

CAP. III ANTENE DIPOLE

3.1. Introducere

Din linii cu aer având capătul în gol, prin îndepărtarea conductoarelor, se obțin antene numite în general „dipoli”.

Pentru a înțelege funcționarea lor, să revedem funcționarea liniei cu capătul în gol, considerată ca circuit oscilant (Fig. 3.1.1)

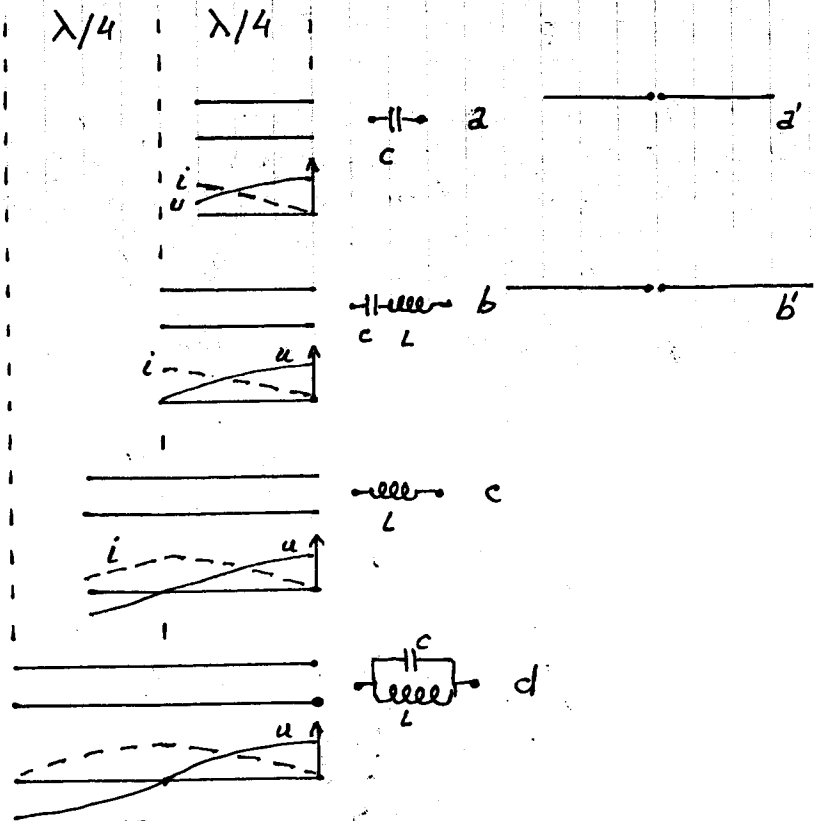


Fig. 3.1.1.

În Fig. 3.1.1. a avem o linie paralelă cu capătul din dreapta în gol, mai scurtă decât $\lambda/4$. Sub ea este graficul distribuției tensiunii sinu sordale u și al curentului i , pe linie. Evident că la capătul din dreapta, deschis, al liniei, u este maxim și i minim, impedanța fiind infinită. La capătul din stânga al liniei, unde se aplică puterea, tensiunea și curentul au valori dar sunt defazate, de parcă acolo ar exista un condensator. Desfășurând laturile liniei (Fig. 3.1.1. a'), linia începe să radieze, devine o antenă dipol mai scurtă decât $\lambda/2$ și are impedanța $Z = R + X_c$.

R este rezistența de radiație iar X_c este reactanța condensatorului C care nu există fizic ci este un efect al defazajului dintre u și i .

În Fig. 3.1.1. b linia are exact lungimea $\lambda/4$. Curentul la intrarea ei (capătul din stânga) este maxim iar tensiunea este zero, adică avem un scurtcircuit. Linia se comportă ca un circuit oscilant tip „serie” aflat la rezonanță. Desfășurând laturile liniei (Fig. 3.1.1. b') ea devine dipol în $\lambda/2$, care radiază. Impedanța lui este egală cu rezistența de radiație $Z = R$. Impedanța este pur ohmică, lipsind defazajul între u și i .

În Fig. 3.1.1.c linia este mai lungă decât $\lambda/4$ (sau frecvența este mai mare decât frecvența de rezonanță), ea (și antena care se obține din ea) are o „inductanță” iar impedanța este $Z = R + X_L$

În Fig. 3.1.1.d linia are exact lungimea $\lambda/2$, tensiunea la intrare este maximă iar curentul - minim. Linia - și antena în λ care se obține prin îndepărtarea conductoarelor - are impedanță mare și se comportă ca un circuit oscilant derivație. Impedanța dipolului nu este infinită, cum ar da raportul U/I , ci este câteva mii de Ohmi, deoarece antena radiază energie, adică este o sarcină de valoarea $Z = R$.

Funcționarea la rezonanță a unui dipol lung de $\lambda/2$ se poate asemăna cu o coardă de chitară, ciupită la mijloc, care vibrează. Ea oscilează deplasându-se de o parte și de alta a poziției de repaus.

Deplasarea este maximă la mijloc și zero la capete. La dipolul în $\lambda/2$ curentul este maxim la mijloc și zero la capete, în anumite momente ale oscilației.

În Fig. 3.1.2. se dă succesiunea fenomenelor în dipolul în $\lambda/2$.

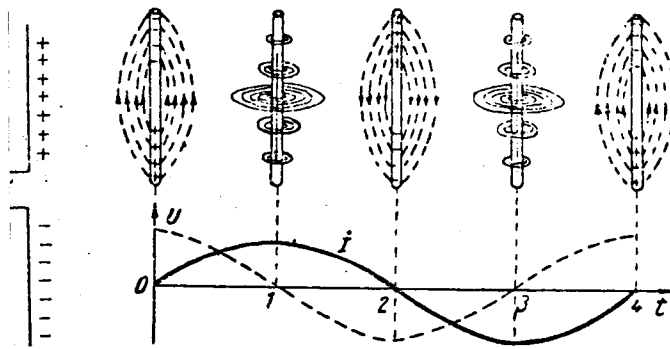


Fig. 3.1.2

În momentul zero (pe sinusoidă) o latură a dipolului este la maxim încărcată cu sarcini + iar cealaltă - cu sarcini -. Energia este concentrată sub formă de câmp electric, cu liniile de forță indicate. Sinusoida curentului I are valoarea zero.

Din acest moment începe o deplasare a sarcinilor acumulate pe o latură a dipolului spre cealaltă, din ce în ce mai masivă. În momentul 1 pe scara timpului acest curent este maxim, câmpul magnetic produs de el este maxim și are linii de forță circulare în jurul conductorului. Energia are acum forma câmpului magnetic. Dacă viteza acestor fenomene este mare (frecvența oscilațiilor peste 10 KHz), apare un fenomen nou: antena radiază unde electromagnetice. Orice deplasare rapidă de sarcini electrice generează unde electromagnetice: de ex. fulgerul.

În momentul 2 al sinusoidii sarcinile s-au acumulat pe cealaltă latură a dipolului, tensiunea U este maximă, curentul I este zero (pentru un moment sarcinile nu se mișcă), energia este concentrată în câmpul electric (ca și în momentul 0) dar are sens opus. Apoi curentul prin dipol începe să curgă - dar în sens invers, are un maxim în momentul 3, scade treptat până în momentul 4 când se încheie o perioadă și situația e ca la început.

Dipolii au obligatoriu două laturi între care circulă sarcini electrice. În practică una din laturi poate fi înlocuită electric cu o rețea de conductoare (antena ground plane) sau chiar cu Pământul (antena Marconi). Doar o latură a dipolului se vede, de unde a apărut și denumirea (incorectă) de antene „monopol”. Mai corect ar fi „semidipol”.

Antenele dipol au diverse forme (liniar, în V, V întors, cerc), diverse raporturi între lungime și lungimea de undă ($\lambda/2$, λ'), diverse impedanțe și diverse diagrame de radiație.

Coarda chitarei poate fi ciupită în diverse locuri; și dipolul poate fi alimentat cu energie în diverse locuri: la mijloc, excentric și chiar la capăt, ceea ce duce la denumiri ca: dipol simetric, dipol asimetric (de fapt alimentat asimetric), respectiv antenă Long Wire, sau J-pole. În fiecare caz antena are altă impedanță și apar alte probleme de adaptare cu fiderul.

Pe un dipol în $\lambda/2$ se „așterne” de obicei o jumătate ($\lambda/2$) din sinusoidă, corespunzătoare unei frecvențe F a curentului, dar se poate așterne și o undă întreagă produsă de un curent cu frecvența de două ori mai mare ($2F$), și chiar unde cu frecvența $3F$, $4F$, etc. Dipolul poate rezona și pe armonicele frecvenței de bază.

Antenele dipol au diversi parametri precum: impedanță de intrare, bandă de trecere, câștig, randament, polarizare, diagramă de radiație etc, care trebuie menționați în descrierea lor.

3.2. Dipoli simetrici

3.2.1. Dipolul linear în $\lambda/2$ alimentat la mijloc

3.2.1.1. Generalități

Dipolul linear în $\lambda/2$ se obține deschizând la maxim (180°) o linie paralelă în $\lambda/4$ cu capătul în gol. (Fig. 3.2.1. a)

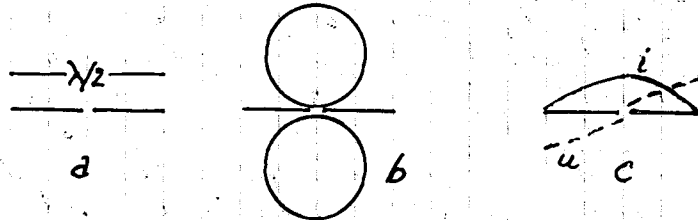


Fig. 3.2.1

- Dacă dipolul este realizat din conductor infinit de subțire, neizolat și se află în spațiul liber, el are următorii parametri:
- Impedanța de intrare la rezonanță $\sim 73 \text{ Ohmi}$
 - Diagrama de directivitate (Fig. 3.2.1b): un tor cu diametrul interior 0.
 - Câștig față de radiatorul izotrop: 2,15 dB (sau o putere de 1,64 ori mai mare) pe direcțiile de radiație maximă
 - Bandă de trecere îngustă, deoarece conductorul foarte subțire are inductanța „distribuită” pe metru de lungime mare și capacitatea distribuită relativ mică. Dacă diametrul conductorului este 2,5 mm, L mare $\sim 1,5 \mu\text{H}$ și C mare $\sim 5 \text{ pF}$. Raportul L/C mare înseamnă un factor de calitate mare, deci o bandă de trecere îngustă.
 - Polarizarea (direcția vectorului electric al unde electromagnetice radiate) are direcția conductorului antenei.
 - Randamentul este raportul dintre puterea efectiv radiată și puterea aplicată la borne. Pierderile depind de conductivitatea conductorului antenei, rezistența lui, care crește cu frecvența datorită efectului pelicular (skin), pierderi în dielectricii izolatorilor etc.

Lungimea dipolului în $\lambda/2$ este teoretic $l = 150 / F_{\text{MHz}}$. În practică efectul „de capete” impune o scurtare a lungimii, pentru a fi la rezonanță, cu un „coeficient de scurtare” care depinde de raportul dintre lungime și diametru. La conductoarele antenelor filare folosite în unde scurte scurtarea este 2-5%, iar în vuv - mai mare. De aceea lungimea dipolului în $\lambda/2$ se calculează aproximativ, cu formula practică $l = 142,6 / F_{\text{MHz}}$. (1)

Dacă raportul dintre diametrul conductorului antenei și lungimea lui este între 0,001 și 0,01, lungimea „scurtată” este între $0,48\lambda$ și $0,47\lambda$.

Formula (1) se folosește când izolatorii de la capete sunt din porțelan și în continuare sunt sârme pentru fixarea de piloni.

Dacă în loc de izolatori se folosesc corzi de nylon, formula recomandată este: $l = 145,7 / F_{\text{MHz}}$.

În practică există influențe asupra frecvenței de rezonanță datorită apropierii pământului, clădirilor și conductoarelor aflate la distanțe mai mici decât λ . De aceea antena, inițial mai lungă, se scurtează treptat și simetric, până se obține un raport de unde staționare minim la frecvența aleasă.

Dipolul montat ca V întors trebuie scurtat mai mult.

Distribuția curentului și tensiunii pe dipolul în $\lambda/2$ se vede în Fig. 3.2.1. c. Curentul (și energia radiată) este maxim la mijloc și minim la capete. Tensiunea este maximă (și periculoasă) la capete și mică la mijloc. Se recomandă izolatori moderni, cu discuri.

Dipolul în $\lambda/2$ funcționează și pe frecvențe armonice: $2F, 3F, 4F$ etc având lungimi $\lambda, 3\lambda/2, 2\lambda$ etc. Parametrii lui se modifică cu ordinul armonicii, ceea ce complică alimentarea cu energie. Adus din spațiul liber în apropierea pământului (sau unor obiecte metalice), undele reflectate induc în antenă un curent defazat față de curentul inițial. Ce doi curenți se compun algebric și rezultă o valoare diferită a impedanței. Unda reflectată se compune vectorial în diverse direcții cu unda radiată de antenă și rezultă o diagramă de radiație nouă.

Variația impedanței dipolului în $\lambda/2$ și λ cu înălțimea față de un pământ perfect se vede în Fig. 3.2.2 a și respectiv b.

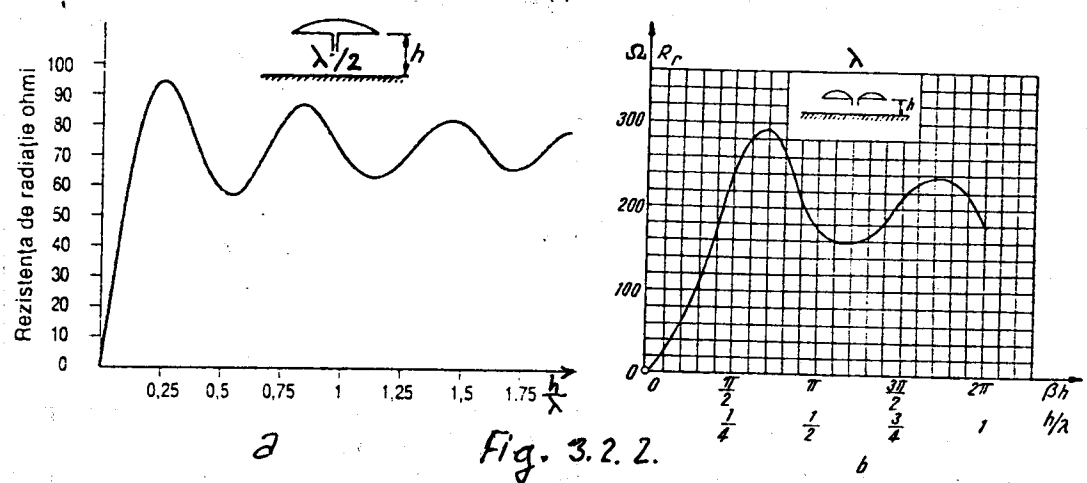


Fig. 3.2.2.

Se observă că la înălțimi sub $\lambda/4$ rezistența de radiație (deci și randamentul) scade dramatic. Diagrama de radiație în plan vertical, perpendicular pe dipol, variază și ea mult cu înălțimea (Fig. 3.2.3).

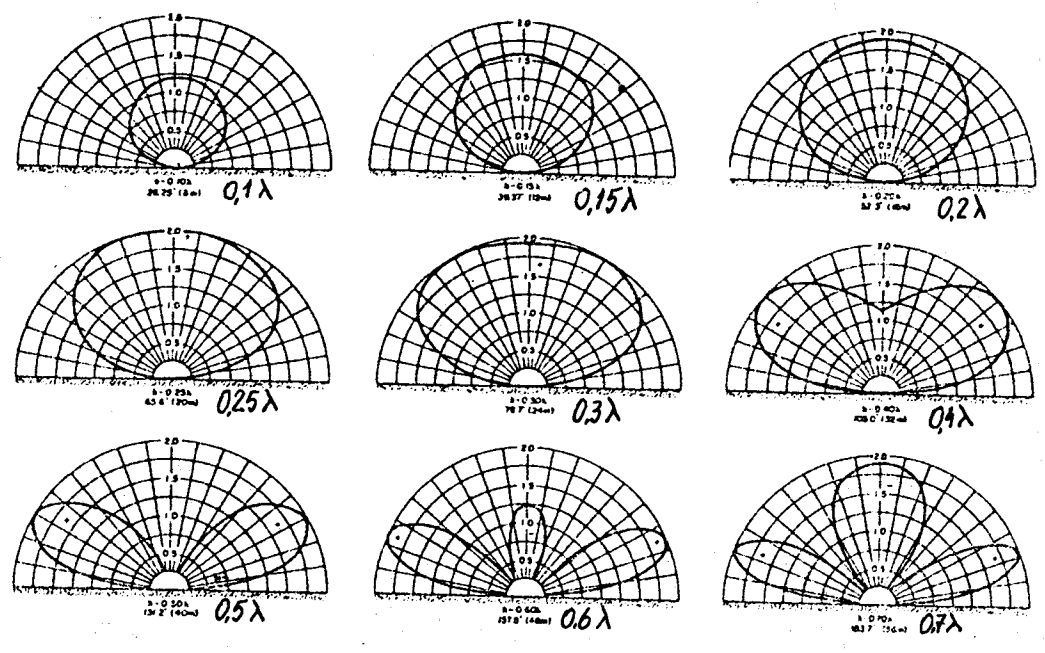


Fig. 3.2.3
70

Este evident ^{că} instalarea dipolului la înălțime mică duce la radiația unei puteri mai mici în sus - unde nu sunt corespondenți. La înălțimea de $0,5\lambda$ ($\lambda/2$), realizabilă peste 10 MHz, lobi radiati perpendicular pe antenă au o înclinare („unghi de plecare”) de 30° convenabil pentru comunicații la mare distanță (ΔX) în banda de 14 MHz.

La această înălțime, dipolul are un câștig de 3 dB față de același dipol aflat în cosmos, datorită concentrării energiei în cei doi lobi.

La înălțimea 1λ dipolul orizontal are câștig 6 dB, doi lobi cu unghi de plecare $\sim 15^\circ$ buni la ΔX în banda de 15 m și doi lobi cu unghi de plecare $\sim 47^\circ$ care asigură legături cu propriul continent.

Pentru un randament maxim de transfer al energiei curentului de radiofrecvență în unde electromagnetice, fiderul (linia) care aduce energia la antenă trebuie să aibă impedanța caracteristică Z_0 egală cu rezistența de radiație a antenei. Deoarece în general ele diferă, între linie și antenă se introduce un dispozitiv de adaptare a impedanțelor.

Distribuția sinusoidelor curentului începe (și trebuie desenată) cu valoarea zero la capetele dipolilor de orice tip și crește treptat spre centru, ca și la linia din care a provenit. Indiferent de lungimea dipolului, sinusoidalele se continuă pe fider, până la capătul conectat la emițător, și au formă de unde staționare de curent și tensiune, dacă lipsește adaptarea dintre antenă și fider.

În această situație, la capătul dinspre emițător, curentul este defazat față de tensiune în urmă sau înainte și impedanța are o componentă inductivă sau capacitivă. Pentru anularea ei se folosește un circuit numit transmaci. După anularea componentei reactive (adică a defazării dintre U și I), transmaciul transformă impedanța pur activă (Ohmică), care are o valoare oarecare, în 50 Ohmi .

În acest fel puterea debitată de emițător este complet trimisă spre antenă, dar călătorește prin fider sub formă de undă staționară, care mărește pierderile, nu sub formă de unde progresive. Pierderile sunt foarte mici în fiderul (linia) bifilar cu aer (scărită), mai mari în linia bifilară în plastic și mai mari în cablul coaxial - funcție de calitatea lui. Admitând ceva pierderi, se poate lucra cu RUS mare, mai ales dacă fiderul este scurt.

Se recomandă ca fiderul să fie perpendicular pe antenă, cel puțin o lungime $\lambda/4$ (Fig. 3.2.1.c). În acest caz între cele două laturi ale dipolului și fider există câmpuri electrice egale și contrare. În conductorii fiderului se induc curenți egali și contrari, care se anulează reciproc.

Fiderul bifilar (scărită), adaptat la antenă, are pierderi de numai 0,1 dB la 30 MHz. La RUS = 5 pierderile sunt tot neglijabile, 0,3 dB.

La RUS = 20 pierderile sunt sub 1 dB.

30 metri de coaxial RG-8 adaptat cu antena are pierderi de 1,2 dB la 30 MHz. Dacă neadaptarea produce RUS = 5, pierderile cresc la 2,5 dB. Amintim că 3 dB înseamnă jumătate din putere.

La un RUS = 1,5, puterea reflectată înapoi decătore antenă (datorită neadaptării cu fiderul) este 4%; la RUS = 2, puterea reflectată este 11% iar la RUS = 3, puterea reflectată este 25%.

Teoretic, rezistența de radiație a dipolului este 73 Ohmi, dacă conductorul lui este infinit subțire. În practică conductorul are grosime, și rezistența de radiație este mai mică. Variația rezistenței

de radiație a dipolului în $\lambda/2$ funcție de raportul dintre lungimea lui l_0 și diametrul d , se dă în Fig. 3.2.4.

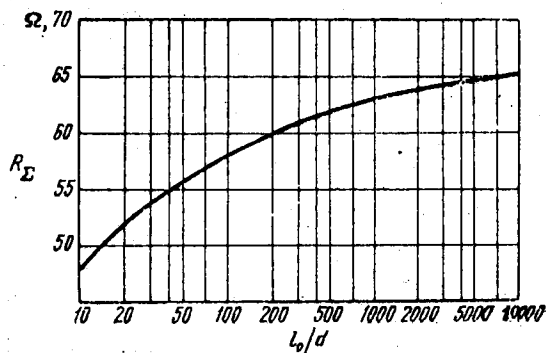


Fig. 3.2.4.

Antenele se realizează din cupru (rezistivitate $\rho = 1$) sau aluminiu (rezistivitate 1,6). Alte metale au pierderi și rezistivități mari: zinc $\rho = 3,4$, alama $\rho = 3,7-4,9$, nikel $\rho = 5,1$, fier $\rho = 5,7$, staniu $\rho = 6,7$, oțel $\rho = 7,6-12,7$, plumb $\rho = 12,8$.

Ținând seama de efectul pelicular, rezistența conductoarelor crește mult în curent de radiofrecvență, față de rezistența în curent continuu. Astfel, un conductor din cupru cu diametrul de 2 mm are rezistența de 12,5 ori mai mare la 3 MHz, de 18 ori mai mare la 10 MHz și de 35 ori mai mare la 30 MHz. De aceea se recomandă conductor litat, cât mai gros, sau țevă de aluminiu.

Se consideră că banda de trecere a antenei este intervalul de frecvențe în care RUS este sub 1,5.

3.2.1.2. Alimentarea la centru a dipolului liniar în $\lambda/2$.

Dipolul liniar în $\lambda/2$ poate fi alimentat la centru în diverse moduri, Fig. 3.2.5

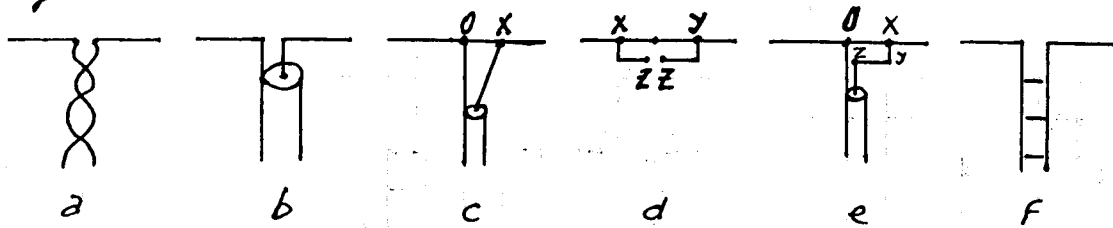


Fig. 3.2.5

- În Fig. 3.2.5 a alimentarea se face cu linie bifilară în plastic, răsucită, care este simetrică și funcție de diametrul conductoarelor și izolația lor, are impedanța caracteristică 70-100 Ohmi. Există și linii bifilare ecranate. Linia bifilară răsucită elimină parazitii la recepție iar la emițător se cuplează prin intermediul unui balun, sau un Z-măci cu iesire simetrică.

- În Fig. 3.2.5 b, alimentarea se face direct cu coaxial, ceea ce produce o nesimetriie electrică a dipolului, o deformare a diagramei de directivitate și curent pe exteriorul fresei, care începe să radieze.

Simetrizarea se poate face cu un transformator tip Balun, de radio-frecvență, cu aer sau miez de ferită, sau cu o linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, conectată la bornele antenei (care lucrează numai pe o bandă)

- În Fig. 3.2.5 c coaxialul se conectează la dipol prin intermediul dispozitivului „delta”. Laturile acestui triunghi au anumite lungimi și fac adaptarea pe o singură bandă.

- În Fig. 3.2.5 d dispozitivul de adaptare este tip „T”. Distanța între punctele X-Y se reglează astfel încât în punctele ZZ impedanța să aibe o valoare convenabilă, de ex. 200 Ohmi. Apoi coaxialul se conectează la bornele ZZ prin intermediul unui dispozitiv numit „buclă de simetrizare și ~~ada~~ transformare în $\lambda/2$ ” care transformă impedanța simetrică de 200 Ohmi în impedanță nesimetrică de 4 ori mai mică, 50 Ohmi. Adaptarea în T lucrează pe o singură bandă.

- În Fig. 3.2.5 e dispozitivul de adaptare este tip „Gamma”.

Distanța OX se reglează astfel încât în punctul Z impedanța să fie 50 Ohmi. Conductorul Z-Y al dispozitivului Gamma are oarecare inductanță, care defazează puțin curentul față de tensiune și impedanța în Z nu este pur ohmică, are o componentă inductivă. Pentru eliminarea (compensarea) ei, în punctul Z se introduce în serie un condensator variabil, care se reglează pentru a obține RUS minim în fider.

- În Fig. 3.2.5 f alimentarea se face cu linie bifilară cu aer (scărîtă) sau în plastic (pamblică de 300 Ohmi sau pamblică cu „ferestre” de 450 Ohmi). Pe linie există undă staționară, deci e nevoie de un transmaci la capătul din spre emițător. Dacă linia are lungimea

electrică $\lambda/2$ sau $2\lambda/2$, $3\lambda/2$, $4\lambda/2$ etc, impedanța antenei la frecvența corespunzătoare lui λ se transferă la capătul de jos neschimbată (același lucru la fiderii din a și b).

