

Antenner för mobil kommunikationsradio

Antennens utformning och placering är en källa till problem i de flesta kommunikationssystem — inte minst vid mobil trafik.

Den vertikala strålaren har länge varit den vanligast förekommande antenntypen på fordon, och man kan verkligen inte påstå att antenntekniken har utvecklats i takt med den övriga elektroniken på det här området.

I det följande redogörs för de egenskaper som bestämmer vertikalanternens elektriska funktion. Bl a visas strålningsegenskapernas beroende av längden och en eventuell anpassningspoles placering.

■ ■ Under det senaste decenniet har området mobil kommunikationsradio utvecklats i mycket snabb takt. Enbart på privatradiobandet — 27 MHz — förekommer i skrivande stund ca 23 000 aktiva tillstånd i hela landet. Räkna man lågt med ca 3 mobila stationer för varje tillstånd finns alltså ca 60 000—65 000 mobilstationer i bruk.

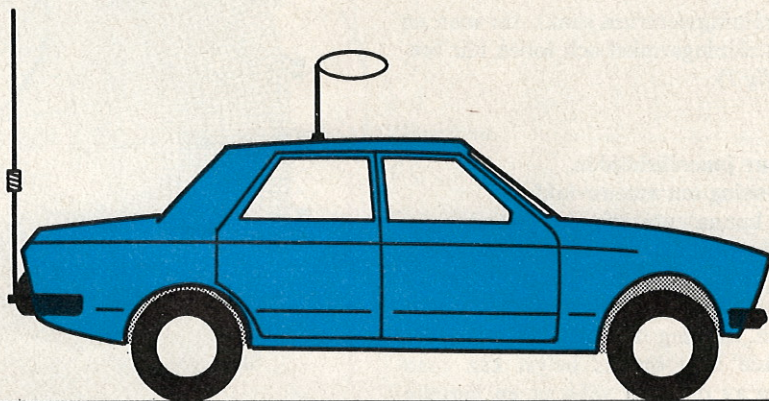
För de kommersiella och mer seriösa mobilradionäten kan man räkna med ca 80 000 mobila stationer. Bland dessa finns radionät med upp till 200 mobila enheter.

Den elektroniska utrustningen för mobil kommunikationsradio har alltmer förfinats och utvecklats, och man kan fråga sig om samma grad av utveckling har förekommit på antensidan. Alltsedan mobilradions barndom har man använt olika typer av vertikala strålare — alltså sådana som karakteriseras av vertikal polarisation — medan de horisontalpolariserade antennerna inte har kommit till stor användning.

Detta är främst beroende på mekaniska problem. Horisontell polarisation kräver i de flesta fall en horisontellt placerad antenn, vilket både kan vara opraktiskt på t ex en bil och dessutom ge upphov till en icke önskad riktverkan. Visserligen har

* Anteco Antenn AB, Huddinge

SM5DDX



både den så kallade Haloantennen (rundstrålning med horisontal polarisation) och DDRR-antennen (rundstrålning med vertikal polarisation) kommit till användning, men då främst av sändaramatörer. Av praktiska skäl är alltså vertikalstrålaren att föredra, och vi skall i det följande koncentrera oss på den och redogöra för dess elektriska egenskaper i relation till mekanisk utformning och storlek.

Av det kända sambandet $\lambda = \frac{300}{f}$, där λ uttrycks i meter och f uttrycks i MHz, framgår genast att för frekvenser lägre än 30 MHz är det så gott som omöjligt att åstadkomma en rimlig längd på antennen.

Som väl de flesta vet, betraktar man en antenn som resonant vid multiplar av kvartsvågor (1/4, 1/2, 3/4 osv). Väljer man 30 MHz som exempel, skulle således en 1/4-vågsantenn bli hela 2,5 m lång. Självfallet kan man montera en sådan antenn på en bil, men i så fall måste man räkna med betydande besvärligheter i form av mekaniska påfrestningar. Tom vid höga frekvenser som 70 MHz kan en 1/4-vågsantenn vara för lång, rent mekaniskt sett. Det ställs också, som känt, andra krav på antennens utformning, bl a estetiska.

Man måste alltså på något sätt förkorta antennens mekaniska längd utan att för den skull ge avkall på dess elektriska funktion. Eftersom förkortade antenner före-

kommer i mycket stor utsträckning på de lägre frekvenserna, kommer dessa antenner att behandlas ingående i denna artikel.

