimum och så enkelt som möjligt.

Det verkar som missuppfattningar om antenner och antenssystem är rikliga i vissa delar av amatörradiogemenskapen. Av någon anledning tas ett mer eller mindre funktionellt antenssystem för en station som en universell regel. För det mesta gäller dessa "regler" bara för just den stationens antenssystem. Generellt kan en antennuppsättning av en amatörradiostation inte direkt kopieras till en annan station på grund av olika omgivningar, utrustning, material osv. **Så man måste alltid tillämpa de grundläggande vetenskapligt bevisade tekniska fakta på sitt eget antenssystem och sedan göra justeringar efter behov för just den installationen!**

Det finns verkligen inget mysterium i antenner och antenssystem. De fungerar alltid enligt fysikens lagar. Du måste bara veta vilka dessa lagar är. I det här dokumentet försöker jag förklara några av de viktigaste grunderna för antenner och antenssystem.

Glöm all "misstänkt information" som finns på internet eller sprids i radiokontakter och ta följande förklaringar på allvar. De är baserade på verkliga (uppmätt, när det är tillämpligt) tekniska fakta och stöds av all **tillförlitlig** amatörradio och professionell litteratur, som RSGB och ARRL handböckerna, och till exempel "Reference Data for Radio Engineers" av ITT (utgiven av Howard W. Sams & Co, USA). Jag har den 5:e upplagan (1973) av den manualen.

Detta dokument hanterar endast HF-, VHF- och UHF-antenssystem. Utrustningen, materialen och konstruktionstekniken för mikrovågsantenssystem skiljer sig väsentligt från dom som används på lägre frekvenser.

Anteckning 1! Alla exempel som visas i detta dokument är vanliga, men de utgör inte en komplett lista över alla möjliga lösningar!

Anteckning 2! Som elektronikdesigner litar jag bara på tillverkarens publicerade specifikationer för all elektronik, inklusive allt som har med antenssystem att göra.

Alla bilder och ritningar i detta dokument är bara exempel på olika lösningar. De är inte de enda sätten att bygga eller designa dessa delar.

B. Antenner i allmänhet

B.1 Först lite historia

B.1.a Antenner

Den tyske fysikern Heinrich Hertz byggde de första antennerna 1888 för att bevisa förekomsten av vågor, vilket förutspåddes i James Clerk Maxwells elektromagnetiska teori från 1865. Hertz antennerna var de första (icke-resonanta) dipolerna eller dubbletterna. Hertz har citerats för att ha sagt: "Jag tror inte att de radiovågor jag har upptäckt kommer att ha någon praktisk tillämpning". Jag tror att vi alla har olika åsikter nuförtiden. Från Hertz namnet kommer namnet ("hertz") och förkortningen ("Hz") för frekvens. I engelsktalande länder användes "c/s" eller "cycles-per-second" (cykler i sekunden) för frekvens för många decennier sedan, vilket är exakt samma som Hz. Fram till omkring 1960-talet användes ofta våglängder istället för frekvens, särskilt i rundradiomottagare.

Från 1895 och framåt började Guglielmo Marconi utveckla praktiska antenner för trådlös långdistans telegrafi. Hans antenner var i princip "monopoler" (ungefär som moderna vertikaler i form av "T") med flera ledningar upp i luften och verklig mark som motvikt. Antennteorin har avancerat avsevärt sedan de första dagarna och moderna antenner är inte baserade på de tidiga experimenten.

B.1.b Sändare

Under de tidiga dagarna användes ett gnistgap över antennterminaler som sändare. Högspänningsbågen genererade ett brett band av frekvenser och antennen själv bestämde (dvs. "filtrerade") den "verkliga" sändningsfrekvensen. För att få gnistelektroder att hålla längre utvecklades roterande gnistgap, vilket lade till modulering (enkelton AM) till sändsignalen. Dessa hade ett roterande (motordrivet) hjul med flera gnistelektroder och två stationära elektroder på motsatta sidor. Senare lades olika låg Q L/C-resonatorer till kretsen för att bestämma sändningsfrekvensen. De sända CW-signalerna var mycket breda. -3 dB (halv effekt) signalbredd var till exempel ± 200 kHz från mittfrekvensen. Moderna sändare har inget med en gnistgapssändare att göra.

De första sändarna för sinusvåg (kontinuerlig bärvåg) var:

- 1910 Alexanderson Alternator: Detta är i princip bara en växelströmsgenerator, som har många poler för att kunna generera en VLF-frekvens. En av dessa sändare är fortfarande (2024) i fungerande skick i Grimeton, Sverige, anropssignal SAQ. Den var designad för 200 kW (!) uteffekt. Ett par gånger per år slås sändaren på för att sända speciella CW-meddelanden på 17.2 kHz. Se <https://alexander.n.se/sv/>
- På 1920-talet vakuumrörsändare: Dessa var baserade på återkopplingsoscillatorer som använde triodrör. De skulle lätt kunna moduleras för att överföra ljudsignaler (AM-modulering).
- 1933 första licens för en FM-station.
- I slutet av 1930-talet första analoga svartvita tv-stationer på låga VHF-frekvenser.

B.1.c Mottagare

I de tidiga dagarna användes en "koherer" detektor för att ta emot RF-signaler. Den baserades på upptäckterna av Edouard Branly från 1890. Enheten består av en isolatorkapsel (ofta glas) som innehåller två elektroder med lösa metallspån (eller "pulver") i mellanrummet. När en RF-signal appliceras på enheten fastnar metallpartiklarna vid varandra eller "koherar", vilket minskar enhetens höga initiala motstånd, så att en mycket högre likström kan flöda genom den. Strömmen skulle aktivera en bjällra eller en papperbandskrivare. Koherers metallspån förblev ledande efter slutet av RF-signalen, så enheten var tvungen att "okoheras" genom att mekaniskt knacka på den. Koherer förblev i utbredd användning fram till omkring 1907. Senare ersatte känsligare elektrolytiska eller kristalldetektorer kohererdetektorn. Dessa tidiga kretsar var på sätt och vis de ursprungliga direktkonverteringsmottagarna. Elektronik och mottagarteknik har avancerat oändligt mycket från de tidiga systemen och moderna mottagare har inget med dessa kretsar att göra.

B.1.d Några tidiga delmål

Januari 1900: Första praktiska radiolänk någonsin, etablerad från Hogland ön i Finska viken till Kuutsalo ön nära staden Kotka, Finland (avstånd cirka 40 km). På den tiden var Finland en del av Ryss-

land. Båda stationsutrustningarna byggdes enligt instruktioner från den ryske fysikern Alexander Popov. Sändaren var naturligtvis en gnistgap.

Slagskeppet "General-Admiral Apraksin" gick på grund på Hogland ön i november 1899. När Apraksin befriades från klipporna i slutet av april 1900, hade 440 officiella telegrafmeddelanden hanterats av Hogland ö trådlösa station. Förutom räddningen av Apraksins besättning räddades över 50 finska fiskare, som var strandsatta på ett stycke drivis i Finska viken, efter nöd-telegram som skickades med trådlös telegrafi.

December 1901: Första transatlantiska sändningen av Guglielmo Marconi från Poldhu, Cornwall, England till Signal Hill, St. John's, Newfoundland, Kanada.

April 1912: Förlisning av oceanlinjefartyget Titanic. Gnistgap radiooperatörer på Titanic var inte alls intresserade av isvarningar som skickats av andra fartyg (inklusive Carpathia och Californian) och sa åt dem att "hålla käften". De hanterade bara betalda meddelanden från och till Titanic-passagerare. Dessa operatörer arbetade för Marconi-företaget, inte för Titans ägare, Five Star Line.

11 december 1921: Första transatlantiska amatörradiosändning från 1BCG i Greenwich, Connecticut, USA till Ardrossan, Skottland. 1BGC använde en sändare med 990 W ineffekt (troligen runt 450 W uteffekt) på cirka 1.3 MHz (nära modernt 160 m-band).

11 april 1964: Första fullt framgångsrika transatlantiska 2-vägs amatörradio QSO via EME ("månreflektion", Jord-Måne-Jord) på 144 MHz (2 m band) mellan W6DNG, Long Beach, Kalifornien, USA och OH1NL, Nakkila, Finland.

B.2 Några grunder för antennsystem

Varje radiooperatör (amatör och andra) behöver ett "antennsystem" för att omvandla RF-effekten som genereras av sändaren till utstrålad RF-energi, som kan tas emot av andra stationer. Även en mobiltelefon är en radiosändare, men i så fall sitter antennen inne i luren. Det finns otaliga sätt att bygga ett antennsystem och vissa av dem är mer effektiva än andra. I detta fall betyder effektiviteten hur mycket av sändarens uteffekt faktiskt utstrålas av antennen. **Det finns alltid förluster i antennsystemet:**

- Ett bra antennsystem har en effektivitet nära 100 % (vanligtvis runt 98 %). Så, till exempel, från 100 W sändare, utstrålas 98 W av antennen och endast 2 W går förlorad, mestadels som värme. I detta fall är antennsystemets förluster endast -0.088 dB.
- Ett dåligt antennsystem har mycket lägre effektivitet. Till exempel i ett mycket dåligt fall, från 100 W sändare utstrålas 1 W av antennen och 99 W går förlorad, mestadels som värme. I detta fall är antennsystemets förluster mycket höga vid -20 dB.
- Notera att antennsystemets effektivitet är densamma i båda riktningarna, dvs. för både mottagning och sändning.
- Av ovanstående kan man se att antennsystemets effektivitet ska alltid vara så bra som möjligt, men det beror också på vad du faktiskt behöver. Om du bara vill kontakta några vänner några km bort och inte vill kommunicera med DX, spelar det egentligen ingen roll hur effektivt ditt antennsystem är.

Antennsystemets effektivitet kan minskas av många faktorer, inklusive:

- Matarlinjens (ofta 50 Ω koaxialkabel) inneboende förlust. Detta beror på kabeltyp, kabellängd och frekvens.
- Antennsystemet är inte matchat. Om själva antennen inte har 50 Ω resistiv impedans (ingen reaktans!) måste antennsystemet matchas så att sändaren "ser" en 50 Ω resistiv belastning. Alla de olika matchningskretsarna har förluster.
- Förluster i själva antennen. Detta kan till exempel orsakas av dålig kvalitet eller olämpliga material, dåliga anslutningar mellan olika antenndelar eller till och med dålig antenndesign.
- Antennens höjd över marken. Om antennen är mindre än till exempel 1/4 våglängd över marken kan förlusterna orsakas på två sätt: 1) Den "riktiga" marken är alltid förlustig, så en del av den utstrålade RF-effekten går förlorad som värme i marken. 2) Antennens maximala strålning riktas många grader (till exempel 15° ... 20°) över horisonten, vilket är inte alls bra för DX.
- Antennens närhet till andra ledande material, som el- och telefonledningar, armeringsstål inbäddat i betong, plåttak, regnvattenrännor osv. Även trädgrenar är ledande, speciellt när de är våta. En del av antennens utstrålade effekt kommer att "sugas in" av dem.

- Även om de separata förlusterna ovan (och möjligen andra också) kan vara ganska låga, när de räknas ihop kan den totala förlusten vara betydande. Till exempel:
 - -1 dB total förlust betyder att 20.6 % (cirka 1/5) av sändareffekten går någon annanstans och inte strålas ut av antennen.
 - -2 dB total förlust betyder att 36.9 % (över 1/3) av sändareffekten går någon annanstans och inte strålas ut av antennen.
 - -3 dB total förlust betyder att hälften (50 %) av sändareffekten går någon annanstans och inte strålas ut av antennen.

Det förefaller mig som om många radioamatörer inte har förstått den grundläggande principen för **alla** antenner: För mest effektiv strålning av RF **måste själva antennen vara i resonans**. För en **resonansantenn är den totala längden alltid en elektrisk 1/2 våglängd**, eller en multipel därav. När en antenn är resonant har den ingen reaktans ($\pm j = 0 \Omega$) vid sin matningspunkt, och endast impedansens resistiva del ($R \Omega$) är närvarande. Detta är den viktigaste faktorn för en effektivt strålande **antenn**. Det exakta matningspunktmotståndet är inte viktigt. Det kan vara från några få Ω till flera 100-tals Ω . Sedan, om det behövs, kan matchning till t.ex. 50 Ω matningslinje enkelt göras med en RF-impedanstransformator, ofta kallad "balun" eller "un-un". Ett par exempel på resonansantennerna:

- En mittmatad dipol (eller inverterad V, beroende på fallet) måste ha exakt samma **1/4 våg elektrisk längd** av tråd (eller annan metall) till båda sidor från matningspunkten för att göra den resonant.
- En vertikal antenn måste vara **elektrisk 1/4 våg hög** och den **måste ha** fyra eller fler **1/4 våg elektrisk längd** "radialer" (= RF jord) från matningspunkten för att bilda den andra halvan av dipolen och göra den resonant.

Den exakta **våglängden i fri luft eller rymden** kan beräknas från den exakta frekvensen som: $\lambda = v / f$, där:

- " λ " är våglängd i meter.
- " v " är den "rörliga" hastigheten ("velocity") för RF i luft och rymd. Hastigheten är ljusets hastighet, dvs. 299'792'458 m/s. Det är ganska nära 300 000 km/s.
- " f " är den exakta frekvensen i Hz (**inte MHz!**).
- För antennenberäkningar kan formeln förenklas till:
 - Våglängd i **meter** = **300 / MHz** med minst tre (3) decimaler
 - Våglängd i **foot** = **984 / MHz** med minst tre (3) decimaler
 - Det resulterande felet är extremt litet och har ingen betydelse för praktisk antenntdesign.
 - Observera att formlerna ovan resulterar i en hel våglängd, så dividera resultatet med 2 till exempel för en dipol.

Elektrisk våglängd är inte detsamma som RF-signalens våglängd över luften! Alla andra material, som antennens ledning, koaxialkabel, parallell linje osv. saktar ner signalhastigheten. **Frekvensen** förblir alltid densamma, vilket gör våglängden kortare när mätt i meter. Skillnaden mellan luftvåglängd och elektrisk våglängd är materialets **hastighetsfaktor** (velocity factor) och uttrycks som ett procenttal eller decimaltal i förhållande till den fria luftens våglängd. Den fysiska (= elektriska) våglängden behövs för alla typer av antennsystemberäkningar, som antennelementlängder, matningslinjelängder, avstämningssstublängder och positioner, matningslinjelängder för impedansmatchande sektioner osv. Ett par exempel för några materialer:

- Fri luft och rymd: 100 % eller 1.00
- Dipolantennens tråd: ca. 95 % eller 0.95, men behöver vanligtvis justering upp- eller nedåt.

När det gäller antennerna själva, förutom våglängden beräknad från frekvens, påverkar många andra faktorer den elektriska längden och positionen för deras element, som:

- Elementtjocklek (i delar av våglängden).
- Närhet till andra element (reflektor(er), direktör(er), element för andra band) i flerelementsantennerna.
- Elementinstallationsmetod till bom (isolerad, ansluten, genomgående osv.).
- Närhet till jord (verkligt och/eller jordplan).
- Närhet till andra ledande material (el- och telefonledningar, mast eller torn, plåttak, ränna, vattenrör osv.). Även trädgrenar anses vara ledande RF-mässigt, särskilt när de är våta.
- Element avsmalnande.
- osv.



Att designa ett multielement och speciellt en multibandsantenn är ett jobb i sig. Tidigare har antenner designats med enkla penna-och-papper beräkningar (eller med hjälp av en linjal, se bilden ovan av min sista) och "klipp-och-försök"-metoder, vilket tog mycket tid (månader eller till och med år). Det gav inte alltid bästa möjliga resultat, eftersom designern var slutligen tvungen att bestämma sig att antennen var "tillräckligt bra". National Bureau of Standards of USA (NBS, nationella standardiseringsbyrån) gjorde ett stort experimentellt arbete för att dimensionera yagi-antenner. Deras rapport publicerades 1976 - se till exempel:

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/TN/nbstechnicalnote688.pdf>

Antenner baserade på den rapporten byggs även idag (2024). Lyckligtvis finns det numera datorprogram (antennsimuleringsprogram) tillgängliga för detta ändamål, vilket förenklar (och påskyndar) designprocessen mycket. Generellt sett stämmer de simulerade resultaten mycket bra även i verkligheten, så länge som alla inställningar i programmet görs enligt antennens faktiska konstruktion och installationssituation, som materialer och deras tjocklekar, installationshöjd, marktyp/ledningsförmåga osv. Jag har designat ett antal olika antenner och antengrupper för HF och VHF med hjälp av den kostnadsfria program MMANA-GAL (tillgänglig från <http://gal-ana.de/basicmm/en/>) och inga ändringar har behövts efter att ha byggt antenner. Det finns många andra antennsimuleringsprogram tillgängliga, som EZNEC, NEC-Win Pro, 4nec2 osv.

Kommersiella antenner av hög kvalitet kan vara ganska dyra på grund av de otaliga timmarna av design- och testarbete som krävs och på grund av att man använder material av hög kvalitet. **Du kommer att få vad du betalar för!** När jag var i skolan 65 år sedan, brukade min matematiklärare säga: "en fattig man har inte råd att köpa billigt". Var mycket försiktig med antenner som säljs på e-bay och andra liknande ställen. Se till att du förstår vad de säljer. Och kom ihåg att det inte finns något sätt att veta, om säljaren berättar allt om antennen och vad han/hon säger är faktiskt sant!

En antenn kan normalt endast vara resonant på en (1) frekvens, så till exempel en **resonansdipol** är enkelbandsantenn, som är resonant mer eller mindre i bandets centrum, med någon reaktans (SWR) vid bandkanterna. Förhoppningsvis är reaktanserna tillräckligt låga, så att antennens SWR-bandbredd (till exempel 1.2:1 eller 1.5:1 max.) täcker hela bandet. Detta gäller alla frekvenser från botten av 160 m till VHF, UHF och vidare. Om man avviker från den elektriska $\frac{1}{2}$ våglängds dimensionen är antennen inte resonant och har alltid någon reaktans (+ eller - j Ω) vid matningspunkten. I så fall ska trådan antennen inte kallas en "dipol", utan en "dubbel". Någon form av L/C-matchningskrets krävs då för att annullera reaktansen och utföra matchningen till **50 Ω resistiv för sändaren**. Matchningskretsen kunde vara fixerad för en specifik antenn eller en "antenn-tuner". **Observera att ibland är också dessa L/C-matchningskretsar ganska smalband och kanske inte täcker ett helt HF-amatörradioband med samma inställningar.**

Antennens reaktans- och motståndsfelmismatch visas av en **SWR-mätare** som ökad SWR-avläsning högre än 1.00:1. "SWR" betyder "Standing Wave Ratio" ("stående vågförhållande").

Om SWR-mätaren (eller faktiskt dess **mätbrygga**) är placerad till exempel bredvid transceivern eller till och med inne i den, som ofta är fallet, och antennen är ansluten till den med en längd av koaxialkabel, den SWR som SWR-mätaren visar, är i icke-matchad situation nästan aldrig SWR för själva antennen. Detta beror på att **allt mellan SWR-mätaren och antennen, inklusive matningslinjen, L/C-matchningskretsen, balun, kontakter osv., fungerar som impedanstransformatörer**. Det är en av anledningarna (utöver ökade matarlinjeförluster osv.), varför antennens impedans som "setts" vid antennänden av matningslinjen (med eventuellt en balun mellan antenn och matningslinje) alltid bör vara densamma som den för matningslinjen. Undantag från denna regel kan göras med vissa typer av flerbandsantenner, som matas med högimpedans (och lågförlust) matningslinjer, såsom parallell linje eller öppen tråd linje. Observera att en standard 50 Ω SWR-mätare inte kan mäta SWR i en högimpedanslinje. En speciell SWR-mätare måste byggas för det ändamålet.

Å andra sidan, vad gäller sändaren, bör den alltid "se" mer eller mindre en 50 Ω impedans. De flesta sändare och transceivrar kan faktiskt arbeta med full effekt till minst 1.5:1 eller 2.0:1 SWR. Detta innebär att impedansen "sett" av sändaren kan vara 33 ... 75 Ω (1.5 SWR) eller 25 ... 100 Ω (2.0 SWR). I många fall reduceras sändningseffekten automatiskt av sändarens interna skydd, om SWR överskrider värdet som är designat i den utrustningen.

I allmänhet gäller det, att ju fler element en antenn (yagi, quad osv.) har, desto smalare är dess SWR-bandbredd. Detta beror på att varje antennelement är en slags bandpassresonator och naturligtvis fler resonatorer betyder smalare "filterbandbredd". Precis som i ett L/C-filter. Det är dock möjligt att designa riktantenner (yagi, quad osv.) så att deras bandbredd är tillräckligt bred för att täcka hela bandet med tillräckligt låg reaktans (= SWR) vid bandkanterna. Detta görs genom att justera längderna och positionerna för parasitiska element (reflektor, direktörer) för att uppnå önskat resultat. Detta liknar diffus stämning ett multi-resonator bandpass L/C filter. Av detta följer dock att t.ex. antennförstärkningen inte kan vara lika bra som den skulle vara med en enstaka resonansantenn. Förstärkningsminskningen är vanligtvis bara i -0.1 ... -0.2 dB-området, så något lägre förstärkningen kompenseras rikligt av bredare bandbredd.

Många olika typer av flerbandsantennor (med trap, parallella element osv.) har konstruerats för HF-bandet, men de är alltid kompromisser mellan olika antenntparametrar, som impedans och förstärkning på olika band, effekthantering, mekanisk styrka osv. "Slumpvis längd" trådentennor (dipol, dublett, OCF, ändmatad osv.) används också mycket för att täcka många (eller alla) HF-amatörradioband. Dessa matas vanligtvis med högimpedans parallell linjer och en antenntuner används för matchning.

Vänligen förstå att förstärknings- och SWR-siffrorna som ges av kommersiella antenntillverkare kanske inte stämmer i verkligheten, eftersom till exempel:

- Det finns inget sätt att veta hur och i vilken typ av installation de har mätt antennen (inklusive dess strålmönster).
- Har de gjort några verkliga mätningar? Eller är de publicerade värdena kopierade från någon antenntsimuleringsprogram, där inställningarna gjordes för bästa möjliga antenntprestanda oavsett installation?

Faktum är att **fysikens lagar begränsar den tillgängliga effektförstärkningen** för alla antenner av specifik storlek och form. **Det finns ingenting som heter en "mirakelantenn"!** Ett par **dåliga** exempel:

- Någon sålde antenner som hade 1.0:1 SWR från 1.5 MHz till 30 MHz. I verkligheten dessa antenner utstrålade eller mottog inte mycket, eftersom de var bara konstgjorda belastningar med ett 50 Ω motstånd över matningspunkten av en orimligt kort radiator.
- En riktantenns förstärkning specificerades orimligt hög när den installerades på en specificerad (låg) höjd över marken. Nåja, till en viss grad kan den angivna förstärkningen vara sann på grund av markreflektion, men vad de glömde att säga var att max. strålningen var cirka 12 till 15 grader över horisonten, vilket är inte alls bra för DX.

För att ha en enda tillförlitlig referens för jämförelse bör alla antenntspecifikationer endast anges för "fritt utrymmes installation", eftersom det är den enda konstanten som gäller alla antenner. Tyvärr är det ofta inte så. Ett allmänt uttalande som är tillämpligt på varje **antenntinstallation** bör aldrig göras. En antenntillverkare kan inte gissa installations situationen på ingen av sina kunders stationer. Oräkneliga faktorer påverkar alla antennters prestanda vid den slutliga installationsplatsen.

Många flerbandsriktantenner har olika antal element för olika band, men de annonseras ofta endast med det totala element antalet. Det ger definitivt ett felaktigt intryck för potentiella köpare (fler element betyder mer förstärkning, i teorin). När du uppskattar den här typen av antenntens verkliga förstärkning, räkna inte det totala element antal, eftersom de inte alla används på alla band. Räkna endast de element som används för varje band separat. Dessutom är en multibandsantenn alltid en kompromiss, eftersom elementen i oanvända band laddar/avstämmer det använda bandets element, så alla elementlängder och positioner måste ha justerats under antenntens designfas. Detta innebär nästan alltid att någon antenntparameter (förstärkning, F/B-förhållande, SWR, strålmönsterform osv.) måste ha balanserats för att få antennen att fungera på alla avsedda band. I praktiken har en flerbandsriktantenn vanligtvis mindre förstärkning än en enkelbandsantenn med samma antal (band) element.

Som en tumregel: En 2 element yagi ger ungefär 3 dB effektförstärkning och en 2 element quad ca. 6 dB effektförstärkning, båda över en resonansdipol ("dBd"). Varje gång du **fördubblar element antalet** (oavsett form) får du ytterligare 3 dB mer förstärkning. Så för 4 element yagi skulle förstärkningen vara cirka 6 dBd och för 4 element quad cirka 9 dBd. Detta är inte särskilt exakt och den verkliga förstärkningen för just dessa antenner är något (1 - 2 dB) högre, men du kommer att få det uppskattade förstärkningsvärdet tillräckligt nära för jämförelse.

I antenner med någon förstärkning (inklusive till och med en tråddipol) uppnås den ökade utstrålade effekten till en riktning alltid genom att minska strålningen till andra riktningar, eller "genom att flytta den utstrålade ef-

fekten från andra riktningar till huvudriktningen". Det görs genom elektrisk fasning av antennens element, dvs. genom att justera elementens längder och positioner.

För att rensa några möjliga förväxlingar med "dB"-värdena finns det en enkel tumregel:

- +3 dB (eller helt enkelt "3 dB") betyder att antennens utstrålade effekt **mot maximum i strålningsmönster** är exakt 2 gånger sändarens uteffekt.
- +6 dB (eller helt enkelt "6 dB") betyder att antennens utstrålade effekt **mot maximum i strålningsmönster** är exakt 4 gånger sändarens uteffekt.
- Och så vidare. Varje gång ytterligare +3 dB läggs till förstärkningen fördubblas den utstrålade effekten **mot maximum i strålningsmönster**.
- När det gäller antenner är **"dB"-värdena alltid effektförstärkning** (eller förlust vid negativ dB, som "-3 dB"), inte spänning eller strömförstärkning. Formeln för att beräkna den utstrålade effekten för andra förstärkningsvärden (dB) är: $P_2 = P_1 \times 10^{(dB/10)}$, där:
 - "P2" är antennens utstrålade effekt **mot maximum i strålningsmönster**.
 - "P1" är sändarens uteffekt som når antennen (dvs. minus matningslinjeförluster osv.).
 - "dB" är effektförstärkning (eller förlust) i dB.
- Observera att för beräkningar av effekttöknig (eller minskning) spelar det ingen roll hur dB-värdena anges:
 - "dB" = Tillverkaren har inte specificerat referensen för förstärknings "mätning".
 - "dBd" = Förstärkningen är specificerad i förhållande till förstärkningen av en resonans 1/2 våg dipol.
 - "dBi" = Förstärkningen specificeras i förhållande till förstärkningen för (imaginär) isotrop antenn.
 - Förstärkningen i "dBd" är **alltid** +2.14 dB högre än förstärkningen i "dBi" **mot maximum i strålningsmönster**. Om en antenntillverkare påstår något annat, kan det han/hon säger inte vara sant!
- **"Riktning mot maximum i strålningsmönster" kan, åtminstone i teorin, vara till vilken riktning som helst från mitten av en sfär**. Det är inte nödvändigtvis den önskade riktningen mot horisonten.
- Observera också att förstärkning (eller förlust) värdena gäller i båda riktningarna, dvs. antenntförstärkningen är densamma till och från strålningsmönstrets maximum för både sändning och mottagning.

B.3 Antennens höjd

I allmänhet bör en **horisontell antenn** (tråd eller riktad) installeras så högt som möjligt för att ha låg vertikal maximal strålningsvinkel. Ju lägre en antenn är, desto högre är dess vertikala strålningsvinkel över horisonten. Antennhöjden bör vara minst 1/4 fria våglängder över marken eller någon form av metall (som jordplan, armeringsstål etc.) under antennen. Det vore bättre att ha höjden minst 1/2 våglängder för lägre strålningsvinkel och bättre DX.

Antennhöjden kan dock representera praktiska problem, speciellt på lägre HF-band (160 m - 30 m). 1/4 våglängd för 160 m band är ca 40 meter och 1/2 våglängd ca 80 meter! För 80 m band är 1/4 våglängder ca 20 meter och 1/2 våglängder 40 meter! För högre HF-band (20 m - 10 m) kan antenner vanligtvis installeras tillräckligt högt med hjälp av rormaster eller torn. På VHF- och UHF-band är antennhöjden i allmänhet inget problem, eftersom de enkelt kan installeras flera våglängder höga. Till exempel för 2 m band är 5 våglängder cirka 10 meter och för 70 cm band är 10 våglängder cirka 7 meter.

I grund och botten ökar markreflektionen för en antenn installerad på "låg" höjd (i våglängder) den vertikala vinkeln för maximal strålning många grader (till exempel 10° - 15°) över horisonten, vilket inte är så bra för DX. Det kan också öka antennens strålningsförstärkning mot maximal strålning. Det beror mycket på jordtyp, inklusive dess ledningsförmåga. Den vertikala vinkeln för maximal strålning bör hållas så låg som möjligt (helst mot horisonten) för DX-kontakter. Jonosfärreflektionen (för HF) eller andra reflektionsmedel (för VHF, UHF och uppåt) är vanligtvis som bäst, när signalens ankomstvinkel är så ytlig som möjligt. Observera att det inte är någon idé att försöka ha den vertikala strålningsvinkeln under horisonten, eftersom jorden kommer att blockera signalen. Inte för DX-kontakter i alla fall.

Vertikala antenner installeras vanligtvis på marken, eller ibland lyfts de på någon höjd med hjälp av en stödmast. På grund av det jordplan de kräver är den vertikala strålningsvinkeln ganska låg, vanligtvis runt 3° - 5° över horisonten.

Höjden på din QTH (över havet) kan ha en betydande effekt på avståndet till horisonten. Ju längre bort horisonten är, desto grundare är ankomstvinkeln till reflektionsskiktet, vilket innebär betydligt bättre signaler till och från en DX-station. Till exempel:

- 20 m hög antenn vid havsnivå: horisonten är cirka 16 km bort.

- 20 m hög antenn från marken på 100 m över havet (min antennhöjd här på Kreta): horisonten är ca 39 km bort.
- 20 m hög antenn från marken på 200 m över havet (min radioamatörväns antennhöjd här på Kreta): horisonten är ca 53 km bort.

Så som du kan se ovanifrån, ju högre din QTH är placerad, desto längre bort är horisonten och desto bättre signaler för DX-kontakter kommer du att ha. Detta förutsätter naturligtvis att din antens maximala strålning är mot horisonten och att det inte finns något på vägen mot horisonten (som byggnader, kullar eller berg) som blockerar eller reflekterar signalen. Avstånden ovan beräknades på:

<https://www.ringbell.co.uk/info/hdist.htm>.

I allmänhet är "överhoppningsavståndet" på HF-band runt 3000 ... 6000 km, beroende på reflektionsskiktets höjd vid en viss riktning och tidpunkt. Höjden varierar konstant (150 ... 800 km). "Överhoppningsavståndet" betyder ett enda hopp av radiosignal från TX-stationen till nästa punkt den träffar jorden:

- Ofta kan signalen hoppa flera gånger mellan jorden och jonosfären innan den når mottagningsstationen, och varje hopp är inom det avstånd som nämnts ovan.
- Om man inte kan kontakta en station i ett önskat (avlägst) område, kan DX-kontakten ibland göras genom att vrida antennen i motsatt riktning. Detta kallas "långväg spridning" (long path), eftersom signalerna går den längre vägen runt jorden.
- I vissa (sällsynta) fall kan signalen till och med cirkulera hela jorden en eller flera gånger, i vilket fall den sändande stationen kan ta emot sin egen fördröjda signal (särskilt i CW). Dessa signaler kallas "långt fördröjda ekon" (long delayed echo).