Alte moduri de adaptare a dipolului cu fiderul se dau în Fig. 3.2.6

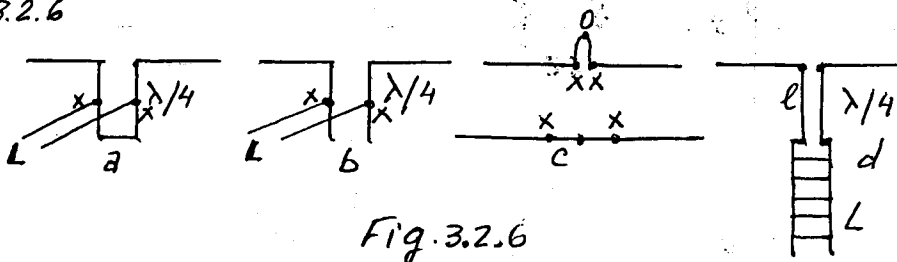


Fig. 3.2.6

- În Fig. 3.2.6 a, un dipol cu impedanță mare (de ex. dipolul în λ) se alimentează cu o linie L cu impedanță caracteristică mai mică prin intermediul unei linii în $\lambda/4$ în scurtcircuit.
 - În Fig 3.2.6 b, un dipol cu impedanță mică (în $\lambda/2$) se alimentează cu o linie L cu impedanță caracteristică mai mare decât Z_a prin intermediul unei linii în $\lambda/4$ cu capătul îngol.
 - În Fig 3.2.6 c se vede dispozitivul de adaptare Beta (hairpin), sus. Pe dipolul în $\lambda/2$ inițial se găsesc două puncte xx între care impedanța este 50 Ohmi . Se îndoaie porțiunea xx în formă de U (ansă), cu care ocazie dipolul (jos) se scurtează. În punctele xx se conectează coaxialul de 50 Ohmi , direct sau prin balun 1:1.
- Practic țevile scurtate ale dipolului, fixate pe o placă izolantă, se unesc cu o ansă (hairpin) făcută dintr-un conductor gros, cu lungime reglabilă. Punctul O al ansei se poate conecta la bumul (țeara-suport) antenei.
- În Fig 3.2.6 d adaptarea dintre dipol și linia L de alimentare, care are o impedanță mare, se face cu o linie în $\lambda/4$ a cărei impedanță este media (geometrică) între impedanța antenei Z_a și impedanța liniei L , Z_L ; $Z_L = \sqrt{Z_a \cdot Z_L}$.

Toate aceste dispozitive funcționează pe o singură bandă.

Revenind la dispozitivul de adaptare Gama (Fig. 3.2.5.e), se precizează că țija ZY a dispozitivului are un diametru de cca 3 ori mai mic decât vibratorul antenei. În banda de 14 MHz ea are cca $1,22 \text{ m}$ și este la distanța de 178 mm de vibrator. În banda de 21 MHz lungimea ei este cca 92 cm și distanța cca 152 mm . În 28 MHz lungimea este cca 61 cm iar distanța cca 127 mm . În 50 MHz lungimea țigii este cca 40 cm și distanța cca 35 mm . Condensatorul variabil cu aer inseriat în punctul Z are $\sim 140 \text{ pF}$ în 14 MHz , 80 pF în 21 MHz , $\sim 50 \text{ pF}$ în 28 MHz și $\sim 25 \text{ pF}$ în 50 MHz . Acest condensator se poate realiza simplu dacă țija este de fapt o țeară și în ea se introduce o bucată de coaxial de pe care s-a îndepărtat țresa, și care se scurtează treptat până se obține RUS minim.

Dispozitivul T are dimensiuni similare la ambele laturi.

3.2.1.3. Dispozitive de simetrizare

Dispozitivele de simetrizare cu constante distribuite sedau în Fig. 3.2.7

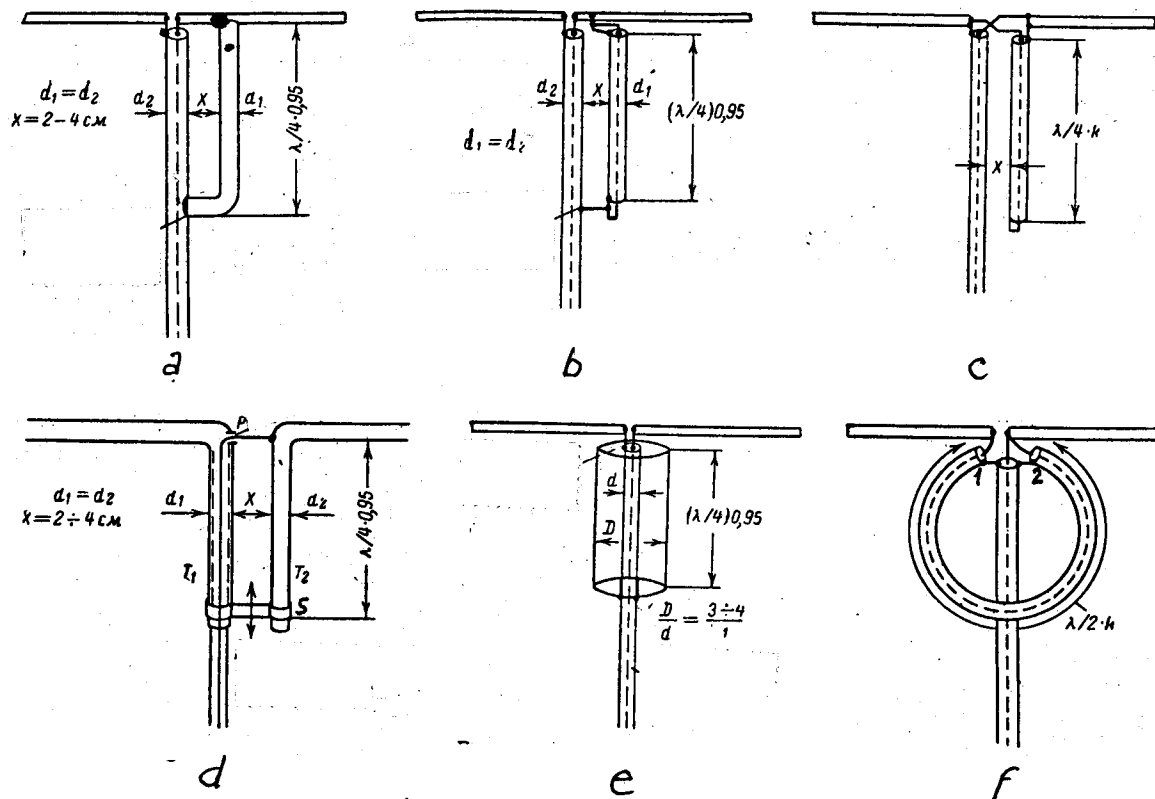


Fig 3.2.7

- În Fig. 3.2.7 a (și în următoarele), alimentarea dipolului simetric cu coaxial duce la stricarea simetriei lui, deplasarea laterală a diagramei de radiație în formă de 8 și apariția curentului pe exteriorul tresei coaxialului. Dispozitivul cu care se combate acest efect este o linie bifilară paralelă cu ϵ în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, conectată la bornele dipolului. În cazul a, linia este formată din o tijă metalică îndoită (îndreapta), cu același diametru ca și coaxialul, și tresa coaxialului (în stânga).

- În Fig. 3.2.7 b, pentru realizarea dispozitivului s-a folosit o bucată de coaxial ca cel folosit la fider, la care s-a scurtcircuitat tresa cu „inimă”. Ea trebuie să fie menținută paralelă cu fiderul, distanța X fiind 2-4 cm în unde ultrascurte (UUS).

- În Fig. 3.2.7 c, linia în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit este realizată din coaxial, deci coeficientul ei de scurtare K trebuie cunoscut. În cazurile anterioare linia era cu aer și coeficientul era 0,95.

Linia din coaxial se folosește în unde scurte și ultrascurte. Ea trebuie să fie paralelă cu fiderul, la distanța de cea 5 cm, iar tresa și „inimă” să se conecteze la dipol invers decât fiderul.

- În Fig. 3.2.7 d linia în $\lambda/4$ este realizată prin îndoirea țevilor antenei. Fiderul coaxial, de pe care s-a eliminat polietilena de protecție, este introdus prin țeava T_1 , tresa făcând contact cu ea. Inimă coaxialului iese prin gaura P și se conectează la latura din dreapta a dipolului. Scurtcircuitul S se deplasează la reglaje.

- În Fig. 3.2.7.e, linia coaxială în $\lambda/4$ este realizată chiar din tresa coaxialului și un cilindru metalic printr-o trece coaxialului. Cilindrul este închis jos cu un capac metalic, cu gaură. Tresa coaxialului este cositorită de marginile găurii. Cilindrul este astupat sus cu o șabă izolantă, prin care iese capătul coaxialului.

- În Fig. 3.2.7.f se vede un dispozitiv de simetrizare, dar și transformare a impedanței antenei în impedanță de 4 ori mai mică, numit de obicei „bucă în U”. Bucă are lungimea $k \cdot \lambda/2$, unde k este coeficientul de scurtare al coaxialului. Se știe că dacă linia are lungimea electrică $\lambda/2$ ea transferă impedanța neschimbată.

Dacă o antenă are impedanța 200 Ohmi (de ex. o antenă dipol Jagi), față de punctul central fiecare jumătate are 100 Ohmi. Pe Fig. 3.2.7.f capătul 1 al buclei U este legat la latura din stânga a antenei, care are 100 Ohmi. Această impedanță se transferă nemodificată la capătul 2 al buclei, unde se leagă în paralel cu cealaltă latură a antenei, care are tot 100 Ohmi. Rezultatul este o impedanță de 50 Ohmi, nesimetrică, la care se conectează fișerul de 50 Ohmi.

Blocarea curentului de tresa, simetrizarea și adaptarea se poate realiza și cu dispozitive cu constante concentrate (bobine, transformatoare)

- Curentul de tresa poate fi blocat cu un șoc de radiofrecvență realizat din coaxialul care aduce energia la dipol. Coaxialul se face „colac” chiar la bornele antenei, spiră lângă spiră, fixate cu șocci, și bobina obținută funcționează ca un șoc RF în calea curentului care apare pe exteriorul tresei. Reactanța acestui balun-șoc trebuie să fie cca 1000 Ω .

Lungimea coaxialului și numărul de spire ale șocului este:

Șoc monoband					Șoc multiband		
Banda MHz	RG-8, RG 213		RG-58		Gama MHz	RG8, 8X, 58, 59, 213	
	m	spire	m	spire		m	spire
3,5	6,7	8	6,1	6-8	3,5-30	3,05	7
7	6,7	10	4,57	6	1,8-28	5,5-6,3	
10	3,66	10	3,05	7	3,5-10	5,49	9-10
14	3,05	4	2,44	8			
21	2,44	6-8	1,83	8	14-30	2,44	6-7
28	1,83	6-8	1,22	6-8			

- Șocul RF poate fi realizat și bobinând 2,5 m de cablu bifilar „de reioză”, cu plastic de bună calitate, spiră lângă spiră, pe o carcasă cu diametrul de 4-7 cm. Șocul acoperă satisfăcător gama 3-30 MHz.

- Simetrizarea se poate realiza și cu un transformator de radiofrecvență „cu aer”, care acoperă gama 3-30 MHz. (Fig. 3.2.8a), cu raport 1:1.

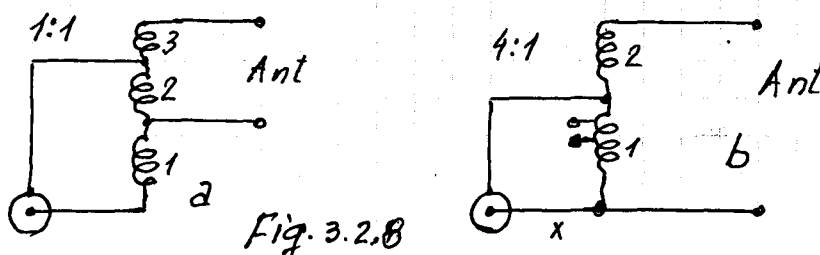


Fig. 3.2.8

Se bobinează simultan cu 3 conductoare $\phi 1\text{mm}$ emailate sau izolate în plastic de calitate, pornind de la trei borne, 12 spire pe o carcasă cu diametrul de 2,5 cm, spiră lângă spiră. Capetele se fixează la alte trei borne. Pentru a respecta schema, capătul unei înfășurări 1 se conectează cu începutul înfășurării 2 (cu o bucată de conductor izolat), iar capătul înfășurării 2 cu începutul înfășurării 3. Transformatorul se protejează cu lac sau scoci transparent.

Pentru gama 14-28 MHz bobinele au câte 8 spire.
- În Fig. 3.2.8 b transformatorul RF are aceeași construcție dar bobinajul este bifilar, pentru a realiza un raport de transformare a impedanțelor 4:1. El se poate folosi la antene cu impedanța 200Ω sau în transmici, pentru a avea și borne de ieșire simetrică.

Aceste atenuatoare sau transformatoare au atenuare mică, 0,5 dB, transferă puteri de 1-2 kW și nu ajung la saturație ca balunurile cu tor de ferită.

Pentru a obține un raport de transformare mai mare decât 4:1, conductorul x se mută pe o priză a bobinei 1, calculată sau găsită experimental.

Aceste transformatoare pot avea și miezuri din ferită (bară sau tor), spire mai puține și pierderi mai mici în conductoare și în câmp magnetic de dispersie. Ferita trebuie să corespundă frecvențelor de lucru și puterii transferate spre antenă.

3.2.1.4 Tipuri de dipoli alimentați la mijloc.

3.2.1.4.1. Dipoli cu bandă largă.

Pentru a avea o bandă de trecere mai largă, conductorul antenei trebuie să aibă raportul L/C mai mic. Aceasta înseamnă un conductor cu inductanță mai mică și capacitate distribuită mare (Fig. 3.2.9

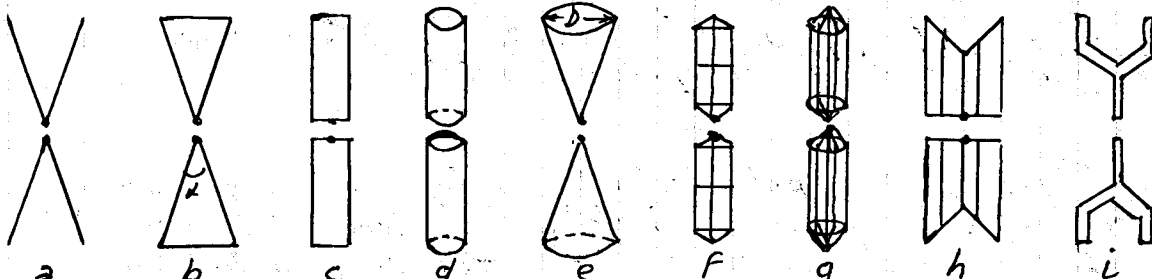


Fig. 3.2.9

- În Fig. 3.2.9 a dipolul are în loc de un conductor, două conductoare evazate.

- În Fig. 3.2.9 b dipolul este realizat din două triunghiuri din tablă și este denumit uneori „fluture” sau „papion”. Se folosește la antene de recepție TV și chiar în benzile de 50 MHz și 28 MHz. În Fig. 3.2.10 se dă o astfel de antenă scurtată, pentru 28 MHz.

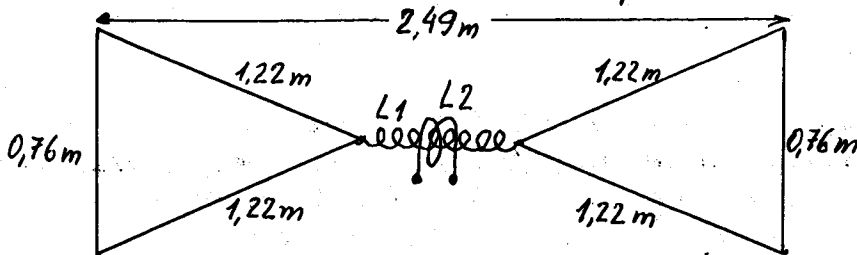


Fig. 3.2.10

Bobina L_1 are 10,5 spire cu diametrul 38 mm în aer. L_2 are 2 spire cu diametrul 63,5 mm, în aer, peste L_1 .

Dipolul „fluture” în λ are unghiul $\alpha = 30^\circ$, lungimea $l = 0,73\lambda$ și impedanța 240Ω .

- În Fig. 3.2.9 c dipolul este realizat din două plăci paralele din aluminiu sau cupru, sau două folii de aluminiu (folosite în bucătărie) fixate pe o coardă de nylon și adăpostite de vânt

- În Fig. 3.2.9 d dipolul are diametrul relativ mare. Dacă raportul dintre lungime și diametru L/D este 276, impedanța este cca 60 Ohmi în spațiul liber și banda de trecere „la 3 dB” este 34% din frecvența de rezonanță f_r . Mai sus și mai jos de frecvența de rezonanță există frecvențele f_s și f_u , la care puterea radiată de dipol scade cu 3 dB (50%), și între care se consideră banda de trecere.

Dacă raportul L/D este 51, impedanța este 49 Ohmi în spațiul liber iar banda de trecere 55% din f_r . Dacă raportul L/D este 10, impedanța este 37 Ohmi iar banda de trecere 100%.

Raportul mare L/D și banda largă de trecere se obțin folosind țeară de aluminiu în unde ultrascurte sau duraluminu în unde scurte.

- In Fig 3.2.9 e dipolul este realizat din două conuri din tablă în UUS, sau două cercuri metalice care susțin o rețea de conductoare care înlocuiesc conurile. Dacă lungimea dipolului este $\lambda/2$, banda de trecere este 100%, pentru unghiul de 40° la vârful conului. Dacă lungimea este λ și unghiul la vârf 60° , impedanța este 350 Ohmi și banda de trecere 200%. În UUS, mărind lungimea la $9\lambda/2$ și diametrul D la 14λ , se obține o antenă de mare câștig (12dBd), impedanța 2050 și banda de trecere 25%.
- In Fig-3.2.9 f dipolul este realizat din 3 conductoare paralele, ținute la distanță cu spideri metalici

- In Fig. 3.2.9 g dipolul cilindric este realizat din conductoare susținute de cercuri metalice. Este denumit și "salam". Un astfel de dipol, cu laturi de câte 13m și diametrul 0,92m are frecvența de rezonanță $\sim 5\text{MHz}$, și acoperă banda 3-7MHz.

- In Fig. 3.2.9 h dipolul este realizat din panouri cu fevi sudate, care asigură o bandă largă și facilități de montare la emițătoarele de televiziune.

- In Fig. 3.2.9 i dipolul este realizat din table șantate, formând un "X", pentru antene de recepție de recepție TV de bandă largă (VIF).

In Fig. 3.2.11 a se dă un dipol lung de 40,6m, cu două conductoare și două bobine amortizate cu rezistențe, plasate aproape de capete, care în gama 2,5-30 MHz lucrează cu RUS maxim 2,6, impedanța la centru fiind 300 Ohmi.

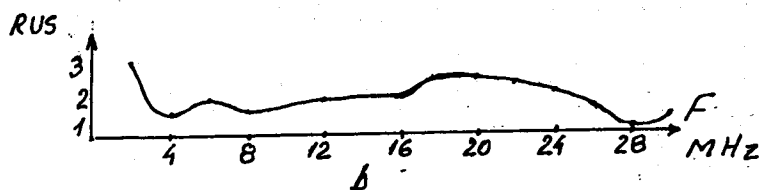
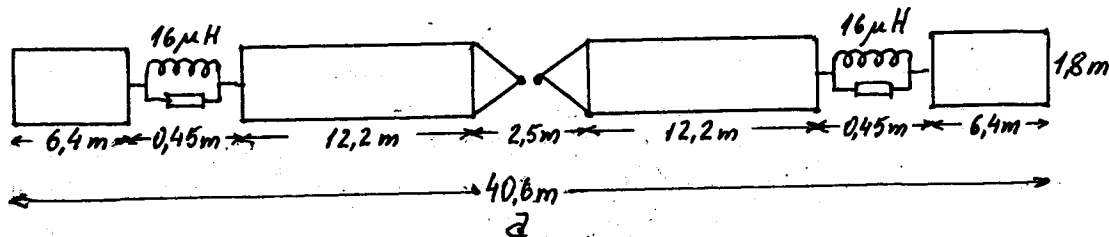


Fig. 3.2.11

Distanta dintre conductoare este menținută cu fevi din aluminiu. In b este diagrama RUS între 2 și 30MHz.

3.2.1.4.2. Dipoli deformați

Dipolul în formă de V orizontal

În Fig. 3.2.12 se dau antenele orizontale în V și diagramele lor de radiație pentru unghiurile de 90° și 120° între laturi.

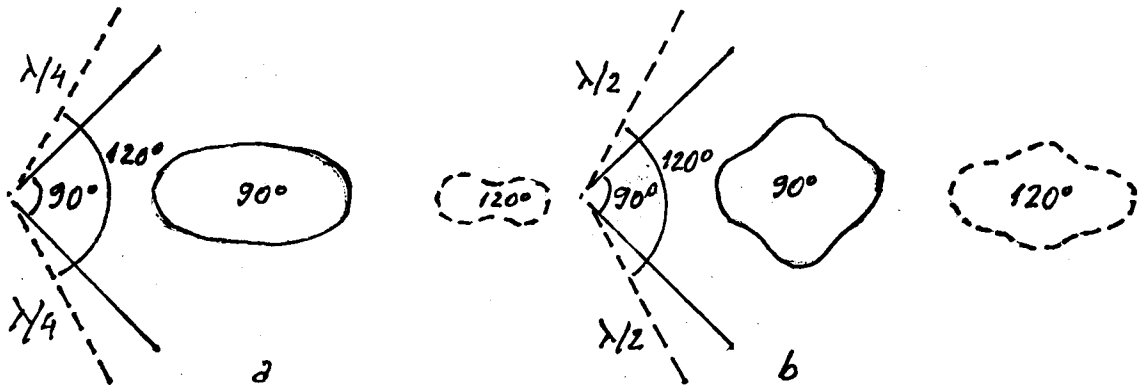


Fig. 3.2.12

În Fig. 3.2.12. a, dipolul în $\lambda/2$ liniar (care are diagrama în formă de θ) a fost frânt mai întâi la unghiul de 120° și diagrama lui de radiație s-a „umflat” la mijloc, luând forma de fisti (linia întreruptă). Continuând frângerea, la unghiul de 90° diagrama de radiație devine ovală.

În Fig. 3.2.12. b dipolul are lungimea λ . Frânt la un unghi de 120° (linia întreruptă), diagrama se schimbă de la un θ alungit la elipsă deformată. Frânt la 90° dipolul în λ are o diagramă aproape circulară. Aceasta este convenabilă în unele cazuri.

Dipolul în V cu lungimea totală $\lambda/2$ are în spațiul liber impedanța de cca 60 Ohmi iar dipolul în λ , cca 160 Ohmi și un câștig de cca 2 dB, pe direcția bisectoarei unghiului de 120° .

Dacă laturile dipolului în V se alungesc, când au 1λ și unghiul de 105° câștigul este 3 dB pe direcția bisectoarei. Laturile lungi de 2λ la unghiul de 70° dau un câștig de cca 4,5 dB.

Laturile de 3λ la unghiul de 58° dau câștigul de 5 dB, situație folosită pe vremuri de radioamatori în benzile de 20, 15 sau 10 m. Laturile de 9λ la unghi de 27° dau câștig de 10 dB. Din păcate o astfel de antenă este fixă, susținută de trei pitoni înalți de 10-15 m.

- Antena în V orizontal LA ϕ HV (Fig. 3.2.13)

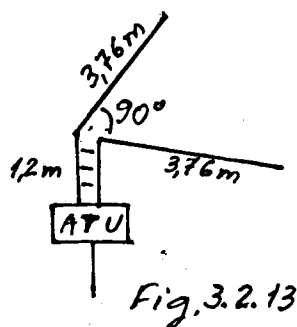


Fig. 3.2.13

Antena se realizează din țevă de aluminiu $\phi 12-13$ mm. Ea se continuă până la transmăci cu o linie tip „scărită” de 400-600 Ohmi lungă de 1,2 m.

În banda de 20 m câștigul este apropiat de al dipolului în $\lambda/2$. În 17 m antena este aproape în $\lambda/2$. În 15 m antena este puțin mai lungă decât $\lambda/2$ și câștigul cca 1 dB. În 12 m câștigul este cca 2 dB, în 10 m cca 3 dB, în 6 m cca 3 dB. Câștigurile cresc cu 3 dB la înălțimea $\lambda/2$ și 6 dB la înălțimea λ .

Dipolul în formă de V întors (Inverted V)

În Fig. 3.2.14 se dau forma dipolului V întors și diagramele lui.

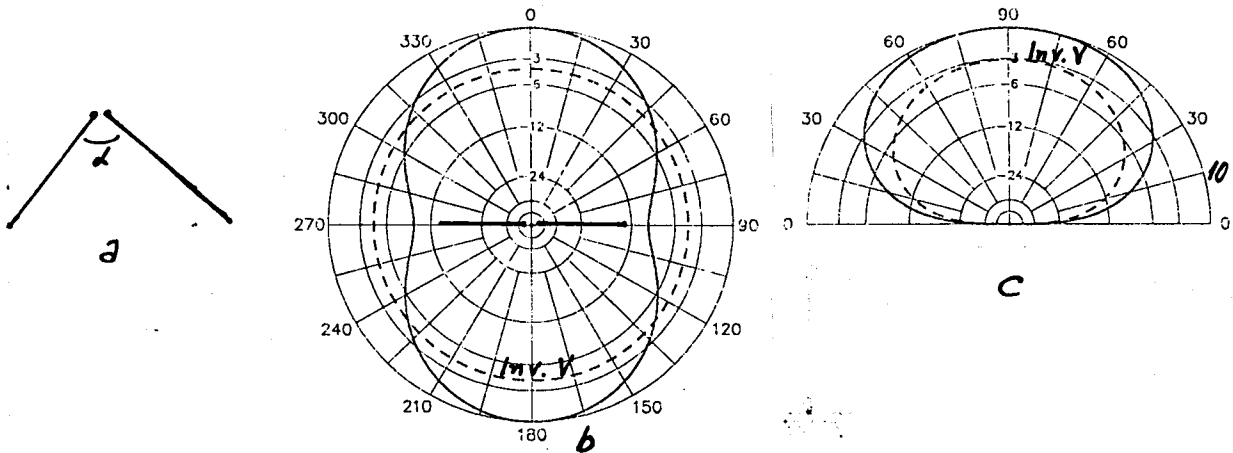


Fig. 3.2.14

Antena necesită un singur pilon a cărui înălțime să asigure un unghi la vârf $\alpha = 120^\circ$ ($h \approx \lambda/7$). Pentru banda de 35 MHz înălțimea pilonului este ≈ 12 m iar pentru 7 MHz, $\text{cca } 7$ m. Deoarece capetele dipolului, care au tensiuni RF mari, trebuie ridicate cel puțin 2 m, înălțimile calculate (10 m respectiv 5 m) au fost majorate cu 2 m. De aceea și punctele de ancorare la sol (42 m respectiv 21 m), sau se folosesc doi stâlpi cu înălțimea de 2 m la distanța de 36 m, respectiv 18 m.