Förkortning ofta nödvändig

Vertikala radiatorer får vid förkortning låg resistans och relativt hög kapacitiv reaktans. I princip kan man beskriva antennen som en krets med utseende som i fig 1. Här är R_{tot} antennens totala resistans = strålningsresistans, förlustr resistanser och så kallade jordförluster, och X_a är den kapacitiva reaktansen som antennen har vid arbetsfrekvensen.

För att antennen skall "dra" effekt, måste man balansera ut den kapacitiva reaktansen med en lämplig induktiv sådan, alltså en spole. Spolen kommer att, på grund av sitt ohmska motstånd, addera en viss resistans till R_{tot} .

Den totala användbara effekten, som utstrålas från en antenn, kan också betraktas som den effekt, som förbrukas i ett antaget motstånd, genom vilket antennströmmen flyter. Normalt mäter man strömmen i en antenn vid basen, och därför mäts också strålningsresistansen vid antennens bas.

Ett känt elektriskt samband är

$$P_r = R_r \cdot I_a^2 \quad \dots (1)$$

där P_r = utstrålad effekt

R_r = strålningsresistans

I_a = antennström

Antennens strålningseffektivitet är

$$\eta = \frac{R_r \cdot 100}{R_r + R_g + R_s} \quad (i \%) \quad \dots (2)$$

där R_g = jordförluster

R_s = spolförluster

Eftersom förlustr resistanserna i allmänhet är större än strålningsresistansen (gäller för korta antenner), måste stor noggrannhet iaktas vid konstruktion av korta antenner.

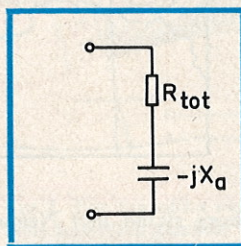


Fig 1. Ekvivalent krets för vertikal strålare.

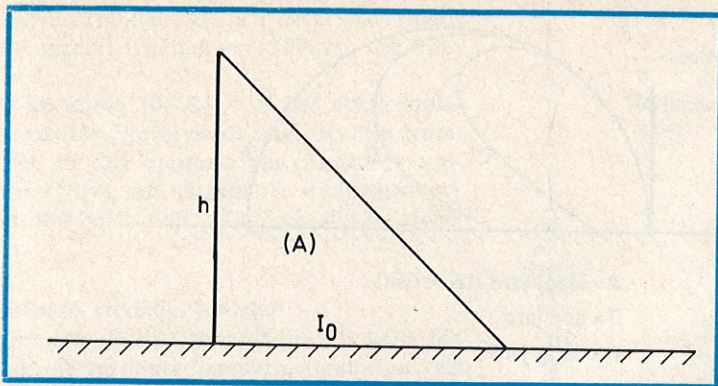


Fig 2. Strömfördelning på en kort antenn.

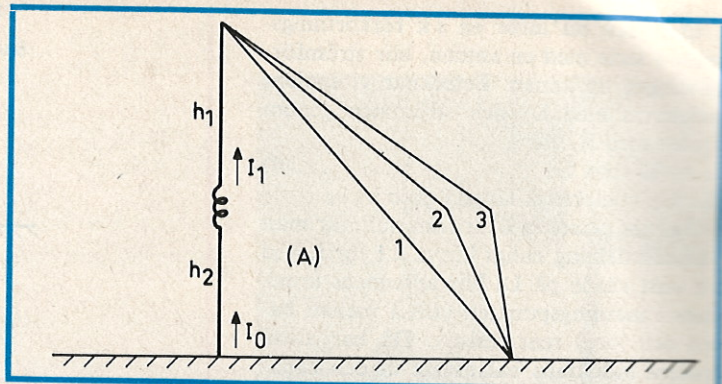


Fig 3. Strömfördelning på kort antenn med förlängningsspole med olika reaktanser.

Jordförlusterna bestämmer spolens placering

För korta antenner — kortare än en elektrisk kvartsvåg — kan man sätta $R_r = 0,01215 A^2 \text{ ohm}$... (3) där storheten A framgår av fig 2 och betecknar ytan.

Antag, att man har en mycket kort antenn — mindre än 30° — enligt fig 2. Då kan man anta att strömmen är linjär, och att strömmen vid basen är t ex I_0 för att vid toppen vara noll.