På grund av jonosfärreflektion finns det på HF-band ofta en ganska stor "död zon" (dead zone) ungefär halvvägs av överhoppningsavståndet (centrum ca 1500 ... 3000 km bort). Detta beror på att den överförda "markvågen" (ground wave) inte kan nå så långt och "himmelvågen" (sky wave) hoppar över det området. Där kan alltså inga kontakter tas. Storleken och platsen av "dödzonen" varierar mycket, beroende på allmän RF-signalspridning.

C. Val och placering av en antenn

Generellt sett spelar det ingen roll vilken typ av antenn du har så länge du kan mata in RF-effekt i den och kan ta emot andra stationer med den. Varje antenn är alltid 2-riktad, dvs. det fungerar för både sändning och mottagning. Mer eller mindre vilken matchad antenn som helst (även en liten avstämd rörslina) kan utstråla den sända effekten ganska effektivt, men för att ta emot en större (dvs. normal) storlek antenn, som en tråd eller dipol, är ofta bättre på grund av dess större "fångstområde". För tävling och seriöst DX-arbete det inte kanske räcker, och en riktad, roterande förstärkningsantenn behövs.

För de flesta av oss är vilken typ av antenn vi kan installera och dess installationsplats begränsad av andra faktorer än själva antennen. Till exempel:

1. **Tomtstorlek.** Vanligtvis kan man inte installera en HF-trådsantenn, som är längre än tomtens längsta dimension. Ofta måste den vara ännu kortare än så på grund av hinder (byggnader osv.) och/eller brist på stödpunkter (t.ex. träd). Observera att till exempel en 80 m bands resonansdipol är cirka 40 meter lång och en 160 m bands resonansdipol är cirka 80 meter lång! Om du har en vänlig granne kan det vara möjligt att dra ut antennen åt hans/hennes sida, men oftast är det inte fallet.
2. **Antennens mekaniska storlek** i allmänhet. En flerbands, högförstärkning, riktad, full storlek HF-antenn är mycket större än vissa andra typer av antenner (som vertikaler), och kräver en hel del yta för att installera den (mast eller torn + vajrar). Antennstorleken har också en direkt effekt på dess stödstruktur, på grund av vikt och vindbelastning orsakad av de värsta stormarna i ditt område. I de nordiska länderna kan också snö och speciellt is (= extra vikt och högre vindbelastning) äventyra själva antennen, tornet, rotatorn osv.
3. Eventuella **områdesbegränsningar**. Lyckligtvis har vi inget liknande i Europa, men detta kan vara ett problem i vissa andra länder. I Europa, som licensierad radioamatör, har du alltid lagligt tillåtelse att installera en antenn oavsett vad andra säger, så länge den uppfyller lokala mekaniska och elektriska säkerhetsföreskrifter.

4. **RF-strålningsnivåer** till allmänheten. På HF-band är RF-strålningen i allmänhet inget problem (förutom möjligen för markmonterade vertikaler), även när man använder en linjär förstärkare, men det kan begränsa sändningseffekten och/eller antennförstärkningen på VHF och speciellt UHF och högre frekvenser.

ICNIRP ("Internationella kommissionen för skydd mot icke-joniserande strålning" - "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection") screenar och utvärderar vetenskaplig kunskap och nya upptäckter för att ge skyddsvägledning om icke-joniserande strålning, det vill säga radio, mikrovåg, UV och infraröd. Nationella myndigheter i mer än 50 länder (inklusive Sverige och Finland) och multinationella myndigheter som Europeiska Unionen har antagit ICNIRP:s riktlinjer.

Det finns gratis amatörradioprogram tillgängliga för att beräkna säkerhetsavstånd för RF-strålning för allmänheten. "ICNIRPCalc" av DL9KCE är ett sådant program, som kan laddas ner från: <https://www.iaru-r1.org/about-us/committees-and-working-groups/emc-committee-c7/links-to-emc-resources/>.

5. Din **närmaste familj**. I mitt fall, till exempel, sa XYL "INGEN TORN" med versaler - HI. Så för tillfället har jag en 3 meter hög roterande mast på taket av vårt tvåvåningshus, som stöder en 6-bands HF Hexbeam, matningspunkten för en $16 + 29 = 45$ meter lång OCF dubblet för HF och 2 x 4 element yagi grupp för 2 meter.
6. **Pengar**. Hur mycket pengar man kan/är beredd att spendera för ett antensystem, inklusive själva antennen, dess stödstruktur, matningslinje, eventuell rotator, balun(er), antenntuner osv. Ofta är antenner billigare att bygga i hemma, men det beror på priset och tillgängligheten av behövde material och radioamatörens förmåga och/eller verktyg att faktiskt konstruera antennen.
7. **Störningar för grannar, egen familj osv**. Generellt sett är radio- och TV-störningar inte så stora problem numera för HF-bandssändningar, eftersom få människor lyssnar på AM-radio och alla TV-sändningar är digitala och på UHF (åtminstone i Europa). Men det beror mycket på placering, antenninstallation, intern skärmning och filtrering osv. av radio (FM) eller TV-antensystem och mottagare. ***Så snälla, fråga din familj och grannar om de upplever radio- eller TV-störningar när du sänder.*** Och om de gör det, korrigera situationen, innan relationerna blir värre:
- Jag har sett en digital-TV som slår på och av och byter kanal slumpmässigt bara för att en radioamatör i samma hushåll sände SSB med 100 W på 40 meter. Den tv-apparaten måste ha riktigt dålig skärmning/filtrering för RF utanför tv-bandet. Detta problem löstes genom att installera en annan amatörradioantenn på en annan plats.
 - Jag hade också ett problem eftersom mina WSPR-sändningar med 5 W uteffekt på alla HF-band överbelastade UHF-TV och FM antenn mastförstärkaren och TV:n kunde ta emot ingenting. Dessa enkla bredbands antennförstärkare har endast medelmåttig filtrering för att separera de olika publika sändningsbanden och ingen uppmärksamhet har ägnats åt signaler utanför dessa band (som amatörradio). Det löstes med hemmagjorda L/C-filtrar vid antennförstärkarens ingångarna, som dämpar alla HF-signaler med över -110 dB men passerar genom FM-radio och UHF-TV-frekvenserna med minimal dämpning.
8. **Internetstörningar**. ***Ett stort problem för utstrålad RF***, särskilt på HF-band, kan vara olika nätverksutrustningar, som fasta telefonkablar, bredbands-DSL (Digital Subscriber Line) modem och routrar, Ethernet (LAN) hubbar, switchar, kablar osv., inklusive deras strömförsörjning. Tyvärr är dessa saker nästan aldrig skärmade och filterade tillräckligt bra för att hålla den externa RF-strålningen borta från deras kretsar. Beror på placeringen/avstånden för amatörradioantenn och nätverksutrustning kan resultatet bli till exempel förlorad internetanslutning vid sändning. Det kan ta flera minuter efter avslutad HF-sändning innan nätverksutrustningen har startat om sig själv och internetanslutningen fungerar igen.

I allmänhet finns det inga enkla lösningar på detta problem. Man kan försöka installera clip-on ferritblock på alla kablar in och ut den berörda utrustningen, men det finns ingen garanti för framgång. Ethernet-kablar är ofta inte skärmade (typ UTP = Unshielded Twisted Pair, oskärmad tvinnat par), så det kan hjälpa att ersätta alla med skärmade kablar (typ CAT5 eller CAT6). I värsta fall kan man behöva ersätta den drabbade utrustningen med mindre känsliga.

Observera att den trådlösa (RF) delen av en internetanslutning (Wi-Fi osv.) vanligtvis inte har HF-störningsproblem, eftersom den fungerar på 2.4 GHz- eller 5 GHz-bandet. Problemen är alltid relaterade till den fysiska nätverksutrustningen och deras kablar.

9. **Störningar för amatörradiomottagning.** Det största problemet för att **ta emot** amatörradiosignaler är numera störningar (QRM) som orsakas av chopper nätaggregat. Övertonerna i dessa nätaggregat kan täcka alla HF-amatörband och stör även VHF- och UHF-frekvenser. Denna utrustning är nästan aldrig skärmad och/eller filtrerad tillräckligt bra för att hålla strömförsörjningens övertoner inne enheterna. Till och med alla energisparlampor (lysrör, LED) har chopperströmförsörjning, som kapar nätspänningen direkt till en lägre (eller högre) spänning. Det finns också många andra typer av störningkällor, som dåliga (bågbildning) anslutningar i strömledningar, elektriska (lik- eller växelström) motorer, elektrisk svetsutrustning osv. Icke-tekniska personer är kanske inte ens medvetna om störningen, men det är en riktig problem för alla som använder radiofrekvenser upp till minst 1 GHz.

Ett exempel: Strömförsörjningsenheten på min radiodators monitor (tillverkad av Samsung) blockerade alla HF-frekvenser från 160 m till 10 m band. Jag slängde det nätaggregatet och kör nu monitorn från en linjär 13.8 VDC strömförsörjning.

En annan störningskälla i vissa länder är PLC eller Power Line Connection. Detta är ett system där internet dirigeras till kunder via elnätet. Liknande utrustning används också för att utöka nätverksanslutningar inom samma hushåll. Det har visats många gånger att denna typ av dataöverföring är en stor störningskälla för amatörradiomottagning (och olika myndigheters radionätverk) och kan ha en effekt flera kilometer från själva ellinjen. Det främsta skälet är att elnäten är byggda endast för att överföra 50 Hz växelström till hushåll osv. Det är inte alls lämpligt för någon slags "högfrekvens" (t.ex. 2 ... 30 MHz) överföring och kommer att utstråla dessa frekvenser utan begränsningar. På grund av störningarna har denna typ av nätverksning lagligt förbjudet i många länder. Jag vet inte om det är förbjudet i Sverige eller Finland.

Ofta vertikala antenner plockar upp mer brus än horisontella, men det beror på. För det mesta plockar balanserade horisontella antenner (som resonansdipol eller inverterad V) upp minsta konstgjorda störningar.

I grund och botten **bör störningen alltid stoppas vid dess källa**. Det finns inget tillförlitligt sätt att stoppa det någon annanstans, för efter att ha lämnat den störande utrustningen sprids störningen på många olika sätt och vägar. Det är relativt lätt att hitta den störande utrustningen i din egen amatörstation eller bostad, bara stäng av olika utrustningar en i taget för att se när störningen försvinner. Men när alla i en stad eller by har dessa utrustningar, blir störningen bara ett kontinuerligt "väsande", som kan vara tillräckligt starkt för att förhindra att någonting tas emot, förutom de starkaste amatörradiosignalerna. Störningen sprids som RF-strålning, men leds också genom el- och telefonledningar mm., som kan också utstråla störningen på radiofrekvenser.

I en amatörradiostation **plockas störningarna alltid upp av antennen**. Den kan inte gå genom transceivers strömförsörjning eller andra strömförsörjningar i stationen. I vissa fall är det möjligt att minska bruset genom att installera clip-on ferritblock i din matningslinje, men ofta hjälper de inte.

Det finns också brusreducerande utrustning tillgänglig (som MFJ 1026, Timewave ANC-4, DX Engineering NCC-2, Wimo QRM-Eliminator, X-Phase QRM Eliminator och andra). Dessa enheter är i grunden diversitetsmottagare som använder två antenner, en "brus"-antenn och den faktiska amatörradioantennen. RF-bruset från en antenn är inverterat och det finns flera inställningar för att uppnå önskat resultat. Därefter kombineras RF-signaler från de två antennerna och resultatet (åtminstone i teorin) är inget brus vid utgången. Beroende på enheten och de antenner som är anslutna till den, kanske den faktiskt inte minskar bruset som förväntat. Dessa enheter installeras alltid mellan antennen/antennerna och stationsmottagaren. De kan dock behöva en extra (extern), mycket pålitlig by-pass-växling för sändning, annars bränns enheten ut i början av den första sändningen. Observera också att justering en av dessa enheter är något av ett jobb och de kommer att kräva återställning mer eller mindre varje gång du byter frekvens eller band.

När störningskällan inte finns i ditt eget hus kan det vara mycket svårt att lokalisera den, eftersom den kan vara ganska långt bort (upp till flera kilometer). Man kunde försöka hitta störningskällan genom att använda en portabel AM- eller SSB-kortvågsmottagare inställd på en annars tom frekvens och gå eller köra runt i närområdet. Det mottagna störningen blir starkare när du närmar dig källan. Om du faktiskt hittar huset, där störningen kommer ifrån, kan dina problem verkligen börja. Beroende på personens mentalitet kanske du kan övertyga honom/henne om att störningen kommer från det huset, men ibland är det inte möjligt och du lämnas på egen hand. I varje land finns det bestämmelser som begränsar strålning och ledning av oavsiktliga frekvenser från all utrustning (inte bara radioapparater). Beroende på ditt land kanske du kan

kontakta myndigheterna och göra ett klagomål. Men om myndigheterna verkligen tillämpar reglerna är en annan fråga.

C.1 Trådantenn

Trådantenn har funnits sedan radions födelse och de är fortfarande mycket populära idag, särskilt för de lägre HF-banden (160 m - 30 m), eftersom de är relativt lätta (och billiga) att konstruera i hemma.

I allmänhet används trådantenn endast på HF (och ibland 6 m) bander. För VHF och uppåt används styva antennelement (aluminium eller annat metallrör/stav, glasfiber osv.). För HF är trådantennerna lättare att konstruera än andra antenntyper, men de behöver minst två stödpunkter. Stöden kan naturligtvis vara träd eller till exempel rormaster.

Teoretiskt sett kan vilken HF-trådsantenn som helst användas även på VHF- och UHF-frekvenser, så länge man kan matcha den och mata in RF-effekt till den. Å andra sidan kan till exempel även en 100 mm spik fungera även på 160 meter, men på grund av den extremt låga matningsresistansen (mycket små delar av $1\ \Omega$) och mycket hög kapacitiv ($-j\ \Omega$) reaktans, det skulle vara omöjligt att matcha. Observera att dessa två extrema exempel är **giltiga endast för den teoretiska elektriska driften** av antennerna. De tar inte hänsyn till hur förlustiga de är för att sända eller hur dåliga de är för mottagning.

För decennier sedan i Finland testade jag för skojs skull hur liten en antenn kunde användas för en 2 m FM-kontakt från Åggelby (Helsingfors) till Lahtis (avstånd ca 85 km). Uteffekten på min radio var 10 W (Icom IC-22) och jag kopplade "antennen" direkt till radions kontakt. Med en 4" (100 mm) järnspik togs kontakten fortfarande, men med en 3" (75 mm) spik fungerade det inte längre.

Antenntråden bör vara koppar- eller kopparbeklädd stål för att minska resistiva förluster. På grund av den så kallade **"skin-effekten"** **"färdas" RF alltid på trådens (eller rörets) yttre yta**, så endast motståndet nära metallytan är viktigt. Koppar har det lägsta motståndet (= minsta förlusten) av vanliga (och ekonomiska) metaller. Lägre frekvenser (som 160 m) tränger in lite djupare i trådens metall och högre frekvenser (som UHF) mycket mindre. Andra metalltrådar (som stål) har mycket högre motstånd och kommer att orsaka signalförluster både för sändning och mottagning. Tråden kan också vara isolerad, som elinstallationsledning. Det gör ingen skillnad på antenndimensioner eller prestanda. Bar (oisolerad) koppartråd oxiderar förstås, men kopparoxid är bara ett mycket tunt lager på trådytan och det är en utmärkt isolator, så RF-signalen rör sig lite mera inne till tråden på grund av skin-effekten och gör ingen skillnad till antennprestanda.

Hur djupt RF:n penetrerar ledarens metall **beror bara på frekvensen och själva metallen. Det beror inte till exempel på ledarens tjocklek eller använda sändningseffekten**. Generellt beräknas högfrequensens penetrationsdjupet (skin depth) i ledaren i en situation där högfrequensström har sjunkit till ca 1/3 av vad den är på ledarens yttre yta. Djupare än så minskar högfrequensströmmen logaritmiskt. Exempelen på penetrationsdjupet nedan beräknades på Internet på:

<https://www.everythingrf.com/rf-calculators/skin-depth-calculator>:

- **1.8 MHz:** Koppar 48.62 μm , Aluminium 61.15 μm
- **7.0 MHz:** Koppar 24.65 μm , Aluminium 31.01 μm
- **21.0 MHz:** Koppar 14.23 μm , Aluminium 17.90 μm
- **30.0 MHz:** Koppar 11.91 μm , Aluminium 14.98 μm
- **50.0 MHz:** Koppar 9.225 μm , Aluminium 11.60 μm
- **145.0 MHz:** Koppar 5.417 μm , Aluminium 6.813 μm
- **435.0 MHz:** Koppar 3.127 μm , Aluminium 3.934 μm
- **1.3 GHz:** Koppar 1.809 μm , Aluminium 2.276 μm
- **2.35 GHz:** Koppar 1.346 μm , Aluminium 1.692 μm
- **3.4 GHz:** Koppar 1.119 μm , Aluminium 1.407 μm

1 μm = 0.001 mm = 0.000 001 m

Som du kan se av ovanstående, kan ledarna som behövs vid de lägsta frekvenserna **teoretiskt sett** vara mycket tunna, t.ex. 0.1 mm, men i praktiken skulle så tunna ledare inte tåla någon form av mekanisk eller elektrisk (sändningseffekt) påfrestningar. Å andra sidan, vid VHF, UHF och högre frekvenser måste ledarna vara relativt tjocka (t.ex. rör), eftersom högfrequensen "färdas" i ett mycket tunnare lager på ytan av ledaren och "tvärsnittet" av metallen som faktiskt användas, måste ökas för att hålla resistiva förluster låga.

Notera! Låt dig inte luras av vissa trådförsäljares påståenden om "högre kvalitet" eller "bättre ledningsförmåga" hos vad de kallar "syrefri koppar". Dessa ledningar är mycket dyrare, men deras konduktivitet (dvs metallens motstånd) är exakt densamma som i vanliga (billiga) koppartrådar och de är inte alls bättre för ingen hushållsbruk, inklusive amatörradioantennerna. Syrefri koppar krävs bara i vissa speciella situationer, som i ett vakuum, och bristen på syre är den enda anledningen att använda den. Inte dess "kvalitet" eller "ledningsförmåga"! Så varför betala extra för något som gör ingen skillnad.

Observera också att längden på koppartråden ändras beroende på varierande temperatur. Längden är kortast vid lägsta temperaturer och längst vid högsta temperaturer. Koppartråden expanderar 1.0000165 gånger sin längd med varje 1°C temperaturökning och krymper 1.0000165 gånger sin längd för varje 1°C temperatursänkning. Detta innebär att antennens resonansfrekvens går ner eller upp med växlande temperatur. Till exempel med 50°C förändring i temperatur, skiftar antennens resonansfrekvens med 0.0825 %, så:

- I en 160 m dipol skiftar resonansfrekvensen ± 66 kHz
- I en 40 m dipol skiftar resonansfrekvensen ± 16.5 kHz
- I en 10 m dipol skiftar resonansfrekvensen ± 4.125 kHz
- Trådexansionen eller krympningen har dock vanligtvis ingen betydelse för antennens funktion på HF-band, eftersom amatörradiobanderna är ganska breda i förhållande till frekvensen och HF-antennerna är vanligtvis inställda för bandcentrum.

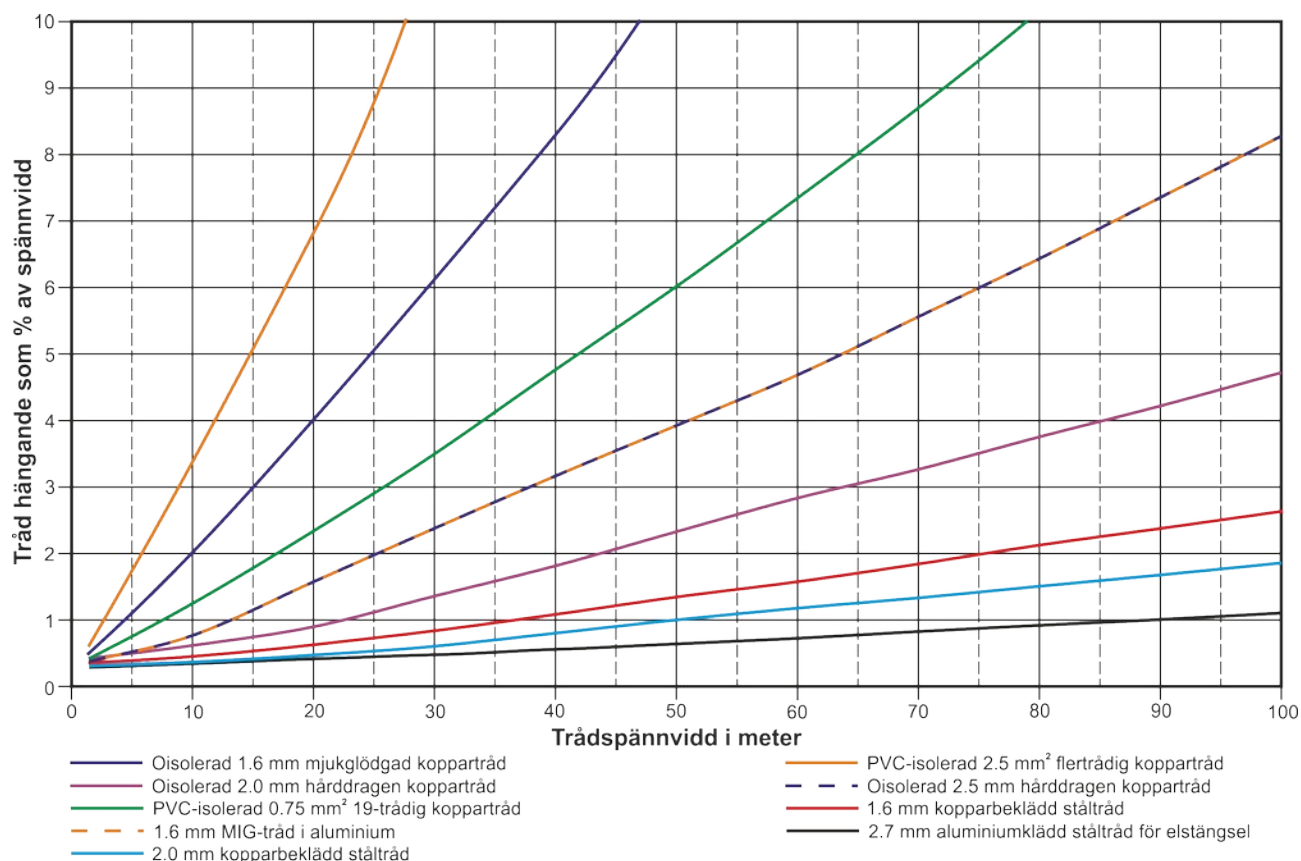
Aluminium **tråd** skulle också vara elektriskt mycket bra (och lättare) för antenner, men det har några allvarliga nackdelar:

- Det är omöjligt att löda med vanliga radioamatörverktyg.
- Det oxiderar mycket snabbt (på en sekund eller mindre i luft), så alla tryckkontakter (som skruvar, klämmor osv.) kopplar ur sig själva på nolltid.
- Den är inte lika resistent mot mekaniska påfrestningar som koppartråd, eftersom den är styvare.
- Den får inte vara i kontakt med någon annan metall, eftersom aluminium bildar ett fint batteri med den (upp till 0.7 V, beroende på annan metall), särskilt när den är våt, och kontakten kommer att korrodera på nolltid. Den andra metallen "emigrerar" till aluminiums yta.

Antenntrådens tjocklek har ingen elektrisk betydelse på HF-band, eftersom det alltid kommer att vara mycket små delar av en våglängd. De enda kraven är att tråden tål de mekaniska påfrestningar (spänningen, vindbelastningen osv.) den utsätts för och att den klarar sändningseffekten utan uppvärmning. Tjockare tråd är förstärkt, men den är också tyngre, vilket man måste ta hänsyn till, speciellt i långa antenner för lägsta band (160 m, 80 m). Enligt min erfarenhet kommer $\varnothing$ 1.6 mm isolerad elektrisk installationstråd, som har en enda kopparsträng, att hålla i årtionden i alla typer av HF-trådsantennerna under alla väderförhållanden, som vid stormar och minst -30° C ... +40°C temperaturer. Den kan också lätt ta minst 1500 W HF-sändningseffekt. Vanligtvis kan antenner konstruerade av tråder, istället av aluminiumrör, klara mycket högre vindar utan att gå sönder.

Dra dock inte antenntrådarna för hårt, annars börjar de vibrera som en gitarrsträng i kraftiga vindar och då kommer de att gå sönder på grund av metalltrötthet. Antenntrådarna ska alltid hänga lite löst och fästas i stödpunkter med längder av UV-beständiga plastrep för flexibilitet. Kurvorna på nästa sida ger en uppfattning om den nödvändiga slack. De beräknades med hjälp av VK2OMDs (Owen Duffy) "Antenna wire catenary calculator" (Kalkylator för antennledning) på <https://owenduffy.net/calc/awcc/awcc.htm>.

VK2OMD:s sajt (<https://owenduffy.net/rigging/sag.htm>) har också kurvor för trådhäng, **men de är för 60 m/s (= 216 km/h = 12 Beaufort) vindstyrka**, vilket är löjligt högt för dessa ändamål. Med största sannolikhet skulle inget amatörradioantennsystem, inklusive antenntöden osv., överleva en sådan orkan!



Observera att de beräknade kurvorna ovan är för:

- 28 m/s (= 100.8 km/h = 10 Beaufort) max. vindhastighet.
- Australien, så de är för relativt höga temperaturer (över +15 °C). De gäller inte för låga temperaturer (ned till -30 eller -40 °C).
- **Fritt hängande** spann av antenntråd.
- Säkerhetsfaktor 3.5.
- Kurvorna tar inte hänsyn till ytterligare snö eller is på antennledningen.
- Kurvorna tar inte hänsyn till extra vikt orsakad av till exempel en koaxialkabel ansluten till antennens matningspunkt.
- Använd därför kurvorna endast som riktlinjer och tillämpa också dina lokala förhållandena för den erforderliga trådnedhängningen.

Hängmängden som behövs för att en trådentenn ska överleva beror på många faktorer, som:

- Antenntråden själv (tjocklek, material). Tjockare tråd är starkare och kopparbäddad stål är starkare.
- **Maximal** lokal vindhastighet. Högre vindhastigheter kräver mer häng.
- **Lägsta** lokal temperatur. Alla metaller krymper när temperaturen sjunker och viss häng måste bibehållas även i de lägsta lokala temperaturerna (ned till -30 ... -40 °C i Norden). Snö och is på antenntråden kan öka dess vikt en hel del.
- "Styvhet" av antenntöds. Träd svajar mycket i hårda vindar. Master och torn rör sig inte mycket i hårda vindar, men det beror på deras stödkablar. Vissa människor föreslår att man använder en remskiva med tyngd lina för att hålla antennen under spänning, men erfarenheten har visat att repet inte håller så länge, speciellt i trädstöds, på grund av konstant rörelse. Den går sönder och antennen faller ner.
- Man bör överväga det faktum att alla olika faktorer som påverkar trådentenns överlevnad kan uppträda samtidigt.

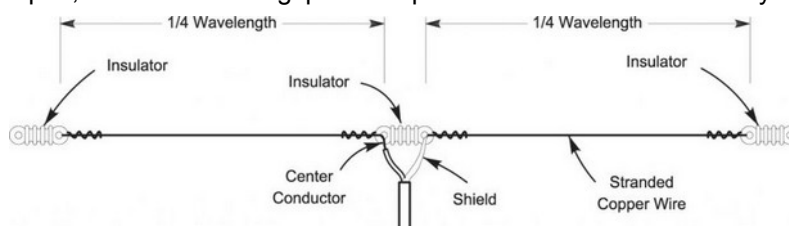
För VHF, UHF och högre frekvenser måste man i allmänhet använda mycket tjockare antennledare (vanligtvis rör), till exempel Ø 6 mm ... 12 mm, för att minska motståndet för RF-signaler. På grund av skin-effekten "färdas" RF på ett mycket tunnare lager från metallens yttre yta, så "tvärsnittet" av metall, som faktiskt används av RF, måste ökas för att hålla de resistiva förlusterna nere.

Alla anslutningar till en trådanterenn **måste lödas**. Alla typer av tryckanslutningar (skruvar, klämmor, osv.) kommer att rosta eller oxidera med tiden och kontakten kommer så småningom att gå förlorad. Det skulle också vara en bra idé att täcka alla lödfogar med krympslang, självsamlende gummitejp eller silikon.

En trådanterenn med slumpmässig längd kan fungera nästan lika bra som en resonansdipol, men till skillnad från en dipol kan den användas på flera (eller alla) amatörradio HF-banden.

Det finns många olika typer av trådanterenner:

- a. **Centermatad resonansdipol**. Detta är den mest grundläggande trådanterennen för ett enda HF-band, men den kan möjligen användas också på udda multiplar av resonansfrekvens: en 40 m dipol på 15 meter ($3 \times 7 \text{ MHz} = 21 \text{ MHz}$) eller 80 m dipol på 30 meter ($3 \times 3.5 \text{ MHz} = 10.5 \text{ MHz}$). Det kommer inte att fungera på jämna frekvensmultiplar, eftersom matningspunktsimpedansen kommer att vara mycket hög.



"Insulator" = Isolator

"Center conductor" = Mitt tråd (av koaxialkabel)

"Shield" = Skärm (av koaxialkabel)

"Stranded Copper Wire" = Strändad koppartråd

Resonansdipolens teoretiska matningspunktsimpedans är cirka 73 ohm i ledigt utrymme, men eftersom på HF-band de är installerade ganska nära jord (ofta mindre än $1/4$ våglängd) är den faktiska matningspunktsimpedansen närmare 50 ohm.

Ofta installeras en dipol rak, i vilket fall antennen har djupa, smala nollar mot antenntrådarnas ändarna. Det horisontella strålningsmönstret liknar en bred siffra "8" vinkelrätt mot antenntråden. Men för begränsat utrymme och/eller på grund av brist på lämpliga stödpunkter, kan en dipol också installeras i en vinkel vid matningspunkten, antingen lutande nedåt (vilket kallas ett "inverterat V") eller horisontellt. I båda fallen reduceras de djupa nollorna mot antenntrådsändarna och strålningsmönstret blir mer cirkulärt. **Gör inte vinkeln mellan ledningarna mindre än ca 120° , annars blir matningspunktsimpedansen för låg! Installera inte inverterade V-ändar så nära jord att människor kan röra ledningarna. Vid sändning kan RF-spänningen i trådsändarna vara mycket hög, eventuellt flera kV!**

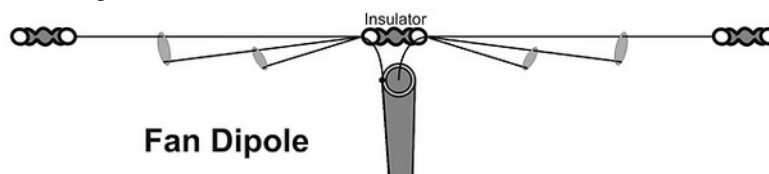
"Standard" formlerna för en dipolantenns totala längd är:

- Längd i meter: $L = 143 / \text{MHz}$ med minst tre (3) decimaler
- Längd i fot: $L = 468 / \text{MHz}$ med minst tre (3) decimaler
- Dela längden på formlerna ovan med 2 för att få längden för varje sida av en dipol.
- **Obs: I de flesta fall måste längden från formlerna ovan justeras**, dvs. antennen måste göras längre eller kortare, eftersom t.ex. antennens höjd över marken också påverkar dess längd. Så gör först antenntråden lite längre (till exempel ca 0.5 eller 1 %), lyft upp antennen och kontrollera SWR. Förkorta sedan båda ändarna lika mycket i små steg, tills du når cirka 1.0:1 SWR.