Impedanța dipolului V întors în $\lambda/2$ este $\text{cca } 50$ Ohmi iar lungimea se calculează cu formula $l = 142 / F \text{ MHz}$ și se ajustează practic pentru RUS minim la frecvența preferată.

La alimentarea cu coaxial se recomandă folosirea unui balun de simetrizare. În frecvențele armonice antena are impedanțe mai mari și nu corespunde transformatorul de simetrizare și adaptare, ci un simplu șoc RF.

În Fig. 3.2.14 b se face o comparație între dipolul în $\lambda/2$ (curba continuă) orizontal și la înălțimea $0,19 \lambda$ (15 m în banda de 80 m) și același dipol devenit „V întors” prin coborârea capetelor la 3 m de sol. Se observă că dipolul V întors nu manifestă directivitate, diagrama lui azimutală fiind practic circulară.

În Fig. 3.2.14 c aceeași dipoli sunt comparați la diagramele de radiație în plan vertical perpendicular pe mijlocul dipolului.

Se observă că antena Inv. V (linia întreruptă) emite o putere de 4 ori mai mică (~ 6 dB) la unghiul de 10° față de sol, o putere mai mică cu ~ 5 dB la unghiul de 30° și cu ~ 4 dB mai mică la 45° decât dipolul orizontal. Aceasta nu e convenabil la lucru la DX.

Pentru lucru multiband antena V întors se poate alimenta și cu linie simetrică (scărită sau conductoare izolate răsucite) și un transformator cu ieșire simetrică. În acest caz brațele antenei au $\text{cca } 199$ m.

Dipolul în formă de C" RUSARJ

In Fig. 3. 2. 15 se dă acest dipol, montat în poziție verticală.

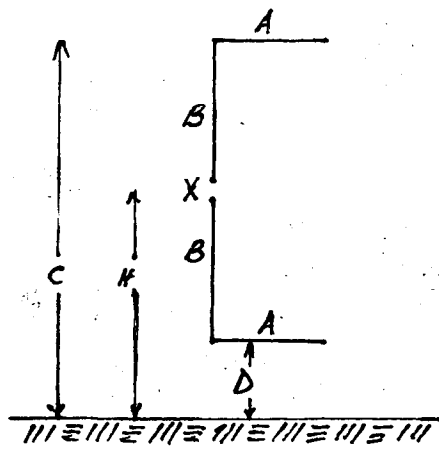


Fig. 3.2.15

Antena este realizată din conductor de cupru ϕ 1-2mm eventual izolat. Dimensiunile se dau în tabel:

F, MHz	A, m	B, m	C, m	D, m	H, m	Unghiul de plecare al undelor
14,15	2,89	2,37	5,98	1,23	3,6	24°
28,5	1,35	1,28	5,28	2,72	4	16°

Fiderul coaxial pleacă de la dipol înclinat la un unghi de 45° și are balun la bornele x.

La 14,150 MHz impedanța este $Z = 56,6 - 1,89j$ Ohmi și $R_{US} = 1,14$.
(Dipolul se poate monta și orizontal)

Dipolul în formă de cerc

In Fig. 3. 2. 16 se dă dipolul în $\lambda/2$ îndoit în formă de cerc.

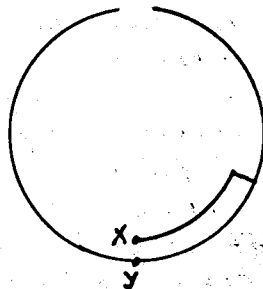


Fig. 3.2.16

Această antenă radiază mai mult în planul cercului, în toate direcțiile. Impedanța fiind mică în punctul y, alimentarea se face cu coaxial de 50 Ohmi între punctul x al adaptorului Gama și punctul y. În punctul x se inseriază un mic condensator variabil. Antena se folosește în UVS și nu are câștig.

Dipol orizontal în V „DLZAB modificat”

Dipolul DLZAB, lung de 40m, cu bobină la 2m distanță de capăt și alimentat la capăt cu „scărită” a fost modificat de autor (Fig.3.2.17)

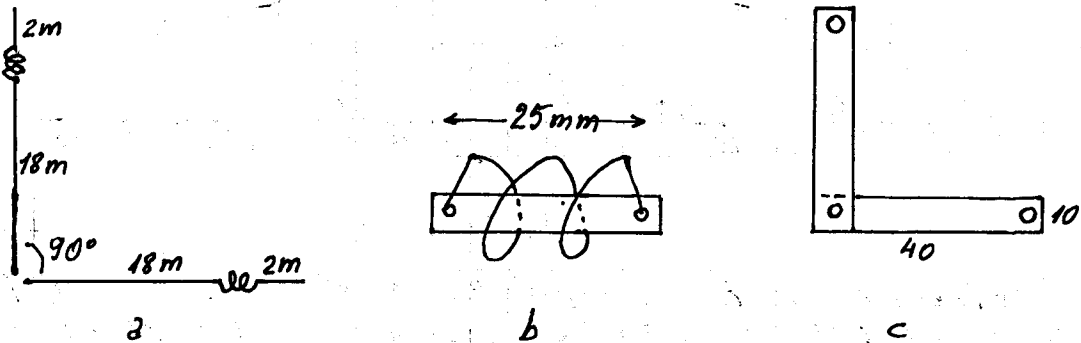


Fig. 3.2.17

Dipolul și bobina DLZAB au fost tăiate în două și cele două jumătăți sunt montate în V, la unghiul de 90° . Bobinele sunt, în aer, câte 2,5 spire cu diametrul 50mm, distanța între spire 10mm, conductor ϕ 2mm, susținute de rigle din textolit (Fig.3.2.17b).

Izolatorul din centrul antenei se realizează tip „foarfecă”, din două rigle de textolit (Fig.3.2.17c).

Datorită unghiului de 90° între laturi antena radiază aproape omnidirecțional. Bobinele corectează automat lungimea dipolului în 5 benzi clasice.

Antena se alimentează cu coaxial de 50 Ω . și transmaci.

Dipolul Fluture d'iedru

Antena este formată din două triunghiuri dispuse în V (Fig.3.2.17')

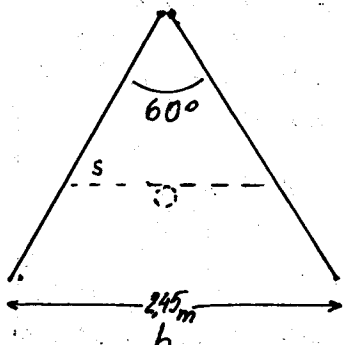
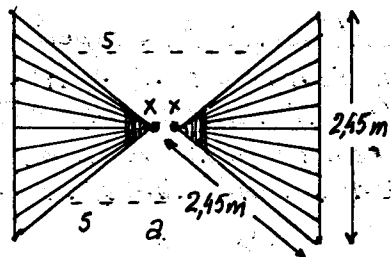


Fig. 3.2.17'

Cu dimensiunile date antena acoperă o gamă foarte largă și are câștig 7dB la 60MHz, 6dB la 90MHz, 16dB la 145MHz, 10dB la 205MHz și 5dB la 300MHz.

Micșorând de 3 ori dimensiunile gama acoperită se deplasează spre frecvențe înalte și 16dB se obțin la 435MHz.

Pilonul se fixează de stîngiiile S, nemetalice. Impedanța între vîrfurile xx variază între 300 Ω la 60MHz și 380 Ω la 300MHz. Adaptarea cu linia paralelă de 300 Ω în plastic este bună în toată gama. Pentru banda de 144MHz la bornele xx se conectează o linie în $\lambda/4$ cu aer cu capătul în scurtcircuit, și de-a lungul ei se caută punctele de conectare a coaxialului care dau RUS minim. Pentru 1296MHz laturile triunghiurilor echilaterale au câte 457,2mm.

3.2.1.4.3 Dipoli scurtați.

De-a lungul unui dipol în $\lambda/2$ se așterne o jumătate ($\lambda/2$) de sinusoidă ($\pi/2$) de undă staționară de curent, deci 180° (Fig. 3.2.18)

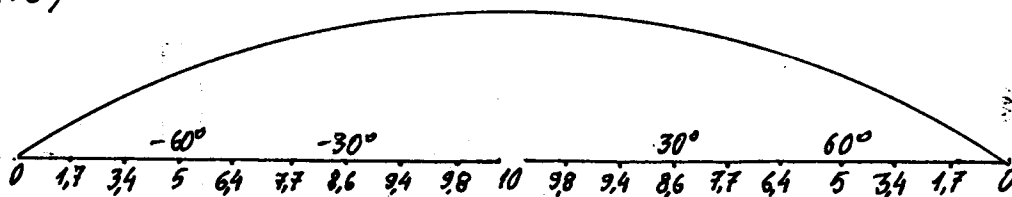


Fig. 3.2.18

Pe fiecare jumătate a dipolului se așterne un sfert ($\lambda/4$) de sinusoidă (90°) care au fost marcate pe antenă din 10° în 10° . Presupunând că la mijlocul dipolului curentul are 10 A , spre capete el scade sinusoidal, arând valorile notate.

Segmentele de antenă în care circulă curenți mari radiază puteri mari (partea centrală a dipolului) iar capetele radiază puteri mici. Jumătatea centrală a dipolului radiază 71% din putere.

Putem scurta lungimea fizică a dipolului cu condiția ca lungimea lui electrică ($\lambda/2 = 180^\circ$) să rămână aceeași. Scurtarea se face prin „ascunderea” unor porțiuni de antenă în bobine, condensatoare sau linii de transmisie, care nu radiază și micșorează randamentul de radiație (Fig. 3.2.19).

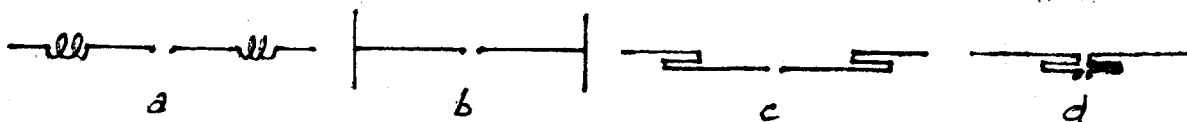


Fig. 3.2.19

În Fig. 3.2.19 a scurtarea s-a făcut înlocuind două porțiuni din dipol cu bobine de aceea valoare care menține lungimea electrică $\lambda/2$. și rezonanța antenei.

În Fig. 3.2.19 b conductorul antenei a fost despiciat la capete și cele două laturi au fost dispuse perpendicular pe dipol, fiecare conducând $1/2$ din curentul de la capătul antenei. Metoda este denumită „capacitate terminală” și are randamentul maxim.

În Fig. 3.2.19 c două porțiuni ale antenei sunt pliate și formează linii paralele. Presupunând că este vorba de porțiunile de dipol de la 50° la 80° (Fig. 3.2.18) se poate face un bilanț aproximativ. Între 50° și 60° curentul are valoarea medie $5,7\text{ A}$. Între 60° și 70° curentul are în medie $4,2\text{ A}$ dar sensul lui este contrar și vectorii câmpului radiați sunt contrari celor radiați de porțiunea 50° - 60° , se scad și rămâne un câmp corespunzător diferenței, de $1,5\text{ A}$. Metoda a fost creată de C.S. Franklin în 1922.

Între 70° și 80° curentul are în medie $2,5\text{ A}$, sensul lui este același cu sensul curentului din porțiunea 50° - 60° , și radiația este produsă de suma $1,5\text{ A} + 2,5\text{ A} = 4\text{ A}$. Deci 30° din fiecare latură a dipolului (în total 60° , adică $1/3$ din lungimea fizică) au fost pliate, și aceste porțiuni scurtate radiază, dar cu randament mai mic.

În Fig. 3.2.19 d această metodă, numită „linear loading” a

fost aplicată la centrul dipolului, unde curentul este mare și variază mai lent. Făcând bilanțul rezultă un curent echivalent (care produce radiație) de 9,3 A, dar el circulă pe o distanță de trei ori mai mică. Suprafața mărginită de antenă și curba curentului, între $+30^\circ$ și -30° este proporțională cu energia radiată. După pliere (Fig. 3.2.19 d) această suprafață scade de cca 3 ori, și energia totală radiată se reduce. Compararea variantelor c și d din Fig. (3.2.19) se face exact nu-mai cu matematici superioare, deoarece curba curentului din Fig. (3.2.18) nu este cu adevărat sinusoidală. Antena este denumită „omega”.

În general scurtarea dipolului în $\lambda/2$ se oprește la jumătate din lungimea lui, pentru a nu reduce excesiv randamentul de radiație.

Dipoli scurtați cu bobine

Bobinele de „alungire” (electrică) a dipolului scurtat fizic se pot monta oriunde, simetric, dar nu chiar la capetele lui. Pornind de la mijloc spre capete bobinele trebuie să aibă o inductanță din ce în ce mai mare, la capete inductanțele fiind infinite de mari (Fig. 3.2.20)

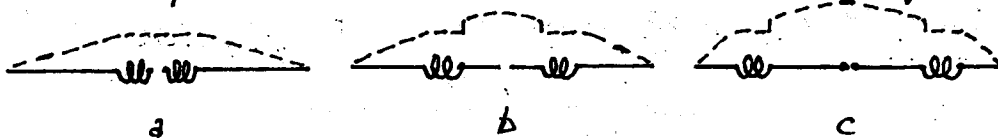


Fig. 3.2.20

Cu linie întreruptă este figurată unda staționară de curent. În bobine curentul este constant, dar practic nu radiază unde radio.

Dacă bobinele sunt mai spre capetele dipolului, rezistența de radiație crește, randamentul crește dar bobinele fiind mai mari au pierderi mai mari.

- Un dipol scurtat la jumătate (cu lungimea fizică = $\lambda/4$) are rezistența de radiație $R_{rad} \approx 13$ Ohmi și reactanța capacitivă $X_c \approx -j \cdot 1100$ Ohmi datorată defazării dintre curent și tensiune, la borne (Fig. 3.2.19.a).

Reactanța inductivă a bobinelor „de alungire” plasate la mijloc trebuie să fie $X_L \approx j \cdot 1100$ Ohmi, pentru a compensa reactanța capacitivă. Fiecare bobină are $X_L \approx 550$ Ohm. Inductanța se calculează în funcție de frecvență.

Dacă bobinele au factorul de calitate $Q = 300$, rezistența de pierderi $R_p = \frac{X_L}{Q} = \frac{550}{300} = 1,83$ Ohmi. Cele două bobine au $R_p = 3,66$ Ohmi.

Randamentul acestui dipol va fi: $\frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_p} = \frac{13}{13 + 3,66} = 78\%$. Rezisten-

ța la bornele dipolului este $13 + 3,66 = 16,7$ Ohmi la rezonanță, în spațiul liber. Deasupra pământului, impedanța depinde de înălțimea la care este montat dipolul. Impedanța fiind mică, adaptarea se rezolvă mai simplu realizând o singură bobină, peste care se înfășoară câte va spire (link) de cuplaj cu coaxialul.

Factorul mare de calitate al bobinelor ($Q = 300$) înseamnă pierderi mici, dar el duce la un factor mare de calitate al antenei, deci la o bandă de trecere îngustă și nevoia unui transmaci.

La puteri mari bobina se realizează din conductor gros, cupas.

- Un dipol scurtat cu bobine plasate mai departe de centru (Fig. 3.2.20. b) are rezistența de radiație mai mare, ceea ce mărește randamentul, dar bobinele fiind mai mari, au pierderi mai mari, care reduc randamentul.

Considerând același dipol scurtat la $1/2$ și bobine cu $Q=300$, plasate la distanțe tot mai mari față de centru, având inductanțe din ce în ce mai mari, randamentul este cca 88% în toate variantele de calcul. În practică bobinele cu inductanță mare nu se pot realiza cu $Q=300$, și randamentul scade. La $Q=100$, 54%.

Un dipol scurtat la $1/2$ ($l \approx 20,5\text{m}$), pentru 3,6 MHz, rezonază cu o bobină la centru care are $X_L = 1000\ \Omega$, sau două bobine plasate la mijlocul laturilor fiecare cu $X_L = 1000\ \Omega$. În primul caz bobina are $40\ \mu\text{H}$, iar în al doilea, fiecare bobină are $43,2\ \mu\text{H}$. Rezonanța exactă se obține scurtând câte puțin capetele dipolului.

La un dipol scurtat cu lungimea de $14,14\text{m}$, rezonanța în mijlocul benzii de 40m se obține cu două bobine de câte $15\ \mu\text{H}$, plasate la mijlocul fiecărei laturi.

- Dipolul scurtat pentru banda de 40m Wφ SVM se dă în Fig. 3.2.21

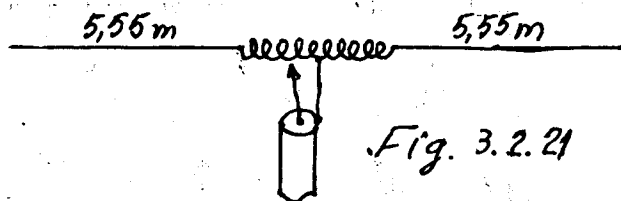


Fig. 3.2.21

Bobina are 30 spire din conductor $\phi 2\text{mm}$ pe lungimea de 127mm , pe carcasă cu diametrul $63,5\text{mm}$, bobinate cu pas. Treza coaxialului se conectează la centrul bobinei iar firul central la acea spirală care dă RUS minim. La $Q=100$, 46% din putere încălzește bobina.

- Un dipol "V întors" scurtat, cu bobine, pentru banda de 160m se dă în Fig. 3.2.22

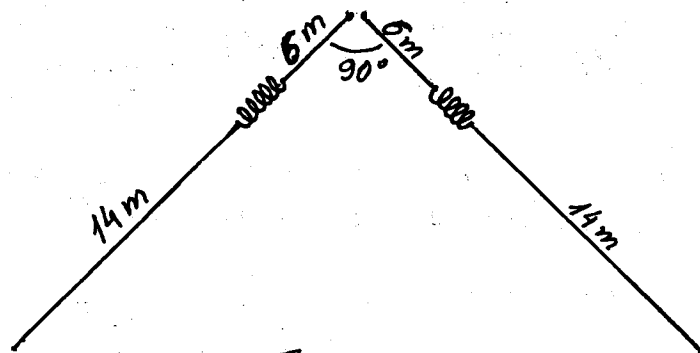


Fig. 3.2.22

Bobinele de compensare (alungire electrică) au câte $70\ \mu\text{H}$. Pilonul de susținere are $15-17\text{m}$. Pentru a evita inductanțe mari, bobinele sunt plasate mai aproape de centrul dipolului. Scurtcircuitând bobinele dipolul rezonază în banda de 80m .

- Scurtarea fizică a dipolului se poate face dispunând conductorul său în formă de spirală cu diametru mic, pe tuburi

din plastic (alb sau crem), fibră de sticlă, sau susținut de o coardă de nylon. Un astfel de dipol realizat de YO2CJ se vede în Fig. 3.2.23

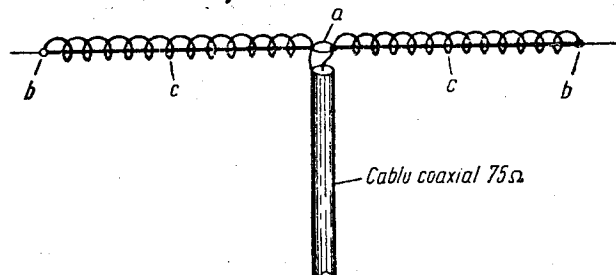


Fig. 3.2.23

Cele două conductoare cu diametrul 1-1,5 mm, lungi de câte 19,9 m, se bobinează spirală lângă spirală pe un creion și se introduc pe corzile de nylon a-b lungi de câte 9,9 m, distanțând spirele. Între capetele b-b distanța este cca 19,9 m. Capetele antenei se deplasează simetric pentru a obține rezonanța în banda de 80 m. Antena se folosește și în alte benzi cu ajutorul unui transmaci.

- În Fig. 3.2.24 se vede o antenă spiralată, realizată de WB6OM.

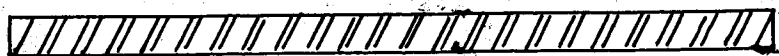


Fig. 3.2.24

Pe tubul din plastic lung de 1,5 m cu diametrul de 50 mm se bobinează de la un capăt la altul bandă de cupru cu lățimea de 19 mm.

Dipolul rezonază pe 29 MHz. Treșa coaxialului se conectează la mijloc iar firul central la spira a doua, pentru RUS minim.

Dublând lungimea și diametrul tubului din plastic și bobinând bandă de două ori mai lată, frecvența de rezonanță scade aproximativ la jumătate.

Dipoli scurtați prin pliere (Linear loading).

Plierea conductorului antenei produce pierderi mai mici decât bobina (Fig. 3.2.25)

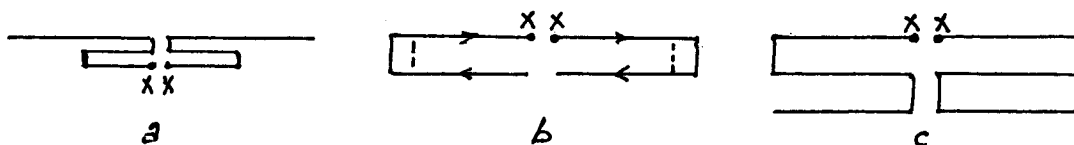


Fig. 3.2.25

În Fig. 3.2.25 a s-au pliat porțiuni de la centrul dipolului în $\lambda/2$. Deoarece în urma plierii frecvența de rezonanță a dipolului crește cu 10-20%, capetele lui trebuie alungite simetric până se obține rezonanța. Impedanța fiind mică, adaptarea se poate face cu dispozitiv Beta (hairpin). Se recomandă scurtări de 30-40%.

În Fig. 3.2.25 b dipolul liniar în $\lambda/2$ a fost scurtat la $\sim \lambda/4$ prin plierea laturilor sale. Ca urmare a crescut inductanța fiecărei laturi și capacitatea sa (forma devenind apropiată de o spirală), precum și capacitatea dintre capete, care acum sunt mai apropiate. De aceea frecvența de rezonanță scade cu 30-33%. Pentru a reveni la frecvența inițială se micșorează lungimea, uneori cu „scurtcircuituri” figurați cu linie întreruptă.

Impedanța antenei este cca 35 Ohmi. Ea se poate realiza și din linie bifilară în plastic, cu „ferestre”, de 450 Ohmi.

În Fig. 3.2.25 c dipolul a fost scurtat foarte mult prin dublă pliere. Frecvența de rezonanță scade cu 40-45% iar impedanța scade la cca 26 Ohmi. Distanța între conductoare este $\sim 0,5$ m.

O asemenea antenă, realizată de W4JQH, denumită „Cobra” are lungimea 42,67 m și rezonază în banda de 1,8 MHz. Alimentația se face cu linie pamblică în plastic de 450 Ω și transmaci.

(Scurtcircuitând punctele xx, aceste antene se pot alimenta cu dispozitiv T sau Gamma.)

Dipolul scurtat, cu capacitate terminală

În Fig. 3.2.26a se dau variante de dipoli cu capacitate terminală

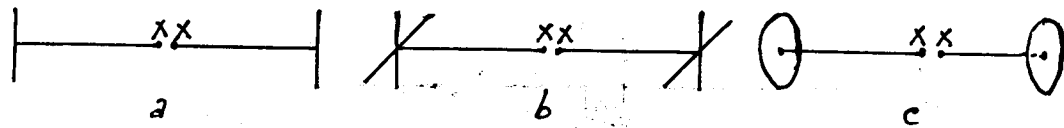


Fig. 3.2.26.a

Capacitatea terminală are avantajul că fiind montată la capetele dipolului, unde curentul este aproape zero, nu introduce pierderi. În plus, la aceeași scurtare, dipolul cu capacități terminale are cea mai mare rezistență de radiație, deci cel mai bun randament.

La capetele dipolului se montează câte o tijă (a), 4 „spite” (b) care dau o capacitate mai mare dacă sunt unite cu un cerc din sârmă, sau câte un disc (c). Cercul cu 4 spite dă o capacitate aproape egală cu discul. (Scurtcircuitând punctele XX, aceste antene se pot alimenta cu dispozitiv T sau G ama).

La dipolii scurtați ordinea metodelor este: capacități terminale, pliere, bobine, ultima dând pierderile cele mai mari.

Antena „dublu bazuka”

În Fig. 3.2.26.b se dă această antenă realizată din coaxial.

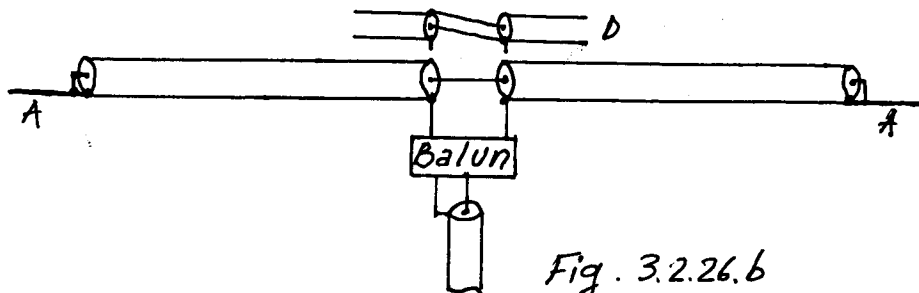


Fig. 3.2.26.b

Pentru frecvența centrală 3.750 KHz laturile coaxiale au câte 13 m (RG-58A) și se prelungesc cu conductoarele A, lungi de cca 1m, care se ajustează practic. Realizând conexiunile ca în detaliul D, banda de trecere se mărește dar randamentul antenei se reduce la 80%. Există și variante mai complicate care folosesc proprietățile liniei în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, pentru a acoperi o bandă mai largă. Cu conexiune tip D, impedanța este de 4 ori mai mică. [Pentru 1.830 MHz dimensiunile sunt de cca 2 ori mai mari, cca 57m, iar pentru 7,1 MHz se înmulțesc cu 0,536]

3.2.1.5 Dipoli multiband alimentați la mijloc

Dipol liniar alimentat cu linie paralelă

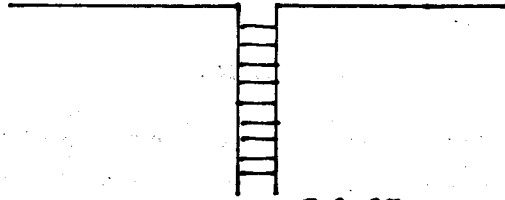


Fig. 3.2.27

Dipolul are 40,5m iar linia paralelă de 450 Ω cu aer (scărită) sau în plastic are orice lungime. Linia trebuie să fie perpendiculară pe antenă cel puțin pe o lungime de 20m. Adaptarea liniei cu emițătorul se face cu un transmăci simetric, în toate benzile de unde scurte. Se recomandă suspendarea dipolului la cca 15m înălțime. Dipolul poate avea 20,2m, dar în acest caz randamentul lui de radiație se reduce. ^{în Ω m} Unda staționară de curent începe de la capete cu valoarea Zero și se continuă pe linie, cu pierderi mici.