Exempel:

$h = 2,79 \text{ m}$

$f = 3,81 \text{ MHz (78,6 m)}$

$G_v =$ elektrisk längd i grader

Då är $G_v = \frac{2,79 \cdot 360^\circ}{78,6} = 12,8^\circ$

För $I_0 = 1$ blir då

$A = \frac{G_v}{2} = 6,4$

och $R_r = 0,01215 \cdot (6,4)^2 = 0,5 \text{ ohm}$

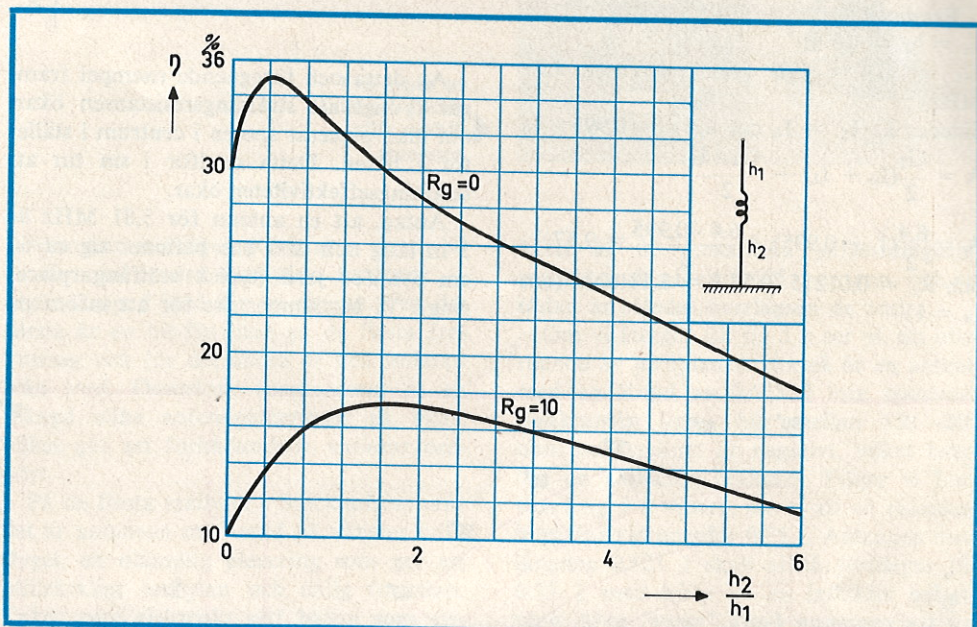


Fig 4. Vertikalantennens verkningsgrad som funktion av spolens placering vid jordförlusterna 0 resp 10 ohm.