Normalt är det inte klokt att använda någon form av balun vid en resonansdipols matningspunkt. Det tillför bara förluster till antensystemet. Koaxialkabeln bör dock gå i rak vinkel (90° , vertikalt, horisontellt eller i lämplig vinkel nedåt) från matningspunkten i minst $1/4$ våglängd. Om matningsledningen inte kan vinklas 90° från matningspunkten, bör man använda en 1:1 **strömbalun** (Common Mode-drossel) vid matningspunkten för att stoppa RF från att komma tillbaka till stationen på den yttre ytan av koaxialkabelns skärm. Balunen måste ha tillräckligt hög common mode-impedans (minst 5000 ohm) på den använda frekvensen.

- b. Det är också möjligt att parallellkoppla dipoler för olika band till en enda matningspunkt. Dessa antenner kallas **solfjäder dipoler** eller helt enkelt **parallella dipoler**. Eftersom ledningar för ett band är laddade och avstämda av ledningarna för alla andra band, kan man inte använda standard dipolformeln. Det krävs oftast en hel del trimning och justeringar för att antennen ska fungera så bra som möjligt. Och självklart

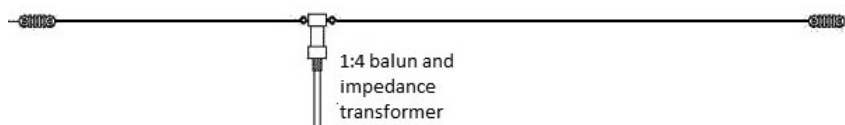
måste justeringarna göras för antennens slutliga installationshöjd, så en hel del höjning och sänkning är också inblandad. Närliggande mark avstämmer varje antenn. Även efter alla dom ansträngningar, behövs ofta en antenntuner för den slutliga matchningen. Man kan till exempel använda MMANA-GAL för preliminär antennsimulering.



"Fan Dipole" = Solfjäder Dipol

- c. **Osymmetriskt matade (OCF = Off Center Fed) antenner.** Dessa är i huvudsak flerbandsantennerna. Antennens matningspunkt kan vara nästan var som helst på trådlängden, men inte för nära ena änden. Det enda kravet är att den totala antennlängden ska vara ungefär $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängd på den lägsta frekvens antennen användas för. Matningspunktsimpedansen varierar beroende på dess position på tråden och beror också på frekvensen. Det är dock möjligt att beräkna en eller flera matningspunkter, som har nästan samma impedans, till exempel 200 eller 300 ohm (**inte 50 ohm!**), på alla band som antennen används för. Då skulle bara en balun (1:4, 1:6, 1:9 eller vad som helst) behövas för att matcha den till 50 ohm. Det kan dock fortfarande behövas en antenntuner för att matcha antennen med sändarens 50 ohm utgång på alla band. Det finns gratis kalkylatorprogram på internet för just detta ändamål. Jag har med framgång använt DLØHST:s "Stromsummen-Antennen-Berechnung" ("Current sum antenna calculation") program, tillgänglig på: <https://www.dl0hst.de/stromsummenantennenberechnung.htm>. Programmet är på tyska, men inte svårt att förstå.

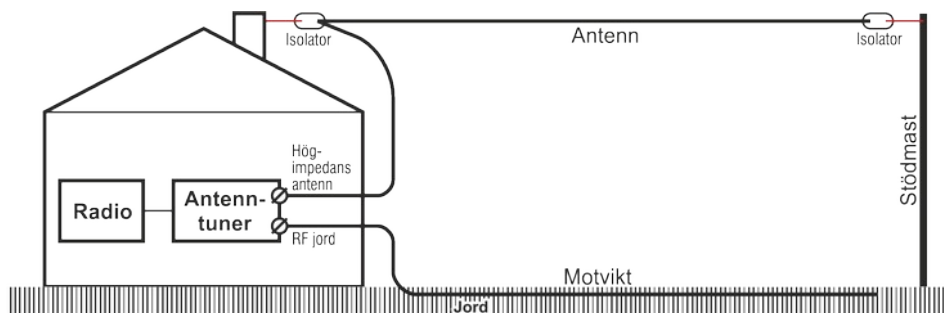
"1:4 balun and impedance transformer" = 1:4 balun och impedanstransformator



För tillfället har jag en $29 + 16$
 = 45 m lång OCF-dublett vid min QTH för alla HF-band (160 m till 10 m). Eftersom den totala längden är för kort för 160 meter, finns det en laddningsspole med bypass-kondensator (detta är inte en trap) i antennens kortare sida. Jag matar den genom en 4:1 hybrid balun på taket och använder en antenntuner för slutlig matchning.

Jag hade också en parallell (4 tråd) OCF-dublett flera år i Finland. Jag designade den så att den var resonant på alla HF-band (160 m - 10 m) och matades med en 600 ohm öppen tråd linje. 160 m bandet hade linjär belastning, så antennens totala längd var densamma som en 80 m dipol. En antenntuner behövdes för slutlig matchning. Den var ganska tung, så den behövde tre (3) stödpunkter, i båda ändar och en vid matningspunkten.

- d. **Ändmatade trådentenner** är i allmänhet flerbandsantennerna. Den totala trådlängden bör vara ungefär $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängd på den lägsta frekvens den kommer att användas för. Den vanligaste formen för en ändmatad tråd är inverterad L. Det spelar dock ingen roll vilken form antennen har. Den kan till och med sicksacka efter behov i det tillgängliga utrymmet. Antennmatningspunkten är i ena änden av tråden (ofta direkt vid antenntunerns kontakt), med den andra änden öppen. En ändmatad antenn kräver alltid en motvikt, dvs. någon form av tråd eller annan metall på eller under jord mer eller mindre under antennen. Motvikten sänker ändmatad tråds matningspunktsimpedans till något som antenntunern (eller sändaren) kan hantera. Annars skulle matningspunktsimpedansen vara mycket hög, möjligen flera kΩ, beroende på frekvens. Antenntunerns (eller transceiver antenntutgångens) jord är ansluten till denna motvikt och RF-signalen till antenntvärden.



- e. **Quad-antenn** är mycket bra riktade trådanterner på HF-band, men de är 3-dimensionella och kan vara ganska stora. Det gör installationen på mast eller torn svårare, eftersom hälften av antennen är lägre än rotatorns antenninstallationspunkt och kan störa stödkablar. Quad-elementen kan vara antingen fyrkantiga eller diamantformade (dvs. roterade 45°), det gör ingen skillnad för antennens prestanda. Fyrkantig radiator matas normalt i mitten av den nedre horisontella tråden. Diamant radiator matas normalt i det nedre hörnet av diamanten. På grund av storleken görs quad-antenn vanligtvis bara för 20 meter och uppåt. De minsta HF-quads har bara två trådelement (reflektor och radiator). Quad radiators totala omkrets är ungefär **en hel elektrisk våglängd**. Reflektorn är lite större och ytterligare direktorer något mindre. Till exempel förstärkningen för en 2 element quad är en hel del högre (ungefär 3 dB) än för en 2 element yagi. Detta beror på att i en quad finns det faktiskt dubbelt så många $\frac{1}{2}$ våg "dipoler" jämfört med en yagi, men drivs genom samma matningspunkt. Trådelementspidarna måste vara av isolerande material. Traditionellt användes bambu på HF-band för dessa, men nuförtiden är glasfiberrör en bättre lösning.



Det är möjligt att konstruera enkel- eller flerbands HF-quads med upp till 4 eller 5 element per band, vilket ger mycket förstärkning (ca 10 till 12 dB över dipol). Ännu större quads (upp till 15 eller 30 element och mer) används på VHF- och UHF-band, men på grund av storleken är de mekaniskt omöjliga att bygga för HF. Vid korrekt dimensionering är varje bands matningspunktsimpedans nära 50 ohm, men: beroende på antenndesign är det kanske inte möjligt att parallellkoppla olika bandradiatorer! En multiband quad kan behöva ett fjärrstyrt växlingsarrangemang (med reläer) i själva antennen, som endast ansluter det använda bandets radiator till 50 ohm matningsledningen. Alla andra radiatorer måste kopplas bort och avstämmas med kortslutna längder av koaxial (eller annan) matningsledning.

- f. Den **riktade HF-trådsantennens** element behöver inte vara fyrkantiga. De har konstruerats med till exempel triangulära deltaslinga (= grekisk bokstav Δ upp och ner) elementer. "Delta"-antennen har lite mindre förstärkning än en quad med samma antal element, men mekaniska konstruktionen kan vara enklare. De två upprättstående diagonala sidorna av slingan kan till och med vara av metall (aluminium osv.) rör, som i parasitiska element inte är isolerat från antennbommen, och de stöder den övre horisontella tråden. Beroende på radiatorns matningsmetod (till exempel gammamatchning) kan också den anslutas till antennbom. Hela antennen är ovanför rotatorns antenninstallationspunkt, så maststödkablarna hindrar inte antennens vridning. Å andra sidan används quads med cirkulära element mycket till exempel på 23 cm band.



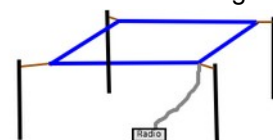


- g. **Hexbeam**-antennerna är i grunden 2 element yagis, men konstruerade med trådar. Den kombinerade formen av radiator + reflektorelement är en hexagon (sexhörning), därav namnet. Antennens förstärkning är lite lägre, men dess svängradie är mycket mindre och den är mycket lättare än fullstorlek 2 element yagi. Den har sex glasfiberspridare och de

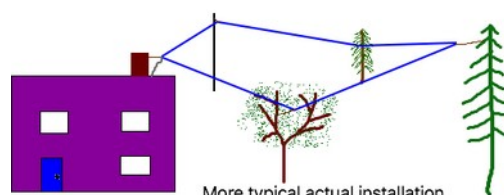
drivna + reflektorelementen bildar en hel "cirkel". Radiator- och reflektorändarna är åtskilda med korta längder av plastrep. De andra radiatorändarna är anslutna till 50 ohm matningsledning.

Dessa antenner tillverkas kommersiellt, vanligtvis för flera HF-radioamatörband, men kan också ganska enkelt byggas i hemma. För tillfället har jag en 6-bands (20 m - 6 m) Hexbeam på mitt tak och det fungerar ganska bra. En Hexbeam är en riktad antenn, så den kräver alltid en antenntrotator.

- h. **Horisontella slingantennerna** är också flerbandsantennerna. De är ganska bra för både sändning och mottagning. Slingomkretsen ska vara **1 hel elektrisk våglängd** för det lägsta bandet som antennen är avsedd för. Så det behövs ungefär 160 meter tråd för en 160 m slinga och 80 meter för en 80 m slinga. Den här typen av antenn behöver minst fyra (4) stödpunkter (en i varje hörn). Slingans form kan vara nästan allting från hel kvadrat till rektangulär till cirkulär, men förhållandet mellan längd och bredd bör inte vara mindre än 2:1. Matningspunkten kan vara på vilken lämplig plats som helst i slingan, till exempel vid en av stödpunkterna. En horisontell slinga behöver alltid en balun vid matningspunkten och en antenntuner för slutlig matchning. Balunens impedanstransformationsförhållande beror mycket på hur högt slingan är installerad, på grund av belastning som orsakas av den verkliga jorden. Högre slingor behöver baluner med högre förhållande (till exempel 9:1 eller till och med 12:1), medan en lägre loop kan vara OK med endast en 4:1 eller 6:1 balun.



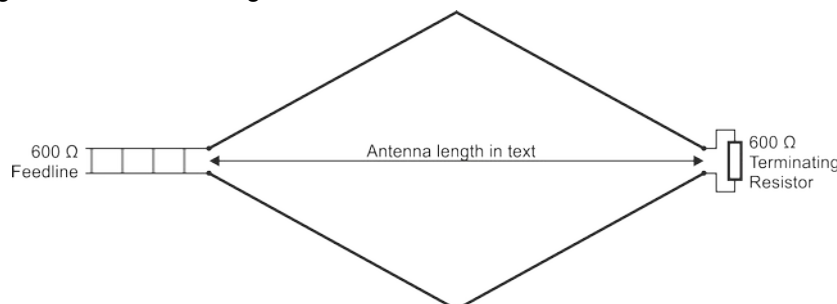
Typical drawing of a horizontal loop.



More typical actual installation

"Typical drawing of a horizontal loop" = Typisk ritning av en horisontell slinga
 "More typical actual installation" = Mer typisk faktisk installation

- i. **Rombiska antenner** är riktade flerbandsantennerna med hög förstärkning. De är dock **väldigt stora**, så de kan inte roteras och är inte särskilt praktiska för amatörradioanvändning. Längden av en rombisk antenn måste vara minst 5 våglängder för att ha någon förstärkning, men vanligtvis är de från 10 till 20 våglängder långa. Så en 20 meter (och högre) band rombisk skulle vara cirka 200 - 400 meter lång! Observera att denna längd är från antennens matningspunkt till den andra änden med termineringsmotstånd och att antennen också har en hel del bredd. Det är inte längden på den rombiska slingans tråd, som skulle vara cirka 3 gånger längre än antennens längd.



"600 Ω Feedline" = 600 Ω Matningslinje
 "Antenna length in text" = Antennlängd i text
 "600 Ω Terminating Resistor" = 600 Ω termineringsmotstånd

För många år sedan byggde jag en vridbar rombisk trådanter för 2 m band, men den var ganska besvärlig och alldeles för stor för den tillgängliga förstärkningen. En yagi med 12 element var mycket bättre.

Första gången jag såg rombiska antenner på 1970-talet vid "Helsinki Radio" sjöfartsradiostation nära Helsingfors, Finland. Det var deras sändningsstation. Mottagningsstationen var placerad cirka 50 km bort för att undvika störningar. De hade flera rombiska antenner i olika riktningar, som täckte ett fält på cirka 1 kvadratkilometer (100 hektar).

- j. **Vertikala trådanter** är i grunden enkelbands 1/4-vågsantennar med ett jordplan på 4 eller fler 1/4-vågsradialer. För permanent installation är vertikaler normala gjorda av metallrör (aluminium), men för bärbar användning är trådversioner mycket mer praktiska. Till exempel kan tråden hissas upp till något slags stöd, som en trädgren. En annan möjlighet är att skaffa en tillräckligt lång fiskespö av glasfiber och fästa tråden *inne* i spön endast i den övre (tunna) änden. Då kan antennen snabbt monteras och demonteras efter behov och är fortfarande enkel att transportera.
- k. Det finns många andra typer av HF-trådsantennar också, till exempel slopers, inverterade Vs, burdipoler, Beverages, T-antennar, spindel- och Moxon-antennar, fasstyrbara dipol grupper, resande våg antenner osv. Ovan har jag bara beskrivit några av de vanligare.

C.2 "Styva" antenner

Med en "styv" antenn menar jag allt som är gjort av rör, stavar eller andra styva material istället för trådar. Det vanligaste materialet för själva antennen är aluminiumrör, eftersom:

- Det är mycket lättare än andra metaller.
- Det är en utmärkt elledare, nästan lika bra som koppar.
- Det finns speciella aluminiumlegeringar tillgängliga i form av rör, stavar osv. som är mycket styvare än ren (mjuk) aluminium och tål vindbelastning mycket bra.
- För UHF- och mikrovågsfrekvenser är aluminium väldigt tyst (för mottagning) på grund av dess inneboende termiska brus är mycket lägre än i andra metaller (som koppar). På HF- och VHF-band gör "tystnaden" ingen skillnad, eftersom det atmosfäriska och andra bakgrundsbruset är mycket högre än antennbrus.
- Aluminium oxiderar väldigt snabbt, men aluminiumoxid är ett väldigt tunt lager på ytan, en utmärkt isolator och ganska hårt, vilket skyddar metallen inuti riktigt bra.

Det finns några nackdelar med aluminiumrör också:

- Aluminium är omöjligt att löda med vanliga radioamatörverktyg.
- Aluminium oxiderar mycket snabbt. Så även anslutningen av två aluminiumdelar måste säkras med skruvar, bultar, klämmor osv. för att säkerställa att kontakten förblir intakt i många år framöver. Beroende på form och hållfasthetskrav på två sammankopplade aluminiumbitar har jag ibland framgångsrikt använt aluminium blindnitar ("Pop" nitar) för att hålla ihop bitarna.
- Den ska inte vara i kontakt med någon annan metall, eftersom aluminium bildar ett fint batteri med den och den andra metallen (oftast stål) kommer att korrodera på nolltid, speciellt om den blir blöt. I praktiken innebär detta att alla 2-metallkontakter med aluminium (bultar, skruvar, klämmor osv.) måste vara väderskyddade på ett eller annat sätt. Jag har framgångsrikt använt rostskyddande färg eller silikon runt alla 2-metallkontakter. Det finns sannolikt andra metoder för att uppnå samma resultat.
- På grund av styvheten kan en yagis aluminiumelement, som är fästa vid bommen i mitten, ha **mekanisk resonans** och börja vibrera i någon vindhastighet. Vinden behöver inte vara så stark. Jag såg detta hända för många år sedan i en 4-element 20 m yagi. Reflektorändarna vispade med mer än 50 cm amplitud och småningom bröt cirka 1 meter av från båda reflektorändarna. Antennen reparerades och för att förhindra samma saken att hända igen, installerades ett tjockt plastrep i längden på alla elementrör. Repet dämpar vibrationerna, men ökar inte vikten mycket.

Styva antenner används på alla amatörradioband, ända upp till mikrovågor. För lägre frekvenser är vertikaler normen, men från 20 m och uppåt är yagis ett vanligt val. För VHF, UHF och uppåt används ofta yagis, men mångelement quads och olika hybridantennar kan också konstrueras av aluminium eller kopparrör osv. med utmärkt resultat. Men: Några finska radioamatörer byggde en full storlek 3-element yagi för 160 m (!) på ett 100 m högt roterande torn på deras tävlingsstation OH8X ("Radio Arcala")! Se till exempel <http://www.radioarcala.com/> och G7VJR:s blogg på <https://g7vjr.org/2013/02/radio-arcala-visit-oh8x-finland/>. Så allt är möjligt med tillräcklig pengar och arbetskraft.

Var vänlig och förstå att alla element i en flerement antenn är fortfarande $\frac{1}{2}$ elektriska våglängds dipoler, men de parasitära elementen (reflektor, direktörer) är anslutna till matningslinjen genom RF-fältet som skapas av det drivna elementet! Det spelar ingen roll vilken form de har eller hur de är installerade. I vissa antenner (som quad, quagi, deltaslinga osv.) kan vissa eller alla elementlängder vara multiplar av $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängd, vilket i praktiken betyder att det finns två eller flera $\frac{1}{2}$ elektrisk våglängds dipoler i serie. I flerements antenner uppnås förstärkningen genom korrekt fasning av RF-signaler i varje element, dvs. genom att göra reflektorn lite längre och direktören(erna) något kortare än det drivna elementet och genom att justera avståndet mellan elementen.

Antennelementets tjocklek börjar att ha liten betydelse redan på 20 meter, eftersom de använda rören måste vara ganska tjocka för att klara de mekaniska påfrestningarna och är en något betydande del av våglängden. På HF-frekvenser är elementrören också ofta avsmalnande för att minska vikten och elementets hängande nedåt (dvs. tjockare rör i mitten och sedan minskande storlekar mot elementändar). Betydelsen av elementtjocklek ökar ju högre i frekvens vi går. Förutom andra faktorer påverkas elementets fysiska längd av dess tjocklek i förhållande till våglängden. I alla fall måste alla rör och alla skarvar i en styv antenn klara alla krafter (inklusive vindbelastning) de utsätts för.

Styva antenner är normalt gjorda för ett specifikt amatörradioband. De är inte "alla band"-antenner. En styv antenn kan dock fås att fungera på flera band genom att använda traps, separata element för olika band eller genom att ha element med variabel längd.

Det finns många olika typer av styva antenner:

a. Vertikaler

På HF-band installeras vanligtvis vertikala antenner på marken, men ibland också förhöjda till någon höjd med ett maströr. På VHF, UHF och högre frekvenser är vertikala antennerna nästan alltid installerade ovan jord.

Fördelen med vertikala antenner är att de är rundstrålande, så de behöver ingen antennotator och vanligtvis är fastigheten som upptas av dem mindre än med vissa andra typer av antenner. Deras nackdel är att man inte kan få ut så mycket förstärkning av dem, speciellt på HF-band.

På VHF och UHF kan den vertikala antennens förstärkning ökas genom att koppla två eller flera $\frac{1}{2}$ vågsektioner i serie och invertera signalfasen vid varje sektionsskarv (= kolineära antenner, collinear antennas). Ett enkelt sätt att göra en kolineär antenn är att använda till exempel 5 till 10 stycken av $\frac{1}{2}$ elektriska våglängdssektioner av 50 ohm koaxialkabel i serie. Korskoppla mitt tråden och skärmen vid varje sektionsskarv. Sedan häng det hela från uppfifrån och mata det genom en impedansmatchande sektion längst ner. Det finns flera andra sätt att uppnå samma resultat. Se detaljerade instruktioner i antennböcker eller internet.

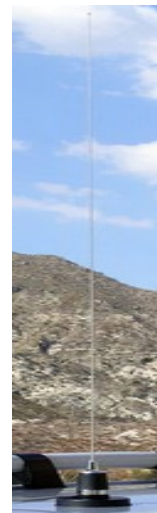
Det finns många typer av vertikala antenner som används ofta:



1. **$\frac{1}{4}$ våglängds vertikaler** är enkelbandsantennerna med ett jordplan av 4 eller fler $\frac{1}{4}$ våglängds radialer.
 - På HF-band är den vertikala delen vanligtvis gjord av aluminiumrör (eventuellt avsmalnande). Jordplanet är ofta gjord av koppar (eller annan metall) tråd på (eller under) jord, eller möjligen förhöjd över marken upp till antennens matningspunkt.
 - På VHF och högre frekvenser kan den vertikala delen vara ett aluminiumrör eller stav. Jordplanet är ofta gjort av aluminiumstavar eller rör som sticker ut från antennens bas.
 - För VHF och UHF mobil användning är den vertikala delen ofta gjord av flexibel rostfri ståltråd eller glasfiberpinne med inre koppartråd och jordplanet är egentligen fordonets plåttak.

2. **5/8 våglängds vertikaler** är också enkelbandsantennerna med ett jordplan på 4 eller fler 1/4 våglängdsradialer.

- 5/8-vågs vertikaler används mest på VHF- och UHF-frekvenser, men kan också göras för högre HF-band. De har förstärkning (cirka 1.5 - 2 dB) i förhållande till en 1/4 våg vertikal, men de är också mycket (2.5 gånger) längre. Denna typ av antenn behöver en matchande spole med uttag mellan den vertikala delen och jordplanet. 50 ohm matarledningen är ansluten till spolens uttag och jordplan.
- På HF-band är den vertikala delen vanligtvis gjord av aluminiumrör (eventuellt avsmalnande). Jordplanet är ofta gjord av koppar (eller annan metall) tråd på (eller under) jord, eller möjligen förhöjd över marken upp till antennens matningspunkt.
- På VHF och högre frekvenser kan den vertikala delen vara ett aluminiumrör eller stav. Jordplanet är ofta gjort av 1/4 våglängds aluminiumstavar eller rör som sticker ut från antennens bas.
- För mobilanvändning på VHF och UHF är den vertikala delen vanligtvis gjord av flexibel rostfri ståltråd eller glasfiberpinne med inre koppartråd och jordplanet är egentligen fordonets tak. I mobilantennerna är den matchande spolen ofta en stålfjäder, som böjs vid körning, och koaxialen kopplas till den med en liten metallklämma.



3. **Flerbands vertikaler.** I princip kan en enkel vertikal HF-antenn användas för flera amatörradioband, precis som en ändmatad trådantenn. Den vertikala delens höjd måste dock vara ungefär 1/4 elektrisk våglängd på antennens lägsta avsedda frekvens. Radialerna måste också vara ungefär 1/4 elektrisk våglängd långa på den lägsta frekvensen som antennen används för. Denna typ av vertikaler kommer alltid att kräva en antenntuner för att matcha impedansen till 50 ohm. Beroende på antennens exakta höjd är det kanske inte möjligt att matcha den på ett eller flera amatörband på grund av mycket hög SWR.

HF vertikala antenner är också gjorda att fungera på flera amatörband genom att använda trapper eller separata linjära avstämningssektioner. Vanligtvis kan denna typ av antenner matas med en enda 50 ohm koaxialkabel.



4. **J-pole** (J-stake) vertikala antenner används numera mest på VHF- och UHF-band, men de har också konstruerats för högre HF-band. Antennen är i princip en ändmatad 1/2 elektrisk våglängd dipol i serie med en 1/4 elektrisk våglängd "öppen tråd linje" kortsluten avstämningssubb (gjord av samma rör som antennen genom att böja den till "J"-form), som matchar antennenimpedansen till exempel för 50 ohm matningsledning. Antennens förstärkning är densamma som i en dipol (dvs. 0 dBd eller +2.14 dBi), vilket är 1 - 1.5 dB mer än i en 1/4 våglängds vertikal. Denna antenn uppfanns 1909 och användes ursprungligen som tyska Zeppelin luftfartygs släpande trådantenn.

5. **HF mobila vertikaler.** Många vertikala antenner har konstruerats för HF-band mobila operationer från 80 meter och uppåt. De är alltid enbandsantennerna. Det största problemet för dem är mycket begränsade höjden för att förhindra dem att slå något under körning (som över hängande trädgrenar, broar osv.). På grund av låg höjd (i våglängder) är dessa antenner inte de bästa för sändning eller mottagning, men är OK för sitt avsedda syfte. Ändå måste även dessa antenner vara **elektriska 1/4 våglängd långa**, så den elektriska längden måste förlängas med en laddningsspole, antingen vid antennens bas eller någonstans i mitten. Ett annat problem är att fordonets metallkaross måste användas för jordplan och i nästan alla fall är den för liten för ändamålet. Fordonets kapacitans till verklig mark hjälper lite med jordplansproblemet, men beror mycket på markens konduktivitet (dvs torr eller våt asfalt, sand, jord osv).

I praktiken orsakar allt detta ganska lågt motstånd (R ohm) och hög reaktans (-j ohm) vid antennens matningspunkt, så någon form av justerbar L/C-matchningskrets måste placeras vid antennens bas. Den låga matningspunktsimpedansen gör också att RF-strömmarna vid anten-



nens matningspunkt är mycket höga och speciellt jordanslutningen till fordonets kaross måste bindas extremt väl med kortast möjliga längd av **tjock** tråd. Någon form av bred kopparfläta (liknande koaxialkabels skärm) används ofta för detta ändamål.

De mobila vertikala HF-antennerna (inklusive deras matchande krets) är alltid mycket smalbandiga och täcker endast en liten del av amatörradiobandet som antennen är designad för.

7. **Riktade vertikaler** är enkelbandiga HF-antenngrupper. Du kan få ut en hel del förstärkning av dessa, men de upptar mycket yta. I princip installeras 3 eller 4 1/4 elektriska våglängds vertikaler med t.ex. 1/4 fri luft våglängd från varandra i en triangel eller kvadrat. Därefter ändras strålningsriktningen i steg med relästyrda koaxial fasningskablar till enskilda antenner.

b. Riktantenner

Det engelska uttrycket "beam antenna" kommer sannolikt från idén att till skillnad från en vertikal eller dipolantenn, som strålar åt alla håll som en vanlig glödlampa gör med ljus, en beam ("strål") antenn strålar som en ficklampa eller bilens strålkastare.

"Styva" riktantenner tillverkas vanligtvis endast för 20 meter och upp till VHF- och UHF-frekvenser. Några människor använder till och med 40 m yagis, men de är mycket stora och mekanisk konstruktion kräver speciella lösningar.

Fördelen med riktantenner är att de har effektförstärkning i förhållande till dipoler eller vertikaler. På HF-band är de styva riktantennerna vanligtvis horisontellt **polariserade**, men för VHF och UHF kan de ha antingen polarisering (horisontell eller vertikal) eller till och med cirkulär polarisation. På HF-band gör antennpolarisering ingen praktisk skillnad, eftersom polarisering kan rotera hur som helst när signalen reflekteras från jonosfären. Förutom jonosfärens ständigt förändring reflektionsegenskaper, det orsakar "fading" eller QSB i de mottagna signalerna. På VHF och uppåt blir antennpolarisering viktig, för även för DX roterar inte signalpolariseringen mycket. VHF- och UHF-signalreflektionerna orsakas av andra fenomen, som troposfärisk spridning, kanalisering eller refraktion, sporadisk E-lager, norrskens eller meteorspår reflektion osv. Dämpningen för en mottagen signal med fel polarisation är runt -20 dB.

För fasta VHF- och UHF-stationer är den horisontella polariseringen mycket föredragen, eftersom antennerna vanligtvis är installerade ganska högt (i våglängder) och markreflektion har minimal effekt, så strålningen är alltid mer eller mindre mot horisonten.

I allmänhet används vertikal polarisering för VHF- och UHF-mobiloperationer (inklusive repeaters), på grund av enklare antenninstallation i fordon.

Men förutom olika vertikala "piskor" har jag också byggt många horisontellt polariserade, rundstrålande 2 m mobilantenn, som halo, "Big Wheel" (klöverblad - se bild), korsad dipol och slot ("Abe Lincoln", "sop-tunna"). Big Wheel var utmärkt även för DX med fasta stationer, vanligtvis upp till 300 - 400 km bort, men ibland till långt över 1000 km avstånd **under körning**. Den är dock mekaniskt stor och var svår att hålla på biltaket i 120 km/h hastigheter på en motorväg.



1. **Antennmatchning.** Beroende på konstruktionen av antenn matningssystemet kan en balun behövas eller inte:

- **Enkel (delad) dipol** som drivna elementet i en yagi: Delade dipoler används sällan i HF-band antenner, på grund av mekaniska problem i elementets centrum. En 1:1 balun kan vara användbar vid HF-antennens matningspunkt, men ofta är det inte nödvändigt, om matningspunkts impedans är 50 ohm. En delad dipol skulle kunna användas i VHF och UHF yagis, men man bör inte använda en balun på grund av dess förluster.

- **Gamma match** (från grekisk bokstav "Γ" = versal "gamma"): Dessa används på alla amatörradioband från HF till VHF och



UHF. Gammamatchen har en kondensator (två överlappande rör av olika storlekar, ena inne det andra och isolerat från varandra) och en induktor (en kortslutningsstång från inre röret till drivna elementet) i serie. På grund av den obalanserade karaktären av en gamma match måste koaxialkabeln anslutas direkt till den, utan någon form av balun. Gammamatchningen justeras (både kondensator och induktor) för att få 50 ohm impedans vid antennens matningspunkt.