Uneori antena este numită „dublu Zeppelin”, sau Levy. (Fig. 3.2.27)

În banda de 40m dipolul este în λ și are câștig 1,5dBd. Lungind dipolul la 1,28 λ (cca 54m) câștigul său crește la 3dBd (de două ori puterea) în 40m, dar funcționează și în celelalte benzi.

Dipolul poate fi montat și ca V întors. Se poate folosi ca fider și cablu bifilar „de rețea”, două conductoare cu izolație de bună calitate răsucite, „pamblica” TV de 300 Ω mi sau cablul coaxial, dar pierderile cresc și puterea suportată este limitată.

Antena G5RV

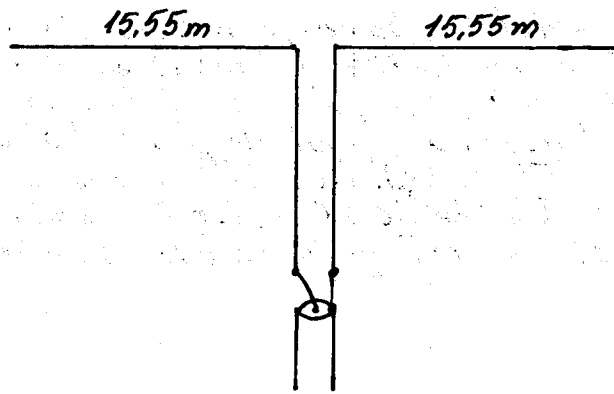


Fig. 3.2.28

Dipolul G5RV (Fig. 3.2.28) are lungimea 31,1m (media lungimilor dipolilor în $\lambda/2$ pentru 80m și 40m) și nu rezonază în nici o bandă de radioamatori. Fiderul are o porțiune de linie paralelă (scăriță, lungă de 10,36m sau pamblică TV de 300 Ω lungă de 12,9m) și se continuă cu coaxial de orice lungime. RUS este mare în unele benzi și este nevoie de transmăci.

Antena se poate monta și ca V întors. Există variante la care fiderul este în întregime pamblică TV iar transmăciul are ieșire simetrică. Nu se folosește balun. O variantă comercială are 9,45m de "pamblică" de 300 Ω și 21m de coaxial RG8X. O altă variantă are doar 10,2m de linie bifilară de 75 Ω .

Dipol pentru 5 benzi UA4PA-UY5JV

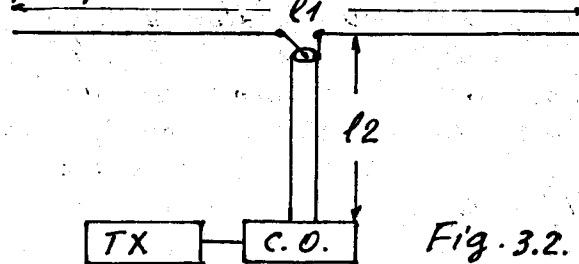


Fig. 3.2.29

Lungimea antenei poate fi oarecare, între 20m și 60m. Coaxialul are lungimea funcție de lungimea dipolului: $l_2 = 0,66(42,5m - 0,5 \cdot l_1)$. Adaptorul C.O. este un circuit oscilant derivativ comutat în cele cinci benzi (Fig. 3.2.30) cu comutator cu doi galetți.

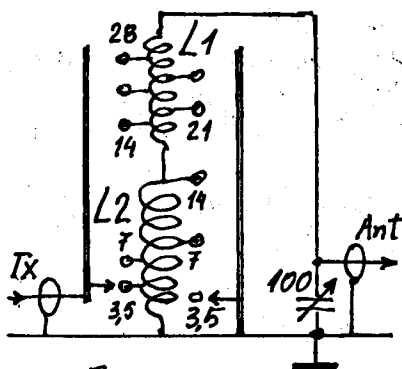


Fig. 3.2.30

Elle montează în carcasă proprie sau chiar în etajul final.

Bobina L1 are ca 1 μH și se montează perpendicular pe bobina L2. Bobina L2 are ca 23 μH . Condensatorul variabil este cu plăci distanțate. Prizele pe bobine se aleg experimental, pentru RUS minim în fiecare bandă.

În cele 5 benzi armonice, pe ansamblul antenă + coaxial, care are lungimea electrică 42,5m, se aștern un număr întreg de semiunde de curent.

Folosirea dipolului de 40m în 5benzi

Dipolul de 40m aflat în cosmos, din conductor infinit subțire, are impedanța 73Ω în 3,5MHz. În benzile de 7, 14, 21, 28MHz același dipol este în λ , 2λ , 3λ , 4λ și are impedanțe de câteva mii de Ohmi. Apropiind dipolul de pământ aceste impedanțe scad foarte mult. (Fig. 3.2.2). La înălțimea de 12m (Fig. 3.2.2.a) dipolul are 35Ω în banda de 80m, iar în banda de 40m conform Fig. 3.2.31, are ca 200Ω , în banda de 20m are ca 260Ω ,

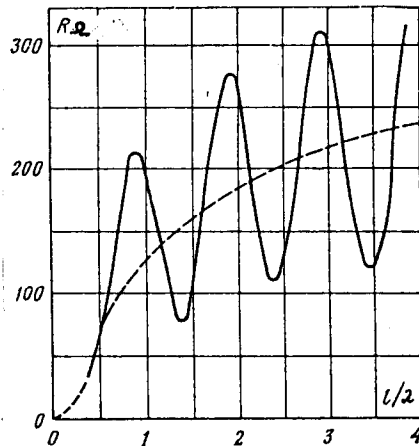


Fig. 3.2.31

în banda de 15m are ca 300Ω iar în banda de 10m - ca 330Ω , dacă pământul este perfect conductor.

Deasupra pământului real impedanțele sunt și mai mici. Impedanțele scad și mai mult datorită conductorului antenei, care nu este infinit subțire (vezi Fig. 3.2.4). Dacă diametrul este 2-3mm, impedanța în cosmos este ca 65Ω (nu 73Ω), iar la 12m înălțime sunt cu 8Ω mai mici, adică respectiv 27Ω , 193Ω , 253Ω , 293Ω și 323Ω . și chiar mai mici.

Se alege un fider coaxial cu lungimea electrică 21m, care este în $\lambda/4$ în banda de 80m, în $3\lambda/4$ în 40m și în $5\lambda/4$ în 15m.

Se știe că o linie care are lungimea electrică un număr impar de $\lambda/4$ transformă impedanța conform formulei $Z_c = \sqrt{Z_0 \cdot Z_s}$. Z_c este impedanța caracteristică a liniei (50Ω), Z_a este impedanța antenei iar Z_s - impedanța sursei (emittătorului). În cele trei benzi impedanțele transformate vor fi: 90Ω , 13Ω și 10Ω . Aceste impedanțe pot fi adaptate de un etaj final cu filtru pi la ieșire.

Adăugând la fiderul coaxial (cu lungime fizică 31,8m, dacă are $K=0,66$) încă 1,97m de coaxial, lungimea lui devine $13\lambda/4$ în banda de 10m, care transformă impedanța antenei în $8,5\Omega$.

Pentru banda de 20m, la fiderul coaxial se adaugă (cu ajutorul unor mufe), încă 3,58m de coaxial. Lungimea totală devine $7\lambda/4$ și impedanța transformată este $7,7\Omega$.

și aceste impedanțe pot fi „manipulate” de către filtrul pi.

Dublu dipol 3,5-7-21MHz

În Fig. 3.2.32 se dă antena formată din doi dipoli în $\lambda/2$ legați în paralel

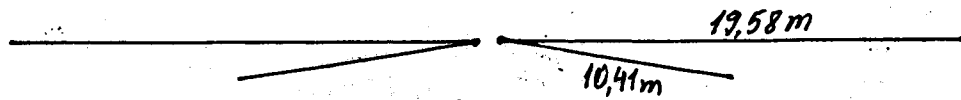


Fig. 3.2.32

Capetele dipolului pentru 7MHz se îndepărtează cel puțin 50cm de dipolul pentru 3,5MHz, pentru a reduce influența lor reciprocă. Lungimile dipolilor se ajustează până se obține RUS minim în fiecare bandă.

Dacă se dispune ca Vîntors, dipolii devin și ancorele pilonului. Dipolul pentru 7MHz lucrează și în 21MHz, în $3\lambda/2$.

Varianta scurtată HB9KL se dă în Fig. 3.2.33

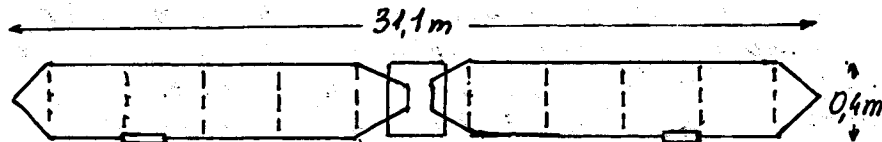


Fig. 3.2.33

Dipolul pentru 3,5MHz are capetele pliate, legate la izolatori "riglă" din plastic. Dipolii sunt menținuți paraleli cu distanțieri din plastic. La centru, capetele dipolilor se fixează pe o placă izolantă, împreună cu balunul 1:1. Dipolii au 42,48m și respectiv 20,68m. Dipolul pentru 7MHz lucrează și în 21MHz. Antena se poate monta și ca Vîntors.

Triplu dipol pentru 3,5-7-14-21MHz



Fig. 3.2.34

În Fig. 3.2.34 se dă antena formată din trei dipoli în $\lambda/2$ legați în paralel. Dipolul pentru 7MHz lucrează și în 21MHz, în $3\lambda/2$. Antena se poate monta și ca Vîntors.

Patru dipoli pentru 5 benzi

În Fig. 3.2.35 se dă antena formată din patru dipoli în $\lambda/2$ legați în paralel.



Fig. 3.2.35

Dipolul pentru 7 MHz lucrează și în 21 MHz în $3\lambda/2$. Lungimile dipolilor trebuie ajustate în fiecare bandă. Coaxialul se conectează la antenă direct sau prin soc RF pentru blocarea curentului de tresă. Antena se poate alimenta și cu linie din două conductoare cu izolație de bună calitate, răsucite. Izolația scoasă de pe fir, pusă în cuptorul cu microunde, se încălzește foarte puțin dacă este de bună calitate.

Dipolul pentru 3,5 MHz trebuie să fie din conductor mai gros sau 2-3 conductoare răsucite, pentru a suporta greutatea.

Reglarea lungimilor dipolilor se poate face și prin plierea lor la izolatorul central. Antena se poate monta și ca V întors, fixând laturile în patru direcții, ceea ce reduce influențele.

Când se lucrează într-o bandă, doar unul dintre dipoli este la rezonanță, are impedanță mică și preia toată puterea. Ceilalți dipoli nu rezonează, au impedanțe foarte mari și prin ei circulă curenți foarte mici.

Dipolul pentru 3,5 MHz lucrează satisfăcător și în banda de 10,1 MHz, în $3\lambda/2$.

Socul RF poate fi realizat bobinând 5,4-6,3 m din capătul coaxialului conectat la antenă, pe o carcasă din plastic de orice diametru.

Capetele dipolilor se pot fixa de corzi de nylon (redate cu linie întreruptă) legate de coaxial, pentru a nu se legăna la vânt.

Triplu dipol pentru 10-18-24 MHz



Fig. 3.2.36

În Fig. 3.2.36 se dă antena formată din trei dipoli în $\lambda/2$ în paralel, pentru benzile WARC.

Socul RF se realizează bobinând cca 3 m de coaxial pe o carcasă din plastic.

Antena W3DZZ

Principiul introducerii de circuite oscilante „dop” (trapuri) pe conductorul antenei a fost conceput și publicat de H.K. Morgan în 1940. Antena W3DZZ (Fig. 3.2.37) are două circuite oscilante derivativă care în principiu permit două frecvențe de rezonanță.

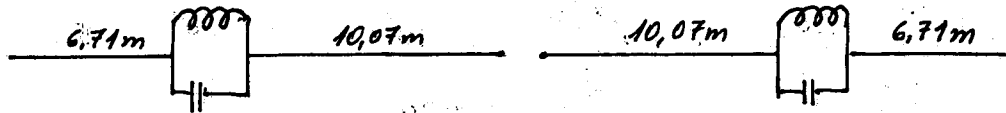


Fig. 3.2.37

Trapurile rezonează pe 7.050 KHz, bobinele având câte 8,3 μ H, iar condensatoarele câte 60pF. Cu aceste valori antena rezonează pe 3,7 - 7,05 - 14,1 - 21,2 și 28,4 MHz, având maximul de curent la centru și impedanțe între 50-120 Ω în funcție de bandă. Alimentația se face cu linie bifilară răsucită sau coaxial. Fiderul trebuie să fie perpendicular pe antenă cel puțin 6m.

Bobinele au câte 19 spire din cupru ϕ 2 mm argintat, bobinate cu pas pe lungimea de 8cm, pe carcasă cu diametrul 5cm.

Condensatoarele sunt cu mica sau ceramice, de tip „emisie”; pentru tensiuni mari (3000V dacă puterea este 200W). Ele se pot realiza din sticlă textolit dublu placat cât mai gros. Dacă grosimea este 2,3mm, dimensiunile se dau în Fig. 3.2.38

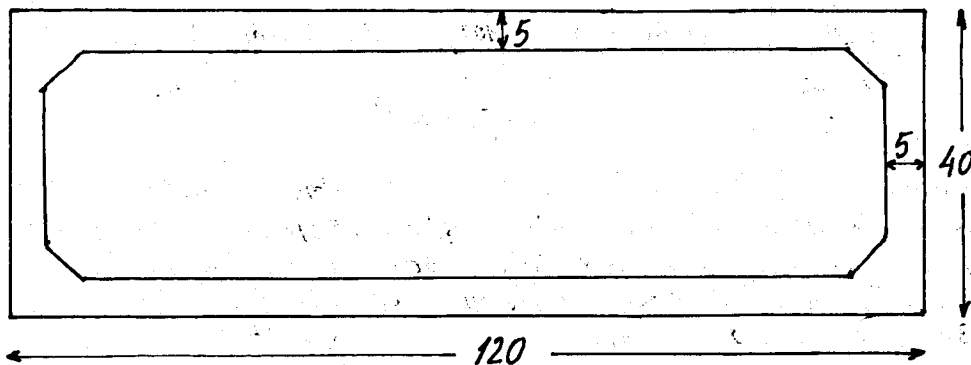


Fig. 3.2.38

Capacitatea se aduce la 60pF răzuind câte puțin colțurile placatului. Cu condensatorul montat în bobină și conectat, se reglează pe 7.050 KHz deplasând spirele bobinei, DIP-metrul fiind asistat de frecvențmetru. Se recomandă alimentarea cu coaxial lung de 24,5m, 31,5m sau 38,5m ($K=0,66$).

Trapurile se protejează cu pet-uri din plastic. Antena are lungimea cca 34m. O variantă de realizare a bobinei este cu 25 spire pe lungimea de 60mm, pe carcasă cu diametrul 30mm. Condensatorii pot fi bucăți din coaxial RG 213/U lungi de cca 62cm, fixate paralel cu acea latură a dipolului la care este conectată tresa.

Dimensiunile din Fig 3.2.37 sunt stabilite de 8M2ABK. Dimensiunile originale W3DZZ sunt 9,76m și 6,71m iar frecvențele de rezonanță sunt: 3,74 - 7,2 - 14,15 - 21,4 și 30 MHz.

Condensatoarele se pot realiza și din bucăți de coaxial RG-213.

Dipol cu trapuri pentru 160, 80, 40 și 10m

În Fig. 3.2.39 se dă acest dipol folosit în benzile joase.

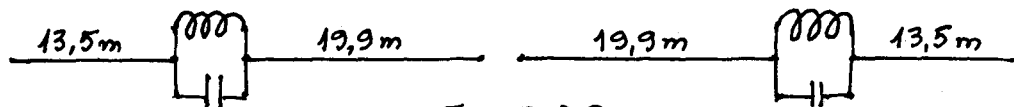


Fig. 3.2.39

Bobinele au câte 38 spire adiacente din conductor $\phi 1\text{mm}$ pe carcasă cu diametrul 25mm, sau 17 spire Cu $\phi 2,5\text{mm}$, cupas, lungimea 107mm pe carcasă cu diametrul 90mm.

Condensatoarele au 118pF, tip „de emisie”, la 5.000-10.000V, funcție de putere. Trapurile se protejează în PET-uri din plastic.

La montarea ca V întors, lungimea conductoarelor trebuie ajustată pentru RUS minim în 1,8 și 3,5 MHz. Alimentarea se face cu coaxial de 50 Ω .

Dipol cu trapuri 21-28 MHz 904mm

În Fig. 3.2.40 se dă acest dipol, realizat pe două undițe de 5m, de la care s-a eliminat vârfurile subțiri.

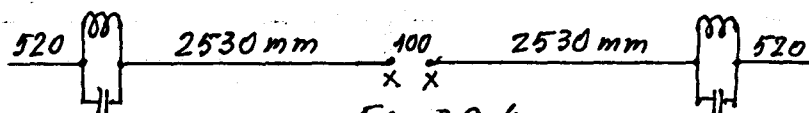


Fig. 3.2.40

Conductorul folosit este Cu $\phi 2\text{mm}$. Bobinele sunt realizate direct pe undițele din fibră de sticlă și au 15 spire pe lungimea de 35mm. Capetele lor sunt fixate cu „șoricei” din plastic.

Condensatoarele sunt realizate din sticlă textolit dublu placat, gros de 2,3mm și au 39x29mm, pentru o capacitate de 24pF.

Trapurile se acordează pe 28,5 MHz pilind marginile condensatoarelor. Apoi se fixează cu șuruburi conductoarele de 2530mm și 520mm, se costoresc la capetele bobinelor și se protejează trapurile cu PET-uri din plastic, sectionate.

Capetele xx ale dipolului, costorite, depășesc cu 2cm bazele undițelor. Bazele undițelor se fixează pe oțel lungă de 30cm, care intră câte 10cm în undițe. Intervalul de 100mm servește la fixarea pe pilon.

Coaxialul conectat la capetele xx se face „colac” cu 3 spire cu diametrul de cca 20cm, chiar lângă borne, fixate cu bandă izolatoare de pilon.

Dipolul are RUS cca 1,3 în 21 MHz și 1,2 în 28 MHz.

La înălțimea de 7m antena are câștig aproape 3dBd în 21MHz și cca 4dBd în 28MHz.

Dipol multiband cu linii în $\lambda/4$ ca trapuri W4JRW
 „Lattin 5 Band antenna”

O linie bifilară cu capătul în scurtcircuit are aceeași comportare ca și un circuit oscilant derivativ: o impedanță mare la frecvența de rezonanță, deci ca un izolator.

În Fig. 3.2.41 se dă dipolul multiband cu linii în $\lambda/4$, realizat din linie bifilară în plastic, cu coeficient de scurtare $K=0,8$, de 300Ω .

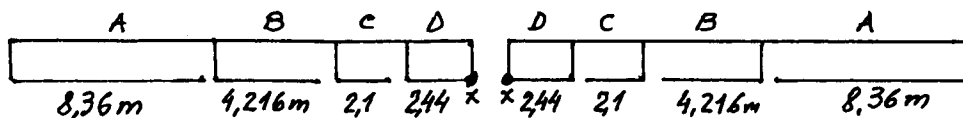


Fig. 3.2.41

Se taie doar conductorul din partea de jos. Antena este susținută suplimentar de o coardă de nylon.

În banda de 10 m lucrează porțiunile D+D, ca dipol în $\lambda/2$, iar porțiunile C acționează ca izolatori. În banda de 20 m izolatorii sunt porțiunile B iar în banda de 40 m, porțiunile A.

Antena se alimentează în punctele xx cu coaxial de 50 Ohmi și balun 1:1 sau coaxialul se face „colac”, ca șoc RF.

Dipol cu trapuri pentru 40, 80 și 160 m W8NX

Această antenă se dă în Fig. 3.2.42

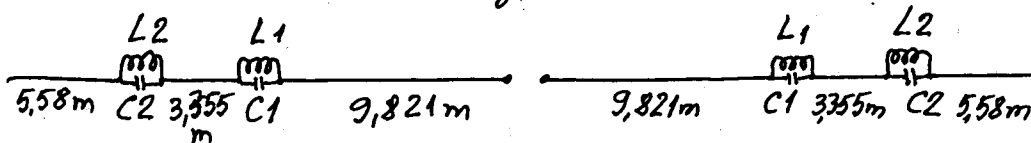


Fig. 3.2.42.

Antena lucrează în porțiunile SSB ale benzilor. Trapurile sunt realizate din coaxial RG-58, sau clasic. L1 are $33\mu\text{H}$ iar C1 are 15pF , pentru a rezona pe $7,2\text{MHz}$. L2 are $74\mu\text{H}$, C2 are 24pF pentru a rezona pe $3,8\text{MHz}$. [Frecvențele pot fi coborâte mărinnd condensatoarele, apoi ajustând lungimile conductoarelor antenei]. Lungimea totală este $\approx 37,5\text{m}$. Datorită acestui fapt și trapurilor, banda de trecere este 65kHz în 160m , 75kHz în 80m și 200kHz în 40m (QST nr 7/1992)

3.3. Dipoli alimentati excentric (OCF)

Off center fed dipole

Pornind de la centrul spre capetele unui dipol în $\lambda/2$, tensiunea este din ce în ce mai mare și curentul din ce în ce mai mic, deci raportul lor, impedanța, este din ce în ce mai mare. Introducerea energiei se poate face în orice punct al antenei. Se poate face o analogie cu coarda ghitarei ciupită excentric.

Dipolul Hertz

În Fig. 3.3.1 a se dă dipolul în $\lambda/2$ orizontal Hertz.

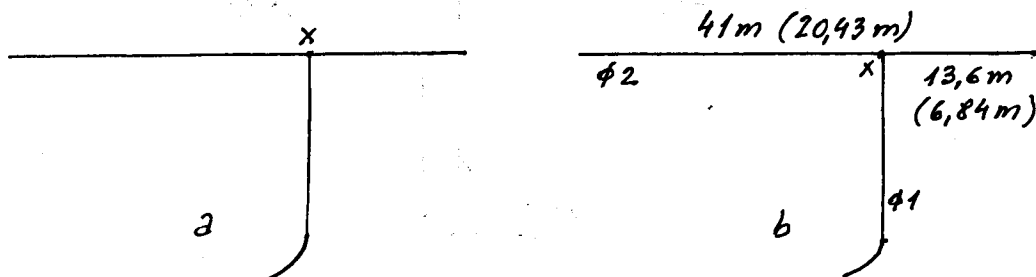


Fig. 3.3.1

Alimentarea dipolului se poate face excentric, într-un punct unde impedanța lui este cca 600Ω , cu o linie monofilară de un anumit diametru, care are impedanța caracteristică 600Ω . Punctul X se află la $\lambda/6 - \lambda/7$ față de capătul dipolului și se găsește deplasând fiderul până ce pe linie există doar undă progresivă. Adaptarea este perfectă doar la o singură frecvență. Linia trebuie să fie perpendiculară pe antenă cel puțin pe lungimea $\lambda/4$.

Antena a fost perfecționată în 1929 de Windom Lorenz. Lungimea se calculează cu formula $L[m] = 142,5/F[MHz]$; x la 14,76m de capăt.

Antena VS1AA (1936)

În Fig. 3.3.1 b se dă dipolul alimentat excentric VS1AA, care funcționează satisfăcător în 3,5-7-14-21-28MHz cu fider monofilar.

În paranteze sunt dimensiuni pentru varianta redusă, care funcționează ca dipol în 7-14-21-28MHz, și ca antenă verticală cu capacitate terminală în 3,5MHz. Diametrul conductoarelor și poziția punctului X asigură adaptarea. Linia monofilară trebuie să fie perpendiculară pe antenă pe o lungime cât mai mare.

La varianta redusă, linia trebuie să aibă lungimea 10-15m astfel ca împreună cu capacitatea terminală să rezoneze în banda de 80m. Pe armonici există RUS și linia radiază moderat.

Reducând de 4 ori dimensiunile, antena va funcționa ca dipol în 14-21-28MHz și ca antenă verticală în 7MHz. Lungimea este în acest caz 10,22m, punctul X se află la 3,4m față de capăt iar linia de alimentare are cca 7,15m.

În general este nevoie de o bună priză de pământ. Având în vedere că în prezent impedanța de ieșire a stațiilor s-a generalizat la 50Ω , se folosește un transmaci.

UY5SA a modificat antena VS1AA astfel: lungimea = 40m, cu bobină la 2m de un capăt (ca la antena DL7AB), punctul X la 13m de capăt.

Antena Windom FD4 (OCF)

Prin anii 1940 s-a observat că distribuția undelor staționare de curent și tensiune pe dipolul lung de 41,45m, în diverse benzi, este în așa fel încât la o anumită distanță de capătul lui, impedanța în 80, 40, 20 și 10m este cca 300Ω. Astfel a apărut ideea întreruperii dipolului în acel loc și alimentarea cu „pamblică TV” de 300Ω. (Fig. 3.3.2)

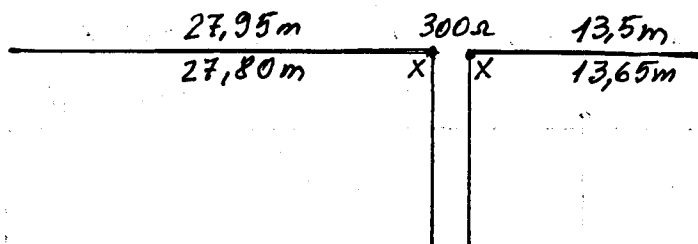


Fig. 3.3.2

Dimensiunile la varianta ΔL10U sunt scrise deasupra antenei iar ale variantei WφW0 - dedesubt. La varianta WφW0, alimentarea antenei este deplasată 15cm mai spre centru, ceea ce în bună măsură este adaptarea în 40, 20 și 10m și o înrăutățeste puțin în 80m. La ambele variante, linia de 300Ω se cuplează la emițător prin balun 1:6. Lipsește banda de 15m.