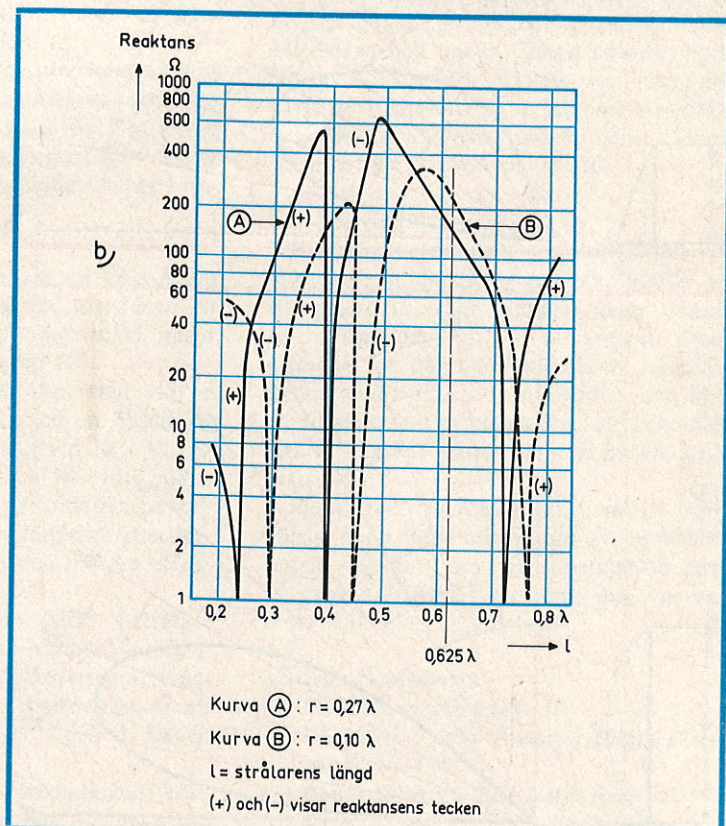
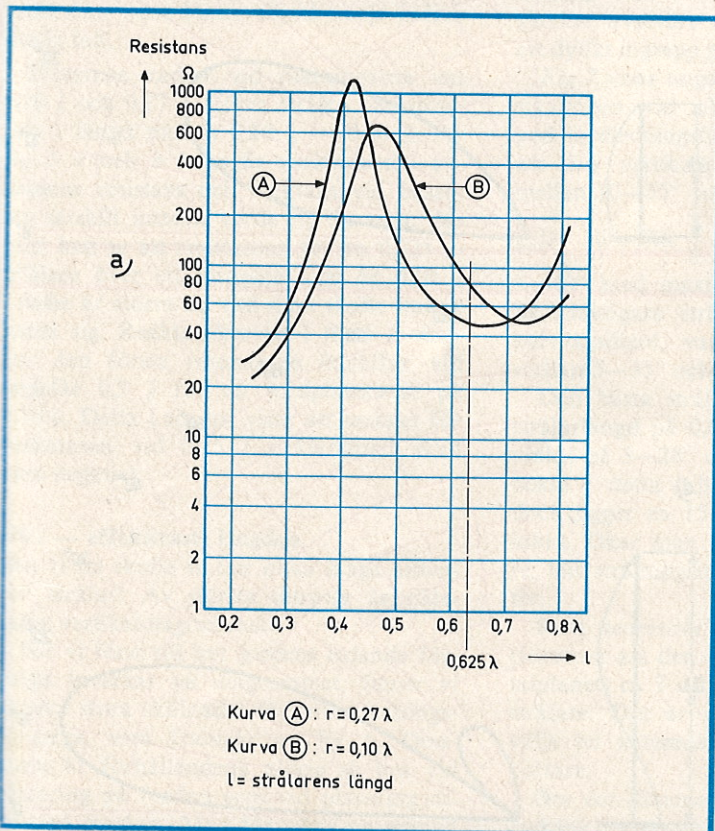


Fig 5. Antennens a) matningsresistans och b) reaktans som funktion av längden vid olika radi på jordplanet.

Om man nu inför en sk förkortnings-spole i serie med en antenn, blir strömfördelningen en annan. Betecknar vi spolens induktans med L_0 och strömmen genom spolen med I_1 , blir

$$I_1 = I_0 \cdot \cos G_2 \quad \dots (4)$$

där G_2 = elektrisk längd i grad av h_2

När induktansen ökar från noll, får man strömfördelning enligt kurva 2 i fig 3. Vid ett visst värde på L_0 blir antennens impedans i matningspunkten (alltså mellan basen och jord) rent resistiv. Då har alltså spolens induktans balanserat ut den kapacitans man får genom att göra antennen kort.

Exempel:

$$h_1 = h_2 = 1,4 \text{ m}$$

$$G_1 = G_2 = 6,4^\circ \text{ (vid frekvensen 3,81 MHz)}$$

Således är $I_1 = I_0 \cos 6,4^\circ = 0,995 \cdot I_0$

$$A = \frac{G_2}{2}(I_0 + I_1) + \frac{G_1 \cdot I_1}{2}$$

$$A = \frac{6,4}{2}(1 + 0,995) + \frac{6,4 \cdot 0,995}{2} = 9,57$$

$$\text{och } R_r = 0,01215 (9,57)^2 = 1,11 \text{ ohm (om } I_0 = 1)$$

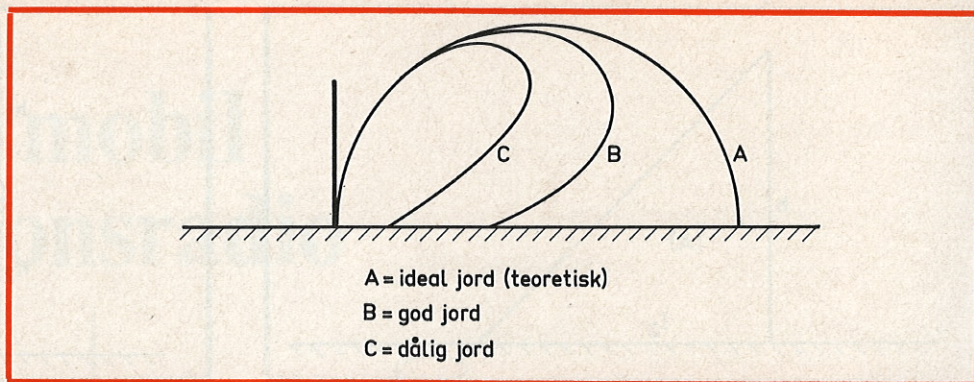


Fig 6. Typiska vertikaldiagram för olika ledningsförmåga i jorden.