- **T-match** (från bokstaven "T"): Dessa matchningssystem används på alla amatörradioband från HF till VHF och UHF. T-matchningen justeras för att få 50 ohm impedans vid antennens matningspunkt genom att flytta kortslutningsstängerna mellan T-sektionen och det drivna elementet.

En 1:1 balun kan vara användbar vid antennens matningspunkt, men ofta är det inte nödvändigt. I VHF och UHF yagis bör man inte använda en balun på grund av dess förluster. *Notera! T-matchningen på bilden är alldeles för bred och fungerar som en vikt dipol (se nedan).*

- **Delta matchning** (från grekisk bokstav "Δ" = versal "delta"): Dessa matchningssystem används främst på VHF och UHF. För HF-band skulle de vara mekaniskt för stora. Delta matchningen omvandlar det drivna elementets impedans till 50 ohm eller 200 ohm och justeras genom att ändra positionen för deltamatchnings trådarna på det drivna elementet. Om den matchade impedansen är 50 ohm bör man inte använda en balun på VHF och UHF på grund av dess förluster. Om den matchade impedansen är 200 ohm kan en lågförlust 1:4 koaxial "balun" (½ elektrisk våglängds slinga av 50 ohm kabel) användas för impedansmatchning till 50 ohm.



- En **vikt dipol** ökar antennens matningspunktimpedans och används främst som drivna element i VHF och UHF yagis. Impedans transformations förhållandet beror på **material tjockleks förhållandet** för den drivna delen och den vikta delen av drivna elementet. Se en räknare på: <https://owenduffy.net/calc/fdsurc.htm>.

Oftast är materialtjockleken densamma för båda delarna, i vilket fall impedans transformations förhållandet är 1:4. Så hela det drivna elementet är tillverkat av ett enda rör eller stång genom att böja det. Detta kan användas på två sätt:

- Att öka matningspunkts impedansen till 50 ohm i en antenn, som annars (med ett normalt dipol drivna element) skulle ha en impedans på 12.5 ohm.
- För att öka antennens matningspunkts impedans till exempel från 50 ohm till 200 ohm, så att en parallell linje kan användas för att mata antennen. Detta kan vara användbart i en 4 x antengrupp så att när antennerna är parallellkopplade med lika långa 200 ohm matningslinjer, skulle den totala impedansen vara 50 ohm.

Även om den vikta dipolen är ett balanserat drivna element, i VHF och UHF yagis bör man inte använda en balun på grund av dess förluster. En lågförlust 1:4 koaxial "balun" (½ elektrisk våglängds slinga av 50 ohm kabel) kan användas för impedans matchning från 200 ohm till 50 ohm.

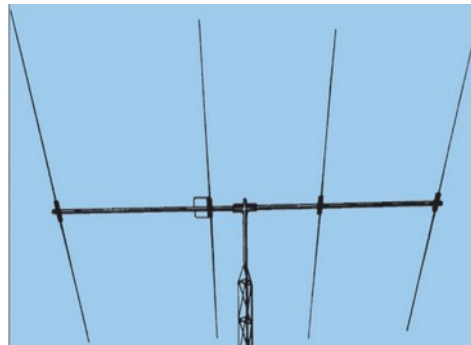
Det finns många typer av styva antenner i vanligt bruk:

2. **Roterande dipol.** Jag ser inte mycket anledning i dessa HF-antenner, eftersom en dipols strålningsmönster är nästan en cirkel, med djupa, vassa nollor mot elementändar. De kan vara användbara endast om man måste minska störningar från någon speciell källa genom att vrida ena



antennnåden mot den. Du behöver en antennotator för dessa, men om du redan har en, varför inte installera en riktantenn på den istället.

3. En **enkelbands yagi** är förmodligen den mest använda riktantennen. De byggs vanligtvis för HF från 20 meter och uppåt och för VHF, UHF och uppåt. På grund av riktningsförstärkningen kräver dessa antenner alltid en antennotator. De är lätta nog att designa för 50 ohm matningspunktsimpedans, så impedansmatchande kretsar behövs inte.



Ju fler element (direktörer) en enkelbands yagi har, desto mer effektförstärkning har den. För HF-band är max. element antalet normalt begränsat till 4 eller 5, på grund av mekaniska problem med att bygga större antenner. På HF-band måste antennerna också vanligtvis göras lite kortare (dvs för att ha en kortare bom) än vad som skulle krävas för maximal förstärkning tillgänglig från element antalet. Det minskar antennens effektförstärkning lite. VHF, UHF och högre band har vanligtvis inte sådana begränsningar för antennens längd, så det är möjligt att ha till exempel 15, 20, 30 eller fler element för att öka förstärkningen. Förstärkningen ökas med ungefär +3 dB **varje gång antennens element antal fördubblas**, så till slut när man punkten med minskande avkastningen för tillagda element.

Ofta ett bättre sätt att öka antennförstärkningen är att stapla två eller flera antenner av samma typ vertikalt eller/och horisontellt. Återigen ökar förstärkningen med ungefär +3 dB **varje gång antalet antenner fördubblas**. Förstärkningsökningen påverkas också av staplingsavstånden. För moonbounce (jord-månejord, måne används som reflektor) har folk till och med byggt till exempel grupper om åtta 15 element yagis för VHF och sexton 30 element yagis för UHF. Dessa antenner behöver också tvåaxliga rotatorer - horisontella och vertikala. Se mer nedan vid "**H. Antennstapling**".

4. **Flerband yagi** är förmodligen den mest populära riktantennen att använda på flera HF-band. De är inte särskilt praktiska för VHF- och UHF-frekvenser. HF multiband yagis är vanligtvis byggda för att täcka 20 meter och två eller fler högre band. På grund av riktningsförstärkningen kräver dessa antenner alltid en antennotator. Flerbandiga yagis är ganska svåra att designa, eftersom elementen i ett band laddas och avstäms av elementen för alla andra band. En hel del trimning och justeringar krävs på designstadiet för att antennen ska fungera så bra som möjligt. Det är också svårt att designa en flerband yagi för att ha 50 ohm matningspunkt impedans på alla använda band, så ofta inkluderar den tillverkade antennen ett lämpligt matchningssystem.

Det finns tre vanliga sätt att få en yagi att fungera på flera band:

- a. **Fällor** (trap): Varje yagi-element är byggt av flera sektioner, åtskilda av frekvensfällor. Fällorna är enkla L/C parallellresonans kretsar, som stoppar de högre frekvenserna, men passerar genom de lägre frekvenserna. Varje fälla är designad för en specifik frekvensindelning. Så till exempel en yagi avsedd för 20 m, 15 m och 10 m band har fällor enligt följande:

- Närmast bommen finns 10 m / 15 m delningsfällorna på båda sidor av varje element, så för 10 meter är elementen elektriskt av korrekt längd.
- Därefter (räknat från bom) är 15 m / 20 m delningsfällorna på båda sidor av varje element, så för 15 meter är elementen elektriskt av korrekt längd (= 10 m elementsektion + 10 / 15 m fälla + 15 m element sektion).
- Resterande elektriskt korrekta elementlängder används för 20 m (= 10 m elementsektion + 10 / 15 m fälla + 15 m elementsektion + 15 / 20 m fälla + resten av elementlängden).



Trap yagis är i allmänhet något mindre och lättare än vissa andra typer av multi-band yagis. Elementlängderna är mekaniskt kortare, eftersom fällspolarna gör elementen elektriskt längre än vad de faktiskt

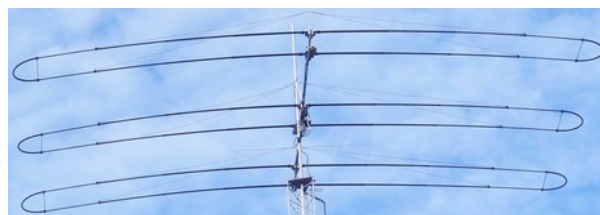
är. Trap yagis kan också vanligtvis matas med en enda 50 ohm koaxialkabel. Men de har också några nackdelar:

- Antennen är alltid en kompromiss, eftersom samma elementpositioner på bommen används för alla band. På de flesta band ger inte den positionen den bästa möjliga förstärkningen. I praktiken betyder det att vissa antennparametrar (förstärkning, SWR, F/B-förhållande osv.) måste balanseras mellan olika band för att antennen ska fungera. Som resultat kan trap-yagi vanligtvis inte ha lika bra förstärkning på alla band som enbands yagi med samma antal element skulle ha.
- Fällans kondensatorer och spolar måste vara avsedda för högspänning, eftersom en dipols ände (som i detta fall är fällan på den högre frekvensen) har mycket hög RF-spänning. Beroende på TX-effekt kan den vara flera kV.
- Mekaniska problem är rikliga, eftersom fällorna måste fästas bara på (vanligtvis aluminiumrör) element på ett eller annat sätt och olika elementsektioner måste vara elektriskt isolerade från varandra av fällans hölje. Det är mycket svårt att bygga en fälla, som mekaniskt kan tål för många år naturens krafter, som sol, vind, regn, snö, is osv. Dessa problem är huvudorsaken, varför en trap yagi måste tas ner och repareras någon gång.
- Fällorna har förluster, främst på grund av att RF måste passera genom fällans spole för att nå den lägre frekvensdelen av elementet.

b. Separata element för olika band: Denna typ av yagi-antenn är ganska vanliga på HF-band (oftast täcker 20 m till 10 m band). 2-bands yagis har också byggts för att täcka 2 m och 70 cm banden på samma bom, matade med separata matningslinjer. HF yagi har ett eller flera drivna element (eventuellt med fällor) kopplade till samma 50 ohm matningslinje och separata parasitelement (reflektorer och direktörer) för olika band. Olika band kan då ha det maximala antalet element (direktörer) som passar på bommen med optimala avstånd. Antennen är i princip utformad som separata enkelbandiga yagis installerade på samma bom. På så sätt kan varje band ha rätt elementlängder och avstånd för bästa förstärkning. Men på grund av laddning och avstämning till ett bands element orsakade av oanvända element för alla andra band, är antennen fortfarande något av en kompromiss mellan olika band. Lastnings- och avstämningseffekter måste ha beaktats vid design av antennen.

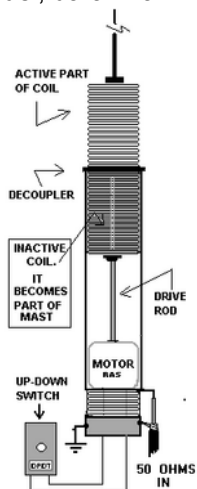


c. Variabel längd element: Denna typ av HF yagi antenner tillverkas kommersiellt och så vitt jag vet med 3 element max. (reflektor, drivna element och en direktör). Elementavstånden är fasta, men elementlängderna kan justeras kontinuerligt för att få bästa förstärkning och 1.0:1 SWR på vilken frekvens som helst antennen är avsedd för.



Grundtanken är att elementmaterialet är på längden styvt, men annars flexibel metall (något som i ett metallmåtband). Elementen är installerade inne i icke-ledande rör, ofta tillbakavikta för att göra antennebredden mindre. Annars klarade inte plaströren hårda vindar. Så utifrån ser elementen ut som vikta dipoler, men de inte är dom. Elementhalvorna rullas upp vid antennens mitt (bom) och drivs av motorer genom växellådor. Växlar har olika utväxlingsförhållanden för olika element, så att samma kontroll kan användas för dem alla. På så sätt kan elementen förkortas och förlängas kontinuerligt efter behov för varje frekvens från botten av lägsta bandet (ofta 20 meter) och upp.

För HF, VHF och eventuellt UHF har människor byggt "skruvmejsel"-antennerna (mest vertikala), där elementlängden justeras med 2-vägs fjärrkontroll ("UPP" - stopp - "NER") till en DC-motor, som vrider en lång skruv genom en växellåda. En batteridrivna skruvmejsel (med dess inbyggda växellåda) används ofta som motor, därav namnet.



"ACTIVE PART OF COIL" = AKTIV DEL AV SPOLEN

"DECOUPLER" = AVKOPPLARE

"INACTIVE COIL. IT BECOMES PART OF MAST" = INAKTIV SPOLE. DET BLIR EN DEL AV MAST

"DRIVE ROD" = DRIVSTÅNG (skruv)

"MOTOR" = MOTOR

"UP-DOWN SWITCH" = UPP-NER BRYTARE

"50 OHMS IN" = 50 OHM INGÅNG

Nackdelen med alla dessa typer av antenner är att på grund av många mekaniskt rörliga delar slits saker ut och reparationer behövs då och då.

En sak att komma ihåg om antenner som har **element av yagi-typ**, särskilt på VHF- och UHF-band, är att **sättet som element installeras på bommen** påverkar elementlängderna:

- När element är isolerade från bommen, finns det ingen effekt.
- När element är fästa på bomrörets "sida" (dvs vanligtvis ovansidan) måste de vara något längre än vad isolerade element skulle vara, eftersom bommen delvis kortsluter antennelementet.
- När element installeras genom bomröret och ansluts till det, måste de vara betydligt längre än vad isolerade element skulle vara, eftersom bommen kortsluter en del av antennelementet.
- Elementets förkortande effekt beror på bomrörets tjocklek och form. En rund bom förkortar elementen lite mindre än en fyrkantig (eller rektangulär) bom, eftersom sträckan RF måste "färdas" runt bommen är något mindre.
- Antennsimuleringsprogram har inte alltid inställningar för bomstorlek, form eller elementinstallationsmetod och det finns inget enkelt sätt att beräkna skillnaden mellan isolerade och oisolerade elementlängder. Men många radioamatörer har gjort experiment om "boomkorrigeringen" (boom correction). Se till exempel:
 - http://dg7ybn.de/BC_numbers/BC.htm
 - <http://www.sm5bsz.com/antennas/sa/others.htm>
 - https://www.qsl.net/yu1aw/Misc/yagi_boom_correction.pdf
 - http://www.yu7ef.com/boom_correction.htm

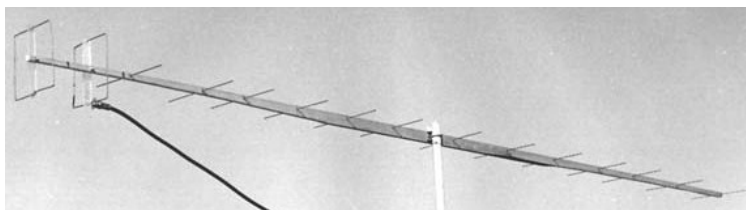
Det finns många andra typer av "styva" riktade antenner, speciellt för VHF- och UHF-band. De flesta VHF- och UHF-antennerna matas med 50 ohm koaxialkabel. När de används i antenngrupper kan de individuella antennerna ha mycket högre matningspunktsimpedans för att kunna mata dem parallellt med 50 ohm koaxial. Några exempel:

- **Quad:** För VHF- och UHF-band är dessa antenner mestadels gjorda av aluminiumrör (eller ibland koppar) eller relativt tjocka stänger. Quad har cirka 3 dB mer förstärkning än en yagi med samma element antal.



Medan jag bodde i Lusaka (Zambia - 9J) i början av 1980-talet, byggde jag en roterande 4-element bambu/trådsquad för TV DX på VHF-I bandet (europeiska analoga TV-kanaler 2 - 4, 47 - 68 MHz). Vi hade inte 6 m bandet ännu, och man kunde inte få en zambisk radioamatörlicens på den tiden. Med hjälp av den antennen var det då och då möjligt att se även spansk TV via transekvatoriell utbredning, avstånd ca. 6700 km.

- **Quagi:** Dessa antenner är en hybrid av quad- och yagi-element. Vanligtvis är reflektorn och det drivna elementet av quad form och alla direktörer är yagi-element. Quagi har cirka 3 dB mer förstärkning än en yagi med samma antal element.



- **Dipolgrupp** (dipolmatta): Dessa antenner har ett antal dipoler (till exempel 4, 8, 16 st. osv.) över en reflektorskärm, som antingen är gjord som yagi-typ element eller som en kombinerad reflektor av något slags nät (som hönsnät). Förstärkningen kan vara ganska hög och beror på dipolantalet.
- **Hörnreflektor** (Corner reflector): Denna antenn är i grunden en yagi, men reflektorn är i form av en vikt skärm, gjord av rör, stänger, nät eller plåt. Denna typ av reflektor ökar antennens förstärkning något och förbättrar dess F/B-förhållande avsevärt.



- **Hybrid dubbel quad:** Denna antenn har två diamant quad radiatorer ovanpå varandra, gjorda som en dubbelslinga och matad med 50 ohm kabel i mitten. Reflektorn är bara tre (3) rör av yagi-typ ovanpå varandra bakom radiatoren. En enkel hybrid dubbel quad har cirka 8 dB förstärkning över dipol i en relativt liten storlek. Jag hade en grupp med fyra (4) 2 meter band hybrid dubbel quads (förstärkning ca 14 dBd) under många år i Finland och jag fick veta att min signal var den starkaste överallt (inklusive DX), när jag körde 50 W av RF in i den. Bilden till vänster visar en hybrid dubbel quad av min grupp med fyra. Denna antenn designades av D. Roggensack (DL7KM) och den introducerades först i det tyska (Östtyskland = DDR) Funk-Technik tidskrift nr. 9 maj 1974.

- **Korsad yagi** (Crossed yagi): Denna antenn har i princip två yagis på samma bom, en horisontell och en vertikal. De två yagierna har separata matningspunkter. Korsad yagi kan användas på två sätt:

- För att växla antennpolarisation mellan horisontell och vertikal för kommunikation med fasta (horisontella) eller mobila (vertikala) stationer.
- För att uppnå vänster eller höger cirkulär polarisering genom att fasa in de två antennerna korrekt med korta längder av koaxialkabel. Ofta kan också cirkulär polarisationens riktning vändas. Cirkulär polarisering är särskilt användbar för EME-operationer (jord-måne-jord), eftersom signalpolarisering roterar på vägen och antenner med linjär polarisering (horisontell eller vertikal) kommer att förlora den mycket svaga signalen (som också har dopplerskifte), när mottagen polarisering råkar vara fel. Det är inte fallet med cirkulär polarisering.



5. **Spiralantennor** (Helical antenna) är inte så vanliga för amatörradioanvändning, men de har byggts för att uppfylla specifika antenncrav. De används endast på VHF, UHF och högre frekvenser. Axial mode spiralantennor skulle vara alldeles för stora för vilket HF-band som helst. En spiralantenn ser ut som en stor

spole, men funktionsprincipen är inte den för en spole, som i en resonanskrets eller L/C-filter. Det finns två typer av spiralantennar:

- a. **Normalmode spiralantenn** (Normal mode helix). Dessa antenner strålar vinkelrätt mot spiralaxeln. Avståndet mellan "spole" varven är mycket mindre än $1/4$ våglängd. Folk har byggt dessa till exempel som korta vertikaler för 160 m och 80 m band. Denna typ av antenn behöver alltid ett jordplan och L/C-matchningskrets. De har inte mycket förstärkning, men om höjden är begränsad finns det inte mycket att välja på.

Dessa antenner används också mycket till exempel i 2 m band (145 MHz) handhållna transceivrar. Inne i gummiantennen finns en normalmode spiralantenn. Jordplanet är transceiverns chassi plus din hand och kropp.

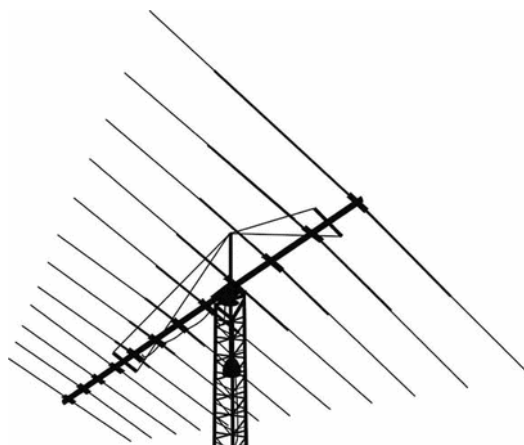


- b. **Axial mode spiralantenn** (Axial mode helix). Dessa antenner strålar mot slutet av helixaxeln och kan ha mycket förstärkning. Denna antenn kräver en reflektor (metallskärm eller platta) vid matningspunkten. Varje "spole"-varv är ungefär en hel våglängd vid den använda frekvensen. Avståndet mellan "spole"-varv måste vara 0.23 våglängd vid den använda frekvensen. Denna typ av antenn sänder alltid cirkulär polarisation. Polariseringsrotationen bestäms av "spolens" lindningsriktning. Denna typ av antenn kan också ta emot linjär polarisering (vertikal eller horisontell) med cirka -3dB dämpning. Eftersom den är en riktad antenn behöver den alltid en antenntrotator. Beroende på användning kan rotatorn behöva vrida antennen både horisontellt och vertikalt.

Dessa antenner har byggts för satellit- och EME-kontakter (jord-måne-jord) på 2 m (145 MHz) och 70 cm (435 MHz) band. De används också mycket för trådlösa nätverk (Wi-Fi osv.) på 2.4 GHz- och 5 GHz-bandet.

Min första erfarenhet av en axial mode spiralantenn: Vi använde en för att ta emot vädersatellitbilder på VHF, när jag arbetade i Helsingfors tekniska högskola (Finland) i början av 1970-talet. Satelliterna var på ganska låg omloppsbana, så för att följa satelliten var antennen tvungen att kontinuerligt vridas (azimut och höjd) manuellt på taket, med hjälp av hörlurar kopplade till mottagaren i labbet. Bilderna skickades till Finlands meteorologiska institut och distribuerades till många tidningar.

6. **Log-periodisk antenn** (Log-periodic Dipole Array, LPDA) är en bredbands riktantenn. Vanligtvis har de en serie halv-vågs dipolelement (rör) med olika längd installerade på en dubbel bom, som också fungerar som antennen interna matningslinje. Den kan dock även konstrueras med trådelement och lämpliga repstöd, om det inte finns något behov av att vända den. Alla element är drivna element, kopplade till samma matarledning (bom). Elementen är åtskilda med intervaller efter logaritmisk funktion av frekvens. Längden på successiva element och avståndet mellan dem minskar gradvis längs antennen längd. Beroende på design kan bandbredden för en log-periodisk antenn vara ganska stor, till exempel täcka alla frekvenser från 40 m till 10 m band.



I allmänhet fungerar den log-periodiska designen vid vilken frekvens som helst som en 3-element yagi-antenn. Dipolelementet närmast till resonans vid använd frekvens fungerar som det drivna elementet, med de två intilliggande elementen på vardera sidan som direktör och reflektor för att öka förstärkningen. Det kortare elementet framför fungerar som en direktör och det längre elementet bakom som en reflektor. Systemet är dock mer komplext än så och alla element bidrar till viss del, så förstärkningen för vilken frekvens som helst är högre än vad en Yagi har med 3 ele-

ment. Vanligtvis är LPDA förstärkningen cirka 7 dBd, fram-till-bak förhållande runt -22 dB och SWR cirka 1.5:1 max. **genom hela designfrekvensområdet.**

För amatörradio används LPDA främst på högre HF-frekvenser, till exempel 20 m och uppåt. I allmänhet är de relativt stora, men det kompenseras genom att inte behöva mer än en riktantenn för alla band. De kan konstrueras även från 40 m och uppåt, men lägre frekvenser gör antennen mycket större (bredare och längre).

C.3 Andra typer av antenner

Människor har också byggt alla typer av okonventionella antenner. Vissa av dem fungerar bättre än andra, särskilt för att sända, men beroende på storleken kanske de inte är så bra för att ta emot. Några exempel:

1. **Avstämda slingantenner** (Tuned Loop): Dessa HF-antenner kallas också "magnetslingor" (magnetic loop). RF-strömmen i dem är mycket hög, så folk ser dem som elektriska RF-magneter, även om de (som alla andra antenner) utstrålar både ett magnetfält ("H") och ett elektriskt fält ("E"). Strålningsmönstret har djupa nollor vinkelräta mot slingplanet. Vissa radioamatörer använder dessa, eftersom de inte har plats för en full storlek antenn. Se de många resurserna på internet.

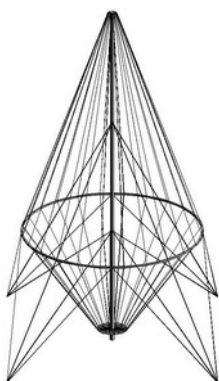


Antennen är i grunden en serieresonanskrets som består av en 1 varvs spole (diameter t.ex. 50 cm ... 1.5 m, beroende på frekvens) gjord av ganska tjockt kopparrör (till exempel 20 ... 50 mm) och vanligtvis en variabel kondensator. Dessa antenner har mycket högt Q, så de är väldigt smaltbandiga. Nästan varje gång du byter frekvens måste antennen ställas om. Observera att inställningen kan göras enkelt genom att toppa det mottagna brusets eller RF-signalens på användfrekvensen. Beroende på slingstorleken och frekvensen kan bandbredden vara så liten som 5 kHz (dvs. en enda SSB-kanal), och är sannolikt inte mer än 20 - 25 kHz. I praktiken innebär detta att antennen måste ha fjärrstyrning för tuning vid stationen, som driver den variabla kondensatorns motor. Det är också möjligt att göra ett automatiskt avstämningssystem för antennen.

Den avstämda slingantennen kan fås att fungera på flera HF-band. Det beror främst på den variabla kondensatorns lägsta och maximala kapacitans. Observera att RF-spänningen över kondensatorn inte är mycket, när antennen är avstämd för användfrekvensen. **Men när antennen inte är inställd på användsfrekvens kan RF-spänningen över kondensatorn vara extremt hög, till och med flera kV,** beroende på din sändningseffekt och frekvens. En variabel luftkondensator med 1 mm plattavstånd kan klara upp till cirka 50 W, men för högre effekt behöver du en variabel vakuumkondensator med 5 ... 10 kV-klassificering. Antennen är relativt ok för att sända, men inte den bästa för att ta emot. Antennens strålningseffektivitet beror mycket på användsfrekvensen (dvs. bandet) och är lägst på de lägsta frekvenserna, men inte så bra på de högsta frekvenserna heller.

Det finns flera sätt att matcha den avstämda slingantennen med 50 ohm koaxialkabel:

- En liten kopplingsslinga
- En L-match
- En Gamma-match
- En T-match
- osv.



2. **Konisk monopol** (Conical monopole). Dessa är vertikala bredbandsantennor som behöver ett jordplan. Beroende på dess storlek kan den täcka till exempel 3.5 MHz ... 30 MHz på HF eller till exempel VHF (145 + 220 MHz) och UHF (435 + 1260 MHz) band. För HF är de byggda med ett antal trådar och för högre frekvenser (VHF och uppåt) kan man använda plåt. Strålningshöjdvinkeln för dessa antenner är ganska låg, nära horisonten, så de är ganska bra för DX. De är relativt stora jämfört med andra typer av antenner.

3. **Discone antenn**. Dessa är också vertikala bredbandsantennor. I grund och botten är det en konisk monopol (se 2. ovan) upp och ner, så att jordplanet är överst. Eftersom jordplanet är ovanför antennen finns det ingen strålning ovanför horisontalplanet. På grund av formen är dessa antenner mycket svåra att konstruera för HF-band, men de används på VHF och uppåt. Bandbredden kan vara upp till cirka 10 gånger den lägsta frekvensen (dvs. 10:1). Dessa antenner måste installeras på en mast minst 1/4 våglängd ovanför allt ledande (inklusive mark) vid den lägsta arbetsfrekvensen.



4. **EH antenn**. Dessa är en "senare" utveckling i försök att göra mycket korta vertikala antenner för lägre HF-band. Namnet kommer från de två fält som utstrålas av alla antenner: E-fält (elektriskt fält) och H-fält (magnetfält). Enligt min åsikt är dessa antenner helt värdelösa, men vissa människor har gjort anspråk på något framgång med dem. I grund och botten är antennen en mycket kort dubbeltt gjord av två korta och tjocka cylindrar ovanpå varandra. På grund av den extremt korta längden för arbetsfrekvens är antennen bara en "stor" kondensator med mycket hög kapacitiv reaktans. För att matcha den till 50 ohm kabel måste den matas genom ett komplext spole- och kondensatorsystem med ganska höga förluster. Det kommer sannolikt också att ha höga RF-nivåer (som orsakar brännskador) genom koaxialkabelns skärm till stationen. Antennen kan kanske fungera med höga förluster för sändning, men för att ta emot är den mycket dålig på grund av dess liten storlek och förluster. Jag skulle aldrig rekommendera denna antenn till någon under inga omständigheter.

C.3 Antennstöd

Trådanter behöver minst två stödpunkter, men de behöver inte vara särskilt starka. Ofta används träd eller rormaster för detta ändamål. Master måste fästas för att hålla dem upprätt, men för det mesta räcker plastrep för dem, eftersom de inte stressas så mycket. Beroende på marken kan du behöva lägga en sten el-

ler en liten betongplatta under röret för att förhindra det sjunka i marken, speciellt när marken blir blöt i regn. Till exempel stöds min 45 meter lång OCF-dubblett i båda ändar med 5 m höga aluminiumrör, försedd med 6 mm plastrep och den har hållit sig uppe i cirka 10 år nu. Antennmatningspunkten är fäst vid roterande aluminiumrörmast på mitt tak.

Riktantenner behöver någon form av mast eller torn för att stödja dem. Det vanligaste stödet är en rörmast eller triangulärt torn, som hålls upprätt med tre (3) stödkablar. Kablarna ska fästas vid marken på ett avstånd 1/3 eller mer av mast- eller tornhöjden från stödets bas. Stödkabelfästena behöver inte vara så starka, eftersom de inte belastas särskilt mycket. Till exempel för en 15 m hög aluminiumrörmast med en grupp av fyra hybrid dubbel quads ovanpå, har jag använt längder av Ø 10 mm betongarmeringsstål som hamrats i en lämplig vinkel mot marken. Masten stöddes med tre Ø 6 mm plastrep.

Det enklaste sätt att hålla en mast eller torn upprätt är med plastrep. Vid behov kan den vara ganska tjock, till exempel 10 eller 12 mm. Alla plastreper sträcker sig dock så de kan behöva dras åt då och då. Det finns också speciell icke-ledande, glasfiberkärnkabel, som inte sträcker sig, men den är dyrare. Man kan också använda till exempel Ø 6 mm stålkabel för ändamålet. Men metallkablar kan ha resonans på ett eller flera amatörband, så de kan behöva delas upp i två eller flera sektioner med isolatorer. Detta beror mycket på den faktiska kabellängden.

Några människor överväger eller använder fristående master eller torn för att undvika behovet för stödkablar. Det kan också vara en möjlighet, men beror på många faktorer, till exempel:

- Mekanisk belastning vid masten eller tornet. Antennstödet måste vara riktigt starkt, eftersom den högsta påfrestning som orsakas av vindbelastning (som inkluderar både antenn och mast eller torn) finns vid basen. **Man måste beräkna den maximala stress som orsakas av de värsta stormarna i ditt område.** Om stödet är för svagt, kommer det med största sannolikhet att böjas eller gå sönder nära basen. Då ramlar hela antennsystemet ner, vilket eventuellt orsakar skador på ditt eget eller grannens hus, bil osv.
- Mark under masten eller tornet. Om marken är endast jord måste man ha ett stort betongblock för att hålla stödet upprätt. Beroende på marktyp (hur mjuk den är och hur blöt den kan bli vid kraftig nederbörd) kan blocket behöva vara flera kubikmeter betong. I vissa länder fryser marken på vintern (även ner till över 2 meters djup) och det kommer att lägga till fler problem. Om marken är sten kan masten eller tornet bultas fast direkt på den, men det beror återigen på stentypen. Granit är väldigt stark, men till exempel kalksten rymmer inte så mycket.