O variantă recentă a acestei antene OCF are o latură de 27,43m, cealaltă latură de 13,72m, balun 6:1 pe antenă și coaxial de 50Ω. Ea funcționează în 80m, 40m, 20m, 17m, 12m, 10m și 6m cu RUS maxim 1,74 (la 3800KHz). Conductorul este lițat și acoperit cu PVC.

O variantă mai avansată a antenei OCF, publicată în revista HA Radiotehnica 5/1983 și prezentată de YO6AJI în revista „Radio comunicații și Radioamatorism” 1/1995, lucrează în 80, 40, 20, 15 și 10m. Antena are o latură de 14,8m, cealaltă latură 26,7m, balun și coaxial. Balunul are 2x14 spire pe un tor de ferită de unde scurte. La una din înfășurări s-a scos o priză la spira 10,6 numărând de la centrul autotransformatorului, unde impedanța este în raportul 7:1, și unde se conectează coaxialul de 50Ω. (Fig. 3.3.3).

In cele cinci benzi RUS este între 1,1 și 1,4.

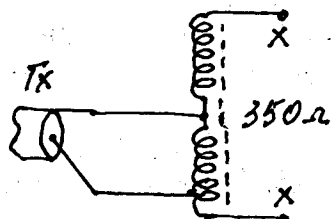
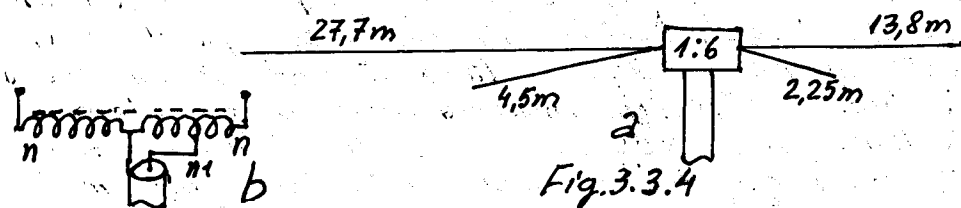


Fig. 3.3.3

Antena OJ2KY

Pentru a obține funcționarea antenei OCF și în banda de 15 m OJ2KY a conectat la bornele ei un dipol OCF pentru această bandă.



Antena se alimentează cu coaxial de 50 Ω și RUS este sub 2 în benzile de 80, 40, 20, 15 și 10 m. (Fig. 3.3.4 a)

Varianta DJ7SH-DL1BBC are dipolul „cel mic”, de jos, cu o latură de 9,38 m și cealaltă de 4,69 m. Astfel antena lucrează în 3,5, 7, 10, 14, 18, 21, 24 și 28 MHz. Dacă dipolul „cel lung” are laturi de 51,77 m și 25,88 m, antena funcționează și în 1,8 MHz.

O altă variantă are laturile dipolului lung de 51,8 m și 25,9 m iar laturile dipolului scurt de 9,4 m și 4,7 m. Ea funcționează în cele nouă benzi US cu RUS sub 1,5. Balunul 6:1 are schema din Fig. 3.3.4. b, cu înfășurare bifilară având n spire, funcție de materialul torului. Pentru raportul 1:6 firul central al coaxialului se conectează la 82% din spire: $n_1 = 0,82 \cdot n$.

3.4. Dipoli alimentati la capăt

La capetele unui dipol sunt întotdeauna maxime ale unde staționare de tensiune și minime de curent, deci impedanță mare. La fel este situația și la capătul unei linii paralele de transmisie, cu capătul îngol. Deci linia paralelă cu capătul îngol poate alimenta cu energie dipolul, la capăt, unde se conectează un singur conductor al liniei. Unda staționară de pe antenă se continuă pe linie, unde R_{0S} este mare. Pierderile pe linia cu aer (scărită) sunt neglijabile iar pe linia în plastic puțin mai mari.

Antena Zeppelin

În Fig. 3.4.1 se dă un dipol în $\lambda/2$ alimentat la capăt cu linie paralelă.

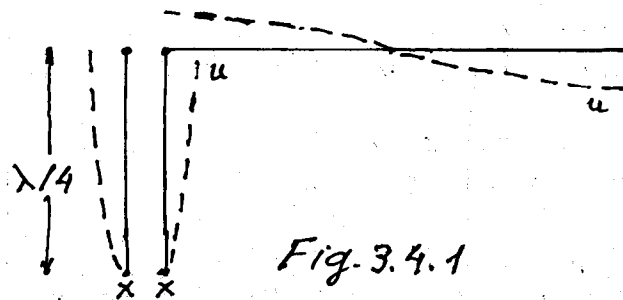


Fig. 3.4.1

În cazul particular figurat, linia are lungimea $\lambda/4$ și unda staționară de tensiune are la capătul ei XX un minim, curentul fiind aici maxim. Impedanța în punctele XX este mică. Aceiași situație există dacă linia are $3\lambda/4$, $5\lambda/4$, $7\lambda/4$ etc.

În cazul general, linia are o lungime oarecare și la capătul ei impedanța are o valoare oarecare, dar complexă: $Z = R \pm jX$. Partea reactivă a impedanței poate avea caracter inductiv sau capacitiv, după defazajarea în urmă sau înainte a curentului față de tensiune.

Dacă linia are exact $\lambda/2$ sau $2\lambda/2$, $3\lambda/2$ etc, la capătul XX tensiunea este maximă, curentul este minim, impedanța este mare dar nu are o parte reactivă.

Tensiunea la capătul antenei este maximă doar la frecvența de rezonanță și permite funcționarea corectă a liniei cu capătul îngol.

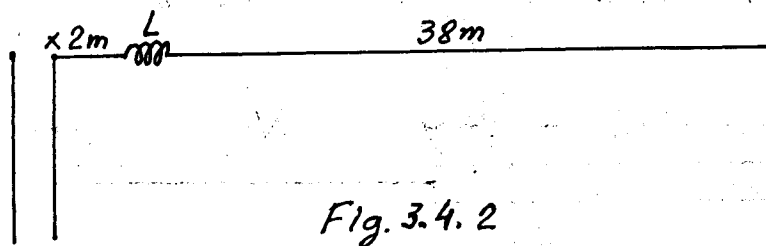
La frecvențele armonice antena este în λ , 2λ , 3λ etc și teoretic are tot maxime de tensiune la capete. Practic, din cauza efectului de scurtare diferit, situația se schimbă. De exemplu, pentru a rezona pe 3,5 - 7 - 14 - 21 - 28 MHz lungimea corectă trebuie să fie: 40,71m, 41,78m - 42,32m - 42,5m și 42,6m.

O soluție de compromis este antena lungă de 41,15m și linia paralelă (scărită) lungă de 13,75m. Adaptarea se face la emițător, cu un transmaci simetric.

Linia funcționează cu undă staționară și este denumită în acest caz „linie acordată”, dacă are un număr întreg de $\lambda/4$. Dacă la capătul XX este maxim de tensiune, alimentarea cu energie se face „în tensiune”; dacă este un maxim de curent, alimentarea este „în curent”. La rezonanța antenei, linia nu radiază. Diagrama de radiație diferă pe benzi.

Antena DL7AB

În Fig. 3.4.2 se vede antena Zeppelin modificată de DL7AB.



Bobina L are 5 spire cu diametrul 5 cm, în aer și este plasată la 2 m de capăt. În banda de 80 m ea se află aproape de capătul x unde sinusoida semiunde de curent are minimum, și alungeste antena cu 71 cm - exact cât trebuie să aibă o antenă Zeppelin. În banda de 40 m, la 2 m de capătul x , curentul este mai mare și efectul de alungire - mai mare: 1,78 m, exact cât trebuie. Pe măsură ce urcă frecvența, curentul staționar la 2 m de capăt este mai mare, și alungirea este mai mare. În banda de 10 m, maximum sinusoidelor de curent este la cca 2,5 m de capăt. Bobina alungeste antena (electric) cu 2,6 m, exact cât trebuie pentru a fi la rezonanță.

Adaptarea antenei se face cu un transmaci simetric.
Fiderul paralel este cu aer (scărită) sau în plastic.

Antena J-pole

În Fig. 3.4.3 se vede antena denumită J-pole (datorită asemănării cu litera J) folosită mai mult în UUS, în poziție verticală

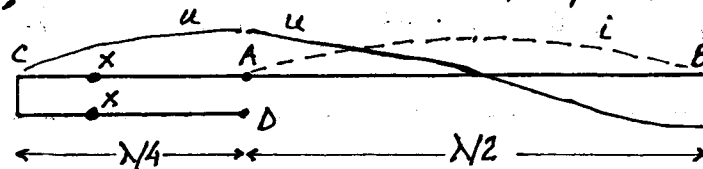


Fig. 3.4.3

Porțiunea AB este o antenă în $\lambda/2$ care are în punctul A , maximum de tensiune și minimum de curent, ca la antena Zeppelin.

Porțiunea AC este o linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit care are maximum de tensiune la bornele AD , deci poate injecta energie în dipol. Impedanța de alungul liniei este zero la capătul C și crește treptat până la capătul AD , unde poate fi mi de Ohmi. Coaxialul se conectează la punctele xx , găsite experimental prin deplasarea unor coliere, unde impedanța este 50 Ω .

În poziție verticală antena radiază omnidirecțional, la unghi mic. Antena este monoband. Porțiunea AB se calculează cu formula $l = 145 / F[\text{MHz}]$ iar linia $AC = 71,25 / F[\text{MHz}]$. Antena se montează în vârful unui pilon nemetalic, cu „șoricei” din plastic. Pentru 145 MHz, $AB \approx 109 \text{ cm}$, $AC \approx 51 \text{ cm}$, $AD \approx 4 \text{ cm}$.

Dipolul RFD Resonant feed-line dipole

In Fig.3.4.4 se dă dipolul conceput de W2OZH.

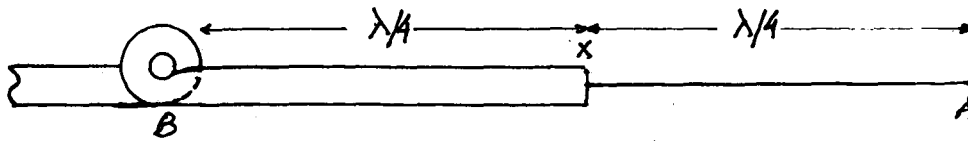


Fig.3.4.4

Curentul RF vine prin coaxial până în punctul X. El circulează prin conductorul central și partea interioară a tresei. În punctul X energia se aplică dipolului format din conductorul XA și partea exterioară a tresei coaxialului, XB. Efectul pelicular permite acest lucru.

În punctul B se fac câteva spire din coaxial, care constituie un șoc RF, care funcționează ca un izolator pentru curentul de pe exteriorul tresei. Doar exteriorul porțiunii XB a tresei radiază, formând un dipol în $\lambda/2$ împreună cu latura XA. Dipolul se instalează cât mai degajat. Dimensionarea șocului RF se dă în tabel

Banda MHz	Coaxial RG-8, RG-213		Coaxial RG-58	
	Lungime cm	Spire	Lungime cm	Spire
3,5	660	8	600	6-8
7	660	10	450	6
10	360	10	300	7
14	300	4	240	8
21	240	6-8	180	8
28	180	6-8	120	6-8

Antene „fir lung” (Long Wire, LW) rezonanță.

O antenă „fir lung” nu se alimentează cu fider ci are un capăt legat direct la ieșirea emițătorului sau a unui transmaci. Lungimea antenei este cel puțin $\lambda/2$ la frecvența cea mai joasă - 3,5 MHz. În acest caz, pe armonici ea este în λ , 2λ , 3λ , 4λ , 7λ , ca și antena Zeppelin. (Fig 3.4.5)

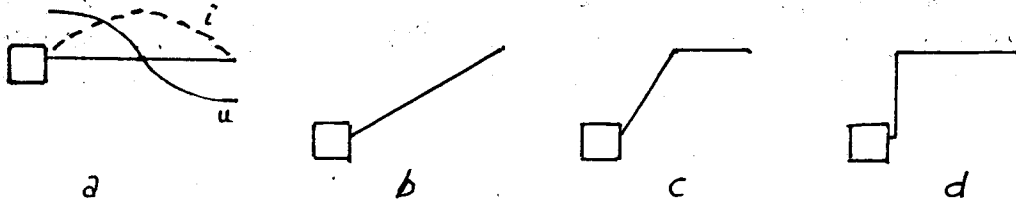


Fig 3.4.5

În Fig. 3.4.5. a, stația fiind la înălțime mare față de pământ, antena este orizontală și intră printr-un izolator montat în locul ferestrei. În b antena este montată ca „fir înclinat” și radiază unde cu polarizare verticală (convenabile la DX) și cu polarizare orizontală, proporția depinzând de înclinare. În c conductorul este frânt la o înălțime oarecare. În d, o porțiune din antenă este verticală și cealaltă orizontală, de unde denumirea „L culcat”.

La capătul din spre emițător există în general maxim de tensiune (periculoasă). Și pe carcasa stației apare tensiune mare, ceea ce impune conectarea ei la o bună priză de pământ, cu un conductor cât mai gros. Dacă fenomenul persistă, la carcasă se conectează conductoare izolate cu lungimea $\lambda/4$ pentru fiecare bandă, care se pozează pe lângă pereți, jos, sau se întind în curte și se îngroapă. Capetele lor au tensiuni RF mari și trebuie izolate suplimentar. Traseele acestor „radiale” pot fi oarecare.

Pentru a lucra multiband, antena are 42,2m, lungime de compromis.

Pentru o funcționare mai exactă antena are 40m și bobină de alungire automată la 2m de capătul exterior, ca antena DL7AB.

Antena funcționează și în 1,8 MHz cu ajutorul unui transmaci. Un transmaci simplu, care se poate monta la fereastră, sedă în Fig. 3.2.30, care lucrează între 3,5-28 MHz.

În 80m antena este în $\lambda/2$ și are diagrama de radiație în plan orizontal în formă de 8 deformat. În alte benzi diagramele sunt ca în Fig. 3.4.6, cași la antena Zeppelin, dar lobiile din partea dreaptă

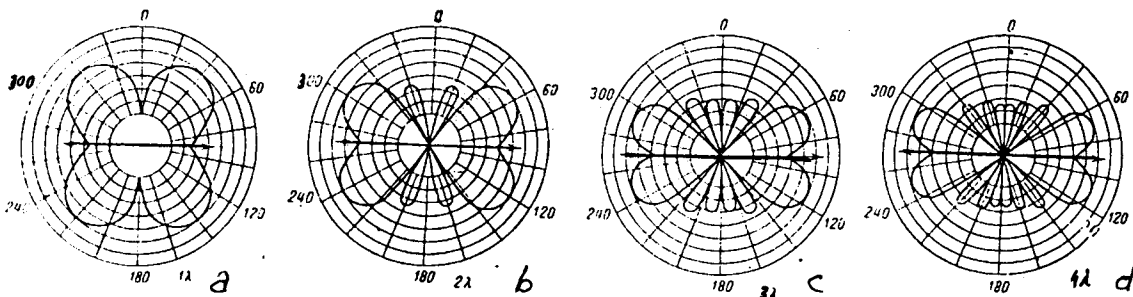


Fig. 3.4.6

a diagramele sunt alungite spre dreapta, spre capătul exterior al antenei.

Diagramele de radiatie în plan vertical, la orice antenă orizontală, depind de înălțimea față de pământ (sau de terasa blocului) exprimată în λ . În funcție de această înălțime, lobi de radiatie au diferite unghiuri de inclinație față de pământ. Pentru lucrul la 8X, unghiul optim este cca 60° în 80m, 30° în 40m, 15° în 20m, 12° în 15m și 9° în 10m. Unghiul depinde de anotimp, de activitatea solară, și de conductivitatea solului. La o înălțime de $1/4\lambda$ unghiul are 90° , la $3/8\lambda$ - 45° , la $1/2\lambda$ - 30° , la $5/8\lambda$ - 25° , la $3/4\lambda$ - 20° , la 1λ - 15° (lobul de jos) și 48° (lobul de sus). La înălțimi mai mari, lobi coboară și apar lobi noi, care preiau o parte din putere (Fig. 3.4.7)

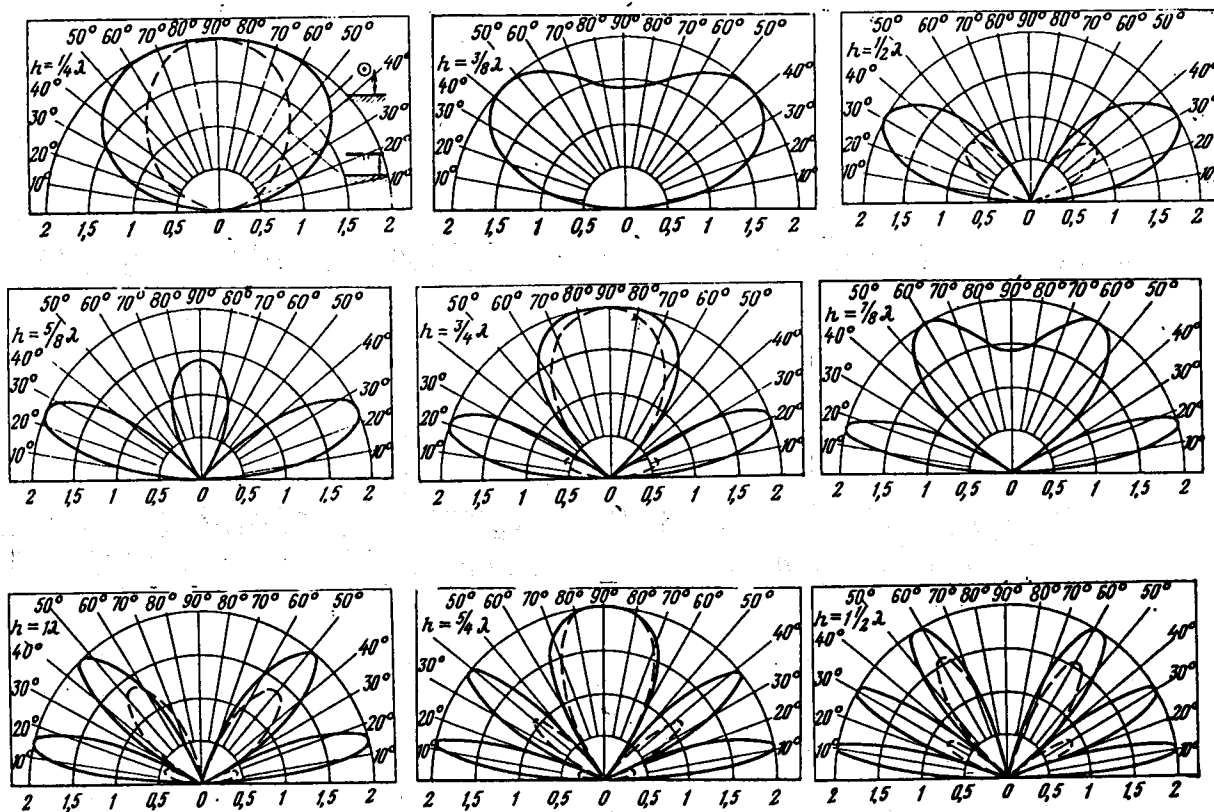


Fig. 3.4.7

Se observă la înălțimi mici față de pământ, exprimate în λ , majoritatea puterii este radiată (inutil) în sus. Dar și la înălțimi ca: $3/4\lambda$, $7/8\lambda$, $5/4\lambda$, $7/4\lambda$ există lobi care risipesc puterea. Lobii suplimentari sunt importanți la antenele „unice”. La antene Jagi ei sunt slabi.

Antena „fir lung” orizontală are în fiecare bandă altă înălțime exprimată în λ , deci altă diagramă de radiatie, conform Fig. 3.4.6 și Fig. 3.4.7. Dacă antena este „fir înclinat” la 36° , lungde λ , doi dintre lobi au direcție aproape orizontală pe unele direcții.

Dacă laturile dipolului în formă de V orizontal din Fig. 3.2.12 sunt „fir lung”, antena are câștig și directivitate mare.

Antena „fir lung” înclinat împreună cu imaginea sa electrică în sol, formează o antenă în V, care manifestă directivitate și câștig pe direcția conductorului, crescătoare cu frecvența.

Antene „fir lung” nerezonante

Distribuția tensiunii și curentului pe o antenă fir lung începe întotdeauna de la capătul exterior, cu tensiune maximă și curent minim (Fig. 3.4.8), indiferent de lungimea conductorului.

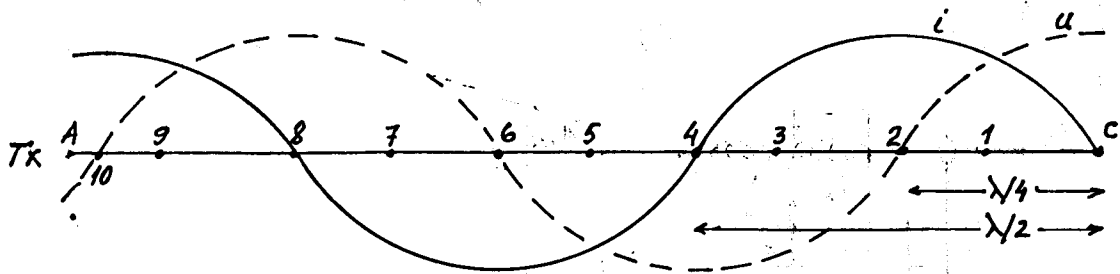


Fig. 3.4.8

Poziția undelor de tensiune u (linia întreruptă) și a undelor de curent i (linia continuă), este fixă (staționară), dar amplitudinea lor variază în timp. Pe figură este surprins momentul când u și i sunt maxime. În timp de $1/4$ din perioadă valorile scad treptat (curbele se turtesc) până ajung la zero; apoi timp de $1/4$ perioadă cresc, dar în partea opusă a liniei orizontale, adică tensiunea are polaritate inversă iar curentul are sens invers.

Punctele 2, 6, 10 unde tensiunea este permanent zero au impedanță mică iar punctele C, 4, 8 unde curentul este permanent zero au impedanță mare. În restul punctelor impedanța $Z = U/i$ variază cu îndepărtarea de capătul C, și are valori complexe deoarece curentul nu este în fază cu tensiunea.

Dacă folosim ca antenă doar porțiunea dintre C și punctul 1, antena este mai scurtă decât $\lambda/4$, antena are lungimea mai mică decât $\lambda/4$ și impedanța ei are caracter capacitiv: $Z = R - jX_c$.

Această „capacitate” echivalează defazarea dintre u și i și poate fi compensată cu o bobină care „alungește” electric conductorul până în punctul 2, unde impedanța este pur rezistivă. În loc de bobină se folosește practic un circuit (transmaci) care compensează o gamă largă de reactanțe, pe care le are antena la diferite frecvențe.

Dacă folosim ca antenă porțiunea dintre punctul C și punctul 3, ea este mai lungă decât $\lambda/4$, are caracter inductiv și poate fi compensată cu un condensator (sau cu transmaci), care „scurtează” electric până la $\lambda/4$.

Folosind lungimi $\lambda/4$, $2\lambda/4$, $3\lambda/4$, $4\lambda/4$, deci lungimi întregi de $\lambda/4$ antenele vor fi „rezonante”, fără reactanțe. Folosind alte lungimi decât acestea, antena este nerezonantă și funcționează bine dacă emițătorul îi aplică (prin transmaci) tensiune și curent cu defazarea corespunzătoare.

Antena fir lung clasică are lungimi „de rezonanță”: $\lambda/2$, λ , 2λ , 3λ , 4λ etc și la capetele ei sunt maxime de tensiune. Din punct de vedere practic maximul de tensiune „de la stație” dă probleme. Renunțând la principiul rezonanței, se poate lungisa o scurtă antena cu cca 2,5m - 10m, obținând impedanțe mai mici, cu reactanțe mai ușor de compensat de către transmaci.

Antena „fir lung” de lungime oarecare

Pentru a alimenta cu energie o antenă „fir lung” de lungime oarecare se poate folosi un transmisiu simplu ca în Fig. 3.4.9

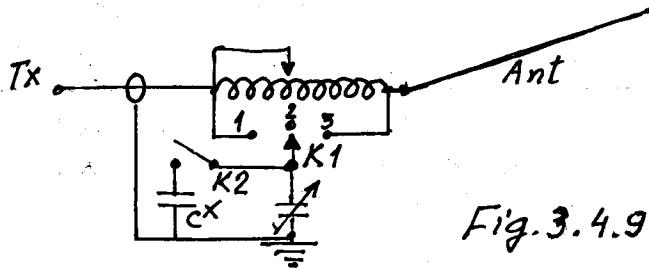


Fig. 3.4.9

Bobina este variabilă (cu rolă, sau comutator și prize pe benzi) și are 20-25 μH . De ex. ea poate avea 30 spire cu ϕ 2mm, cupas, pe lungimea 130mm și diametrul 63mm (eventual cu aer).

Condensatorul variabil are cca 500pF și distanță mare între plăci.

El poate fi comutat cu comutatorul K1 la capătul din stânga al bobinei (dacă antena are impedanța sub 50 Ω) sau la capătul din dreapta (dacă antena are peste 50 Ω).

Cu cât este mai scurtă, cu atât antena are randament de radiație mai mic.

Antena poate avea diverse forme și poziții, dar trebuie să fie degajată. Cu comutatorul K2 se introduce un condensator suplimentar de 500pF sau o valoare aleasă funcție de antenă.

3.5. Antene sloper

Antenele sloper sunt dipoli în $\lambda/2$ sau $\lambda/4$, fixați înclinat de vârful unui pilon (Fig. 3.5.1)

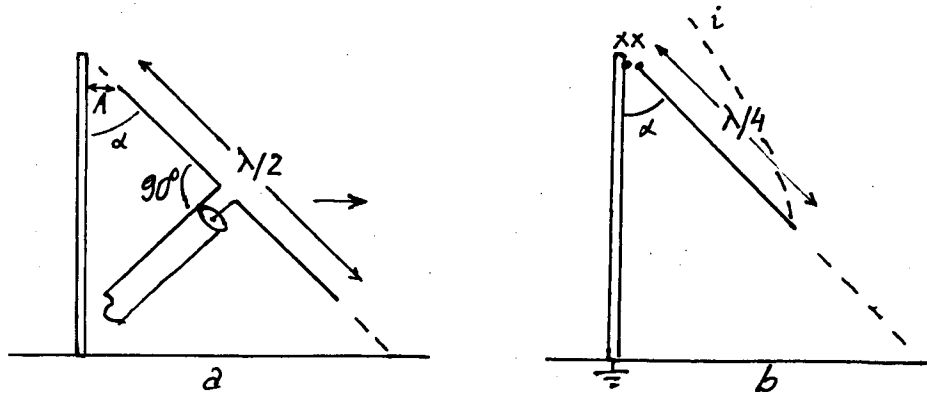


Fig. 3.5.1

În Fig. 3.5.1. a se vede dipolul în $\lambda/2$ sloper. Unghiul dintre pilon și antenă este $30^\circ-45^\circ$. Distanța dintre vârful dipolului și pilon (A) este $0,036\lambda$. Dacă pilonul este metalic, dipolul radiază mai intens în direcția înclinării (săgeata). Dacă pilonul este nemetalic, radiația este omnidirecțională. Pilonul poate fi „metalizat” fixând de-a lungul lui un conductor.