Av detta och föregående exempel framgår tydligt att strålningsresistansen ökar, om man placerar spolen i centrum i stället för i basen. Detta medför i sin tur att strålnings effektiviteten ökar.

Antag, att en antenn för 3,81 MHz är 5 m lång och dess bas befinner sig ca 60 cm ovanför jord (typisk stötfångarplacement). Vi bestämmer oss för att införa en

spole i serie med antennen, och vi vill veta var denna spole skall placeras för att ge största möjliga effektivitet. Om vi då godtar approximationen av jordförlusterna till ca 10 ohm och väljer ett Q-värde på spolen av 300, får vi en variation av strålnings effektivitet enligt fig 4 (kurvan märkt $R_g = 10$). Då $h_2/h_1 = 0$, är antennen förstås belastad med spolen vid basen. Av

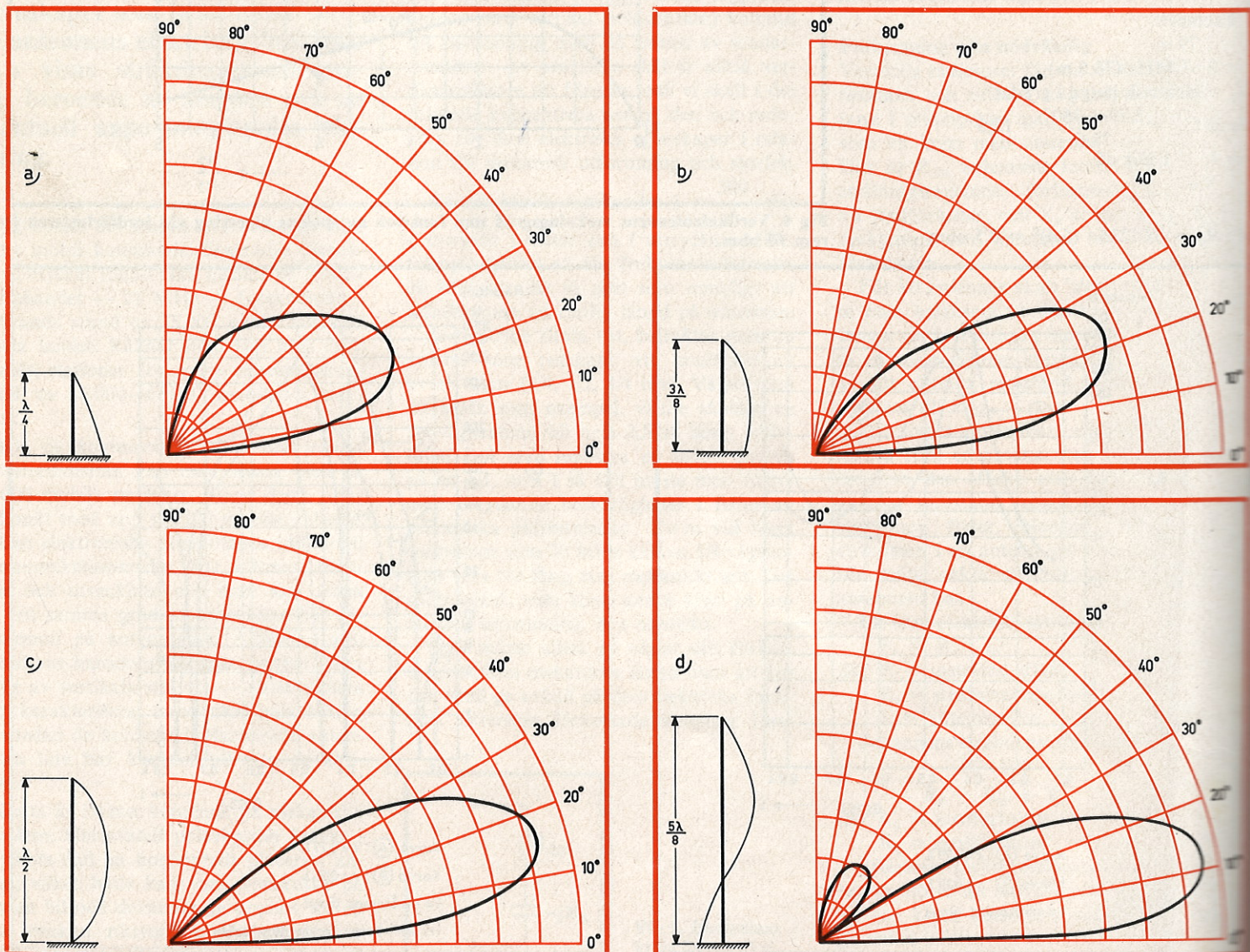


Fig 7. Vertikallobens utseende vid fyra olika antennlängder. God jordledningsförmåga förutsättes.

kurvan framgår, att den bästa placeringen är ungefär i mitten av strålaren, där $h_2/h_1 = 1$.

En kurva för $R_g = 0$ har också inplaceras för jämförelsens skull. Av den framgår, att den optimala placeringen av spolen flyttas mot basen, då jordförlusterna är små eller noll, vilket de nästan aldrig är.

Bilen — ett dåligt jordplan

Det som hittills behandlats har gällt för fall, då fordonet har varit mindre än vad som behövs, för att man skall kunna betrakta det som ett bra jordplan. Detta gäller vid frekvenser under ca 300 MHz. Om man däremot väljer frekvenser, som är tillräckligt höga, så att man kan betrakta fordonet som jord, inträder något annorlunda förhållanden. Man behöver i de flesta fall inte längre förkorta antennen, och i vissa fall måste man t o m förlänga den för att erhålla någorlunda goda strålningsegenskaper.