C.4 Antennrotatorer och antenneriktning

C.4.a Hitta exakt norr eller söder

Det är viktigt att känna till de **geografiska riktningarna** för antenner, speciellt om de roterar, annars är det inte möjligt att peka dem mot det önskade området. Men att ta reda på någon exakt riktning (till exempel norr eller söder) från din QTH kanske inte är så lätt. Det finns flera sätt att försöka göra det:

- **Magnetisk kompass** är det sämsta möjliga sättet att hitta geografiska riktningar. Beroende på omgivningen och platsen för din QTH, kommer den magnetiska kompassen sannolikt att ha stora fel:
 - Alla magnetiska metaller i närheten, som armeringsstål inbäddat i betong, stålrörmaster osv., kommer att påverka kompassnålen och det finns inget sätt att veta hur stort felet skall bli.
 - Beroende på din plats kan den **geomagnetiska** norden och södern (som visas av kompassen) och **geografiska** nord och syd vara i helt olika riktningar och du **behöver riktningen till geografisk nord eller syd**. De **geomagnetiska polerna är inte på samma platser som de geografiska polerna** och de geomagnetiska polerna rör sig också hela tiden. För tillfället (2024) är den geomagnetiska nordpolen belägen vid 80.8°N / 72.6°W (Ellesmere ön i norra Kanada) och den geomagnetiska sydpolen är belägen vid 80.8°S / 107.4°E (I Antarktis, mot Australien från geografiskt Sydpolen). När man använder radio på Kreta (Grekland) är skillnaden mellan geomagnetisk och geografisk riktning cirka 11°. I Sverige är skillnaden från Helsingborg ca. 17°, ca. 18° från Stockholm, ca. 20° från Umeå och ca. 23° från Kiruna. I Finland är skillnaden, ca. 17° från Helsingfors, ca. 20° från Uleåborg och ca. 25° från Utsjoki.
- **GPS:** De flesta GPS-mottagare (Global Positioning System) har också en funktion för att visa geografiska norr (och syd). **Se dock till att visningsnoggrannheten är bättre än till exempel ±2°**, eller felet i detekterad riktning är för stort för antenneriktningar. Till exempel en 45° (= 1/8 av hel cirkel) noggrannhet hjälper inte alls! Så länge GPS-mottagaren kan synkronisera med satelliter påverkas den inte av omgivningen. "Com-

pass" riktningsnoggrannheten för min GPS fordon navigator (tillverkad av Garmin) är bara $\pm 22.5^\circ$, så den var inte alls användbar.

- **Karta:** Beroende på din plats kanske du kan använda en karta för att bestämma geografisk norr. UPP-riktningen på de flesta kartor är norr. Jag har med framgång använt Google Maps med "Satellite"-skärmen, eftersom den också visar allt på marken, som träd, vägar, andra byggnader osv. Beroende på din plats kan Google Maps-webbplatsen skilja sig från den jag använder (<https://www.google.co.uk/maps/>). Norr i Google Maps är alltid rakt UPP.

Jag använde Google Maps för mina amatörradioantenn, eftersom deras -3dB strålbredd är ganska stor ($\pm 20^\circ$ till $\pm 40^\circ$) och hög riktningsnoggrannhet inte behövs.

- **Soltid:** I grund och botten går solen exakt mot söder vid middagstid på norra halvklotet och norr på södra halvklotet, men: **Du måste veta vilken lokal tid som motsvarar klockan 12:00 i soltid!** I de flesta länder är den lokala tiden och soltiden inte exakt desamma. Det finns online räknare för detta ändamål. En av dem är: <https://koch-tcm.ch/en/urzeit-sonnenzeit-rechner/> ("Lokal till soltid kalkylator"). Sidan är på engelska. För beräkning av soltid du behöver:

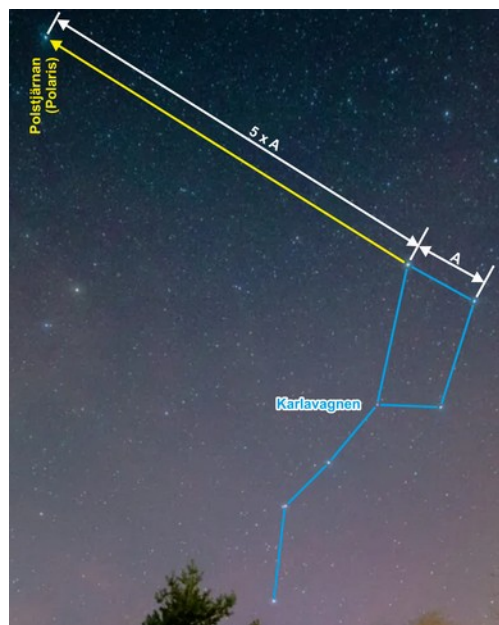
- Din longitud (Longitude) i grader, inklusive decimaldelar, öst (E) eller väst (W) (latitud behövs inte).
- Aktuellt lokalt datum (Date).
- Din tidszon (Time zone). Till exempel Storbritannien = "0", Sverige = "+1", Finland = "+2", New York, USA = "-5". "+" betyder före UTC-tid, "-" betyder bakom UTC-tid och antalet är timmar. UTC = "Koordinerad universell tid", som alltid måste användas för att logga amatörradiokontakter. Observera också att UTC är en 24-timmars klocka (**inte 12-timmars morgon/kväll**).
- Lokal tid (Time). Noggrannheten bör vara bättre än ± 30 sekunder.
- Om sommartid ("Daylight Saving Time") är aktiv eller inte.
- Klicka på knappen "Calculate result" så beräknas den aktuella soltiden.
- Ändra sedan **lokal tid** tills den beräknade soltiden är exakt "12:00" efter att ha klickat på knappen "Calculate result". **Nu vet du vad lokal tid motsvarar 12:00 i soltid.** Skriv ner **lokal tid**.

Du behöver en exakt vertikal käpp, som visar en skugga på marken (eller taket eller vad som helst). Beroende på din plats och årstidet, dvs. hur högt solen kommer att bli runt middagstid, kan käppen behöva vara några meter hög för att ha en tillräckligt lång skugga. Om du redan har installerat antennmasten eller tornet kan du använda det för ändamålet. **Vänta sedan tills den lokala tiden är exakt som inställd i beräkningen ovan** (dvs. den **lokala tiden** som motsvarar 12:00 soltid) och markera solskuggans riktning på marken (eller taket eller vad som helst). Tryck till exempel en pinne i marken, sätt en tejpbit på taket osv. Skuggan pekar exakt mot geografiskt norr.

Observera att skuggriktningen som nämns ovan är för norra halvklotet. På södra halvklotet kommer skuggan att peka söderut och norr är exakt i motsatt riktning (dvs. 180° från skuggan).

Jag använde den här metoden för installation av min roterande, polarmonterade Ø 1.8 meter satellit-TV parabolantenn, som kräver bättre än $\pm 1^\circ$ riktningsnoggrannhet.

- **Polstjärnan (Polaris):** På natten på norra halvklotet, när himlen är klar, är det möjligt att hitta norr genom att lokalisera Polstjärnan (Polaris) på himlen. Polstjärnan är exakt ovanför den geografiska nordpolen:
 - Montera ca 1 m lång rörbit (Ø 10 - 25 mm) till exempel på ett kamerastativ.
 - Hitta polstjärnan på himlen.
 - Titta igenom röret och justera stativet så att Polstjärnan är centrerat i röret.
 - Lås kamerastativs justeringar så att de inte rör sig. Lämna stativet med sitt rör där för resten av natten.



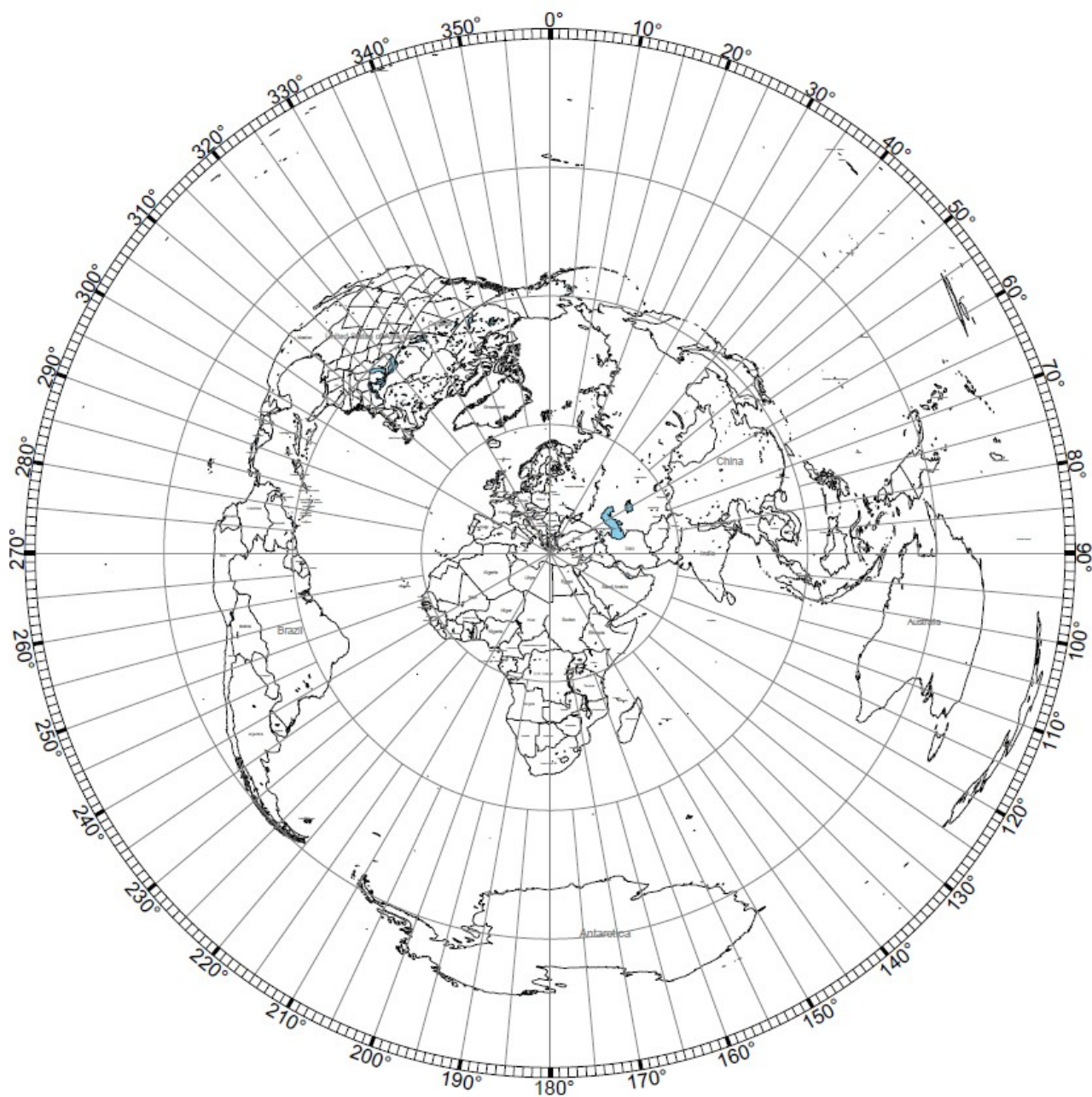
- Nästa dag kontrollera rörets horisontella (azimut) riktning. Norr är precis åt det hållet. Rikttningsnoggrannheten är kanske inte bättre än cirka $\pm 3^\circ$, men den är tillräckligt bra för alla amatörradioantennerna.

C.4.b Hitta antenriktningar till hela världen

En annan viktig sak för korrekt antenriktningar är att ha en storcirkelkarta (Great Circle Map, azimutkarta) över världen, centrerad i din stations QTH. Eftersom jorden är en sfär ("boll"), utan en storcirkelkarta kan du peka din antenn åt helt fel håll. Till exempel: Från Kreta, Grekland, är USA mot nordväst (inte mot väst, som man kan förvänta sig) och Japan är mot nordöst (inte mot öst, som man kan förvänta sig). I båda fallen är skillnaden ca 45° ! Alaska är direkt till norr och Sydafrika direkt till söder från Kreta. Det finns gratis program tillgängliga på internet, som låter dig trycka ut en karta enligt dina specifika krav. Några program kan du ladda ner till din egen dator och köra dem där. Andra program skapar kartan online, som sedan kan kopieras och tryckas ut. Några storcirkelkartor från internet:

- NS6T, som kan användas på <https://ns6t.net/azimuth/azimuth.html>.
- SM3GSJ's "GcmWin", som kan laddas ner från <https://www.qsl.net/sm3gsj/>.
- VE6EP's "Azimuth3", som kan laddas ner från <https://www.qsl.net/ve6yp/index.html>.
- W4ENE's "Pizza", som kan laddas ner från <https://tonnesoftware.com/pizza.html>.

På nästa sidan finns en storcirkelkarta med lika avstånd centrerad i mitt QTH nära Chania på Kreta, Grekland. Kartcirkel är med 5000 km intervall.



C.4.c Rotator och antenninstallation

De flesta antennotatorer är gjorda på ett sådant sätt att "0"-positionen i **styrenheten** är mot norr. Med "0"-position menar jag den riktning över vilken antennen inte kan roteras. I praktiken är rotatorskalorna markerade i grader så att räkningen ökar medurs:

- Nord ("N") = 0°
- Nordost ("NE") = 45°
- Öst ("E") = 90°
- Sydost ("SE") = 135°
- Syd ("S") = 180°
- Sydväst ("SW") = 225°
- Väst ("W") = 270°
- Nordväst ("NW") = 315°
- Nord ("N") igen = 360°

Detta innebär att antennen måste monteras på rotatorn på ett sådant sätt att den alltid pekar åt rätt håll.

När du installerar rotatorn och antennen:

1. Innan du installerar rotatorn, gör en tillfällig (kort) anslutning mellan styrenheten och rotatorn. Kör sedan rotatorn så att styrenheten visar exakt nord (dvs. 0°). Se rotatorns instruktioner om hur du gör detta.
2. Koppla bort den tillfälliga kabeln och koppla bort rotatorstyrenheten från strömmen för att säkerställa att styrenheten inte av misstag körs till någon annan position. Styrenheten har strömförsörjning till själva antennotatorn. De flesta antennotatorer fungerar på så sätt att själva rotatorn alltid vrids till det läge som är inställt i styrenheten, också efter kabeln är återanslutad. **Kontrollera dock rotatorns manual för funktion!**
3. Installera rotatorn i tornet eller masten. Anslut rotatorns kontrollkabel till rotatorn.
4. Montera antennen/antennerna på rotatorn så att de pekar mot norr, enligt bestämt i avsnitt C.4.a ovan.
5. Installera antennens koaxialkabel (-lar) på antennen/antennerna. **Gör minst 2 eller 3 MYCKET LÖSA kabelvarv runt rotatorn och/eller dess anteninstallationsrör för att säkerställa att koaxialkablarna inte dras åt när rotatorn vrider antennen/antennerna.**
6. Fäst styr- och koaxialkablarna till masten eller tornet. Du kan använda buntband eller till exempel bitar av styv isolerad tråd var 30:e cm eller så för ändamålet. Tanken är att kablarna inte får flaxa i vinden mot masten eller tornet.
7. Anslut rotatorns styrkabel till styrenheten.
8. Anslut ström till styrenheten.
9. Testa antennotatorsystemet genom att vrida antennen hela vägen åt båda hållen och kontrollera att ingenting träffar någonting eller går sönder när antennen/antennerna vrids. Detta är enklast att göra om det finns en annan person som kör kontrollen och du tittar själv på antennerna.
10. Anslut koaxialkabeln (kablar) till din radioapparat(er).

D. Baluns och un-uns

Det finns två helt olika typer av baluner: en spänningsbalun och en strömbalun. De kan inte användas omväxlande på grund av deras olika design. De är avsedda för olika ändamål:

- En **spänningsbalun** används för **impedanstransformation** och linjebalansering.
- En **strömbalun** är egentligen inte en balun (impedanstransformator), utan en common mode drossel, som **stoppar** RF-signalen på den yttre ytan av koaxialkabelns skärm. Den kan till exempel återvända till amatörstationen. Framsignalen mot antennen "färdas" **inne i** koaxialkabeln, mellan mitt tråden och insidan av kabelskärmen.
- Det finns inget sådant som en "bal-bal" (balanserad till balanserad) enhet. Om du behöver impedanstransformation mellan två balanserade linjer måste du använda en riktig RF-transformator med två separata lindningar.

D.1 Spänningsbalun och -un-un

Alla spänningsbaluner och un-uner är RF-**impedanstransformatorer**. Skillnaden mellan de två är att en balun (balanserad till obalanserad) också utför den balanserade till obalanserade transformationen, un-un (obalanserad till obalanserad) är obalanserad vid både ingång och utgång. Alla spänningsbaluner är lindade på en kärna (vilket kan vara luft i vissa fall) som en **autotransformator**, dvs. med en enda lindning med en eller flera ytterligare anslutningar någonstans i mitten. Impedanstransformations förhållandet beror på balun eller un-un design, från 1:1 och upp till 16:1 eller ännu mer. För HF-frekvenser är dessa enheter vanligtvis gjorda på en kärna (ofta en pulverjärn- eller ferritoroid) med en enda lindning med en eller flera uttag, som i en autotransformator. I allmänhet används inte balun eller un-un på VHF och högre frekvenser på grund av svårigheter att designa en och deras relativt höga förluster. Vid VHF- och UHF-frekvenser utförs nödvändiga impe-

dans transformationer med korta längder av matningsledning (oftast koaxialkabel), som har betydligt lägre förluster - se avsnitt E.2 nedan.

Notera! För det mesta kan du inte använda en balun, om en un-un behövs eller vice versa, på grund av deras olika designprinciper!

Många olika baluner och un-uner tillverkas kommersiellt, men många radioamatörer tillverkar dem också själva efter sina egna krav. Det finns flera faktorer att tänka på när du köper eller gör en balun eller un-un:

- **Impedanstransformations förhållande.** Detta beror bara på dina specifika krav, dvs. på impedansen, som måste omvandlas till 50 Ω . För alla amatörradio baluner och un-uner är referensen 50 Ω koaxialkabel till sändare, så ena sidan av enheten måste vara konstruerad för 50 Ω . Den andra sidan måste ha mer eller mindre den impedans som krävs. Observera att beroende på balun eller un-un design kan impedans transformationen vara uppåt eller nedåt. Till exempel en 4:1 balun kan vara **antingen** från 200 Ω till 50 Ω **ELLER** från 12.5 Ω till 50 Ω , **men inte båda**. Observera också att en balun och un-un inte kan utformas för varje transformations förhållande. De vanligaste förhållandena är 1:1, 2:1, 4:1, 6:1, 9:1 och 12:1.
- **RF effekthantering.** Detta beror främst på kärnans storlek och material, men också på trådtjocklek. Högre (genomsnittlig) effekt kräver en större kärna och tjockare tråd. Om man överskrider den specificerade effektnivån, mätas kärnan och förlorar sina magnetiska egenskaper och både kärnan och tråden kan värmas upp så mycket att kärnan splittras. Kommersiella baluner specificeras i allmänhet endast för toppeffekt (peak power), dvs. för SSB och CW. Kom ihåg att SSB-signalens medeleffekt (som orsakar balunuppvärmning) bara är cirka 15 till 25 % av den kontinuerliga bärareffekten, så till exempel kan en kommersiell 1 kW balun användas med endast 250 W maximal effekt, när du kör digitala lägen (som RTTY) eller FM.
- **Frekvensomfång.** Detta beror mycket på balun eller un-un design, inklusive kärnmaterial. Det är lite svårt att göra en balun eller un-un, som täcker till exempel hela HF-spektrumet från 160 m till 10 m utan impedanstransformations förhållande- eller förlustvariationer, speciellt för högre effektnivåer (upp till 1500 W). För låga frekvenser är det största problemet kärnmaterial och storlek. För höga frekvenser är det största problemet strökapacitans mellan lindningsvarv. Ofta måste man kompromissa och acceptera lite högre förluster på de lägsta och högsta frekvenserna.

D.1.a Välja kärna för en balun eller un-un

Storleken och materialet för en balun eller un-un kärna beror huvudsakligen på erforderlig RF-effekt och frekvensområde. Högre effekt och/eller lägre frekvenser kräver en större kärna. Traditionellt har människor använt "underdimensionerade" pulverjärnkärnor för hög effekt, eftersom de mättar vid högre temperaturer än ferritkärnor. Det har ibland lett till balunens smälta plastlåda, även om själva balunen fortfarande fungerade. Nuförtiden är de flesta hemmagjorda baluner lindade på ferritoroider, på grund av deras högre permeabilitet, vilket resulterar i färre trådvarv och lägre strökapacitans i balun- eller un-un-lindningen, vilket betyder bättre högfrekvensområde. **Observera att eftersom detta är en RF-transformator måste kärnan hantera utan att värma din maximala sändningseffekt! Detta räcker till en enkelbandsbalun. Men om balunen är avsedd för en flerbandsantenn kan den behöva hantera OCKSÅ upp till 10:1 antensidan SWR!**

Det är allmänt accepterat att en spänningsbalun lindnings induktiva reaktans, vid den lägsta frekvensen balunen kommer att användas för, måste vara minst fyra (4) gånger den impedans som balunlindningen är ansluten till. Så, till exempel för en 50 Ω koaxialkabel, måste lindningens induktiva reaktans vara minst 200 Ω . I praktiken innebär detta att det krävs en ganska stor kärna för 160 - 10 m och 1500 W. Annars kan några mindre kärnor av samma material staplas ovanpå varandra och lindningen göras genom hela stapeln. Använd dock inte kärnor, som är för små, annars passar din lindning inte genom mitthålet. Observera att den tillgängliga induktansen för samma antal varv **kommer att fördubblas varje gång du fördubblar antalet kärnor**. Å andra sidan behöver du färre varv på kärnstacken för att få samma induktans. Så, till exempel, om induktansen för 16 varv på en (1) kärna är 0.96 μH :

- Induktansen för två (2) staplade kärnor är 1.92 μH , så du behöver bara 8 varv för 0.96 μH .
- Induktansen för fyra (4) staplade kärnor är 3.84 μH , så du behöver bara 4 varv för 0.96 μH .
- Induktansen för åtta (8) staplade kärnor är 7.68 μH , så du behöver bara 2 varv för 0.96 μH .

Det finns inget enkelt sätt att välja en kärna som behövs i en balun eller un-un. Jag har dock med framgång använt F1FRV:s kalkylblad tillgängliga från: http://f1frv.free.fr/main3c_Baluns.html. Sidan är på franska. Scrolla hela vägen ner till raden "Téléchargement des feuilles de calculs et de quelques docs:" ("Ladda ner kalkylbladen och tillhörande dokument:") och klicka på länken "BALUNS.ZIP". Spara *.ZIP-filen i en lämplig mapp på din PC och extrahera sedan de komprimerade filerna till samma mapp.

Öppna "Baluns_rev0b2-.XLT" filen, som är för baluner med toroid kärna. Du kan också använda filen "Bino-ocular_Baluns_rev2b2-.xlt", som är för baluns i binokulär (två hål) stil. Dessa är Excel-kalkylblad både på engelska och franska. Det finns också flera andra filer och mappar i BALUNS.ZIP. Observera dock att även om dessa kalkylblad till stor del är självförklarande, måste du fortfarande ha en viss grundläggande förståelse för RF-transformatordesign, annars kommer du att få en balun, som inte fungerar som avsett. En viktig sak är att se till att lindningen täcker ganska jämnt ca 75 ... 80 % av kärnans omkrets. Så varv antalet måste vara något vettigt. Till exempel 2 varv är alldeles för få, men till exempel 5 eller 6 varv eller mer är OK.

Många människor har experimenterat med olika RF-effektnivåer på kärnor av olika storlekar och material, men vanligtvis bara i "laboratoriemiljö" och perfekt avslutning för balun eller un-un. Det verkar som den bästa ferriten för bredbandiga HF-baluner och un-uner (160 m till 10 m och till och med 6 m) är numera material #61 (Micrometals/Amidon). Det ger bättre övergripande prestanda än material #43 som använts i tidigare design. Men du kan också använda andra material enligt dina frekvens- och bandbreddskrav.

Notera! Utöver F1FRV:s kalkylblad som nämnts ovan har jag inte kunnat hitta några vettiga rekommendationer för att välja en ferrittoroid kärna för spänningsbalun eller -un-un. Det finns många balun instruktioner till exempel på internet, men de nämner ALDRIG balunens frekvensområde eller effekthanteringsförmåga. Å andra sidan ger kommersiella tillverkare baluns effekthantering och frekvensområde, men de berättar ALDRIG kärnans storlek och material. Så jag kan tyvärr inte ge dig fler instruktioner om detta ämne.

D.1.b Lindning av en balun eller un-un

Det finns olika sätt att linda en balun eller un-un, delvis beroende på vilket impedanstransformations förhållande som krävs. Kontrollera RSGB- eller ARRL-antennhandböckerna eller de många internetkällorna för att hitta mer lindning information.

Balun- eller un-un-lindning måste ha tillräckligt hög impedans, dvs. induktiv reaktans, vid den lägsta frekvensen som balunen skall användas. Generellt accepteras att om 50Ω sidan har cirka 4 gånger den erforderliga impedansen ($4 \times 50 \Omega = 200 \Omega$) vid lägsta frekvens, kommer enheten att fungera tillräckligt bra på alla frekvenser den är konstruerad för. Impedansen för den andra sidan måste beräknas enligt impedanstransformations förhållandet. **Observera att impedanstransformations förhållande INTE ÄR lindningens varvförhållande!** Beräkningarna är relativt enkla:

1. Som ett exempel för en 4:1 balun, beräkna den erforderliga induktansen för 50Ω sidan:

$L = X_L / (2 \times \pi \times f)$, där:

- L = den erforderliga induktansen **i Henry (H)**. Konvertera värde till microHenry (μH) genom att multiplicera resultatet med 1000000 (= 1 miljon).
- X_L = induktiv reaktans, **200 Ω i detta fall**.
- "2" är bara en multiplikator.
- π = matematisk konstant π (3.14159)
- f = den lägsta frekvensen balun eller un-un måste fungera **i Hz**. Till exempel "1800000" Hz (= 1.8 MHz) i detta exempel.
- Induktansen behövs för beräkning av nödvändiga trådvarv på den valda kärnan.

2. Beräkna varvantal som krävs för 50Ω sidan. Om du bara använder kärntillverkarens publicerade data är beräkningarna något komplexa. Det är mycket lättare att använda ett PC-program avsett för just detta ändamål. Jag har framgångsrikt använt i många år den gratis "mini Ring Core Calculator" skriven av Wilfried Burmeister, DL5SWB (SK), tillgänglig från: <https://mini-ring-core-calculator.software.informer.com/1.2/>. Programmet kan naturligtvis också användas för alla möjliga andra spolberäkningsändamål. Den kan användas på tyska, engelska och franska:

a. Välj vilken typ av kärna du har från flikarna överst:

- "Iron powder T" = Amidon (Micrometal) T-kärnor (järnpulver)
- "Ferrite FT" = Amidon (Micrometal) FT-kärnor (ferrit)
- "SIFERRIT" = Ferritkärnor tillverkade av TDK / Epcos
- "Ferroxcube" = Ferritkärnor tillverkade av Ferroxcube
- "Unknown Cores" = Kärnmaterialet är okänt. Kräver användning av verktyg som ingår i programmet ("R_L ? μ ", fönstrets övre vänstra hörn).
- "Air Cores" = Luftlindade spolar

- I det här exemplet väljer du "Ferrite FT"

b. Välj kärnstorlek från FT50 ... rullgardinsmenyn.

- I det här exemplet väljer du "FT114".

c. Välj kärnmaterialet från rullgardinsmenyn 43

- I det här exemplet väljer du "61".

d. Ange induktansen som beräknades vid steg 1 ovan i rutan "Inductance" och använd rullgardinsmenyn μH ... för att välja induktansmultiplikatorn ("nH", " μH ", "mH" eller "H").

- I det här exemplet anger du "21" (μH) och väljer " μH " som multiplikator.

- Resultaten är:

- "Turns" rutan visar antalet trådvarv (7 i detta exempel). **Notera! toroidkärnvarv räknas EN-DAST när tråden passerar genom kärnans mitthål. Tråd utanför mitthålet räknas inte för varv!**

- "Length (wire)" rutan visar den nödvändiga trådlängden för denna lindning i centimeter (cm), 18 i detta exempel. Använd något längre tråd för spolanslutningar.

- "max. D (wire)" rutan visar den maximala tråddiametern för denna lindning i millimeter (mm), 5.76 i detta exempel. **Notera! Använd inte denna trådtjocklek för balun eller un-un lindning! Kärnan kommer att ha en eller flera andra lindningar också, så mycket tunnare tråd måste användas!**

e. Ange den lägsta frekvensen i rutan "Frequency" och använd rullgardinsmenyn MHz ... för att välja frekvensmultiplikator ("Hz", "kHz", "MHz" eller "GHz").

- I det här exemplet anger du 1.8 (MHz) och väljer MHz som multiplikator.

f. Kontrollera att den induktiva reaktansen är mer eller mindre korrekt i rutan "XL =".

- I det här exemplet visar rutan "237.504 Ω ", vilket är mycket bra för 50 Ω matningslinje, som kräver 200 Ω reaktans. Det är alltid bättre att avvika mot högre reaktans.

3. Beräkna antalet varv för icke-50 Ω sidan av balun eller un-un. I detta exempel är den erforderliga impedansen för icke-50 Ω sidan 200 Ω , dvs. vi designar en 4:1 balun. Formeln är ganska enkel:

$T = \text{SQR}(Z1 / Z2)$, där:

- T = varv **förhållande** för icke-50 Ω sidan.

- "SQR" är kvadratroten

- Z1 = impedansen på sidan med högre impedans (200 Ω i detta exempel)

- Z2 = impedansen på sidan med lägre impedans (50 Ω i detta exempel)

Så: $Z1/Z2 = 200 / 50 = 4$ och kvadratroten ur 4 = 2. **I detta exempel behöver du 2 gånger varvtalet för lågimpedanssidan för sidan med hög impedans**, dvs. 14 varv (från steg 2.d ovan).

Kom dock ihåg att detta är en balun eller un-un, som **är kopplad som en autotransformator**. Så i det här fallet behöver du faktiskt två (2) parallella 7-varvslindningar på kärnan, som är seriekopplade. 50 Ω sidan är ansluten över en av lindningarna och 200 Ω sidan över båda seriekopplade lindningarna. Då kommer du att ha det erforderliga varvförhållandet 2:1 (= 4:1 impedansförhållande).

- För en **balun** är 50 Ω koaxialkabelns skärm ansluten till lindningarnas mittuttag och centrumtråden till ena änden av lindningen. 200 Ω sidan är ansluten över hela dubbellindningen.

- För en **un-un** är 50 Ω koaxialkabelns skärm ansluten till ena änden av lindningen och mitt-tråden till mittuttaget. 200 Ω sidan är ansluten över hela dubbellindningen.