Micșorând unghiul α la 15° , radiația devine practic omnidirecțională, dar concentrată la unghi mic (15°) față de pământ.

Polarizarea undelor este verticală. Rezistența de radiație variază între 96Ω și 81Ω când unghiul α variază între 15° și 45° , dacă capătul de jos al antenei se află la $0,0125\lambda$ de sol (1m la 35MHz).

Tresa coaxialului se conectează la latura de sus a dipolului. Coaxialul trebuie să fie perpendicular pe dipol.

K1WA a montat 5 dipoli în $\lambda/2$ sloperi în jurul unui pilon metalic înalt de 21m . Cele 5 cabluri coaxiale (RG-8 sau RG-58), lungi de câte $10,97\text{m}$ vin de la dipoli la o cutie cu releu fixată pe pilon, de unde pleacă un singur coaxial la stație. Releele conectează doar un dipol la stație. Celelalte coaxiale de $10,97\text{m}$ rămân în gol și „alungesc” electric dipolii, astfel că ei se comportă ca reflectori pentru dipolul activ, în 7MHz . Astfel se obține câștigul de 4dB .

În Fig. 3.5.1. b se vede antena sloper în $\lambda/4$, care necesită pilon metalic. Tresa coaxialului se conectează la pilon iar firul central - la antenă. Randamentul este apropiat de cel al sloperului în $\lambda/2$. Unghiul α se reglează între $40^\circ-60^\circ$, iar lungimea sloperului se ajustează pornind de la $l = 0,24\lambda$, pentru a obține RUS minim în coaxial. Câștigul antenei este $3-6\text{dB}$.

Ancerile pilonului se întrerup cu izolatori din 4 în 4m .

Corentul i (dintră întreruptă) fiind maxim la partea superioară, antena este mai eficientă decât antena în $\lambda/4$ clasică, alimentată la bază, pierderile în sol fiind mai mici.

Antena sloper poate fi suspendată și de un pi bloc, mărinnd eventual înălțimea cu ajutorul unui pilon.

Antenă sloper în $\lambda/4$ pentru 1,8 și 3,5 MHz.

Acest sloper folosește principiul antenei W3DZZ (Fig. 3.5.2)

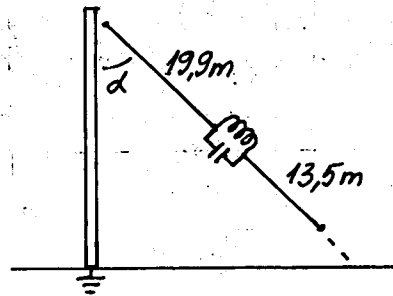


Fig. 3.5.2

Antena este fixată de un pilon înalt de 32m. Tresa coaxialului de 50 Ω este conectată la pilon. Porțiunea superioară lucrează în 80m iar toată antena în 160m. Trapul este acordat pe 3650 KHz.

Bobina are 17 spire din Cu ϕ 2,5mm, pe lungimea de 107mm, cu pas de 6mm, pe o carcasă cu diametrul 90mm. Condensatorul are 117pF, fiind format din trei condensatoare de câte 39pF, de emisie, legate în paralel și montate în bobină.

Bobina este protejată cu un PET de 2l, din plastic.

Capătul de jos al antenei se scurtează, și unghiul d se reglează pentru RUS minim pe 1.840 KHz. Aproximarea capătului de jos de pământ face dificil acordul. Pilonul se leagă la o bună priză de pământ.

3.6. Dipoli mai lungi decât $\lambda/2$

Dipolul în λ

Din linia de transmisie în $\lambda/2$ cu capătul în gol (Fig. 3.6.1.a) prin rabatare se obține dipolul în λ (Fig. 3.6.1.b)

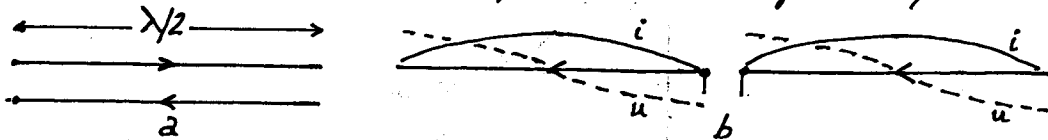


Fig. 3.6.1

Curenții în laturile dipolului în λ au același sens, radiațiile lor se însumează și rezultă un câștig de 1,6dBd. La bornele antenei tensiunea este maximă, curentul este minim, deci impedanța în spațiul liber este mare. Banda de trecere este mai largă decât la dipolul în $\lambda/2$. Antena e formată din doi dipoli $\lambda/2$ colineari.

Antena se comportă ca un circuit oscilant derivație cupierderi, care se datoresc radiației energiei sub formă de unde e.m. La frecvențe mai mari decât frecvența de rezonanță, impedanța are și o componentă capacitivă iar la frecvențe mai mici, o componentă inductivă.

La frecvențe armonice $2F, 3F, 4F$ etc. lungimea dipolului în λ devine $2\lambda, 3\lambda, 4\lambda$ și el are de asemenea impedanță mare la mijloc.

Dipolul în λ poate fi alimentat și excentric, la mijlocul unei laturi (Fig. 3.6.2.a), unde impedanța este mică, sau la capăt, unde impedanța este mare (Fig. 3.6.2.b). Dar în aceste cazuri distribuția undei staționare de curent se schimbă și diagrama de radiație în plan orizontal are patru lobi, ca un trifoi cu 4 foi.

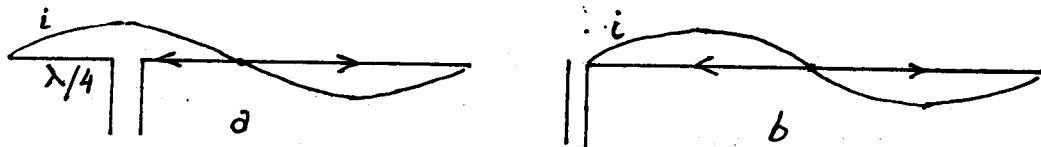


Fig. 3.6.2.

La dipolul în λ coeficientul de scurtare k și rezistența de radiație R_r în funcție de raportul dintre lungime și diametrul conductorului, au valori mai mari decât la dipolul în $\lambda/2$ (Fig. 3.6.3)

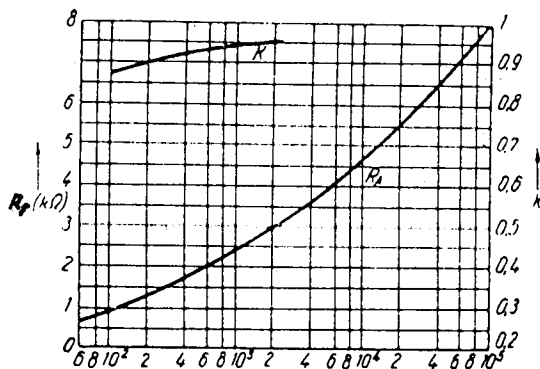


Fig. 3.6.3 $\frac{\lambda}{d}$

Antena în λ alimentată excentric la distanța $\lambda/4$ de capăt este monoband și poate fi alimentată cu coaxial.

Antena în λ „dublu Zeppelin”

În Fig. 3.6.4 se dă antena „dublu Zeppelin” care lucrează alimentată cu linie paralelă și transmăci, nu doar în λ , dar și în $1/2\lambda$, 2λ , 3λ , 4λ , deci în 5 benzi clasice de radioamatori.

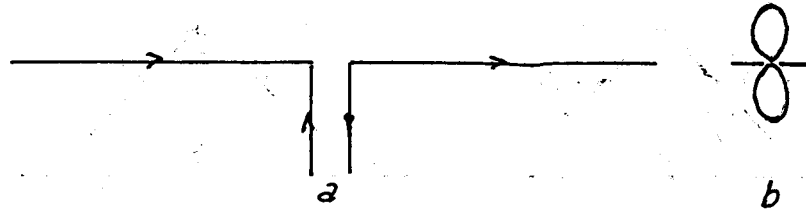


Fig. 3.6.4

Antena are o lungime rezonantă, de compromis: 41,15m. Fiderul este cu aer (scărită) sau în plastic. Diagrama de radiație pe diverse benzi se dă în Fig. 3.4.6, în plan orizontal și în Fig. 3.4.7 în plan vertical. Antena în λ are diagrama de radiație în plan orizontal un 8 alungit (Fig. 3.6.4.b) și câștigul de 1,6 dB față de dipolul în $\lambda/2$.

Antena „dublu DL7AB”

În Fig. 3.6.5 se dă antena „dublu DL7AB”. Ea necesită un spațiu mare, dar unda staționară de curent se așterne mai corect pe conductor, în diverse benzi.

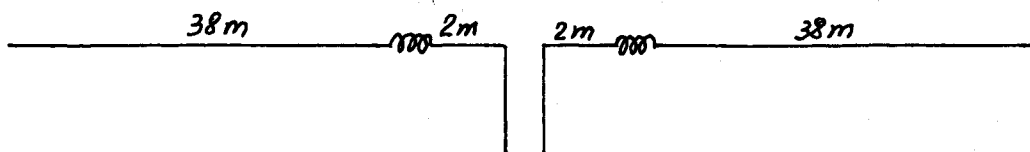


Fig. 3.6.5

Bobinele sunt ca la antena DL7AB alimentată la capăt. Antena lucrează și în banda de 160m, cu ajutorul unui transmăci simetric.

Antena „V întors în λ ” 504MM

În benzile 1,8 - 3,5 și 7 MHz undele polarizate vertical asigură legături radio la distanțe mai mari decât cele polarizate orizontal. Dar antenele verticale au înălțimi mari, nepractice, în aceste benzi.

Se pot radia unde polarizate vertical și cu o antenă care nu este verticală (Fig. 3.6.6)

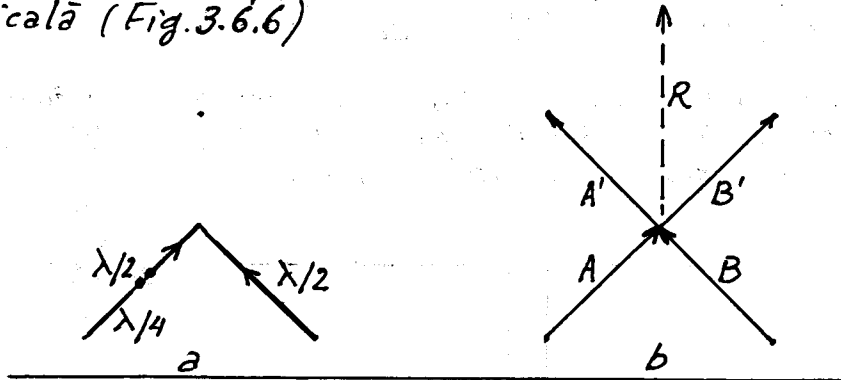


Fig. 3.6.6.

Antena este în λ , montată ca „V întors” și alimentată cu coaxial la distanța $\lambda/4$ de un capăt. Curenții în cele două laturi au sensurile indicate cu săgeți (Fig. 3.6.6.a). Cei doi curenți pot fi reprezentați prin vectorii echivalenți A și B (Fig. 3.6.6.b).

Pentru a însuma vectorii după regula paralelogramului, ei se translatează în pozițiile A' și B' și rezultanta lor este R. Rezultanta este verticală, ceea ce înseamnă polarizare verticală a undelor.

Antena poate fi alimentată și la unul dintre capete, cu linie paralelă (scârțâ) ~~cu~~ cu aer sau în plastic, și transmisi simetric.

Antena este monoband și are următoarele lungimi aproximative: 1,8 MHz - 155 m, 3,5 MHz - 77,7 m, 7 MHz - 40,2 m, 10 MHz - 28 m, 14 MHz - 20 m, 18 MHz - 15,6 m, 21 MHz - 13,4 m, 24 MHz - 11,4 m, 28 MHz - 10 m, 50 MHz - 5,6 m. Distanțele față de capăt corespunzătoare, unde se conectează coaxialul, sunt: 38,74 m, 19,42 m, 10,05 m, 7 m, 5 m, 3,91 m, 3,3 m, 2,84 m, 2,48 m și 1,4 m.

Antena „dublu Zeppelin extinsă”
Extended Double Zepp - EDZ

Alungind laturile dipolului în λ de la lungimea $0,5\lambda$ la $0,64\lambda$, câștigul crește de la 1,6dBd la 3dBd. (Fig. 3.6.7 a)

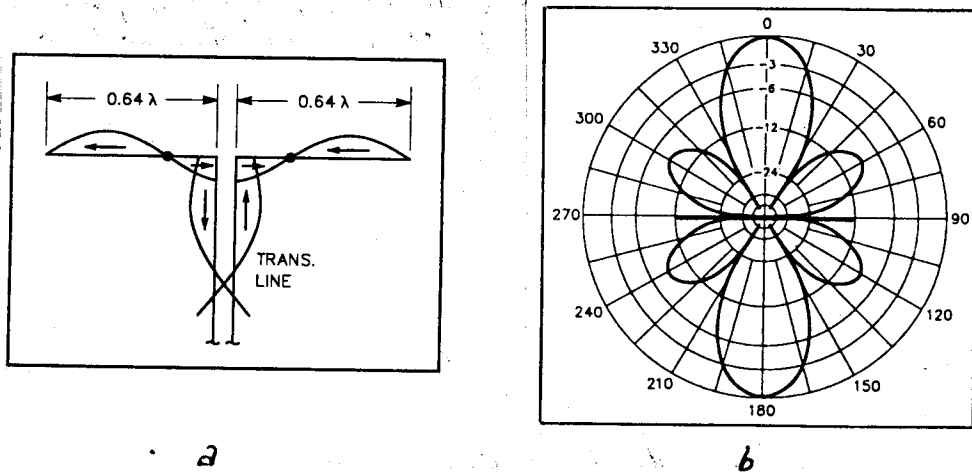


Fig. 3.6.7.

Unda staționară de curent se continuă pe fider și trece prin maxim la distanța $0,11\lambda$ de antenă, unde impedanța este mică. Impedanța la bornele antenei EDZ este relativ mare și are o componentă reactivă.

Antena este monoband. Linia paralelă „acordată” are lungimea până într-un punct în care impedanța este pur Ohmică, de valoare mică (în maxim de curent) sau mare (în maxim de tensiune).

Dacă linia paralelă are o lungime oarecare, adaptarea cu emițătorul se face cu un transmaci simetric.

Lungimea antenei rezultă din relația: $l_{[m]} = 383,8 / f_{[MHz]}$.

Diagrama de radiație (Fig. 3.6.7.b) și câștigul de 3dBd, care înseamnă mărirea de două ori a puterii, recomandă antena în US și UUS, respectând forma liniară.

Antenă EDZ pentru banda de 40m, cu lungimea de 54m, alimentată l cu linie paralelă cu aer (scăriță) sau în plastic, se poate folosi în toate benzile de US cu ajutorul unui transmaci simetric.

Antena EDZ monoband se poate realiza ca în Fig. 3.6.8 a

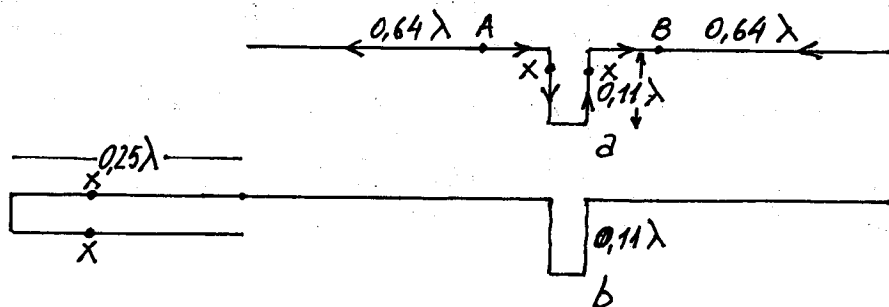


Fig. 3.6.8

Între punctele AB conductorul are lungimea $\lambda/2$ și pe el curentul are sens contrar curentilor din laturile dipolului. La punctele XX, găsite experimental, unde impedanța este 50Ω , se conectează coaxialul. În unde ultracurte alimentarea se face la capăt cu

o linie în $\lambda/4$ în scurtcircuit (Fig. 3.6.8 b), în punctele XX unde impedanța este 50Ω , iar antena se montează vertical, pentru a radia omnidirecțional. În acest caz antena este denumită „super J-pole”. Linia de $0,11\lambda$ în scurtcircuit poate fi înlocuită de o bobină care „ascunde” $0,22\lambda$ din unda de curent.

Pentru banda de 2m, laturile antenei „super J-pole” au cca 1,27m iar linia de $0,11\lambda$ are 20,77cm, cu spațiu de 50mm între conductoare. Linia de $0,25\lambda$ are 50cm, cu spațiu de 40mm între conductoare. Antena se realizează dintr-un singur conductor $\phi 3-5\text{mm}$ lung de 309cm. Dacă antena se realizează din țevă, dimensiunile scad când diametrul crește.

Antena EDZ a fost concepută în 1938 de H. Romander W2NB.

Antena „dublu triunghi” 204MM

În Fig. 3.6.9. se dă antena dipol cu lungimea $3\lambda/2$ și transformarea ei în „dublu triunghi”, fără a deveni două antene tip buclă triunghiulară.

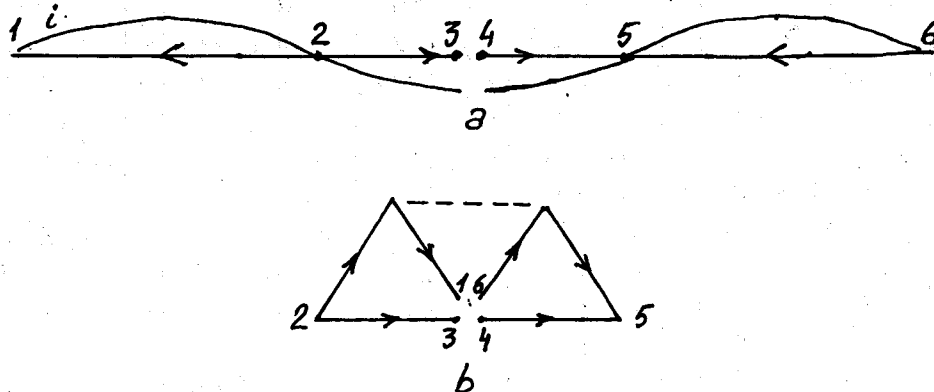


Fig. 3.6.9

Curentul în porțiunea 2-5 este contrar curentilor din porțiunile 1-2 și 5-6, ceea ce micșorează radiația totală. Repluind capetele 1 și 6 ca în Fig. 3.6.9 b și echivalând săgețile cu vectori, rezultanta însumării lor are direcția orizontală și o valoare de două ori mai mare decât vectorul 2-5.

Antena poate fi susținută de o traversă (linia întreruptă) fixată pe un pilon.

Deferită capacității mărite dintre laturile 1-2 și 5-6, lungimea totală trebuie să fie mai mică decât $3\lambda/2$.

3.7. Dipoli asimetrice (monopoli)

La un dipol asimetric doar o jumătate radiază și este vizibilă, de unde și denumirea discutabilă „monopol”. Cealaltă jumătate este de obicei pământul, sau un pământ artificial, creat cu conductoare.

Pământul perfect conductor se comportă ca o oglindă electrică, care înlocuiește fizic imaginea jumătății lipsă a dipolului.

Antena Marconi

În Fig. 3.7.1 se vede principiul antenei folosită de Marconi în 1905.

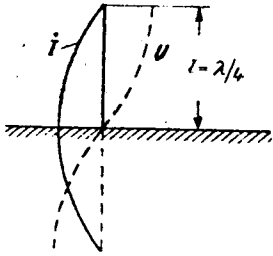


Fig. 3.7.1

Antena este verticală, lungă de $\lambda/4$ și împreună cu imaginea sa formează un dipol simetric. Unda staționară de curent are un maxim la baza antenei iar unda de tensiune este maximă la vârf. Antena se poate compara cu o tijă elastică fixată în pământ, al cărui vârf oscilează.

Pentru a introduce energie se întrerupe legătura antenei la pământ, sau se inseriază la bază o bobină sau se folosește un dispozitiv tip gama. Impedanța antenei este

teoretic jumătate din impedanța dipolului, 36Ω , plus rezistența de pierderi în sol, care nu este un conductor perfect.

În timp ce la dipolul în $\lambda/2$ diagrama de radiație este un tor, la monopolul în $\lambda/4$ diagrama de radiație este jumătate din tor (Fig. 3.7.2). Această jumătate conține și energia radiată de cealaltă jumătate a torului, deci

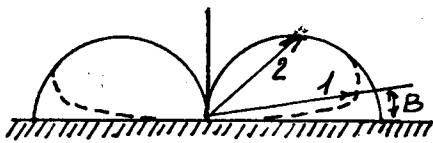


Fig. 3.7.2.

antena are câștig 3 dBd. Linia continuă este diagrama în cazul unui pământ perfect conductor. Din cauza pierderilor în pământul real, diagrama are forma liniei întrerupte, cu radiație slabă la unghiuri mici.

În plan orizontal, diagrama de radiație este circulară, omni-direcțională. Pământul rău conductor, care absoarbe o parte din putere, poate fi îmbunătățit („metalizat”) cu o rețea de conductoare care pleacă de la baza antenei, ca niște raze.

Aceste „radiale” se pot îngropa 5-10 cm în sol, se pot așeza pe sol sau, mult mai eficient, se pot înălța de la sol 0,5-3 m. Rezistența de pierderi în sol, deci randamentul crește cu numărul și lungimea radialelor așezate pe sol (sau îngropate puțin), dar mai rapid cu înălțimea lor față de sol, chiar dacă sunt mai puțin.

Metalizarea solului îmbunătățește doar randamentul, nu și diagrama de radiație la unghiuri mici (Fig. 3.7.2, linia întreruptă) care depinde de conductivitatea solului la distanțe de peste $1\lambda-100\lambda$ în jurul antenei (zona Fresnel). Doar apa sărată a mării are o bună conductivitate, favorizând antenele verticale montate pe ambarcațiuni sau la malul mării.

In funcție de numărul unor radiale lungide $0,4\lambda$, îngropate, randamentul și impedanța antenei verticale în $\lambda/4$ variază ca în tabel.

Numărul radialelor	Randamentul %	Impedanța Ω
2	12	70
12	40	55
16	46	47
60	64	39
113	88	37

Undele radiate de antena verticală pe frecvențe sub 4 MHz sunt puternic atenuate la nivelul solului, maximum diagramei fiind la un unghi de 5° deasupra mării și la $\sim 15^\circ$ deasupra unui sol „slab”

Deoarece majoritatea parazitilor atmosferici și industriali au polarizare verticală, antena verticală este mai „zgomotoasă” decât cea orizontală. Parametrii antenei verticale depind mai mult de pământ decât parametrii antenei orizontale.

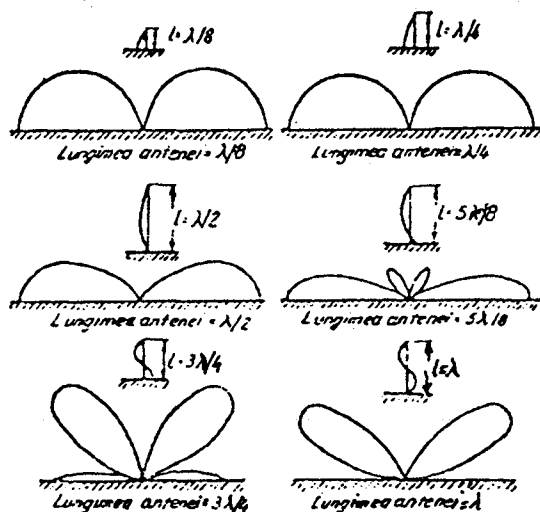
Exprimarea lungimii antenei în grade ($\lambda/8=45^\circ$, $\lambda/4=90^\circ$, $\lambda/2=180^\circ$) permite o detaliere mai exactă a parametrilor. Astfel, când înălțimea antenei (în grade) crește de la 0° la 130° , rezistența ei de radiație R_r și reactanța ei X variază ca în tabel, între baza antenei și pământ:

Grade	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
$R_r \Omega$	1	1,5	3,2	5,3	8,5	13	19	26	36	48	65	95	145
$X_c \Omega$					260	190	120	40	0				
$X_L \Omega$									0	80	150	230	330

Antena mai scurtă decât $\lambda/4=90^\circ$ manifestă reactanță capacitivă iar antena mai lungă decât $\lambda/4$, reactanță inductivă. Comportarea aceasta seamănă cu cea a unui circuit oscilant serie.

Rezistența de radiație este dată de relația: $R_r = 138 \lg(2,3 \cdot l/d)$ unde l este înălțimea și d = diametrul antenei verticale.

Datorită pierderilor în sol, factorul de calitate al antenei este mic și banda de trecere este largă.



In Fig. 3.7.3 se dau diagramele de radiație în plan vertical ale antenelor verticale cu înălțimi crescând de la $\lambda/8$ la λ , deasupra unui pământ perfect conductor.

Se observă că cea mai puternică concentrare a puterii la unghiuri mici față de pământ există la antena cu înălțimea fizică $5\lambda/8$ ($0,64\lambda$). Această înălțime se realizează mai ușor peste 14 MHz și în U.S. Câștigul este cea 5 dBd.

Fig. 3.7.3

Rezistența echivalentă pierderilor în pământ crește spre frecvențe mai mici, randamentul scade și se impune un sistem de radiale cât mai bogat.

În cazul unui pământ perfect conductor, unda polarizată vertical se reflectă de sol, mai departe de antenă, fără o modificare a fazei, cum se întâmplă cu unda polarizată orizontal. Unda directă se însumează într-un punct din spațiu cu unda reflectată, a cărei fază este „în urmă” doar pentru că ea a parcurs un drum mai lung.