För att inte bli alltför teoretisk skall jag inte presentera den matematiska bakgrunden, utan nöja mig med att visa några diagram. Mätningarna, som ligger till grund för dessa, är utförda med en sk "slotted line".

I dessa fall definieras mobilantennen som en mono-pol, vilken är monterad vinkelrätt mot en metallyta, och där både mono-polen och metallytan är isolerade från normal jord. Eftersom ett fordon i de flesta fall är oregelbundet till formen, har mätningarna utförts på tunna cirkulära plåtar, som får antas representera det ideala fallet. — Efter att ha studerat det ideala fallet kan man bättre förstå varje individuellt fall.

Plåtarnas radier vid mätningarna var $0,10 \lambda$ och $0,27 \lambda$. Själva strålen har varierats i längd mellan $0,20 \lambda$ — $0,80 \lambda$. Av fig 5 a och b framgår variationen i antennens resistans och reaktans vid basen. Av särskilt intresse torde fig 5a vara, där man kan se att resistansen för en $0,625 \lambda$ -strålarare över ett jordplan som är $0,10 \lambda$ i radie är större än vad man skulle kunna vänta sig. Reaktanskurvan i fig 5 b visar hur den första resonansen inträffar vid ungefär $0,3 \lambda$ för en jordplansradie på $0,10 \lambda$. Detta i sin tur visar att tecknet för reaktansen vid $0,25 \lambda$ strålarlängd skall vara negativt.

$5/8 \lambda$ — effektivaste längden

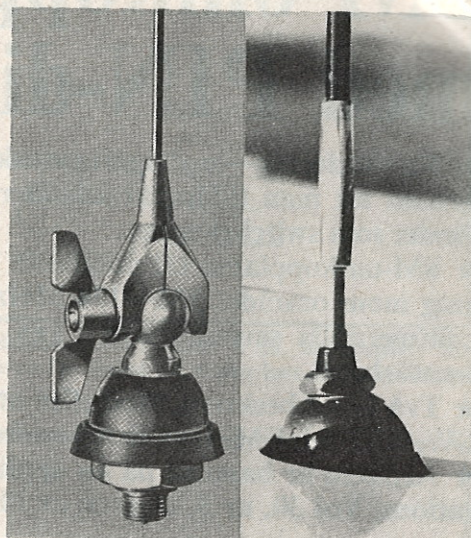
Om vi nu skulle se hur olika långa antenner strålar! Av största intresse är självfallet vertikaldiagrammet.