D.2 Strömbalun

Dessa enheter är endast avsedda för att **förhindra** RF att komma in till koaxiala matningslinjens skärmens **yttre yta**, där den kan ledas till radiostationen och orsaka problem där. Matarstrålning kan också orsaka problem (störningar) för andra närliggande utrustning. En strömbalun har normalt 1:1 impedanstransformationsförhållande. Men de har också gjorts för att transformera matningsledningens 50 Ω impedans till 200 Ω . Denna typ av strömbalun måste använda två (2) separata kärnor och lindningar.

Eftersom huvudsyftet med en strömbalun (common mode drossel) är att **stoppa** RF-sigaler på den lägsta använda frekvensen, måste den ha ganska hög induktiv reaktans. Det är allmänt accepterat att vid lägsta frekvens måste reaktansen vara minst 100 gånger linjeimpedansen. För en 50 Ω koaxialkabel betyder det att reaktansen vid lägsta frekvens måste vara minst 5000 Ω . Men eftersom ingen RF-effekt tillåts genom strömbalunens kärna, kan den vara ganska liten, men ledningen eller kabeln måste klara av din maximala sänd-

ningseffekt. Kom ihåg att all din sändningseffekt går genom lindningen och mellan parallell lindningens ledningar eller **inne i** koaxialkabeln.

Det finns flera sätt att uppnå den nödvändig 5000 Ω reaktans:

- Bifilarlindning på en eller flera ferritoroider.
- Lindning av en tunn koaxialkabel på en eller flera ferritoroider.
- Flera ferritrör eller snap-on installerade på en bit av koaxialkabel.
- Eller en kombination om de ovanstående.

D.2.a Bifilar lindning på toroidkärna

I grund och botten måste du göra en 50 Ω parallell transmissionslinje, som är lindad på kärnan. **Parallella (ej koaxial!) 50 Ω kablar finns inte kommersiellt tillgängliga.** Denna linje måste klara din maximala sändningseffekt utan uppvärmning. Den måste också vara tillräckligt lång (dvs. för att ha tillräckligt många varv) för att uppnå 5000 Ω impedansmålet för **varje tråd** på den lägsta använda frekvensen, när den lindas på ferritkärnan. Det kan dock finnas tre problem med själva parallell linjen:

- Att göra en parallell linje med 50 Ω impedans är ganska svårt, eftersom tråдавståndet måste vara mycket litet. Tunna ledningar ger alldeles för hög linjeimpedans, så det behövs ganska tjocka ledningar för att uppnå 50 Ω impedansen.
- Den parallella ledningen måste vara mycket väl isolerad från kärnan och ledningarna från varandra, för beroende på din sändningseffekt, frekvens och antenssidans verkliga impedans kan RF-topspänningen vid ledningens antennände vara 1000 V eller mer. Så ledningarna måste isoleras separat med teflon (PTFE)-slang (eller lindas med teflonisolerad tråd) för att förhindra överslag till kärnan och mellan ledningarna. Den extra isoleringen ökar trådseparationen, vilket då ökar ledningsimpedansen avsevärt.
- Trådparens avstånd från varandra måste hållas konstant under hela lindningen. Parvarven separeras från varandra efter behov, för att täcka till exempel 80% till 90% av kärnans omkrets.
- Ett exempel: Om $\varnothing$ 2.0 mm lackad tråd används, uppnås 50 Ω när centrum-till-centrum avståndet mellan ledningarna är 2.176 mm, så det återstår 0.176 mm mellan ledningarna. Men efter båda ledningarna har isolerats med $\varnothing$ 3.0 mm teflon slang (vägg tjocklek 0.5 mm) är parallell linjens impedans över 82 Ω !

D.2.b Koaxialkabel på toroidkärna

När du använder en riktig koaxialkabel för strömbalun lindning kommer du inte ha problem med själva linjen. Men:

- Kabeln måste klara din maximala sändningseffekt utan uppvärmning. RG-213 kan ta vilken radioamatör effekt som helst, men den är väldigt styv. RG-58 klarar upp till 150 W eller så och den är lite mer flexibel. Det finns också tillgängliga relativt tunna teflon (PTFE) isolerade 50 Ω koaxialkablar, som kan ta ganska hög sändningseffekt. De är relativt lätta att linda på en ferritoroid, eller om det behövs, en stapel av dem, för att uppnå 5000 Ω reaktansmålet. Till exempel:
 - **RG-142:** Diameter 4.95 mm. 3.2 kW upp till 30 MHz till 50 Ω belastning.
 - **RG-316:** Diameter 2.5 mm. 430 W upp till 30 MHz till 50 Ω belastning.
- **Notera! Använd ingen form av skumisolerad kabel för lindning på en toroidkärna!** Det kommer att kortsluta förr eller senare, eftersom den mjuka skumisoleringen kan inte hålla mitt tråden på plats i de mycket snäva hörnen av en toroidkärna.
- Beroende på din sändningseffekt, frekvens och den reella impedansen på antenssidan kan RF-topspänningen vid ledningens antennände vara 1000 V eller mer. Så kabeln kan behöva isoleras med teflon (PTFE)-slang för att förhindra överslag från kabelskärmen till kärnan.

D.2.c Ferritrör eller snap-ons på koaxialkabel

Detta är förmodligen det enklaste sättet att göra en strömbalun. Skjut bara ferritrör av lämplig storlek över en koaxialkabel bit eller installera snäppferriter på den. Troligtvis kommer du att behöva mer än ett rör eller snap-on för att uppnå 5000 Ω reaktansmålet på den lägsta använda frekvensen. Om du har en L/C-mätare, mät induktansen **mellan de två ändarna av koaxialkabelns skärm** och beräkna reaktansen:

$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$, där:

- X_L = Induktiv reaktans. Det ska vara runt 5000 Ω .
- "2" = bara en multiplikator.
- π = Matematisk konstant π (3.14159)
- f = Den lägsta använda frekvensen **i Hz** (till exempel 1.8 MHz = 1800000 Hz)

- L = Den uppmätta induktansen **i Henry (H)**, till exempel $53 \mu\text{H}$ (microHenry) = $0.000\,053 \text{ H}$ (Henry).

Om (dvs. när) denna typ av balun installeras utomhus, skulle det vara en bra idé att väderskydda den till exempel med krympslang och/eller silikon. Ferritmaterialet är trots allt järnbaserat och det kommer så småningom att rosta om det blir blött. Jag har ingen aning om hur mycket, om alls, korrosionen skulle påverka baluns prestanda.

D.3 Hybrid balun

Både spännings- och strömbalunen har sina begränsningar i RF-bemärkelse, främst i frekvensområdet, impedansstabilitet och common mode avslag. Hybridbalunen löser de flesta av dessa problem, men den är mycket mer komplex än en enkel spännings- eller strömbalun. Det beskrevs första gången av Andrew Roos (ZS1AN) i QEX september/oktober nummer 2005. PDF-filen är tillgänglig från:
http://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/QEX_Sep_2005_p29-34.pdf

I grund och botten en hybridbalun har en spänningsbalun och en balanserad strömbalun kopplade i serie. Spänningsbalunen är placerad på 50Ω matarledningssidan och strömbalunen på "högimpedans"-sidan:

- 1:1 spänningsbalunen är lindad på en enda ferrit toroidkärna som vanligt.
- Den balanserade 4:1 strömbalunen är lindad på två separata ferrit toroidkärnor, som var och en har en 1:1 strömbalun. För "primär", dvs. på 50Ω sidan är en lindning av de två kärnorna parallellkopplade. För "sekundär", dvs. på 200Ω sidan är de andra lindningarna på de två kärnorna seriekopplade. Så nu har du en strömbalun från 200Ω till 50Ω (4:1).

Jag har byggt en 1500 W 4:1 hybrid balun med hjälp av 3 stackar av fyra FT240-43 kärnor (jag hade inte #61 material kärnor tillgängliga vid den tiden). Den ligger på mitt tak i en plastlåda, väderbeständig förstås, och matar min 45 m långa OCF (Off Center Fed) dubblett. Det fungerar väldigt bra. När den termineras till 200Ω motstånd vid högimpedanssidan och mäts med en antennanalysator på matningssidan av spänningsbalunen, förblir impedansen på 50Ω ($\pm 0.1 \Omega$) hela vägen från 1.8 MHz till 30 MHz. Inga impedansdippar eller toppar vid någon frekvens.

E. Matningslinjer

En vanlig missuppfattning verkar vara att en matningslinje måste vara av en viss längd eller att den inte får vara en viss längd. **Dessa "regler" är i allmänhet inte sanna!** De är endast tillämpliga i vissa speciella fall, där själva matningsledningen används som impedanstransformator. (Se "E.2 Impedansmatchning med matningslinjer" nedan). Normalt kan varje matchad matningslinje vara vilken längd som helst.

Grundkravet är att en matningslinje ska avslutas **i båda ändar** (sändare och antenn) till ledningens nominella impedans, till exempel till 50Ω för de vanligaste koaxialkablarna. Då är effektöverföringen från sändare till antenn mest effektiv och kabeln kan vara hur lång som helst, inom rimliga gränser. På HF-band finns det vanligtvis inga begränsningar för matchad kabellängd, om inte kabeln är många hundra meter lång. För VHF- och UHF-frekvenser måste kabelns dämpning (förlust) beaktas. Det är till exempel inte klokt att värma kabeln med hälften av sändarens uteffekt, om kabelns dämpning på den använda frekvensen är -3 dB.

E.1 Typer av matningslinjer

Den vanligaste matningslinjen som används i amatörradiosystem är 50Ω koaxialkabel. Det finns också många andra vanliga matningslinjetyper:

- 75Ω (eller 73Ω) koaxialkabel: Dessa kablar är standarden för TV- (och radio-) antenner och kabel-TV-nätverk, men de kan också användas för amatörradio, speciellt om sådan impedans behövs för impedansmatchning. Generellt sett har 75Ω kablar lite lägre dämpning än 50Ω kablar med samma diameter.
- Parallella linjer ("ladder line", "window line"): Dessa är balanserade matningslinjer tillgängliga med minst 300Ω och 450Ω impedanser. De har betydligt lägre förluster än koaxialkablar, men de måste avslutas med balanserade matningar i båda ändar (som ett vikt dipol drivet element i antennen och en balun i sändarändan). För många år sedan användes 300Ω (eller 240Ω) linjerna för analoga (S/W) TV-antenner. Nackdelen med parallella linjer är att de måste hållas minst 3 x linjens bredd från allt elektriskt ledande, som maströr, rännor, plåttak, träd (när de är våta) osv.

- Öppen tråd linje ("Open Wire Line"): Dessa är "högimpedans" balanserade ledningar och de har betydligt lägre förluster än koaxialkablar. De bör avslutas med mer eller mindre balanserade matningar och ledningens "nominella" impedans i båda ändar. I allmänhet görs öppen tråd linjer hemma genom att använda två parallella ledningar (elektriska installationstrådar är helt OK) och hålla dem isär med 10 cm (+/- mycket) långa isolatorbitar med till exempel i 30 cm intervall. I de flesta fall är linjens exakta impedans inte så kritisk, eftersom de främst används för att mata flerbands HF-trådsantenn, vars matningspunkts impedans kan variera mycket mellan olika band. Så öppen tråd linjens impedans kan vara till exempel från 400 Ω till 1000 Ω . Jag tror att den mest använda impedansen är cirka 600 Ω . Det finns on-line räknare för balanserade och andra typer av matningslinjer. En kalkylator för öppen tråd linje finns på: <http://www.smr-cc.org.uk/tools/OpenWire.htm>. Nackdelen med öppen tråd linje är att de måste hållas minst 3 x ledningens bredd från allt elektriskt ledande, som maströr, rännor, plåttak, träd (när de är våta) osv.
- Det finns också kablar för andra impedanser. De som nämns ovan är bara de vanligaste för amatörradio.

E.2 Impedans matchning med matningslinjer

Varje längd av en matningslinje fungerar som en impedans transformator, **när den inte är terminerad till ledningens nominella impedans** i ena änden eller i båda ändarna. Linjens längd spelar ingen roll för impedans transformationens **verkan** som sådan. Men om matningsledningen, istället för en balun, faktiskt används för impedans transformations ändamål för att matcha ett antensystem, bör den matchande sektionens längden vara så kort som möjligt. Detta beror på att själva matchningssektionen har den högsta SWR i hela antensystemet med tillhörande höga förluster.

Impedans transformation med matarledningssektion(er) är vanligt förekommande på VHF, UHF och högre band, eftersom deras förluster är mycket lägre än i andra typer av matchande kretsar. Ibland kallas dessa matchande kablar "koaxiala baluner". De används dock även i vissa typer av flerbands HF-antenn istället för en balun. För många år sedan gjorde jag en 4:1 HF koaxial balun genom att linda RG-213 på en sektion av $\varnothing$ 11 cm PVC-avloppsrör för att mata 600 ohm öppen tråd linje till min parallella OCF-dubbelantenn på alla HF-band (160 m - 10 m), se <https://pa0fri.home.xs4all.nl/Ant/Balun/balun%20eng.htm>. Balunen fungerade väldigt bra. I allmänhet beräknas den matchande sektionens längden som en del av den **elektriska våglängden** på den använda frekvensen.

Elektrisk våglängd är inte detsamma som RF-signalens våglängd över luften!

Vartannat medium, som koaxialkabel, parallell linje osv., saktar ner RF-signalens hastighet, vilket gör våglängden kortare när mätt i meter. Skillnaden mellan luftvåglängd och elektrisk våglängd kallas "**hastighetsfaktor**" (Velocity Factor) och uttrycks som ett procenttal eller decimaltal i förhållande till luftvåglängden. Den fysiska (= elektriska) våglängden behövs för många antensystem beräkningar, som matningslednings längder för impedans transformations sektioner, avstämningstubb längder och positioner, antennfasningslinjer osv. Hastighetsfaktor exempel för vissa medier:

- Luft och rymd: 100% eller 1.00
- 50 Ω koaxialkabel med fast polyeten (PE) isolering (RG-58, RG-213): 66% eller 0.66
- 50 Ω koaxialkabel med skumpolyetenisolering (Ecoflex 10) : 85% eller 0.85
- 75 Ω koaxialkabel med fast polyeten (PE) isolering (RG-59): 82% eller 0.82
- 75 Ω koaxialkabel med skumpolyetenisolering (RG-6): 85% eller 0.85
- 300 Ω parallell linje ("window line", "ladder line"): 91% eller 0.91
- 450 Ω parallell linje ("window line", "ladder line"): 90% eller 0.90
- 600 Ω öppen tråd linje: 98% eller 0.98

Så, som du kan se ovanifrån, är den **elektriska våglängden** i de flesta fall mycket kortare än luftvåglängden, särskilt i koaxialkablar, vilket innebär att också de faktiska kabellängderna är fysiskt kortare. **Observera att det finns betydande hastighetsfaktor variationer mellan olika kabeltyper och i samma typ av kablar gjord av olika tillverkare!** Så om en bit matningslinje måste ha en specifik längd (i våglängder), kontrollera specifikationerna för den specifika kabeln du använder (lita inte på listan ovan) och använd dess angivna hastighetsfaktor för kabellängds beräkning. Observera också att den uppmätta längden måste inkludera eventuella kabelanslutningar. Detta är inte så kritiskt på HF-band eftersom kontaktens "längder" är väldigt små delar av våglängden, men **det är viktigt** på VHF- eller UHF-frekvenser och uppåt, där kontaktens "längder" är betydande delar av våglängden.

Till exempel, om en antens matningspunkts impedans inte är 50 Ω, vilket krävs av koaxialkabeln till sändaren, kan impedansmatchningen göras med längd(er) av matningslinjer istället för en (förlustig) balun. Speciellt på VHF- och UHF-frekvenser är matchningen med korta kabellängder också mekaniskt mycket lättare att göra än att använda andra typer av matchningskretsar. Det finns dock ett problem med matchande matningslinjer, särskilt på HF-band: Matchningssektionen är alltid relativt smalbandig och beräknas vanligtvis för bandets centrum. Det fungerar bara på ett band. I allmänhet behöver varje amatörradioband en separat matchning sektion, men de kan inte kopplas parallellt eller i serie. Av detta följer att matchande sektioner av matningslinje kan endast användas med enkelbands antenner. Men om matchnings sektionen är gjord av högimpedanslinje, som parallel linje eller öppen tråd linje (som till exempel i Windom-antennen), kan matchningen fungera på flera amatörradio HF-band.

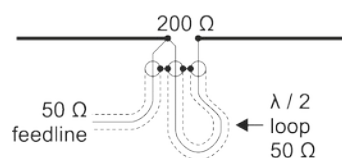
Ofta kan en 1/4 elektrisk våglängd av koaxialkabel användas för impedansmatchning. I så fall kan **impedansen för denna seriematchningssektion** beräknas för alla antenn- och matningsimpedanser med hjälp av formeln $Z_0 = \text{SQR}(Z_s \times Z_L)$, där:

- Z_0 = Impedans för 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion.
- SQR = Kvadratrot
- Z_s = Källimpedans (matningslinjen till sändare).
- Z_L = Belastningsimpedans (antennens matningspunkts impedans).

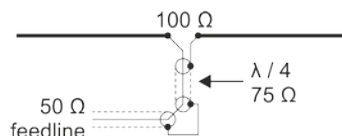
Observera att om det behövs för att täcka det mekaniska avståndet mellan matningspunkter för separata antenner i en grupp, är det möjligt också använda udda multiplar av 1/4 elektrisk våglängd (som 3/4, 5/4 osv.) för de impedansmatchande kabelsektionerna. Använd inte jämna multiplar av 1/4 elektrisk våglängd (som 2/4, 4/4 osv.) för matchande sektioner. De kommer inte att fungera som avsett!

För koaxialkabel matchande sektioner skulle det vara bäst att använda så lågförlustig kabel som möjligt för att minska förluster orsakade av hög SWR i dessa sektioner, oavsett matningsledningstyp till sändare och individuella antennkablar i en grupp. Några vanliga exempel för impedansmatchning med längder av koaxialkabel:

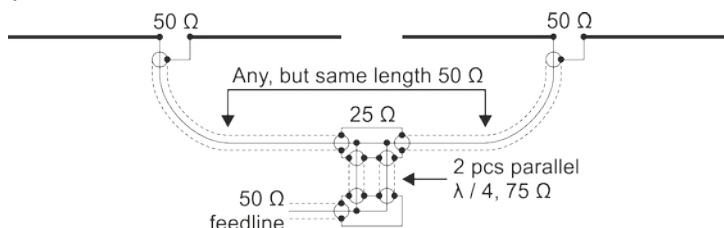
- a. **Antennimpedansen är 200 Ω och matningsledningen 50 Ω:** Använd en 1/2 elektrisk våglängds slinga (loop) av 50 Ω kabel för att matcha antennen.



- b. **Antennimpedansen är 100 Ω och matningslinjen är 50 Ω:** Använd 1/4 elektrisk våglängds matchande sektion av 75 Ω kabel i serie från antens matningspunkt och antennen matchas till 56 Ω. Till 50 Ω matningslinje är SWR då 1.12:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för den matchande sektionen, skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49 Ω för matningslinjen och SWR på 1.02:1.



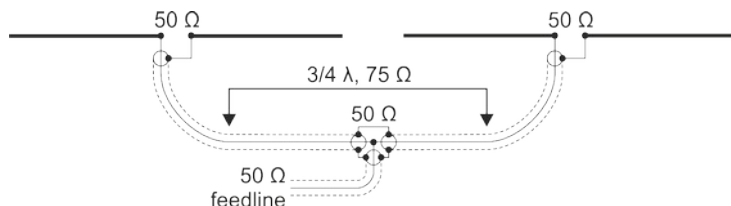
- c. **Du har en grupp med två (2) 50 Ω antenner och 50 Ω matningslinje till sändaren.** I det här fallet behöver du en impedanstransformation från 25 Ω till 50 Ω. Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 35.4 Ω. Den typen av kabel finns inte, men om du kopplar två (2) 1/4 elektriska våglängds 75 Ω kablar parallellt så är den kombinerade kabelimpedansen 37.5 Ω. Till 50 Ω matningslinjen är SWR då 1.06:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för den matchande sektionen skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49.4 Ω för matningslinjen och SWR på 1.01:1.



"Any, but same length 50 Ω " =
Vilken som helst, men samma längd 50 Ω .

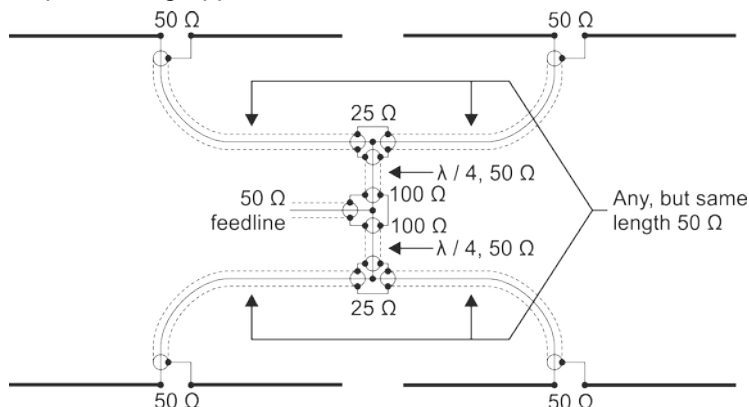
Det finns också ett annat sätt att uppnå samma resultat. I det här fallet behöver du en impedanstransformation från 50 Ω till 100 Ω . Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 70.7 Ω .

Använd två 3/4 elektriska våglängds matchande sektioner av 75 Ω kabel från varje antennis matningspunkt och gruppen matchas till 56 Ω . Till 50 Ω matningslinje är SWR då 1.12:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för de matchande sektionen, skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49 Ω för matningslinjen och SWR på 1.02:1.



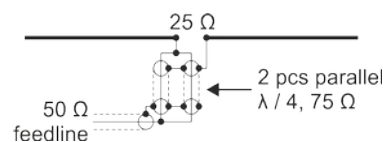
Jag använder detta matchningssystem för 2 x 4 element antengrupp för 2 m på taket. Jag designade mina antenner för 56 Ω matningspunkts impedans, så matchningen för 50 Ω matningslinje är 50 Ω och SWR är 1.0:1.

- d. Du har en **grupp med fyra (4) 50 Ω antenner och 50 Ω matningslinje till sändaren**. Om du ansluter alla fyra antennerna parallellt blir den kombinerade impedansen endast 12.5 Ω och SWR blir 4:1! Så gör inte det, utan koppla ihop de fyra antennerna som på ritningen nedan. Matchningssystemet kan utökas med samma princip till exempel för en grupp om 8 eller 16 antenner.

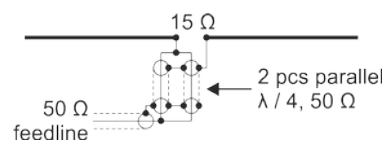


"Any, but same length 50 Ω " =
Vilken som helst, men samma längd 50 Ω .

- e. **Antennimpedansen är 25 Ω och matningslinjen är 50 Ω** : Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 35.4 Ω . Den typen av kabel finns inte, men om du kopplar två (2) 1/4 elektriska våglängds 75 Ω kablar parallellt är den kombinerade kabelimpedansen 37.5 Ω och för två 70 Ω kablar 35 Ω . Med 75 Ω parallell matchande kablar är SWR till 50 Ω matningslinjen 1.12:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål. Om du har 70 Ω kabel tillgänglig för den matchande sektionen, skulle matchningen bli ännu bättre, vilket resulterar i 49 Ω för matningslinjen och SWR på 1.02:1.



- f. **Antennimpedansen är 15 Ω och matningslinjen är 50 Ω** : Med formeln ovan för en 1/4 elektrisk våglängds matchningssektion är impedansen 27.4 Ω . Den typen av kabel finns inte, men om du kopplar två (2) 1/4 elektriska våglängds 50 Ω kablar parallellt så är den kombinerade kabelimpedansen 25.0 Ω . Med 50 Ω parallell matchande kablar är



den resulterande impedansen till 50 Ω matningslinjen 54.8 Ω och SWR är 1.10:1, vilket är tillräckligt bra för alla praktiska ändamål.

- g. **Andra matchningssystem:** Det finns också många andra sätt att använda matningsledning för impedansmatchning, till exempel:
- Två kabelsektioner med olika impedanser i serie. Den ursprungliga webbplatsen är nere, men du kan ladda ner kalkylatorn från <https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/Series-Matching-Calculator.shtml>.
 - Pawsey balun (se till exempel <https://owenduffy.net/blog/?p=14882>)
 - Matchande stubb: En öppen eller kortsluten matningsledning stubb kan användas för att matcha alla impedansförhållanden (som vilken antennimpedans som helst till 50 Ω matningslinje). Jag försökte utan framgång att hitta en fungerande kalkylator för matchande stubbar på internet, men det finns många andra resurser med formler och Smith-diagram tillgängliga.

F. SWR och sändningseffekt

SWR ("Standing Wave Ratio", Stående Våg Förhållande) är en kvalitetsindikation för antennsystemets matchning.

SWR borde mer korrekt förkortas som VSWR ("Voltage Standing Wave Ratio", Spänning Stående Våg Förhållande), eftersom det vanligtvis mäts som spänningar relaterade till framåt och reflekterad effekt. I grund och botten betyder 1.0:1 SWR att antennsystemet är perfekt matchat och varje avläsning högre än så (till exempel 1.5:1 eller 2.3:1) betyder att det finns någon missanpassning i antennsystemet. **Men observera: en SWR-mätare mäter matchning situationen endast vid den punkt där dess mätbrygga är placerad.** Så, i en oöverensstämmande situation, är avläsningen som SWR-mätaren visar endast giltig för den specifika punkten i antennsystemet och är ofta inte den faktiska SWR vid antennens matningspunkt eller vid sändarens utgång. **Observera också att en SWR-mätare endast visar impedansen i förhållande till 50 Ω . Det visar inte om impedansen är högre eller lägre än 50 Ω .** SWR-avläsningen är alltid 1.00:1 eller högre. Det kan aldrig vara mindre än 1.00:1.

Notera! Håll alltid ett öga på din SWR-mätare när du sänder! Detta är särskilt viktigt om du använder en linjär förstärkare! Sändarens RF-utgångseffekt måste gå någonstans och kan orsaka skada vid hög SWR! Om SWR är högre än normalt betyder det att något har hänt med ditt antennsystem! Till exempel:

- Antennens matningslinje är skadad eller fränkopplad.
- Antenntunern är feljusterad.
- Själva antennen är skadad.
- En balun i matningslinjen är skadad.
- osv.

Det är mycket enkelt att beräkna SWR, om du känner till de två impedanserna vid en felmatchad skarv, till exempel matningslinjeimpedans och antennens matningspunktsimpedans. Generellt är matningslinjens impedans alltid känd: 50 Ω för de vanligaste koaxialkablarna. Beroende på antennens matningspunkts impedans, använd följande två formler:

- Antennens matningspunktsimpedans är **högre** än kabelimpedansen: **$SWR = Z_a / Z_c$** , där:
 - SWR = SWR som ett decimaltal
 - Z_a = Antennens matningspunktsimpedans
 - Z_c = Kabelns nominella impedans
 - Till exempel: Antennimpedans är 135 Ω , matningsimpedans 50 Ω : $SWR = 135/50 = 2.70:1$ **eller** antennimpedans är 50 Ω , matningsimpedans 50 Ω : $SWR = 50/50 = 1.00:1$
- Antennens matningspunktsimpedans är **lägre** än kabelimpedansen: **$SWR = Z_c / Z_a$** , där:
 - SWR = SWR som ett decimaltal
 - Z_c = Kabelns nominella impedans
 - Z_a = Antennens matningspunktsimpedans
 - Till exempel: Antennimpedans är 28 Ω , matningsimpedans 50 Ω : $SWR = 50/28 = 1.79:1$ **eller** antennimpedans är 50 Ω , matningsimpedans 50 Ω : $SWR = 50/50 = 1.00:1$

När antennsystemet är inte perfekt matchat (dvs. SWR är högre än 1.0:1) reflekteras sändareffekten (= framåtteffekt) delvis tillbaka från antennens matningspunkt (= reflekterad effekt). Vid sändaränden reflekteras den reflekterade effekten åter delvis mot antenn, eftersom sändaren "ser" en impedans som skiljer sig från dess specificerade belastningsimpedans (50 Ω i de flesta fall). De två reflektionerna sker upprepade gånger tills all effekt av den RF-vågen har försvunnit antingen genom strålning från antennen eller förlust i matningslinjen.

Varje matningsledning har någon förlust (även om den kan vara ganska låg), vilket beror på ledningens inneboende förlust (per meter), kabelns längd och använda frekvens. Ju längre en linje är, desto mer förlust har den och ju högre vi går i frekvens, desto mer förlust har den (per meter). Så varje gång "samma RF-våg" går genom kabeln, förloras en del av effekten som värme.

Tyvärr i amatörradiogemenskapen finns det en vanlig missuppfattning att den reflekterade effekten "absorberas" av sändarens utgångskretsar och kan orsaka skada där. ***I allmänhet är det inte sant!*** I princip all sändareffekt (minus förlust orsakad av fram och tillbaka reflektioner i matningslinjen) utstrålas alltid av antennen. Matningslinjeförlust är huvudskälet till att sträva efter låg SWR, eftersom med högre SWR måste RF-signalen "färdas" längs matningslinjen fler gånger, innan den strålas ut av antennen, och varje "resa" ökar effektförlusten. För lägre SWR-avläsningar är dock förlusten inte signifikant. För mer förtydligande se till exempel K5DVW:s artikel "Understanding SWR by Example" (Förstå SWR genom exempel), tillgänglig på: <https://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/q1106037.pdf>

I vissa specifika fall av mycket höga SWR-avläsningar (till exempel 5.0:1 eller mer), finns det en **teoretisk** möjlighet för sändarskador:

- Lastimpedansen "sett" av sändaren är extremt låg, i enstaka Ω . I så fall kan sändarens slutsteg behöva leverera mer RF-ström än vad det är designat för. Detta kan leda till överhettning i slutsteg och skada.
- Belastningsimpedansen "sett" av sändaren är extremt hög, i tre- eller fyrsiffrigt Ω område. I så fall kanske sändarens slutsteg inte kan hantera den mycket höga RF-spänningen och överspänningsavbrott kan inträffa i slutsteget.

--- !!! MEN !!! ---

- Alla moderna sändare, som använder bipolära eller MOSFET-**transistorer**, har **internt skydd mot för hög SWR** och de börjar minska uteffekten för att skydda effektförstärkaren, när SWR överskrider designgränsen (ofta 2.0:1). Linjära högeffektsförstärkare har vanligtvis en ALC-utgång till transceiver och transceivern tar själv hand om driveffektreduktion till linjär förstärkare (dvs. den sänker RF-spänning och ström).
- **Rörsändare** har vanligtvis inte inre skydd, men de är också **mer toleranta mot höga SWR**. Linjära rörförstärkare har också ofta en ALC-utgång till transceiver:
 - Rörets interna motstånd är relativt högt och det kan helt enkelt inte leverera mycket mer RF-ström till en lågimpedansbelastning än vad effektslaget är designat för. Av detta följer att RF-spänningen vid sändarens utgång går ner och uteffekten blir lägre med lägre belastningsimpedans.
 - Rör används med ganska hög anodspänning och klarar vanligtvis tillfälliga RF-spänningar många gånger anodspänningen. Om belastningstillståndet med hög impedans fortsätter under lång tid (vid sändning), kan rörets anod börja överhettas, vilket kan skada själva röret mekaniskt (glaskolven smälter eller keramiskt hölje spricker). Detta beror på att röret inte kan bli av med all RF-utgångseffekt till antenn, så överskottseffekten måste förloras som värme i anoden.