Dacă punctul din spațiu se află departe și la înălțime mică deasupra pământului ideal, drumurile parcurse de unda directă și unda reflectată sunt aproape egale, defazarea aproape zero și suma lor este maximă. Dacă punctul se află la înălțime mare diferența între drumuri este mare, defazarea este mare și vectorul-sumă 2 din Fig. 3.7.2. este mai mic decât vectorul 1.

Antena cu înălțimea exact $\lambda/2$ nu se conectează direct la pământ deoarece ea are la capete maxime ale unde de tensiune.

La lungimi ale antenei de până la $0,377\lambda$, raportul dintre lungime și diametru nu influențează practic rezistența de radiație dar impune un coeficient de scurtare.

Dacă antena are înălțimea între $0,06-0,25\lambda$ și 16 radiale lungi de $0,5\lambda$, rezistența echivalentă de pierderi are între $30-5\Omega$.

În Fig. 3.7.4. se dă distribuția curentului pe antena în $\lambda/4$, din 10° în 10° , la o putere de $36\text{ W} = 36\Omega \cdot 1\text{ A}^2$, pământul fiind considerat perfect conductor. În spre baza antenei, curentul și radiația undelor sunt maxime.

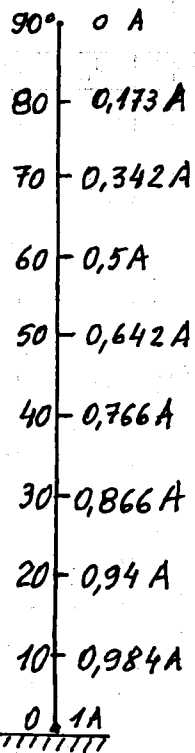


Fig. 3.7.4

Vârful antenei verticale poate fi frânt la orizontală, din motive practice, dar aceasta micșorează impedanța și randamentul, modifică diagrama de directivitate și o parte din undele radiate au polarizare orizontală.

Radialele antenei se „adună” la o placă metalică, sau un inel metalic, sub baza antenei, la care se leagă priza de pământ și tresa coaxialului, sau carcasa boxei în care este montat dispozitivul de adaptare. Priza de pământ are doar rol de protecție și nu poate înlocui radialele.

Antena se montează pe un teren degajat pe o rază de $0,5\lambda$, în benzile joase. Peste 10 MHz antena împreună cu 4-3-2 radiale se înalță la cel mult $0,25\lambda$ și capătă denumirea „Ground plan”, adică plan de pământ artificial.

Între baza antenei și priza de pământ se conectează un edator și un șoc de radiofrecvență pentru descărcarea sarcinilor statice.

Pe Fig. 3.7.2. unghiul Brewster (θ) este unghiul față de pământ la care puterea radiată în cazul pământului real este de 4 ori mai mică decât în cazul pământului ideal. În cazul apei mării acest unghi este sub 1° la orice frecvență. În cazul apei nesărate unghiul Brewster este 7° la orice frecvență. În cazul pământului „bun”, mediu, slab, foarte slab conductor, unghiul este: $3^\circ, 8^\circ, 12^\circ, 16^\circ$ la 1,8 MHz și $5^\circ, 12^\circ, 14^\circ, 21^\circ$ la 3,5 MHz.

Rezistența antenei verticale (de radiație) monopol crește cu înălțimea ei fizică exprimată în grade, astfel: $20^\circ - 2,5 \Omega$; $40^\circ - 5 \Omega$; $60^\circ - 12,5 \Omega$; $80^\circ - 28 \Omega$; $90^\circ (\lambda/4) - 36,6 \Omega$; $100^\circ - 45 \Omega$; $120^\circ - 57 \Omega$; $140^\circ - 65 \Omega$; $160^\circ - 68 \Omega$; $180^\circ (\lambda/2) - 69,2 \Omega$. Odată cu înălțimea crește și randamentul antenei deasupra solului real, și rezistența de pierderi fiind mai mică față de rezistența de radiație.

Deși randamentul antenei verticale în $\lambda/4$ crește datorită radialelor, „câștigul” ei deasupra pământului real scade datorită pământului aflat departe de antenă. Astfel, dacă antena în $\lambda/4$ are 30 de radiale îngropate, lungi de $\lambda/4$, „câștigul” ei este -3dB cu sol mediu și -37dB cu sol foarte sărac (nisipos, pietros). Situația nu se îmbunătățește simțitor măbind numărul radialelor la 120 sau dublând lungimea lor.

Adâncimea de pătrundere a curenților RF, la $3,5\text{MHz}$ este cca $1,5\text{m}$ în sol foarte bun și 12m în sol foarte sărac, ceea ce explică pierderile de putere. Ridicarea radialelor de la sol reduce pierderile.

Unind cu un conductor capetele radialelor, performanțele cresc. Dacă radialele sunt înălțate de la pământ, ele nu se conectează la priza de pământ. Odată cu înălțarea lor numărul radialelor se poate reduce. În Fig. 3.7.5 se vede diagrama de radiație în plan vertical a antenei cu un singur radial în $\lambda/4$, înălțat (împreună cu baza antenei) la $0,05\lambda$. Aceasta înseamnă cca 4m în 80m , 2m în 40m , $1,5\text{m}$ în 30m , 1m în 20m , $0,8\text{m}$ în 18MHz și $0,7\text{m}$ în 21MHz .

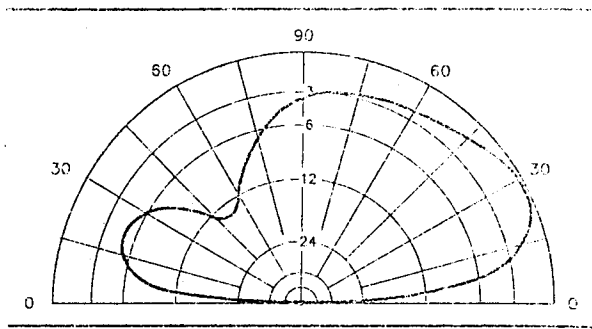


Fig. 3.7.5

În direcția maximului, antena are același câștig ca și antena montată pe sol, cu 120 radiale îngropate.

Totuși radiația la unghi mic o hotărăște calitatea solului aflat la distanțe de peste 2λ de antena verticală în $\lambda/4$. Radialele „înălțate” trebuie să aibă lungimea $\lambda/4$. Radialele scurțate din lipsă de spațiu se pot compensa cu bobine calculate ca la dipolii scurțați, dar bandade

trecere a antenei se îngustează și apar pierderi în bobine.

Dacă pe teren există obiecte, radialele pot să le ocolească.

Este mai bine să se monteze multe radiale scurte decât câteva lungi. Pe radiale existând tensiuni RF mari, este bine să fie din conductoare izolate, mai ales la capete.

Rezistența de radiație a antenei verticale în $\lambda/4$ (90°) se determină cu Formula: $R_r = 36,3 (1 - \cos \varphi)^2 / \sin^2 \varphi$, unde φ este lungimea antenei în grade. Cu ea sunt calculate datele din tabel:

φ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$R_{r\Omega}$	0,3	1,1	2,6	4,9	8	12,2	17,9	25,8	36,6

Randamentul antenei este $\eta = R_r / (R_r + R_p)$. Rezistența pierderilor R_p este suma pierderilor în pământ, în rezistența peliculară a conductorului și a pierderilor în dielectrice, totalizând $5-30 \Omega$. Dipolul în $\lambda/2$ are randament mai mare, având R_r mare și R_p mic.

Pentru a realiza comunicății radio cu alte continente pe frecvențe sub 7 MHz undele trebuie radiate la unghi mic față de pământ. Dipolii orizontali radiază la unghi mic numai dacă sunt la înălțime foarte mare, nepractică, pe când antenele verticale radiază din principiu la unghiuri mici, dacă au un plan de pământ bun și înălțime suficientă. Chiar și cu o înălțime fizică $0,1 \lambda$, antena verticală poate fi eficientă în benzi joase.

Dacă antena este înaltă de $\lambda/4$ și realizată din conductor filar, lungimea ei se calculează cu formula: $l = 71,3 / F \text{ MHz}$ iar radiatele cu formula $l = 71,9 / F \text{ MHz}$. În cazul țevilor sau pilonilor se aplică un coeficient de scurtare mai mare.

În Fig. 3.7.6 se dă variația rezistenței active (curba continuă) și a reactanței (curba din „c”) antenei verticale funcție de înălțimea ei fizică, pentru un sol ideal. O antenă înaltă de numai $0,1 \lambda$ (16,5 m la 1,8 MHz) are o rezistență de radiație de cca 5Ω . Folosind suficiente radiate pe sol sau înălțate, rezistența de pierderi se reduce la 5Ω și randamentul este cca 50%.

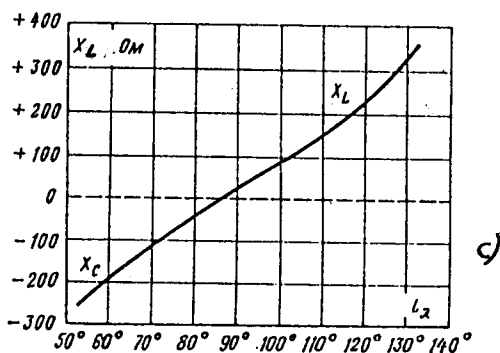
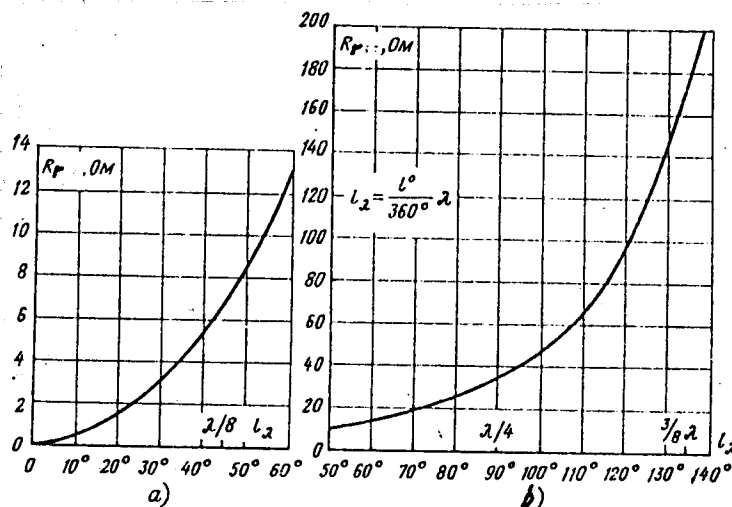


Fig. 3.7.6

Alimentarea antenelor verticale

Antenele verticale se pot alimenta în diverse moduri (Fig. 3.7.7)

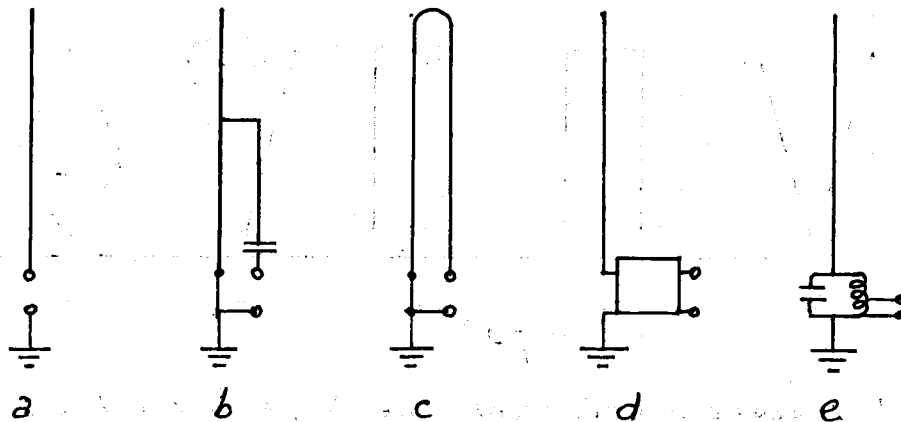


Fig. 3.7.7

În Fig. 3.7.7.a antena verticală în $\lambda/4$, care are rezistența de radiație 36Ω , plus rezistența de pierderi de $5-20\Omega$, se alimentează direct cu coaxial de 50Ω , RUS fiind sub 1,5.

În Fig. 3.7.7.b antena verticală în $\lambda/4$ se alimentează cu ajutorul unui dispozitiv gama.

În Fig. 3.7.7.c antena verticală în $\lambda/4$ este transformată în antenă semibuclă în $\lambda/4$. Pentru a avea impedanța de 50Ω , cele două laturi au diametre diferite sau pot fi tresa și conductorul central al unui cablu coaxial (vezi paragraful 2.2).

În Fig. 3.7.7.d alimentarea antenei verticale în $\lambda/4$ se face cu ajutorul unui circuit L-C de adaptare. Presupunând rezistența de radiație a antenei R_r mai mică decât impedanța caracteristică a coaxialului R_c , circuitul (Fig. 3.7.8) se calculează cu relațiile:

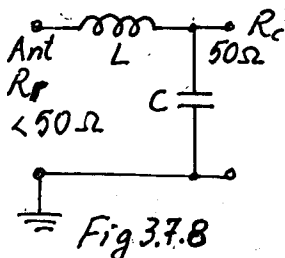


Fig. 3.7.8

$$Q = \sqrt{\frac{R_c}{R_r} - 1} \quad X_L = Q \cdot R_r \quad X_C = \frac{R_c}{Q}$$

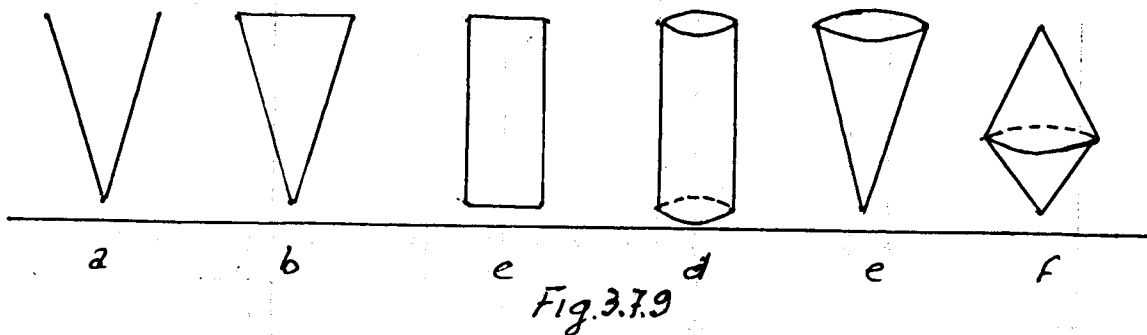
Aflând reactanțele bobinei și condensatorului, se pot afla inductanța și capacitatea la frecvența dorită. Dacă R_r este mai mare decât 50Ω , condensatorul se mută în

partea stângă a schemei iar sub semnul radical este R_r/R_c .

În Fig. 3.7.7.e antena verticală are lungimea $\lambda/2$, impedanța este mare la capete și alimentarea ei se face cu un circuit oscilant derivație. Priza pe bobină se alege pentru a avea RUS minim în coaxial.

Antene verticale monopol de bandă largă

In Fig. 3.7.9 se dau câteva tipuri de antene verticale monopol de bandă largă.



Banda de trecere a antenelor este îngustă când conductorul are raportul L/C mare. Pentru a lărgi banda se mărește C , adică suprafața conductorului.

In Fig. 3.7.9a, în loc de un conductor antena are două sau mai multe.

In Fig. 3.7.9b conductorul antenei este un triunghi din tablă sau plasă.

In Fig. 3.7.9c conductorul are formă dreptunghiulară.

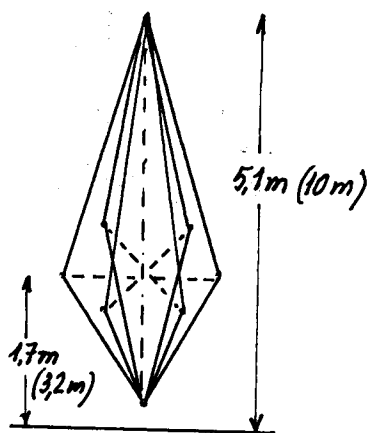
In Fig. 3.7.9d conductorul este cilindric, din tablă, sau o rețea de conductoare fixate pe două cercuri.

In Fig. 3.7.9e antena este un con realizat din conductoare, susținute de un pilon. O realizare profesională are pilon înalt de 26,5m, diametrul cercului de sus 40m și acoperă gama 2-30 MHz cu RUS sub 2.

In Fig. 3.7.9f antena este denumită „bicon”. O realizare profesională are pilonul înalt de 7m, diametrul cercului 5m și acoperă gama 7-30 MHz cu RUS sub 2. În jurul cercului sunt 16 conductoare. Impedanța este cca 50Ω.

Antena verticală 14-30 MHz UW4HW

In Fig. 3.7.10 se da antena de bandă largă „exponențială”



Ea este formată din 6 conductoare dispuse în jurul unui pilon nemetalic, unite la vârf și la bază. Conductoarele sunt ținute la distanță de pilon cu 6 tije izolante, lungi de câte 1m (2m).

Antena are impedanța cca 70Ω și RUS între 14-30 MHz este sub 1,4.

Antena are 6 radiale de câte 5,6m (10,5m).

Dimensiunile din paranteze sunt pentru gama 7-30 MHz.

Antena „L culcat” pentru 1,8 MHz.

În Fig. 3.7.11 se dă o antenă în $\lambda/4$ pentru 1,8 MHz, cu lungimea totală 39,6 m. Deoarece înălțimea de 40 m este irealizabilă practic, se face un compromis.

Partea verticală se realizează cât mai înaltă, pentru lucrul la distanțe mari. Partea orizontală permite lucrul la distanțe mici.

Antena se alimentează cu coaxial și transmăci, sau la baza antenei se introduce un circuit de adaptare ca în Fig. 3.7.8. Pentru a lucra și în alte benzi acest circuit este mai complex și se comută cu releu.

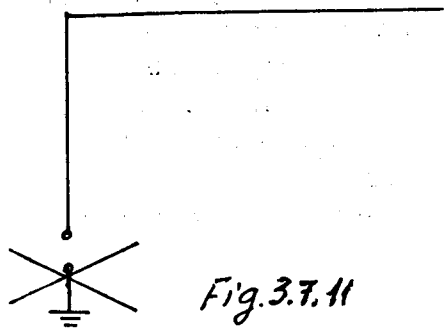


Fig. 3.7.11

Antene verticale scurte.

Pe frecvențe joase realizarea antenelor cu înălțimea $\lambda/4$ fiind dificilă, ele se scurtează iar rezonanța se obține cu capacitate terminală, cu bobină sau cu metoda „linear loading”.

Reducând înălțimea antenei la jumătate randamentul rămâne destul de bun. În urma scurtării antena are un Q mai mare și o bandă de trecere mai îngustă. O antenă verticală înălțată de $\lambda/2$ ($0,125\lambda$) în banda de 80m are randamentul 82%, rezistența de radiație $6,8\Omega$, lungimea $10,64m$ și o reactanță capacitară de 298Ω , care trebuie compensată.

În Fig. 3.7.12 se face o comparație între metodele de compensare.

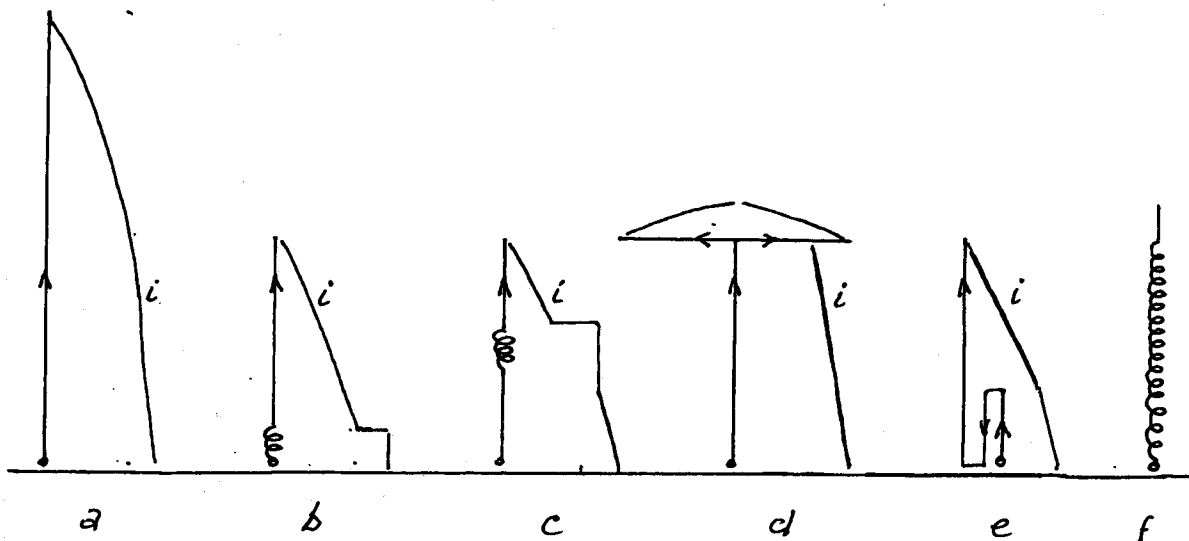


Fig. 3.7.12

În Fig. 3.7.12.a antena verticală în $\lambda/4$ este completă. Suprafața cuprinsă între antenă și curba curentului este proporțională cu puterea radiată, și este maximă.

În Fig. 3.7.12.b din antenă se folosește doar jumătatea superioară. În bobină curentul este mare și constant, dar ea nu radiază și introduce pierderi și mărește Q -ul antenei, dar asigură rezonanța.

În Fig. 3.7.12.c bobina este plasată mai sus pe antenă, puterea radiată este mai mare, dar bobina trebuie să aibă inductanță mai mare și are pierderi mai mari.

În Fig. 3.7.12.d din antena în $\lambda/4$ se folosește jumătatea inferioară, unde curentul are valori mari și puterea radiată e mare. Jumătatea de sus a antenei a fost „despicată” în două conductoare, care s-au rabatat orizontal. Prin fiecare curge jumătate din curentul existent la vârf, dar având sensuri contrare, radiația lor se anulează în mare parte. Despicarea vârfului antenei se poate face în 4-6-8-12-n conductoare din ce în ce mai scurte, dispuse radial, care au același efect. Vârfulurile lor se pot uni cu un conductor, mărind capacitatea discului echivalent. Metoda se numește „capacitate terminală” și este cea mai eficientă.

Dotarea antenei cu bobină sau cu capacitate terminală se numește „încărcare”, deși termenul corect este compensare. Compensând scurtarea antenei verticale cu capacitate la vârf, rezistența de radiație (și randamentul) are valori mai mari decât folosind bobină la baza antenei (Fig. 3.7.13)

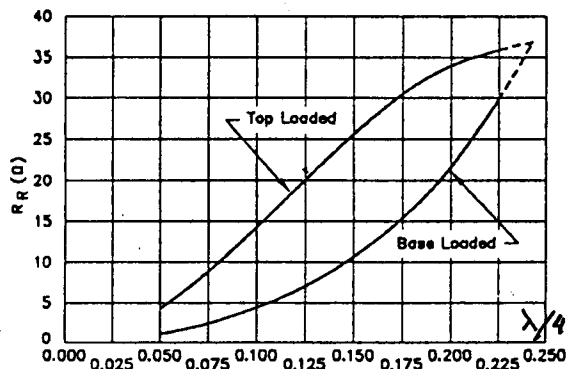


Fig. 3.7.13

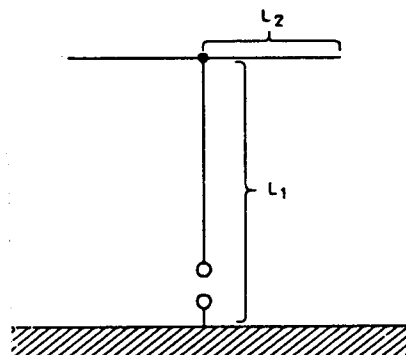


Fig. 3.7.14

Pe Fig. 3.7.14 lungimile L_1 și L_2 sunt ale celei mai simple antene verticale scurtate, numită antenă în T. Pentru banda de 80m, la diverse scurtări, L_1 și L_2 au valorile următoare:

L_1 m	19,14	17	14,9	12,77	10,64	8,5
L_2 m	0,73	2,13	3,63	5,27	6,95	9,17

Antena în T la 80m este o țeară $\phi 30$ mm, înaltă de 8,5m cu conductor orizontal de 2×105 m și 12 radiale de 21,2m înălțate 0,5m de terasa blocului. Antena rezonază pe 3550 KHz dar funcționează și în 160m și 40m cu ajutorul unui transmaci.

Pentru a fi folosită și în benzile superioare (cu transmaci) conductorul orizontal se conectează la vârful antenei cu o lamelă elastică de contact, de care este legat un fir de nylon.

Trăgând de firul de nylon antena rămâne verticală de 8,5m.

Pentru frecvențe mai joase antenă în T are 3 conductoare orizontale menținute paralele cu țevi din duraluminiu.

Pentru banda de 40m o antenă verticală scurtată se poate realiza dintr-o țeară înaltă de 7,14m în vârful căreia se fixează 6 „spite” lungi de 50cm, unite la vârfuri cu un conductor.

În Fig. 3.7.15 se vede antena verticală WB1FSB pentru 80, 40, 15 și 10m.

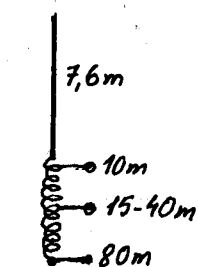


Fig. 3.7.15

Bobina are 30 spire pe lungimea de 127mm, cu pas, pe o carcasă cu diametrul 64mm (sau în aer), cu conductor Cu $\phi 1-2$ mm (23 μ H)

Conductorul central se conectează la prize alese experimental pe bobină, pentru RUS minim. Tresa se conectează la radiale (de preferat înălțate de la sol) dintre care 5 au lungimea de 4,57m și 5 au 7,62m.

O antenă verticală pentru banda de 80 m, din țevă $\phi 30\text{mm}$, lungă de 10,15 m, cu bobină de $16,6\ \mu\text{H}$ la bază ($Q=200$), are randament 27% și banda de trecere de două ori mai îngustă decât antena în $\lambda/4$. Aceeași antenă, dar cu dispozitiv de alungire cu linie (Fig. 3.7.12.e), are randament 35%. Aceeași antenă, dar cu capacitate terminală (la vârf) are randament 55%. În toate variantele s-a considerat o rezistență de pierderi de $15\ \Omega$, care poate fi redusă îmbogățind sistemul de radiale și înălțându-l de la sol.