Ser vi först till hur jordens ledande förmåga inverkar på diagrammet, finner vi ganska stora skillnader för olika ledningsförmåga, som framgår av fig 6. Dessutom är förhållandena aldrig så bra vid placering på fordon som vid placering direkt på marken. Man får alltid en mängd störningar vid fordonsplacering.



Fig 8. Typisk $5/8 \lambda$ -antenn med förlängnings-spole.

Två typer av isolerade fästen för mobilantenn.



Man kan nämligen aldrig anse att en bil — som ju är det vanligaste fordonet — utgör lämpad jord för en antenn. För det första är en bil för liten på de flesta frekvenser och för det andra är den isolerad från jord. Dessutom förekommer ju en mängd olika antennplaceringar på bilar, vilket gör att förhållandena varierar oerhört.

På de flesta taxibilar i Stockholmsområdet är antennen monterad på vänster bakflygel, en olämplig placering som ger ett otillräckligt jordplan och dålig funktion. Taket vore elektriskt sett bättre som antennplats. Här har dock andra hänsyn fått komma med i bilden, eftersom fordonet sjunker avsevärt i andrahandsvärde efter ett dylikt ingrepp på taket.

Fig 7 visar ungefärliga utseendet av vertikallöben vid olika antennlängder och god jordledningsförmåga. I fig 7 a ser vi att den vertikala öppningsvinkeln ligger mellan 10 — 55° med maximistrålning i ungefär 30° . För $3/8 \lambda$ -strålaren är vinklarna

8 — 40° med maximum vid ca 22° . Ännu fördelaktigare strålning får man med en halvvägsdipol, vars öppningsvinkel ligger mellan 5 — 35° och max vid 17° .

Den bästa strålningen får man vid en strålarlängd på $0,625 \lambda$ med en öppningsvinkel på 3 — 28° och max vid 12° . Vi har också i detta fall fått en lob till, vilken dock ligger ca 15 dB ner relativt huvudloben. Ökar man antennlängden ytterligare, blir strålningen från den mindre effektiva.

Rent teoretiskt är en $0,625 \lambda$ -strålarare (förutom att den strålar nästan i horisontalplanet) ca 3 dB bättre än en kvartsvägsstrålarare. Det är alltså fördelaktigare att välja en antennlängd på $0,625 \lambda$ än en kortare.

Om det däremot är fördelaktigare från mekanisk synpunkt eller inte, får man avgöra från fall till fall. Vid exempelvis 450

MHz är de mekaniska påfrestningarna mycket små på en $0,625 \lambda$ -antenn, och en sådan är således överlägsen de andra.

Om vi återgår till fig 5 b ser vi, att oberoende av jordplanets storlek är en antenn med en längd av $0,625 \lambda$ inte resonant. Reaktansen ligger här mellan 150 — 200 ohm och tecknet är negativt, vilket betyder en kapacitiv reaktans. Följer vi kurvan i fig 5 b vidare, ser vi att en resonans inträffar vid ungefär $0,75 \lambda$. Antennen med längden $0,625 \lambda$ skall alltså förlängas till $0,75 \lambda$ med hjälp av en induktiv belastning. Man "lurar" alltså antennen att tro att den är $0,75 \lambda$.

Fig 8 visar hur en sådan antenn kan se ut: Antennen på bilden är avstämd till 145 MHz och har en längd ovanför spolen av 1140 mm. Spolen, som har två varv, är tillverkad av 6 mm mässingstråd och har en diameter på 50 mm. Denna spole har ett Q-värde på ca 270 .

Lita inte på tillverkardata!

Till slut en varning till dem som köper sin mobilantenn. Stirra er inte för blinda på tillverkardata, utan använd dem endast som riktvärden vid val av antenn! Data grundar sig nämligen mestadels på mätningar under ideala förhållanden, och ingen tillverkare kan garantera, att antennen strålar lika bra på en bil som på ett jordplan.

Detta redovisas emellertid sällan eller aldrig; man talar endast om att impedansen är 50 ohm, osv; en information som är ganska värdelös om man inte vet var man skall placera antennen. ■

Litteraturhänvisning

- (1) IRE Trans, juli 1963
- (2) La Port: Radio Antenna Engineering. Mc Graw-Hill.
- (3) Babcock W C: Bell Labs Record 1949
- (4) King W: Theory of linear antennas. Mc Graw-Hill.