F.1 Matningslinjeförluster

Även när matningslinjen avslutas till sin nominella impedans i båda ändar (dvs. uppmätt SWR är 1.0:1), har den fortfarande inneboende förlust, vilket beror på kabeltyp och använd frekvens. Matningslinjes RF-förlust omvandlas till värme, mestadels i kabelns inre isoleringsmaterial. I koaxialkablar med låg förlust är den inre isoleringen mestadels luft, i kablar med högre förlust vanligtvis någon form av fast plast (ofta polyeten). På HF-band är förlusten vanligtvis inte viktig, men på VHF, UHF och högre frekvenser måste man hålla matningslinjen så kort som möjligt. Det är till exempel inte klokt att värma kabeln med hälften av sändarens uteffekt, om själva kabeln från sändare till antenn har -3 dB förlust. Om den uppmätta SWR är högre än 1.0:1 är kabelns inneboende förlust kvar, men den totala förlusten ökar på grund av RF-signalens reflektioner fram och tillbaka. **Observera att alla kabeltillverkares dämpningssiffror alltid anges endast för ett matchat tillstånd, dvs. när SWR är 1.0:1. Förlusten ökar med ökande SWR.**

Speciellt på VHF- och UHF-frekvenser måste man också överväga följande situation:

- SWR-mätaren är vid sändarens ände av matningslinjen.

- Koaxialkabel har naturligtvis någon förlust, till exempel -3 dB.
- I det här fallet kan antennen ha ganska hög SWR (till exempel 5:1), men på grund av matningslinjes förlust, som döljer antenn ändens SWR, kan SWR som visas av mätaren vara nästan perfekt (dvs. 1.0:1). **Så SWR-mätarens visning är inte korrekt.** Signalen som utstrålas av antennen kommer att vara nere mycket från vad är tillgängligt från sändaren och den förlorade delen av effekten omvandlas till värme i själva koaxialkabeln.
- Här är ett extremt exempel: Ta en 100 m rulle RG-58. Anslut ena änden genom en SWR/effektmätare till t.ex. 100 W, 70 cm (UHF) sändare. Lämna den andra änden öppen. Sändaren arbetar glatt med full effekt och 1.0:1 SWR till kabeln, även om det finns ingenting i andra änden. Efter ett tag börjar kabeln värmas upp (du kan t.ex. känna den med handen), eftersom all sändareffekt går förlorad i kabeln.

Dämpningsvärden för några kabeltyper

Se också de två anteckningarna efter tabellen nedan!

I tabellen nedan anges dämpning för olika frekvenser för 100 meter (m) och 100 fot (ft) kabellängder, när kabeln är terminerad till sin nominella impedans i båda ändar.

Kabeltyp	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)
RG-58C/U (50 Ω)	5	2.7 / 0.82	400	30.0 / 9.15
	10	4.1 / 1.25	600	37.9 / 11.6
	50	9.7 / 2.96	1000	51.8 / 15.8
	100	13.9 / 4.24	1500	65.6 / 20.0
	200	20.4 / 6.22	-	-
RG-213/U (50 Ω)	5	1.2 / 0.82	400	13.7 / 4.18
	10	1.8 / 0.37	600	15.9 / 4.85
	50	4.3 / 1.31	1000	23.1 / 7.04
	100	6.4 / 1.95	1500	30.4 / 9.27
	200	9.5 / 2.90	3000	48.9 / 14.9
RG-59B/U (75 Ω)	5	2.4 / 0.73	450	25.7 / 7.84
	55	8.4 / 2.56	600	30.3 / 9.24
	187	16.1 / 4.91	1000	40.0 / 12.2
	300	20.7 / 6.31	-	-
RG-11A/U (75 Ω)	50	4.2 / 1.28	500	15.5 / 4.73
	100	6.2 / 1.89	600	17.1 / 5.21
	200	9.3 / 2.84	860	21.1 / 6.43
	400	13.8 / 4.21	1000	23.4 / 7.13
300 Ω parallell linje (DX Engineering)	5	0.43 / 0.13	Ingen data tillgänglig för högre frekvenser!	
	10	0.49 / 0.15		
	50	0.89 / 0.27		
450 Ω parallell linje (Wireman 552)	5	0.39 / 0.12	400	4.66 / 1.42
	10	0.56 / 0.17	600	6.07 / 1.85
	50	1.35 / 0.41	1000	8.57 / 2.61

Kabeltyp	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)	Frekvens (MHz)	Dämpning (dB/100 m / dB/100 ft)
	100	2.00 / 0.61	1500	11.4 / 3.76
	200	3.02 / 0.92	3000	19.0 / 4.88
RG-62A/U (93 Ω)	5	1.9 / 0.58	400	17.0 / 5.17
	10	2.4 / 0.73	600	21.1 / 6.41
	50	5.8 / 1.76	1000	27.8 / 8.45
	100	8.2 / 2.49	1500	34.7 / 10.6
	200	11.8 / 3.59	3000	52.6 / 16.0
Ecoflex 10 (50 Ω)	5	0.76 / 0.23	432	8.46 / 2.57
	10	1.14 / 0.35	500	9.12 / 2.77
	50	2.66 / 0.81	1000	13.5 / 4.14
	100	3.80 / 1.16	1500	17.0 / 5.17
	200	5.51 / 1.68	3000	25.4 / 7.72
RG-6 (75 Ω)	67.5	6.29 / 1.91	750	19.8 / 6.02
	100	7.25 / 2.20	1000	23.3 / 7.08
	143	8.46 / 2.57	1500	30.0 / 9.12
	270	11.3 / 3.44	2000	34.9 / 10.6
	540	16.2 / 4.92	-	-
1/2" (12.7 mm) Heliac (50 Ω)	10	0.67 / 0.21	800	6.46 / 1.97
	50	1.52 / 0.46	1250	8.23 / 2.51
	150	2.67 / 0.82	1500	9.09 / 2.77
	300	3.84 / 1.17	2000	10.7 / 3.25
	450	4.80 / 1.45	3000	13.4 / 4.09

Anteckning 1! Matningslinjens dämpningsvärden ovan plockades från datablad av olika tillverkare och är endast för referens. Ta dem inte som absoluta värden för alla kablar med samma typnummer! Använd alltid databladsvärdena från din kablars tillverkare!

Anteckning 2! Jag har märkt att vissa människor inte förstår vad kabeldämpningsvärdena som anges i datablad faktiskt betyder för deras specifika kabellängd. Databladsvärdena GÄLLER INTE för varje kabellängd! De är endast giltiga för de angivna längderna på 100 m eller 100 fot! Matematiken är verkligen enkel: Multiplicera databladets dämpningsvärde som ges för din använda frekvens med längden på din kabel **RELATIVT** till 100 m eller 100 fot längden som anges i databladet i samma längdenheter. Så till exempel:

- Din kabel är 15 m lång: $15 \text{ m} / 100 \text{ m} = 0.15$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 m längd multiplicerat med 0.15: Datablad 9.8 dB/100 m x 0.15 = 1.47 dB.
- Din kabel är 150 m lång: $150 \text{ m} / 100 \text{ m} = 1.5$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 m längd multiplicerat med 1.5: Datablad 9.8 dB/100 m x 1.5 = 14.7 dB.
- Din kabel är 35 fot lång: $35 \text{ ft} / 100 \text{ ft} = 0.35$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 fot längd multiplicerat med 0.35: Datablad 2.96 dB/100 ft x 0.35 = 1.036 dB.
- Din kabel är 200 fot lång: $200 \text{ ft} / 100 \text{ ft} = 2.0$. Dämpningen för din kabel är databladsvärdet för 100 fot längd multiplicerat med 2.0: Datablad 2.96 dB/100 ft x 2.0 = 5.92 dB.

Det finns också andra 50 Ω koaxialkablar med mycket lägre dämpning än vad som anges ovan, till exempel 7/8" (Ø 22.2 mm) och 1-1/4" (Ø 31.7 mm) Heliac och andra ännu tjockare. De används mest i mycket hög effekt radio- och TV-sändare. De är mycket dyrare än de vanligare typerna och kräver speciella (dyra) kontak-

ter. I värsta fall kan de till och med behöva trycksättas med torr kvävgas för att hålla all fukt borta från kabelns insida. Fukt ökar dämpningen. Men om matningslinjens förlust vid den använda frekvensen är ett verkligt problem, som i 50 kW UHF TV-sändarens antennkabel upp ett 200 m högt torn, har man inte mycket att välja på.

När du väljer en kabel för ditt antennsystem, det finns också ett par andra viktiga saker att komma ihåg:

- Kabelns **minsta böjradie** (minum bending radius) anges i kabelns datablad. Du **får inte böja** kabeln till skarpare "hörn" eller stramare spolar än vad som anges, för om det görs kommer något i kabeln (särskilt nominell impedans) inte att uppfylla specifikationerna och någonting (som kabelskärm och/eller mitt tråd) kan till och med gå sönder i den utan att visa ingenting utanför kabeln.
- Fast isolerad koaxialkablar (som RG-213) är mekaniskt mycket **starkare**, men de har också högre dämpning. Skumisolerad koaxialkablar (som Ecoflex 10) har lägre dämpning, men de är också mekaniskt **svagare**. Skumisolerad kablar har en tendens att kortsluta, särskilt i för snäva böjar nära kontakter, eftersom det mjuka isoleringsskummet inte kan hålla mitt tråden på plats i kabelns centrum. Dessutom, om någon lödning krävs till exempel i en kabelkontakt, smälter skumisoleringen mycket lättare än fast isolering och en kortslutning kan uppstå redan i det skedet.

F.2 Kablar, kontakter och sändningseffekt

Det finns begränsningar för hur mycket RF-effekt en kabel och tillhörande kontakter kan hantera. Den maximala tillåtna effekten beror också mycket på sändningsfrekvens och SWR i kabellängden.

Att mäta en sändares exakta uteffekt kan vara lite problematiskt. Generellt är RF-effekt- och SWR-mätare som säljs för amatörradioändamål inte väl kalibrerade och deras noggrannhet är ofta inte bättre än $\pm 10\%$. Noggrannheten varierar också mycket beroende på frekvens och kan vara ännu sämre än så, till exempel $\pm 15\%$ eller $\pm 20\%$. I praktiken betyder detta att om till exempel mätaren visar 100 W, kan sändarens verkliga uteffekt vara någonstans mellan 80 W och 120 W. Ytterligare fel uppstår om mätaren har "traditionella" visarmätare, eftersom man inte kan vara säker på skalans noggrannhet och avläsning en mätarens visare bidrar till felet. Vanligtvis är en sifferdisplay i effekt-/SWR-mätaren mer exakt än en visarmätare, men det beror återigen på mätarens kalibreringsnoggrannhet. Professionella effektmätare är i allmänhet mer exakta, men se specifikationerna. Till exempel den välkända Bird 43 är specificerad för endast $\pm 5\%$ noggrannhet och även om mätarens skala är sannolikt korrekt, kommer avläsning av den lilla mätaren att orsaka mera fel.

Några exempel på max. tillåten effekt för olika kablar, när de är anpassade till nominell impedans i båda ändar:

- **RG-58** (50 ohm): 150 MHz = 210 W, 450 MHz = 150 W
- **RG-213** (50 ohm): 50 MHz = 1860 W, 150 MHz = 1074 W, 450 MHz = 620 W, 1000 MHz = 416 W
- **RG-59** (75 ohm): 50 MHz = 452 W, 150 MHz = 261 W, 450 MHz = 151 W, 1000 MHz = 101 W
- **RG-11** (75 ohm): 10 MHz = 2800 W, 100 MHz = 810 W, 200 MHz = 450 W, 400 MHz = 370 W, 1000 MHz = 110 W
- **Ecoflex 10** (50 ohm): 10 MHz = 3100 W, 100 MHz = 960 W, 500 MHz = 410 W, 1000 MHz = 285 W
- **RG-6** (75 ohm): 10 MHz = 1500 W, 30 MHz = 750 W. No info about higher frequencies.

Anteckning 1! De maximalt tillåtna effektvärdena ovan plockades från datablad av olika tillverkare. Ta dem inte som absolut effekt för alla kablar med samma typnummer! Använd alltid databladsvärdena från tillverkaren av din kabel!

Anteckning 2! Om det finns betydande SWR (till exempel över 1.5:1) i kabellängden måste den maximalt tillåtna effekten minskas mycket, eftersom RF-spänningen och/eller strömmen överstiger kabelns designvärden. Som en tumregel: dividera det angivna effektvärdet med SWR-avläsningen. Till exempel: SWR = 1.5:1, specificerat max. effekt är 150 W, så tillåtet max. effekt är i detta fall $150 / 1.5 = 100$ W. Generellt sett är detta inget problem för matchade matningslinjer, men det är viktigt för impedansmatchande kabelsektioner (se D.2 ovan) och till exempel matningslinjer från antenntuner till antenn, eftersom SWR i de linjerna kan vara ganska hög.

Några exempel på RF-effekt som kontakterna själva kan hantera, när den anslutna kabeln inte har någon SWR (dvs. SWR är 1.0:1). Det max. tillåten effekt genom kontakter går ner med ökande frekvens. Observera

att en kontakts RF-effekthantering vanligtvis inte specificeras. Det som anges är max. (DC) spänning och max. (DC) ström, men du kan inte bestämma RF-effekthantering från dessa värden på grund av skin-effekt:

- **UHF (PL-259 / SO-239):** 100 MHz = 500 W.

*Notera! UHF-kontakter är inte 50 Ω kontakter, även om de används mycket i amatörradioutrustning. Den teoretiska impedansen är ca 35 Ω, så dessa kontakter bör endast användas på HF, 6 meter och eventuellt 2 meter band, där kontaktens "längd" är en liten del av våglängden och inte påverkar SWR särskilt mycket. **Aldrig använd UHF-kontakter på 70 cm och uppåt.** Vissa amatörer kallar UHF-kontakten en "bepansrad banankontakt". Observera också att koaxialkabelns skärm ska alltid lödas fast på UHF-kontakten. Olödda skärmanslutningar är ganska opålitliga i dessa kontakter och kan orsaka oväntat beteende i antennsystemet. UHF-kontakten designades på 1930-talet, då alla frekvenser över 30 MHz ansågs att vara UHF.*

- **BNC (50 Ω):** 1000 MHz = 316 W.

- **BNC (75 Ω):** 1000 MHz = 316 W.

- **N (50 Ω):** 20 MHz = 5000 W, 2000 MHz = 500 W.

- **F (75 Ω):** Dessa kontakter används huvudsakligen i TV- och satellitantennnät till över 2 GHz. De är snabba och enkla att installera på kablar. Jag har hittat inga effektspecifikationer för dem. Men eftersom koaxialkabelns mitt tråd (ofta vanlig koppar) används som hankontakts mittstift, med något opålitlig kontakt med honuttaget, kan effekthanteringen inte vara så mycket. Som gissning 100 W max. på HF-band och 10 W max. på VHF.

- **Alla kabelanslutningar utomhus måste vädertätas** för att förhindra fukt och vatten komma in i kontakter och kablar. Varje mängd av vatten orsakar korrosion och ökar kabelförlusterna avsevärt. Jag använder självsamlande gummitejp och/eller silikon för detta ändamål.

Anteckning 1! De maximalt tillåtna effektvärdena ovan plockades från datablad av olika tillverkare. Ta dem inte som absolut effekt för alla kontakter av samma typ! Använd alltid databladsvärdena från tillverkaren av dina kontakter!

Anteckning 2! Om det finns betydande SWR (till exempel över 1.5:1) i kabelns längd, måste den maximalt tillåtna kontakteffekten reduceras mycket, eftersom RF-spänningen och/eller strömmen överstiger de värden som kontakten är designad för. Som en tumregel: dividera det angivna effektvärdet med SWR-avläsningen. Till exempel: $SWR = 1.5:1$, specificerat max. effekt är 500 W, så tillåtet max. effekt i detta fall är $500 / 1.5 = 333$ W. Generellt sett är detta inte ett problem för matchade matningslinjer, men det är viktigt för impedansmatchande kabelanslutningar (se D.2 ovan) och till exempel matningslinjeanslutningar mellan antenntuner och antenn, eftersom SWR i de linjerna kan vara ganska hög.

Vissa radioamatörer säger att de använder alla ovan nämnda kablar och kontakter (förutom RG-6 och F-typ) med 1500 W (och högre) RF-effekt på HF- och VHF-frekvenser utan problem. Det finns dock inget sätt att veta hur deras antennsystem har konstruerats och vilken typ av mekaniska och elektriska påfrestningar själva kablarna och kontakterna faktiskt utsätts för. Dessutom, vad menar de med 1500 W effekten?:

- Förstärkarens **ineffekt**? Detta är effekt, som förstärkaren drar från elnätet och den har inte så mycket att göra med förstärkarens utgående RF-effekt, som behövs för kablar och kontakter. Man kan uppskatta att RF-utgångseffekten är omkring 40 % till 50 % av ineffekten. Den **teoretiska** verkningsgraden för ett högeffektsförstärkarsteg är cirka 58 %, men i verkligheten är det aldrig möjligt att uppnå den verkningsgraden på grund av krets förluster.

- Topp SSB-effekt (PEP)? I de flesta fall är den **genomsnittliga** SSB RF-effekten ungefär 15 % till 25 % av SSB-toppeffekten. Genomsnittlig effekten är det som orsakar uppvärmning i antennsystemet, inte toppeffekt.

- Så den faktiska **genomsnittliga** RF-effekten de kör är kanske bara 90 W!

Hur som helst, det är bättre att ta dessa påståenden med en nypa salt innan du applicerar dem på ditt eget antennsystem. Jag har inte kunnat hitta några andra **tillförlitliga RF-effektspecifikationer** (dvs. från tillverkare) förutom de få värden som anges ovan.

Mina personliga val för matningskablar och RF-kontakter är:

HF-band: - RG-58 för upp till 100 W eller 150 W sändningseffekt.

- RG-213 för högre sändningseffekt (upp till 1500 W).

- UHF (PL-259 / SO-239) kontakter.

VHF: - RG-213 för upp till 100 W eller 150 W sändningseffekt, om kabeln är tillräckligt kort för att ha mindre än -1 dB förlust och UHF (PL-259 / SO-239) kontakter.
- Heliac eller Ecoflex 10 för längre kablar och upp till 1500 W sändningseffekt och N-kontakter gjorda för just den kabeln.

UHF: Heliac eller Ecoflex 10 för alla sändningseffekter och kabellängder och N-kontakter gjorda för den specifika kabeln.

G. Antenntuners

Antenntuners används endast på HF-band. De skulle vara mycket svåra att designa för VHF och UHF och i allmänhet behövs inte där, eftersom själva antennerna är anpassade till 50 Ω .

Antenntuners är mycket användbara för att få sändaren att "se" 50 Ω belastning de är designade för, speciellt när man använder någon form av "all-band" eller flerbandsantenn. Observera att även om dessa enheter kallas "antenntuners", **stämmer de inte antennen, utan matchar antennsystemet så att sändaren belastas med resistiva 50 Ω** . När en antenntuner har justerats korrekt är också de mottagna signalerna så bra som möjligt.

Varning! Använd ALDRIG två antenntuners i serie till samma matningslinje! Driften av båda kommer att bli förstörd, eftersom det inte finns något sätt att veta vilken impedans var och en av dem matchar. Så om du har en extern antenntuner, **se absolut till att din transceivers interna tuner är avstängd (avaktiverad)!** Annars blir resultatet i de flesta fall en impedans, som din transceiver kan inte hantera.

Notera! I allmänhet är kommersiellt tillverkade antenntuners endast specificerade för topp SSB-effekt (PEP)! De kommer att skadas om de används med angiven effekt med kontinuerlig bärvåg! För att använda dessa tuners med kontinuerlig bärvåg, som FM, många digitala moduleringar osv., max. tillåten sändningseffekt är cirka 1/3 eller mindre av den specificerade PEP-effekten.

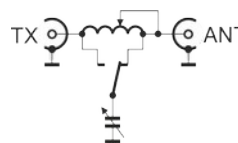
Det finns också tillverkare (till exempel MFJ), som specificerar antenntunerns effekthantering på ett riktigt konstigt sätt. Till exempel en tuner säljs som 3000 W tuner. Men dessa 3000 W betyder **topp ineffekten för linjär förstärkare!** Eftersom en förstärkares effektivitet är 50 % eller mindre kan tunern hantera kanske 1500 W eller mindre RF-toppeffekt. I verkligheten kan den kanske bara hantera cirka 375 W av kontinuerlig bärvågs RF-effekt. Ganska stor skillnad mellan specificerade och verkliga effektförmågan! Jag har själv varit tvungen att reparera och modifiera en sådan antenntuner (MFJ-986 - min amatörväns egendom här) flera gånger, eftersom den inte ens klarar 500 W SSB-effekt på 20 m!

En antenntuner är i grunden en passiv L/C-krets med en eller flera variabla kondensatorer och en variabel spole. Många typer av antenntuners tillverkas och också görs i hemma. De kan antingen vara manuella eller automatiska och inne i transceivern, i en låda vid arbetsposition eller fjärrstyrda. De har alltid en SWR-mätare, som visar SWR vid tunerens sändarkontakt ("TX"). **Observera att SWR som visas av antenntunern är ENDAST för tunerens sändaranslutning, dvs. för matningslinjen mellan sändare och tuner. Det är INTE matningslinjens SWR från tuner till antenn!** Om du behöver en antenntuner för matchning av **antennsystem** betyder det att antennens matningslinje alltid har relativt hög SWR (till exempel mer än 1.5:1). Impedansmatchningsområdet mellan olika antenntuners kan variera en hel del, även när kretsen ("nätverket") är densamma.

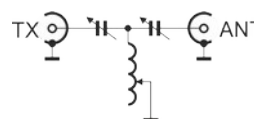
Det verkar som om vissa radioamatörer tror att endast variabla kondensatorer och rullspolar är OK för en "seriös" antenntuner. Med dessa man kan naturligtvis justera matchningen kontinuerligt, men de är vanligtvis större och kostar mycket mera än "stegtyp"-tuners, speciellt de automatiska högeffektsenheterna. **Generellt sett behöver du inte kontinuerligt justerbara kondensator(er) och spole i en antenntuner!** En "stegtyp" antenntuner kan alltid matcha ett antennsystem tillräckligt bra, om inte själva antennen är löjligt kort för den använda frekvensen. En kontinuerligt justerbar tuner kommer också ha problem med den typen av antenner! **Du BEHÖVER INTE ha 1.00:1 SWR på sändarsidan!** 1.50:1 SWR eller mindre är alltid OK för alla sändare, och en stegtyp tuner kan nästan alltid matcha antennsystemet till bättre än 1.05:1 SWR. De ytterligare matarlinjeförlusterna som orsakas av en SWR på 1.05:1 eller upp till 1.50:1 är också obetydliga.

Några vanliga antenntunerkretsar:

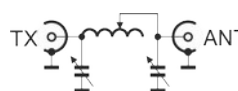
- **L-nätverk**: Dessa tuners har en variabel kondensator och en variabel spole. Ena änden av kondensatorn är ansluten till jord. Spolen kopplas mellan sändaranslutning och antennanslutning. Kondensatorns position kan väljas till sändaranslutning eller antennanslutning för alla matchningskrav.



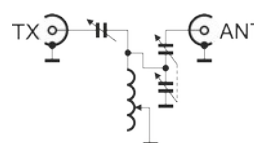
- **T-nätverk**: Dessa tuners har två variabla kondensatorer och en variabel spole. En kondensator är i serie med sändaranslutningen och den andra i serie med antennanslutningen. Spolen är ansluten till jord mellan de två kondensatorerna.



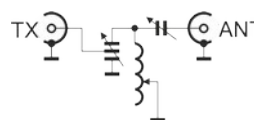
- **PI-nätverk** (från grekiska "Π" = stor pi): Dessa tuners har två variabla kondensatorer och en variabel spole. En kondensator är ansluten till jord från sändaranslutningen och den andra till jord från antennanslutningen. Spolen ansluts mellan sändar- och antennkontakterna.



- **SPC-nätverk** (Series Parallel Capacitor, Serie Parallell Kondensator): Dessa tuners har en variabel kondensator, en dubbel variabel kondensator och en variabel spole. Den enkla kondensatorn är kopplat i serie från sändaranslutningen till mittuttaget på den dubbel variabel kondensatorn. Den dubbel kondensatorn kopplas från antennanslutningen till jord. Spolen är ansluten från dubbel kondensatorns mittuttag till jord.



- **Ultimate Transmatch**: Dessa tuners har en dubbel "fjäril" variabel kondensator, en enkel variabel kondensator och en variabel spole. "Fjäril" kondensatorns mittanslutning är kopplat till sändarens anslutning. Ena änden av "fjäril" kondensatorn är ansluten till jord. Den andra änden av "fjäril"-kondensatorn är ansluten till spolen och ena änden av den enkla kondensatorn. Spolens andra ände är ansluten till jord. Den andra änden av enkel kondensator är kopplat till antennanslutningen.



Det finns många varianter av kretsarna ovan och andra typer av antenntuners har också tillverkats, vanligtvis för något speciellt ändamål.

I varje antenntuner krets finns det tre möjligheter för spolen:

- En rullspole, som kan justeras steglöst från min. till max. I automatiska antenntuners drivs rullspolen med en motor.
- En spole med mittanslutningar. Anslutningarna väljs med en flerlägesbrytare eller med relästyrning. I automatiska antenntuners används relästyrningen.
- En serie separata seriekopplade spolar. Spolarna väljs med en flerlägesomkopplare eller med relästyrning. I automatiska antenntuners är spolinduktansvärdena i en "binär" serie (1, 2, 4, 8, 16 osv. gånger minimiinduktansen). På så sätt behövs det minsta antalet kontroll linjer (vanligtvis 8) för spoleval. Med 8 styrelidningar får du 256 olika induktansvärden i steg av lägsta induktans (till exempel 0.05 eller 0.1 μH). Spolarna är seriekopplade (eller förbikopplade) efter behov med relästyrning.

Observera dock att beroende på rull- eller mellankopplingsspols konstruktion och hur den är ansluten i tuner kretsen kan spolen ha ett stort problem. Vanligtvis är ena änden av spolen ansluten till tuner kretsen, rullen eller mittanslutningen är kopplat till jord och den andra spoländan är flytande. Så, beroende på önskad matchning och använd frekvens, fungerar spolen som en steg upp RF-spänningstransformator och kan ha extremt hög RF-spänning (möjligen flera kV) i den öppna änden. Spänningen kan båga till jord eller någon annan del av tunern. Tillverkare tuners av denna typ använder någon form växling för att förhindra transformationsåtgärden. Till exempel MFJ kallar den kretsen en "självresonansdödare", men transformatoråtgärden har ingenting att göra med "självresonans". Observera också att en tuner med en serie av separata spolar inte har detta problem, eftersom alla oanvända spolar är kortslutna och själva spolarna är installerade på sådant sätt att de inte påverkar varandra, till exempel vid 90° vinklar från varandra.

I varje antenntuner krets finns det två möjligheter för kondensatorn/kondensatorerna:

- I manuella antenntuners används variabla kondensatorer (luft eller vakuum). I automatiska antenntuners drivs dessa kondensatorer med motorer.

- En serie av separata högspänningskondensatorer. Kondensatorerna väljs med en flerlägesbrytare eller med relästyrning. I automatiska antenntuners används relästyrningen.
- I automatiska antenntuners är den vanligaste kretsen L-nätet. Kapacitansvärdena är i en "binär" serie (1, 2, 4, 8, 16 osv. gånger minimivärdet). På så sätt behövs det minsta antalet styrledningar (vanligtvis 8) för kapacitansval. Med 8 styrlinjer får du 256 olika kapacitansvärden i steg av lägsta kapacitans (till exempel 5 el-ler 10 pF). Kondensatorerna kopplas parallellt till jord vid behov med relästyrning.

I många antenntuners finns det flera möjligheter för antenssidans anslutningar:

- 50 Ω koaxialkabel.
- 200 Ω anslutning genom en 4:1 balun för balanserade matningslinjer (parallell linje, öppen tråd linje).
- Ändmatad trådanterennkoppling med tillhörande jord, ofta genom en 4:1 balun.

G.1 Antenntuner impedans matchningsområde

När du väljer en HF-antenntuner för din station är de första sakerna att tänka på dess **effekthanteringskapacitet** och **SWR-matchningsområde**. Den maximala effekten (SSB-topp = PEP) anges vanligtvis och det samma gäller SWR-matchningsområdet. Se dock till att du förstår:

- Vad tillverkaren egentligen menar med "effekthantering"? I allmänhet anges endast toppeffekt, men om du använder digital modulering (som RTTY) eller FM, se till att välja en tuner för minst tre gånger (3 x) din maximala sändningseffekt, annars **KOMMER tunern att gå sönder** under kontinuerlig våg sändningar (som RTTY eller FM).
- För det mesta anges SWR-området endast som ett gemensamt värde (till exempel 3.0:1) för alla frekvenser med det angivna max. (peak) power, men det berättar inte hela historien. Det finns några begränsningar som varje antenntuner har svårt att hantera:
 - **Minsta kapacitansvärde** är viktigt speciellt för 10 m och 12 m band. Minsta kapacitans **kan aldrig vara "0"** på grund av betydande strökkapacitanser och i fallet med variabla kondensatorer deras minimikapacitans.
 - **Maximalt kapacitansvärde** är viktigt speciellt för 80 m och 160 m band. Den maximala kapacitansen begränsas alltid av tunerns maximala kapacitans. Vid variabla kondensatorer deras maximala kapacitans.
 - **Minsta induktansvärde** är viktigt speciellt för 10 m och 12 m band. Minsta induktans **kan aldrig vara "0"** på grund av betydande strökinduktanser och i fallet med en rullspole dess minsta induktans.
 - **Maximalt induktansvärde** är viktigt speciellt för 80 m och 160 m band. Den maximala induktansen begränsas alltid av tunerns maximala induktans. I fallet med en rullspole dess maximala induktans.

Av ovanstående följer att varje tuners matchningsområde, särskilt på 160 m, 80 m, 12 m och 10 m band, kan vara starkt begränsad till ännu mindre än vad som är specificerat (t.ex. 3.0:1). Ett annat stort problem är att matcha en mycket låg impedans på vilket band som helst till 50 Ω , eftersom det minsta induktansvärdet är för högt och det maximala kapacitansvärdet för lågt. I allmänhet är det inga problem att matcha höga impedanser (åtminstone upp till 3 k Ω) till 50 Ω på "mitt"-banden (dvs. 80 m till 15 m), eftersom det alltid finns tillräckligt hög induktans och tillräckligt låg kapacitans tillgänglig.

G.2 Typer av antenntuner

En antenntuner kan givetvis vara antingen manuell eller automatisk. Manuell inställning tar vanligtvis längre tid än automatisk inställning, men det beror på.

Transceiverns interna antenntuner är alltid automatisk och "lokal". Externa antenntuners kan vara antingen manuella eller automatiska. En manuell tuner är alltid "lokal". En automatisk tuner kan vara antingen "lokal" eller "fjärr".

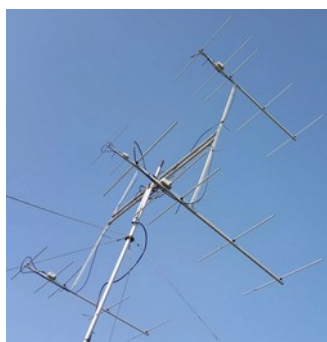
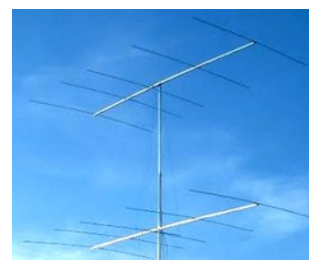
- En "lokal" antenntuner installeras vanligtvis i arbetspositionen nära sändaren. I detta fall matchas hela **antennsystemet** av tuner till 50 Ω för sändaren. **Antennsystemet** innehåller allt från tunerns antennanslutning till själva antennen. Matninglinjens SWR kan vara ganska hög från tuner till antenn med tillhörande extra förluster (se "D. SWR och sändningseffekt" ovan). Detta beror på hur bra eller dåligt själva antennen är anpassad till 50 Ω matningslinjen vid den använda frekvensen.
- En "fjärr" antenntuner är alltid automatisk och den installeras vanligtvis så nära antennen som möjligt (i torn, mast osv.) för att minimera förluster orsakade av hög SWR i matningslinjen. I detta fall matchas **antennsystemet** av tuner till 50 Ω för matningslinjen till sändaren. Den är ansluten till SWR osv. display i arbetsposition, antingen genom matningslinjen eller via en separat kabel. Båda kablarna har både data-an-

slutning och strömmatning till fjärrantenn-tunern. Fjärrantenn-tuners är dyrare än manuella ("lokala"), speciellt för hög effekt, men om det överhuvudtaget är möjligt, är de en mycket bättre lösning för vilket antennsystem som helst, eftersom det finns inga extra förluster i den långa matningslinjen mellan sändare och tuner.

H. Antennstapling

Antennsystem förstärkning är ofta lättare att öka genom att installera mer än en antenn istället för en större (= längre bom) antenn, speciellt på HF-bandet. Alla antenner i ett flerantennsystem måste vara av samma typ och placerade på ett visst avstånd från varandra antingen vertikalt eller horisontellt. Detta kallas "stapling". Varje gång du fördubblar antenntalet får du cirka 3 dB mer effektförstärkning. Vertikal stapling minskar antengruppens vertikala strålbredd och horisontell stapling horisontella strålbredd.

På HF-bandet staplas antenner vanligtvis endast vertikalt, eftersom horisontell stapling är mekaniskt nästan omöjlig att göra. Man behöver dock ett mycket högre torn eller mast än för en enda antenn för att uppnå bästa resultat, och den måste rotera. För mer eller mindre maximal förstärkning bör den nedre antennen vara minst $\frac{1}{2}$ våglängd upp från marken och den övre antennen staplingsavståndet ovanför den nedre antennen.



Både vertikal och horisontell stapling används på VHF- och UHF-band, eftersom antennerna är mycket mindre och horisontell stapling inte orsakar några större mekaniska problem. För det mesta kan VHF- eller UHF-antenngrupper konstrueras lätt på ett sådant sätt att de kan installeras på själva rotatorn, så det finns inget behov för en roterande mast eller torn.

Alla antenner i en grupp måste matas i samma fas och kombinationen måste matchas till (vanligtvis) 50 Ω matningslinjen. För några matchningslösningar se "E.2 Impedansmatchning med matningslinjer" ovan. Det finns många andra sätt att uppnå samma resultat.

Många äldre amatörradioböcker rekommenderar fasta staplingsavstånd som "halv våglängd", "5/8-våglängd", "halva bomlängden" osv. Många av dessa "regler" är lite mer än gissningar. De är **fel** för moderna antenntdesigner.

Först, några grunder om antennstapling:

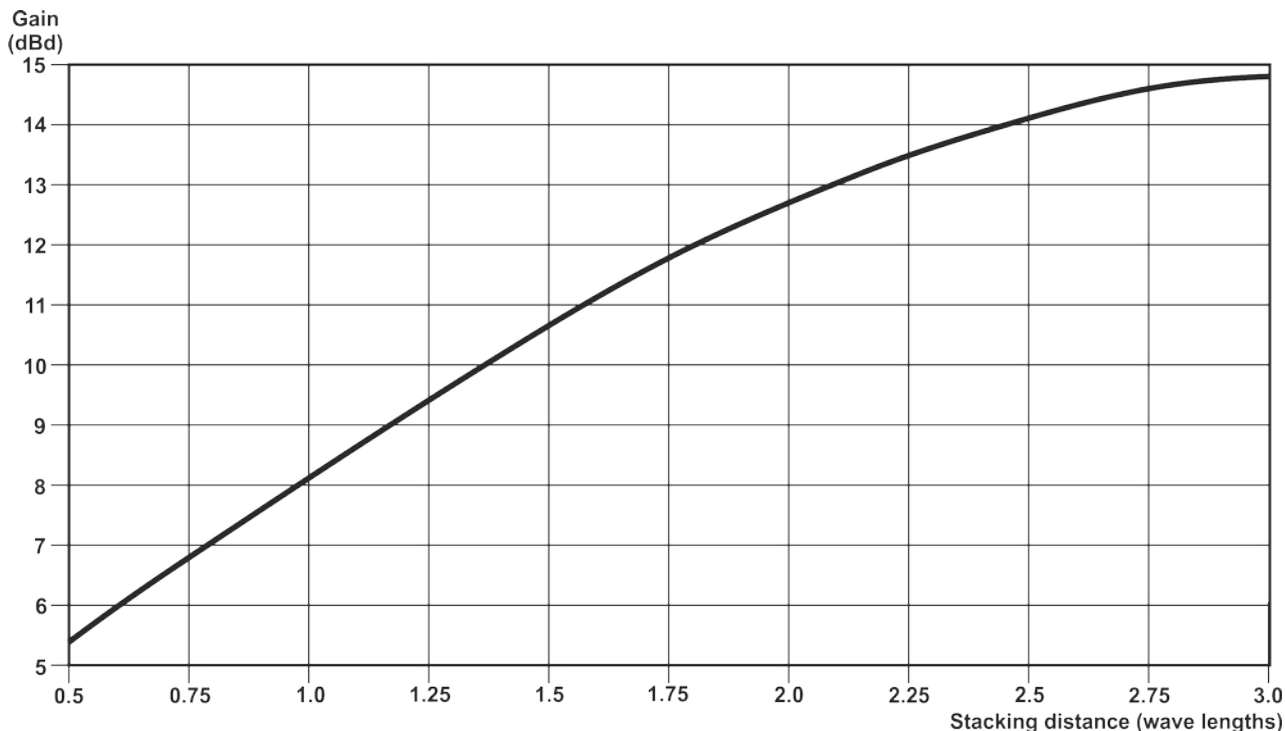
1. De optimala horisontella och vertikala staplingsavstånden för att uppnå den maximala tillgängliga förstärkning **beror mycket på förstärkningen av individuella antenner** (dvs. deras horisontella och vertikala strålbredder). För "låg förstärkning" HF-antennerna är staplingsavstånden **i friluftsvåglängder** mindre och för "hög förstärkning" VHF- och UHF-antennerna större.
2. Staplingsavstånden **måts** alltid i friluftsvåglängder (eller delar därav) **från mitten av varje antenn**, vilket i fallet med yagis är antennbommen. För quads och andra "3-dimensionella" antenner är det det mekaniska centrum av varje antenn.

Det finns inget enkelt sätt att beräkna det optimala staplingsavståndet för antenner, om du inte känner till den "verkliga världen" horisontella och vertikala -3 dB strålbredder för en enskild antenn. I så fall är formeln:

$D = 57 / BW$, där:

- D = Optimalt staplingsavstånd, vertikalt **eller** horisontellt, **i våglängder**.
- "57" = Konstant för beräkning av staplingsavstånd
- BW = -3dB strålbredd, vertikal **eller** horisontell, **i grader**.
- **Observera att många riktantennerna har olika strålbredd i horisontellt och vertikalt plan**, så staplingsavståndet kommer också att vara olik horisontellt och vertikalt.

Annars kan du använda kurvan på nästa sidan för att uppskatta staplingsavståndet för maximal förstärkning av din antenngrupp, baserat på **individuell antenss förstärkning över dipol (dBd)**. Kurvan är inte alltid korrekt, eftersom antennförstärkningen också beror på strålningsmönstrets sidolober i horisontellt och vertikalt plan, men det borde komma dig tillräckligt nära som ett startvärde för alla praktiska ändamål. Kurvan kopierades från DK7ZB:s sida på: <https://www.qsl.net/dk7zb/Stacking/stacking.htm>.



"Gain (dBd)" = Förstärkning (dBd = över dipol)

"Stacking distance (wave lengths)" = Staplingsavstånd (våglängder)

Det återstår **ytterligare en justering** som måste göras för att få den slutliga staplingsavstånden. Med resultaten av både formeln och kurvan ovan får du den maximala tillgängliga förstärkningen för antenngruppen. Men med den stapling ökar gruppens sidolobsnivåer mycket, vilket ofta inte är bra. Sidolober är RF-strålning till icke avsedda riktningar på varje sida av huvudloben (= avsedd strålning). Speciellt vid mottagning kan sidoloberna ta upp alla typer av störningar. Men om du minskar staplingsavståndet lite, tappar du väldigt lite gruppförstärkning, men sidolobsnivåerna minskar mycket. Så, **multiplicera staplingsavstånden** (i våglängder) från formeln eller kurvan ovan till exempel:

- med 0.95: Förstärkningsreduktion -0.1 dB, sidolobsminskning -13 dB.
- med 0.9: Förstärkningsreduktion -0.2 dB, sidolobsminskning -16 dB. *Detta är den bästa kompromissen!*
- med 0.85: Förstärkningsreduktion -0.4 dB, sidolobsminskning -22 dB.

Så, till exempel för 8.1 dBd-antennar, är staplingsavståndet från kurvan 1.0 våglängd. Multiplicera det med 0.9 och det **slutliga staplingsavståndet är 0.9 våglängder**.

H.1 Stapling av flerbandsantennar

Det är något problematiskt att stapla flerbandsantennar, som HF trap yagis eller flerbands quads. I grund och botten är det möjligt att ha optimalt staplingsavstånd endast för ett band och alla andra band har mycket fel, vilket i allmänhet innebär mindre gruppförstärkning och ökade sidolobsnivåer på dessa band. Men om du måste göra det, hitta det optimala staplingsavståndet för ett av banden (din favorit) och nöj dig sedan med mindre förstärkning och högre sidolober för alla andra band.

H.2 Vertikal stapling av riktantenner för olika band, som HF, VHF och UHF.

Vanligtvis är den högre frekvensantennen (till exempel VHF) installerad ovanför den lägre frekvensantennen (till exempel HF) för att hålla mekaniska påfrestningar för rotatorn, masten, tornet osv. så låga som möjligt.



- a. Den bästa lösningen skulle vara att ta reda på staplingsavståndet (se "H. Antennstapling" ovan) för den lägre frekvensantennen (HF i det här exemplet) och installera den högre frekvensantennen (VHF i det här exemplet) det staplingsavståndet över den lägre frekvensantenn. Det skulle dock betyda att den roterande masten ovanför den lägre frekvensantennen måste vara riktigt hög och kan orsaka mekaniska problem.

Detta är inte ett stort problem för att stapla VHF- och UHF-antenner, eftersom det mekaniska avståndet är inte så mycket.

- b. Det är dock möjligt att minska staplingsavståndet mycket: Ta reda på staplingsavståndet (se "F. Antennstapling" ovan) för den högre frekvensantennen (VHF i det här exemplet) och installera den det staplingsavståndet ovanför den lägre frekvensantennen. Detta kan göras eftersom:
- Den lägre frekvens antennen (HF i det här exemplet) är inte alls resonant på VHF-frekvenserna och när den är staplad på VHF-antennens avstånd, påverkar det inte funktionen på VHF-frekvenserna.
 - Den högre frekvens antennen (VHF i det här exemplet) är inte alls resonant på HF-frekvenserna och när den staplas VHF-antennens avstånd bort, påverkar det inte funktionen på HF-frekvenserna.
- c. Det finns en nackdel med det "smala" antennavståndet: Du kanske inte kan använda två antenner samtidigt i sådant sätt, att den ena sänder och den andra tar emot. Den sända signalen som plockas av mottagningsantennen är med stor sannolikhet så hög att mottagarens RF-ingång är överbelastad och mottagaren är "död" eller producerar konstiga ljud under sändningar. Det beror mycket om RF-filtrering kvaliteten i mottagarens frontend. Det är dock mycket osannolikt att något faktiskt skulle förstöras i mottagaren. För att kunna använda en radio för att sända och den andra för att ta emot samtidigt, kan man använda externa L/C-filter vid antennanslutningarna på de två transceiverna:
- Cirka 40 MHz lågpassfilter för HF-radion. Detta filter måste kunna passera transceivers (*inte* linjära förstärkarens!) fulla sändningseffekt i alla HF-band.
 - Cirka 120 MHz högpassfilter för VHF (145 MHz) radion. Detta filter måste kunna passera transceivers (*inte* linjära förstärkarens!) fulla sändningseffekt i VHF-bandet.

Båda antennerna kunde naturligtvis alltid användas för samma ändamål (dvs. antingen att ta emot eller sända) samtidigt.

I. Elektrisk säkerhet för en radioamatörstation

Denna del är främst relaterad till att skapa en säker radioamatörstation och antennsystemet är naturligtvis en del av elsäkerheten. Varje amatörstation måste skyddas mot elektriska stötar och överspänningar. Det finns två delar för att garantera stationssäkerhet:

- Skydd för farliga spänningar.
- Skydd för blixtnedslag.

I.1 Skydd mot farliga spänningar

Spänningsskyddet gäller främst radio-operatören själv och alla som besöker stationen, inklusive medlemmar av din egen familj. Tanken är att det måste finnas inget sätt för någon att röra vid delar som har farlig spänning (inklusive 230 VAC nätledningar).

I.1.a Mekaniskt skydd

All amatörstations utrustning måste täckas med lådor (kapslingar)! Det spelar ingen roll om utrustningen är tillverkad eller hemgjord. Lådorna är oftast gjorda av metall, men de kan också vara gjorda av plast. **Lådorna får inte ha för stora hål** för ventilation osv. Kom ihåg att ett litet barn kan sticka in ett finger genom ett 5 mm hål.

Det mekaniska skyddet måste naturligtvis fungera för höga växel- och likspänningar, men också för höga RF-spänningar. **RF kan orsaka allvarliga brännskador!** Till exempel är den utgående RF-spänningen från en 1500 W linjär förstärkare till 50 Ω belastning (SWR 1.0:1) cirka 275 V_{RMS} eller 388 V topp eller 775 V topp-till-topp. Vid en belastning på 100 Ω (SWR 2.0:1) vore RF-spänningen cirka 387 V_{RMS} eller 546 V topp eller 1091 V topp-till-topp.

I.1.b Säkerhetsjordning

All amatörradiostations utrustning som har en nätspänningsingång **MÅSTE vara säkerhetsjordad!** Det spelar ingen roll om utrustningen är tillverkad eller hemgjord. Inne i utrustningen **MÅSTE säkerhetsjorden alltid vara ansluten till metall lådan eller chassit!** För det mesta görs nätsäkerhetsjordningen genom nätsladden, som **MÅSTE anslutas till ett säkerhetsjordat vägguttag!**

I RF-bemärkelse finns det dock ett stort problem med nätsäkerhetsjordning: Eftersom **RF-jorden** för de flesta amatörradioutrustningar är metall lådan eller chassit, som alltid måste anslutas till säkerhetsjord, **KOMMER elnätets säkerhetsjordledningar och kablar att vara en del av antennsystemet**, vilket inte är en bra idé. Det kan leda till att den sända RF-signalen sprids överallt och orsakar störningar på annan utrustning. Det kan också orsaka antenmatchningsproblem på grund av oavsiktliga ledningar. Jag använder alltid en RF-drossel lindad över en ferrittoroid i säkerhetsjordledningen på min stations kombinerade nätkabel, som skiljer stationens RF-jord från nätets säkerhetsjord. En 97 μ H drossel har 1097 Ω reaktans vid 1.8 MHz och 18294 Ω reaktans vid 30 MHz. Drosseln bryter inte nätsäkerhetsskyddet eftersom dess kombinerade resistans och reaktans vid 50 Hz nätfrekvens är extremt låg (cirka 0.04 Ω).

Observera att i de flesta amatörstationers 13.8 VDC strömförsörjning ansluter DC sidans negativa (-) pol till transceiver chassit. Om man mäter med en ohm mätare mellan strömförsörjningens negativa utgång och dess metall låda, är det nästan alltid en öppen krets. MEN: Inne i strömförsörjningen kan det finnas en ganska stor keramisk kondensator från den negativa utgången till strömförsörjningsboxen, vilket är en direkt RF-väg för transceivers antennutgångs jord (= chassi) till nätets säkerhetsjord.

All utrustning för amatörradiostationer som har en nätspänningsingång, oavsett om den är tillverkad eller hemmagjord, **borde ha nätspänningssäkringar FÖR BÅDA LEDNINGAR (fas och retur)!** Tyvärr har de flesta tillverkade utrustningar bara en nätsäkring. Det är inte ett problem i vissa länder (till exempel England och USA), där nätkontakten bara kan sättas in i en riktning till ett vägguttag och säkringen alltid sitter i fasledningen. Det är dock ett problem i större delen av Europa, eftersom vägguttagen (ofta "schuko"-typ) har ingen mekanisk polarisering och kontakterna kan sättas in åt båda hållen. Så det finns inget sätt att veta vilken tråd som råkar vara fas eller retur inne i utrustningen och antingen kan göra en kortslutning till utrustningslådan. En säkring måste alltid gå i båda fallen.

1.2 Skydd mot blixtnedslag

Eftersom de flesta antenner är installerade utanför och ganska hög, kan de vara känsliga för blixtnedslag. **Men vänligen förstå att inget slags skydd fungerar för ett direkt blixtnedslag!** På grund av extremt hög spänning och ström **KOMMER allt i strejkens väg att BLI TOTALT FÖRSTÖRT!** Det inkluderar själva antennen, dess mast eller torn, matningslinje, all radiostations utrustningar och eventuellt även ditt hus. Observera också att ett direkt blixtslag kan hoppa flera meter över luften och fortsätta förstörelsen på nästa plats. Även om det finns en blixtleddare i huset, finns det inga slags garantier att blixten "vill" slå ner exakt där.

Lyckligtvis är det ganska sällsynt att en blixtnedslag direkt mot en amatörradioantenn. De mycket höga sändningstornen (AM, TV, FM) är en helt annan sak. Du behöver dock skydd för närliggande blixtnedslag. Även ett blixtnedslag flera hundra meter bort kan orsaka skador på amatörradiostationen på grund av mycket höga spänningar som induceras i antennen.

Som första skydd bör antennens metallmast eller torn vara jordad till riktig jord. Bra jordning kan ibland vara ganska svårt på grund av typen av jord, d.v.s. dess ledningsförmåga. Observera att jordning inte behöver vara bra i högfrekvens bemärkelse, men det bör vara bra för AC och DC. I princip ska "jordanslutningen" bara vara i storleksordningen ett par ohm, men hur skulle man kunna mäta den? Jordens ledningsförmåga varierar också mycket beroende på dess fukthalt. Torr mark kan vara nästan en isolator, men när den är våt, som vid åskväder, kan den ha ett ganska lågt motstånd. I princip är sten alltid en isolator.

Nästa skyddsmetod kunde vara ett överspänningsskydd i antennens koaxialkabel, **men kan det verkligen skydda din station?** Överspänningsskydd för amatörbruk har UHF-kontakter för in- och utgång och en gasfylld "kapsel" som överspänningsskydd. Överspänningsskydd är vanligtvis specificerade för maximal effekt, **men bara till 50 Ω**. Om koaxialkabeln har hög impedans (till exempel SWR i kabeln är mer än 1.5:1) måste gaskapselns "avfyrande" spänning beräknas från angiven effekt och impedans ($= 50 \Omega$): **$U_p = 1.41 \times \sqrt{P \times Z}$** . Till exempel, i ett 2000 W överspänningsskydd är toppspänningen till en 50 Ω kabel 445 V. Du måste se till att din högfrekvenssignals toppspänning (inte RMS eller topp-till-topp) för aldrig överstiger detta värde. Till exempel: för en 100 Ω belastning (SWR = 2.0:1) är den maximalt tillåtna effekten för ett 2000 W överspänningsskydd endast 996 W: **$U = U_p / 1.41$ och $P = U^2 / Z$** . Annars kan högfrekvenssignalen också "trigga" gaskapseln, vilket orsakar splatter och eventuell skada för sändaren. Vid ledning är gaskapseln praktiskt taget en kortslutning. **Överspänningsskyddet måste alltid jordas direkt till stationens gemensamma RF-jordpunkt.** Observera dock också att **överspänningsskyddet kanske inte kan skydda mottagarens frontände från närliggande blixtnedslag**. Vanligtvis är gaskapselns "avfyrande" spänning för hög (flera hundratals volt) och fronten på en mottagare tål inte sådana spänningstoppar.

Den sista försvarslinjen skulle vara att koppla bort dina antennkablar, när ett åskväder närmar sig. Placera dock de fränkopplade kabelanslutningarna på en sådan plats, där möjliga överspänningsspikar (dvs. gnistor från kontakten) inte kan orsaka problem. När jag fortfarande gick i skolan hade jag en sorts dipol (ca 40 m lång) för kortvåg AM SWL. Den matades med 300 ohm parallell linje. När ledningen kopplades bort från mottagaren var gnistor mellan parallell linjens ledningsändar cirka 100 - 150 mm långa, även om åskvädret inte var direkt ovanför.

Numera använder jag ett "automatiskt" blixtskydd med effektrelå. Reläet matas direkt från transceiverns 13.8 VDC strömförsörjning. Så när nätaggregatet är AV, kopplar reläet bort antennen från transceivern och dess normalt slutna (NC) kontakt kortsluter koaxialkabelns mitt tråd till stationens gemensamma RF-jordpunkt. Kabelskärmen är naturligtvis alltid ansluten till RF-jord. När strömförsörjningen slås PÅ, aktiveras reläet och transceivern ansluts till matningslinjen genom reläets normalt öppna (NO) kontakt. Om du är på banden kan du höra det annalkande åskvädret på många kilometers avstånd, när mottagarens ljud börjar spraka. När blixten börjar dyka upp på himlen är det dags att stänga av stationen. I alla fall vore det ganska svårt att arbeta på grund av mycket starka störningar.

J. Förkortningar

Det finns många förkortningar som används inom radioteknik och mer allmänt inom elektronik. Förr i tiden använde alla sina egna förkortningar, så för att underlätta informationsutbytet har de standardiserats internationellt för många decennier sedan. De används i olika formler och som symboler för olika värden. Nedan är exempel på de vanligaste:

J.1 Formelsymboler

- U (i vissa länder V) = Elektrisk spänning
- I = Elektrisk ström
- R = Elektriskt motstånd
- P = Elektrisk kraft (effekt)
- Z = Elektrisk impedans (AC "motstånd"). Blanda inte ihop detta med motstånd (R). De är inte samma sak.
- λ (liten grekisk bokstav "lambda") = Våglängd
- +j = Induktiv reaktans (AC-reaktans för en spole)
- -j = Kapacitiv reaktans (AC-reaktans för en kondensator)
- ° = Fasvinkel i grader. Vinkeln för en sinusvåg vid en viss tidpunkt. Grader används också till exempel för fasskillnad mellan två AC-signaler.
- rad = Fasvinkel i radianer. 1 rad = 57.2958 grader

J.2 Multiplikatorer

Multiplikatorerna används för alla typer av värden för att göra textens längd kortare:

- p = "piko" = $1/1'000'000'000'000$ = 1000 miljarder delen
- n = "nano" = $1/1'000'000'000$ = 1 miljarddel
- μ (liten grekisk bokstav my) "mikro" = $1/1'000'000$ = 1 miljonte delen
- m = "milli" = $1/1000$ = 1 tusendels del. **Blanda INTE detta med "M" = "mega"!**
- " " (ingen multiplikator) = En (1) gång
- k = "kilo" = 1000 gånger
- M = "mega" = 1 000 000 gånger. = 1 miljon gånger. **Blanda INTE detta med "m" = "milli"!**
- G = "giga" = 1 000 000 000 gånger = 1 miljard gånger
- T = "tera" = $1'000'000'000'000$ gånger = 1000 miljarder gånger

Till exempel:

- "120 pF" = $0.000'000'000'12$ F (farad)
- "560 Ω " = 560 Ω (ohm)
- "14.25 MHz" = $14'250'000$ Hz (hertz)

Det verkar för mig att i länder som använder det imperialistiska mätsystemet (typiskt USA) vet folk fortfarande (år 2024) inte hur man använder multiplikatorerna korrekt, vilket resulterar i misstag och icke förnuftiga värden.

Notera! Multiplikatorerna i listan är de vanligaste inom elektronik och radioteknik! Det finns också många "mellanliggande multiplikatorer" som inte nämns i listan. Se t.ex.:
https://en.wikipedia.org/wiki/Metric_prefix

J.3 Symboler för värden

Multiplikatorerna ovan används för alla värden.

J.3.a Mekaniska mått

- mm = millimeter = $1/1000$ meter (= 0.03937 inch). I allmänhet används millimeter (mm) i alla europeiska mekaniska ritningar.
- m = meter (= 39.37 inch = 3.28084 fot).
- km = kilometer = 1000 meter = 0.621371 miles
- " (eller in) = inch (25.4 mm)
- mil = $1/1000$ inch (0.0254 mm)
- ft = fot (304.8 mm)
- yd = yard (0.9144 m)
- mi = mile (1609.34 m = 1.60934 km)
- ° = vinkel i grader. Rätt vinkel är 90°.
- ² (upphöjt "2") = kvadrat (area). Till exempel 100 mm^2 = en yta på 100 kvadratmillimeter.
- ³ (upphöjt "3") = kub (volym). Till exempel 100 mm^3 = en volym på 100 kubikmillimeter.

I länder där det imperialistiska mätsystemet används (typiskt USA) är omvandlingarna mellan olika dimensioner komplicerade. Jag har många gånger sett att till exempel datorprogram baserade på det imperialistiska systemet inte kan konvertera dimensioner korrekt till och från det metrisk systemet. Så, till exempel när du skickar mekanisk dokumentation via e-post från Europa (metriskt system) till USA (imperialistiskt system), kan mottagarens datorprogram ge riktigt konstiga resultat.

J.3.b Grundsymboler för elektriska värden

- V = Volt (för spänning)
- A = Amper (för ström)
- W = Watt (för effekt)
- Ω (grekisk stor bokstav "omega") = Ohm (för motstånd, impedans eller reaktans)
- F = Farad (för kapacitans)
- H = Henry (för induktans)
- Hz = Hertz (för frekvens)
- DC = Likström
- AC = Växelström
- VDC = Likspänning
- VAC = Växelspänning

J.4 ITU frekvensområden

Enligt avtalet delar ITU (FN:s internationella telekommunikationsunion) radiospektrumet i 12 frekvensband som vart och ett täcker ett decennium av frekvenser. Varje band har sitt eget namn. I synnerhet används förkortningar av namn (som "HF", "VHF", "UHF" etc.) i alla typer av texter som handlar radiofrekvenser:

- ELF (Extremely Low Frequency, extremt låg frekvens) = 3 ... 30 Hz
 - Inga amatörradioband
- SLF (Super Low Frequency, superlåg frekvens) = 30 ... 300 Hz
 - Inga amatörradioband
- ULF (Ultra Low Frequency, ultralåg frekvens) = 300 Hz ... 3 kHz
 - Inga amatörradioband
- VLF (Very Low Frequency, mycket låg frekvens) = 3 ... 30 kHz
 - Inga amatörradioband
- LF (Low Frequency, låg frekvens, "Långvåg") = 30 ... 300 kHz
 - Radioamatörer: 2200 m, 135.7 ... 137.8 kHz
- MF (Medium Frequency, medelfrekvens, "Medelvåg") = 300 kHz ... 3 MHz
 - Radioamatörer: 630 m (472 ... 479 kHz), 160 m (1.81 ... 2.00 MHz)
- HF (High Frequency, hög frekvens, "Kortvåg") = 3 ... 30 MHz
 - Radioamatörer: 80 m (3.5 ... 3.8 MHz), 60 m (5.3515 ... 5.3665 MHz), 40 m (7.0 ... 7.2 MHz), 30 m (10.10 ... 10.15 MHz), 20 m (14.00 ... 14.35 MHz), 17 m (18.068 ... 18.168 MHz), 15 m (21.00 ... 21.45 MHz), 12 m (24.89 ... 24.99 MHz), 10 m (28.0 ... 29.7 MHz)
- VHF (Very High Frequency, mycket hög frekvens) = 30 ... 300 MHz
 - Radioamatörer: 6 m (50 ... 52 MHz, Europa), 4 m (70.0 ... 70.5 MHz, Europa), 2 m (144 ... 146 MHz, Europa)
- UHF (Ultra High Frequency, ultrahög frekvens) = 300 MHz ... 3 GHz
 - Radioamatörer: 70 cm (430 ... 440 MHz, Europa), 23 cm (1.24 ... 1.30 GHz, Europa), 13 cm (2.30 ... 2.45 GHz)
- SHF (Super High Frequency, superhög frekvens) = 3 ... 30 GHz
 - Radioamatörer: 9 cm (3.400 ... 3.475 GHz), 6 cm (5.65 ... 5.85 GHz), 3 cm (10.0 ... 10.5 GHz), 12 mm (24.00 ... 24.25 GHz)
- EHF (Extremely High Frequency, extremt hög frekvens) = 30 ... 300 GHz
 - Radioamatörer: 4 mm (75.5 ... 81.5 GHz), 2 mm (122.25 ... 123.00 GHz), 134.0 ... 141.0 GHz, 241.0 ... 250.0 GHz
- THF (Tremendously High Frequency, enormt hög frekvens, "Terahertz") = 300 GHz ... 3 THz
 - Inga amatörradioband

Radioutbredningsegenskaperna ("DX") för frekvensområdena som anges ovan skiljer sig väsentligt från varandra. Det var den ursprungliga anledningen till frekvensbandsdelningen. Frekvensgränserna för banden

ändrades många gånger tills ovanstående uppdelning antogs vid den internationella radiokonferensen som hölls i Atlantic City, NJ, USA år 1947. Till exempel, som du kan se från listan ovan, 6 meter bandet (50 ... 52 MHz) är faktiskt VHF, även om det ofta ingår i moderna HF-transceivrar.

K. Efterord

Jag hoppas att detta dokument hjälper till att förstå de många aspekterna av antennsystem och hur de påverkar varandra. Jag vet att det finns mycket information här att komma ihåg, men jag har egentligen inte skrivit så mycket om de finare aspekterna av effektivt fungerande antennsystem. Den här texten handlar mer om allmänna regler.

Jag hoppas att denna text är tillräckligt förståelig för svensktalande. Svenska är inte mitt modersmål. Jag läste "obligatorisk" svenska i 6 år i skolan i Finland, men det var ungefär 65 år sedan. Jag har nästan aldrig använt svenska, så jag har glömt det mesta jag lärt mig. Jag använde Google Translate för att översätta det mesta av texten från engelska till svenska och det hjälpte mig en hel del att komma ihåg min svenska. Generellt sett är Google Translate väldigt dålig på tekniska översättningar och verkar vara ännu sämre med svenska än andra språk.

På grund av dessa översättningsproblem bad jag svenska radioamatörer att kontrollera språket och terminologin. Jag väntade i ca 6 månader, men har inte hört något från dem.

73, Jukka - SV9RMU och OH2AXE
e-mail: oh2axe@gmail.com