În Fig. 3.7.12.f scurtarea antenei s-a făcut bobinând conductorul pe un suport din lemn, plastic sau fibră de sticlă, cu spire rare. La vârful antenei se lasă o porțiune de conductor liniar sau se montează o capacitate terminală. Suportul are diametrul 3-25 cm în unde scurte. Antena are bandă foarte îngustă. Suportul are cel puțin 4 m în 80 m, 2 m în 40 m iar numărul de spire se găsește experimental. S-a constatat că este nevoie de un conductor lung aproximativ de $\lambda/2$, bobinat cu pas egal, pentru a obține o antenă în $\lambda/4$, deci cca 40 m pentru banda de 80 m și cca 80 m pentru 160 m. Rezistența de radiație este mică, 3-10 Ω și impune un circuit de adaptare și sistem de radiale.

Antenă verticală pentru 3,5-28 MHz.

În Fig. 3.7.16 se dă o antenă verticală acordabilă în US.

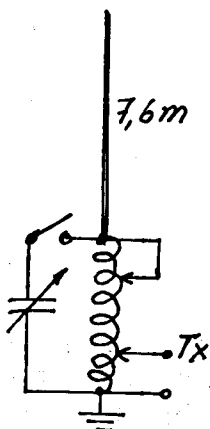


Fig. 3.7.16

Bobina are 30 spire cu $\phi 2\text{mm}$ bobinate pe o carcasă cu diametrul 63 mm, cu pas de 2 mm (cca $25\ \mu\text{H}$). Bobina are prize la fiecare spirală. Prin comutare se aleg prizele optime pentru RUS minim, în fiecare bandă. Conductorul de împământare nu trebuie să depășească 1,5 m. Condensatorul variabil are 100-150 pF și se folosește doar dacă este nevoie.

Bobina și condensatorul se montează la baza antenei (de ex. la margina balconului). Se folosește un sistem de radiale, armătura blocului, sau un conductor lung de 7,6 m, izolat, drept „contragreutate”.

Un dipol simetric alimentat cu linie paralelă cu aer (scăriță) sau în plastic, devine antenă în T dacă se scuteircuiează jos capetele liniei. (Fig. 3.2.27)

Dacă rezistența de pierderi este cca 10Ω , randamentul antenei scurtate la lungimea l° exprimată în grade are valori mai mari la antena cu capacitate la vârf decât la antena cu bobină la bază:

l°	90°	75°	50°	35°	25°	15°	10°
Γ	76%	75%	65%	51%	37%	18%	8,3%
ϵ	76%	65%	42%	24%	21,4%	5,3%	2,4%

Diagrama de radiație a antenei verticale scurtate este practic la fel ca diagrama antenei verticale în $\lambda/4$ complete. (Fig. 3.7.3)

Rezistența de radiație a antenei scurtate la $\lambda/8$ (Fig. 3.7.12.b) este $6,28\Omega$, a antenei scurtate la $\lambda/8$ din Fig. 3.7.12.d este $18,3\Omega$, iar a antenei scurtate cu linie din Fig. 3.7.12.e este $16,4\Omega$. Diferența dintre ultimele două este cca 10% și alegerea e o problemă constructivă

Capacitatea terminală și „linia” măresc rezistența de radiație și nu au pierderi. Bobina de alungire are pierderi estimate cu formula: $R_p = X_L / Q$. Poziția ei optimă este la mijlocul antenei scurtate.

Dacă se constată o lărgime mare de bandă la o antenă verticală scurtată și compensată, probabil bobina are Q mic sau există pierderi mari în pământ (radiale puțin).

La antena verticală în T realizată din conductor $\phi 2\text{mm}$ pentru banda de 80m, lungimea părții verticale V și a celei orizontale O sedau în tabelul de mai jos. Pentru 160m lungimile se înmulțesc cu 1,9. Variațiile sunt aproape liniare.

V m	9	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16
O m	17	15	14	13	12,2	11,3	10,5	9,8	9	8,5	7,8	7,2	6,6	5,8

Antena foarte scurtată pentru lucrul în mobil

La această antenă bobina de compensare se montează la bază sau la mijloc, performanțele fiind aproape la fel. Bobina montată la centru trebuie să aibe inductanța de două ori mai mare decât bobina montată la bază. Inductanța bobinei montată la bază are $345\mu\text{H}$ în 160m, $77\mu\text{H}$ în 80m, $20\mu\text{H}$ în 40m, $4,5\mu\text{H}$ în 20m și $1,25\mu\text{H}$ în 15m.

Rezonanța pe frecvența dorită se reglează din vârful telesopic al antenei, iar RUS minim - alegând spira optimă pe bobină.

O variantă de antenă foarte scurtată, pentru auto, se realizează pe o vergea din fibră de sticlă lungă de 1,8m, pentru banda de 80, 40, 20 sau 15m. Vergeaua se împarte în 6 segmente de câte 30cm. Conductorul Cu $\phi 0,9\text{mm}$ se bobinează fără pas (spire alăturate) pe segmentul de la bază și cu pas de 3, 6, 12, 25 și 50mm pe segmentele următoare. Frecvența de rezonanță se ajustează eliminând spire de la vârf. Banda de trecere este 60kHz în 80m, 100kHz în 40m, 250kHz în 20m și 500kHz în 15m.

Antene verticale mai lungi decât $\lambda/4$

Alungind antena în $\lambda/4$ rezistența ei de radiație crește, randamentul crește și impedanța capătă o componentă inductivă, care trebuie compensată cu un condensator în serie la bază (Fig 3.7.17)

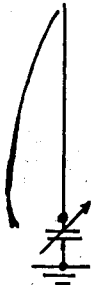


Fig. 3.7.17

Radialele pot fi multe, pe pământ, sau doar patru, lungi de $\lambda/4$, înălțate de la pământ (Ground Plane). În acest caz, pentru adaptarea directă cu coaxialul de 50 Ω , antena pentru banda de 40m este o țevă ϕ 40mm înălță de 11,6m iar radialele au câte 10,4m. Pentru banda de 20m țeava are 5,8m ϕ 34mm, iar radialele câte 5,2m. Pentru benzile de 15m și 10m țeava este ϕ 20mm, lungă de 3,85m respectiv 2,85m iar radialele, 3,5m respectiv 2,6m. Condensatorul variabil are capacitatea maximă

250-150-130 și respectiv 100pF, cu distanță mică între plăci.

Alungirea Teoretică este de la $0,25\lambda$ la $0,28\lambda$. Practic se aplică un coeficient de scurtare, care crește cu diametrul.

Pentru banda de 6m, antena are 1,634m țevă ϕ 10mm iar radialele, 4 bucăți de câte 1,66m ϕ 2mm.

Antena „L culcat” pentru banda de 1,8MHz NS80

În Fig. 3.7.18 se vede antena parțial verticală pentru 160m.

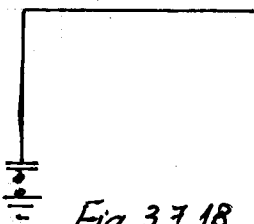


Fig. 3.7.18

Lungimea totală este 50,3m. Partea verticală trebuie să fie cât mai înaltă, dar cel puțin 12m. Impedanța este $Z = 50 + j88\Omega$. Partea inductivă se compensează cu un condensator de cca 1.000pF. Antena trebuie să aibă un sistem de radiale.

Ajustând valoarea condensatorului și lungimea antenei se poate obține RUS sub 1,5. Cu ajutorul unui transmăci

antena se poate folosi în toate benzile. Pentru banda de 80m antena are 25,7m iar condensatorul, cca 550pF. Antena radiază și unde polarizate orizontale. Antena lucrează bine și cu un singur radial de 50,3m în 160m sau 25,7m în 80m, sub antenă.

O variantă a acestei antene are lungimea totală 55m iar condensatorul este variabil, de 250pF și se scurtcircuitează în banda de 80m (și mai sus), fiind în funcțiune în banda de 160m.

Antena verticală în $\lambda/2$

În Fig. 3.7.19 se dă diagrama de radiație în plan vertical a antenei verticale în $\lambda/2$, prevăzută cu 60 radiale în $\lambda/4$. Se constată

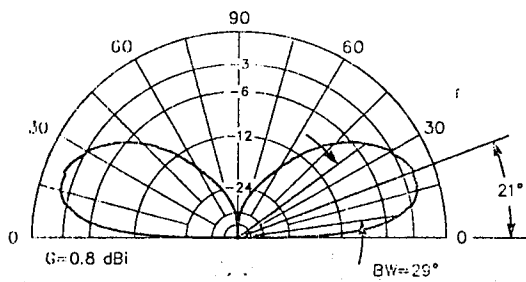


Fig. 3.7.19

că unghiul lobului de radiație are 21° , față de 26° la antena verticală în $\lambda/4$.

Distribuția unei staționare de curent este o jumătate de sinusoidă, cu maxim la mijloc și minime la vârf și la bază. Unda staționară de tensiune are maxime la capetele antenei și minime la mijloc. De

aceea curenții radiali care circulă prin sol (și prin radiale) sunt minime la baza antenei. Densitatea maximă a curentului prin sol este la distanța $0,35\lambda$ față de baza antenei, ceea ce impune folosirea unor radiale mai lungi (de $0,4-0,5\lambda$) decât la antena verticală în $\lambda/4$. Deoarece maximum curentului se află la înălțime mare, zona Fresnel din jurul antenei, de reflexie a undelor pe sol, se află la distanță mai mare și impune radiale mai lungi, de cel puțin $0,6\lambda$.

Un pilon înalt de cca 20m se poate folosi ca antenă verticală în $\lambda/2$ în banda de 40m și în $\lambda/4$ în 80m, baza fiind izolată de sol. Varianta înaltă de cca 10m este bună pentru benzile 20 și 40m.

Antena verticală în $\lambda/2$ se alimentează la bază cu circuit oscilant derivație sau cu linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit.

Antena verticală în $5\lambda/8$

În Fig. 3.7.20 se dau diagramele de radiație în plan vertical ale antenei în $5\lambda/8$ ($0,625\lambda$), cu 60 de radiale aflate pe diferite soluții.

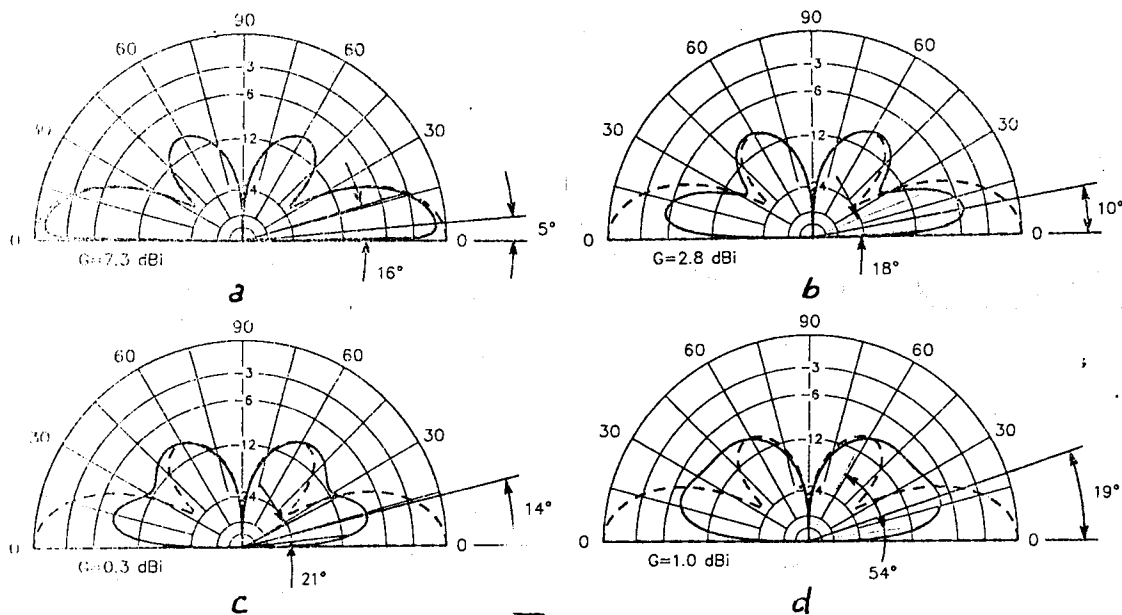


Fig. 3.7.20

În Fig. 3.7.20. a este diagrama de radiație deasupra mării, care diferă foarte puțin de diagrama deasupra unui pământ perfect conductor și de diagrama antenei Ground Plane în $5\lambda/8$.

Energia este concentrată la unghiuri mici, cu un maxim la unghiul de 5° , ceea ce este aplicat la pilonii înalți de radiodifuziune din unde medii și la comunicațiile la mari distanțe în unde scurte și ultracurte. Oricare ar fi calitatea solului, antena verticală în $5\lambda/8$ radiază la unghiuri mai mici decât antena în $\lambda/4$ sau $\lambda/2$. Radiația este omnidirecțională.

Câștigul antenei în $5\lambda/8$ este de 3 dB (de două ori puterea) față de antena în $\lambda/4$ și de cca 6 dB față de dipolul în $\lambda/2$, pentru un plan de pământ perfect conductor. Lobul de radiație maximă este foarte îngust; în unghiul de 16° puterea scade cu 3 dB.

În Fig. 3.7.20 b este diagrama antenei în $5\lambda/8$ cu 60 radiale deasupra unui pământ foarte bun. (curba continuă) comparată cu diagrama deasupra unui pământ ideal (linia întreruptă). În ciuda radialelor, solul aflat la distanță de antenă, în zona Fresnel, produce o înălțare a lobului la 10° și o scădere a puterii cu cca. 5 dB.

Deasupra unui sol mediu (Fig. 3.7.20 c) și a unui sol foarte sărac (Fig. 3.7.20. d) diagrama de radiație se modifică dramatic, câștigul devenind egal sau mai mic cu cel al antenei verticale în $\lambda/4$.

3.7.1. Antene Ground Plane rezonante

La antenele Ground plane, pământul este simulat cu 4 radiale lungi de $\lambda/4$, înălțate mult de la sol, odată cu antena. Antenele GP sunt de obicei în $\lambda/4$ sau $5\lambda/8$. Inclinand radialele antenei GP înaltă de $\lambda/4$, impedanța ei crește de la 36Ω la 50Ω când înclinarea este cca 45° față de pilon. În unde scurte, comparând radiația la unghiuri mici, antenele GP sunt competitive cu alte tipuri de antene (vezi Tabelul)

Tipul antenei	Procente de energie radiată %		
	0-5°	3-12°	3-20°
Ground Plane $5\lambda/8$	30	65	90
Cubical Quad la $h = \lambda/2$	30	50	80
Ground Plane $\lambda/4$	12	33	50
Dipol în $\lambda/2$ la $h = \lambda/2$	2	12	30
Jagi 2 elemente la $h = \lambda/2$	2	5	15

Pentru a nu degrada diagrama de radiație, pilonul antenei GP trebuie să aibe lungimi diferite de $\lambda/4$, $2\lambda/4$, $3\lambda/4$ etc iar coaxialul să fie bobinat ca șoc RF lângă bornele antenei.

Antena GP în $\lambda/4$ are 3 dB câștig față de dipolul în $\lambda/2$.

Antena Ground Plane în $\lambda/4$

În Fig. 3.7.21 se dă antena GP în $\lambda/4$ înălțată de la sol, cu 4 radiale horizontale în $\lambda/4$. Antena se realizează din țevă $\phi 34$ mm în banda de 40 m și 20 m și $\phi 20$ mm în 15 m și 10 m. Lungimea antenei este 10,25 m în 40 m, 5,07 m în 20 m, 3,4 m în 15 m și 2,49 m în 10 m. Radialele sunt din conductor $\phi 2$ mm și au lungimile: 10,4 - 5,2 - 3,5 - 2,6 m.

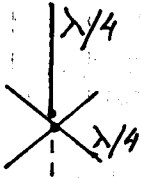


Fig. 3.7.21

Inclinarea radialelor la 45° și chiar reducerea lor la trei (HB90P) mărește impedanța antenei la cca 50Ω și în bună măsură este adaptarea cu coaxialul de 50Ω . Lungimea antenei se calculează cu formula $l[m] = 71,5 / \sqrt{f[MHz]}$. Antena se înalță cât mai mult pentru a evita absorbția energiei în sol și clădiri.

Antena este monoband. Pentru 50 MHz antena are 1,38 m $\phi 15$ mm iar radialele, câte 1,44 m. Pentru 145 MHz antena are 48 cm $\phi 10$ mm iar radialele câte 50 cm $\phi 5$ mm, înclinate la 45° .

Antena Ground Plane 7-14-21-28 MHz W6 CVW

În Fig. 3.7.22 se dă antena GP realizată în 1957 de W6 CVW.

Așa cum dipolii în $\lambda/2$ pe benzi diferite se pot lega în derivație, admitând o oarecare influențare reciprocă, și antenele GP în $\lambda/4$ se pot lega în derivație.

Țeava antenei pentru 40 și 15 m ($\phi 40$) susține și țevile (sau chiar conductoarele) antenelor pentru 20 m și 10 m. La bază țevile sunt fixate pe o placă izolantă fixată în vârful pilonului. Între antene distanța este 15-20 cm. Radialele sunt cel puțin câte două pe fiecare bandă, lungimile lor fiind cu 2,5% mai lungi decât antena respectivă, și înclinate.

Pentru un randament mai mare antena pentru 28 MHz se lungeste la 2,97 m și în punctul x se înseriază un condensator variabil de 50 pF iar antena pentru 20 m se lungeste la 6,1 m și în punctul y se înseriază un condensator variabil de 100 pF. Lungimea radialelor se reglează în poziția reală.

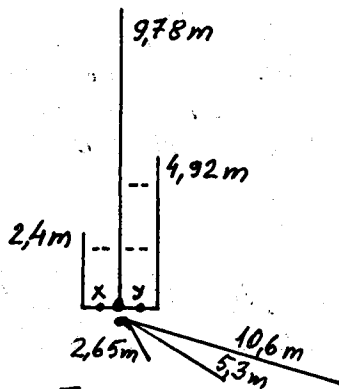


Fig. 3.7.22.a

În Fig. 3.7.22.b se dă varianta recalculată pentru 14-21-28 MHz, la care fiecare antenă are lungimea $0,28 \lambda$, impedanța de 50Ω și un condensator serie la bază, care compensează reactanța inductivă a antenei alungite. Condensatoarele se pot realiza din bucăți de coaxial gros, care suportă tensiuni mai mari. Lungimile lor calculate și lungimile radialelor se reglează după instalare.

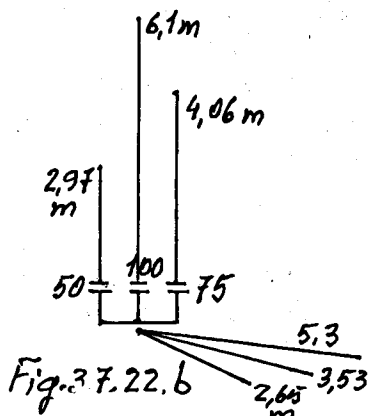


Fig. 3.7.22.b

Antena Ground Plane 14-21-28 MHz

Această antenă se dă în Fig. 3.7.23. Cele 3 țevi din aluminiu $\phi 20\text{ mm}$ se fixează pe o placă izolantă fixată în vârful pilonului, distanța dintre ele fiind minim 30 mm.

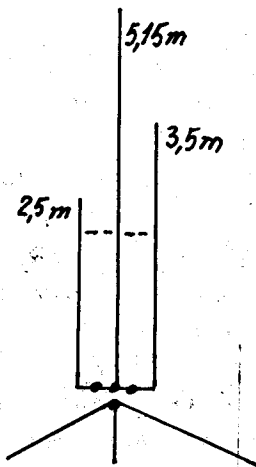


Fig. 3.7.23

Radialele, câte două pentru fiecare bandă, înclinată, au lungimile de 5,2-346-2,55 m. Radialele nu fac contact cu vârful pilonului metalic.

Antena se alimentează cu coaxial de 50 Ω .

Pentru a lucra în 5 benzi (14-18-21-24-28 MHz) se folosesc încă două țevi, lungi de 4,05 m și 2,95 m, și câte două radiale lungi de 4,15 m și 3,01 m iar distanța dintre țevi se mărește la 100 mm. Antena pentru 20 m are bază legată la radiale și se alimentează cu dispozitiv gama lung de 1,6 m, cu condensator variabil de 150 pF în serie.

cu condensator variabil de 150 pF în serie.

Pilon folosit ca antenă Ground Plane

În Fig. 3.7.24 se dă o antenă GP în $\lambda/4$ realizată pe un pilon legat la pământ, mai înalt decât $\lambda/4$. În funcție de raportul λ/d , unde λ și d se iau în metri, se găsește coeficientul de scurtare K în tabelul:

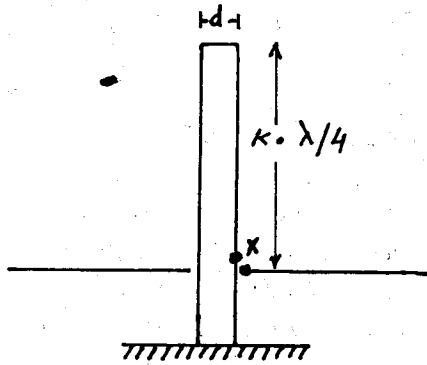


Fig. 3.7.24

λ/d	40	50	60	70	80	100	150	200
K	0,935	0,94	0,943	0,946	0,95	0,952	0,956	0,962

Se folosesc 4 radiale în $\lambda/4$, eventual înclinată, intersecția lor fiind în exteriorul pilonului, fixată cu un izolator de pilon. Dacă în vârful pilonului există o antenă Jagi, coaxialul acesteia și cablul de comandă al rotorului se poartă prin interiorul pilonului, sau pe exterior, conectând ecranele acestor cabluri din metru în metru la pilonul metalic, și mai ales în dreptul punctului X.

În acest caz poziția punctului X se mută experimental mai sus, odată cu radialele, până se obține RUS minim pe frecvența dorită.

Dacă RUS nu scade sub 1,5, adaptarea se realizează cu circuit L-C (Fig. 3.7.8).

Dacă întâmplător pilonul are înălțimea $k \cdot \lambda/4$, alimentarea lui se face cu dispozitiv gama, față de sistemul de radiale cât mai bogat, de la bază.

Antena Ground Plane monopel îndoit

Această antenă se dă în Fig. 3.7.25. Ea provine din dipolul Yaqi, de la care se folosește o latură, cealaltă fiind înlocuită cu un plan de pământ, cu rol de oglindă electrică. La diametre egale ale conductoarelor d_1 și d_2 , impedanța antenei este cca 140Ω . Pentru a obține impedanța de 50Ω , conductorul d_1 trebuie să fie de 6-7 ori mai gros decât d_2 . Dimensiunile pentru diferite frecvențe se dau în tabel.

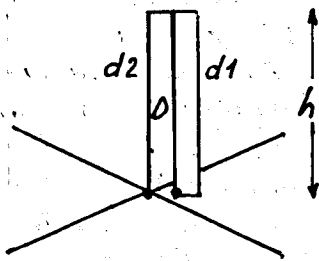


Fig. 3.7.25

F MHz	h m	d1 mm	d2 mm	D mm
3,8	17,22	171	25,4	292
7,2	9,08	89	12,7	152,4
10,1	6,28	63,5	9	108
14,2	4,6	44,5	6,35	76,2
18,1	3,63	35	5,7	58,4
21,2	3,08	31,7	5	50,8
24,9	2,56	26,7	3,8	44,4
29	2,25	22,2	3,2	38,1

Distanța D între conductoarele d_1 și d_2 se măsoară la exteriorul lor. Antena are banda de trecere mai largă decât GP obișnuit.

Antena verticală GP cu trap, pentru 21-28 MHz F3XY

Această antenă se dă în Fig. 3.7.26. Ea aplică principiul antenei W3BZZ. Circuitul oscilant derivație (trap) rezonază în banda de 28 MHz și se comportă ca un izolator, separând latura de sus de cea de jos. În 28 MHz lucrează doar latura de jos, în $\lambda/4$. În 21 MHz condensatorul având reactanță mare, conțea doar bobina, care împreună cu latura de sus alungește antena la lungimea $\lambda/4$ pentru 21 MHz.

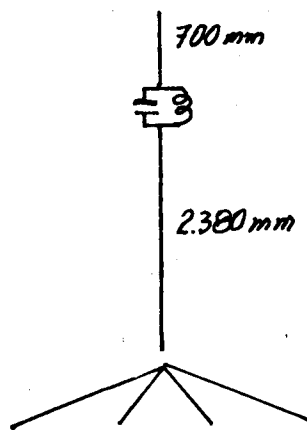
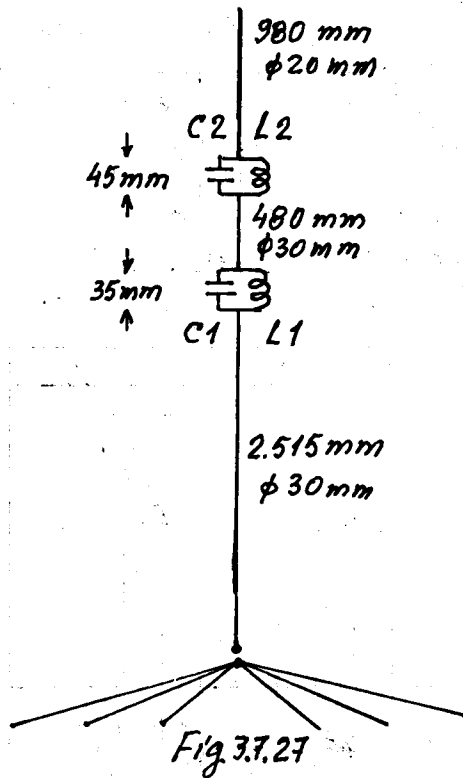


Fig. 3.7.26

Laturile antenei sunt din țeară $\phi 20\text{mm}$. La bază antena este fixată pe o placă izolantă montată în vârful unui pylon. Antena are două radiiale înclinate la 45° pentru 21 MHz (3,5 m) și două pentru 28 MHz de câte 2,65 m. Între secțiunile antenei se introduce forțat o bară de teflon, tășând un interval de 60 mm. Bobina are 2 spire din Cu $\phi 3\text{mm}$, lungimea 60 mm și diametrul 70 mm. Condensatorul are 72 pF, la tensiune mare și poate fi realizat dintr-o bucată de cablu coaxial.

Antena verticală GP cu trapuri pentru 14-21-28MHz YO3ΔZ

In Fig. 3.7.27 se dă antena verticală cu trapuri pentru 3 benzi.



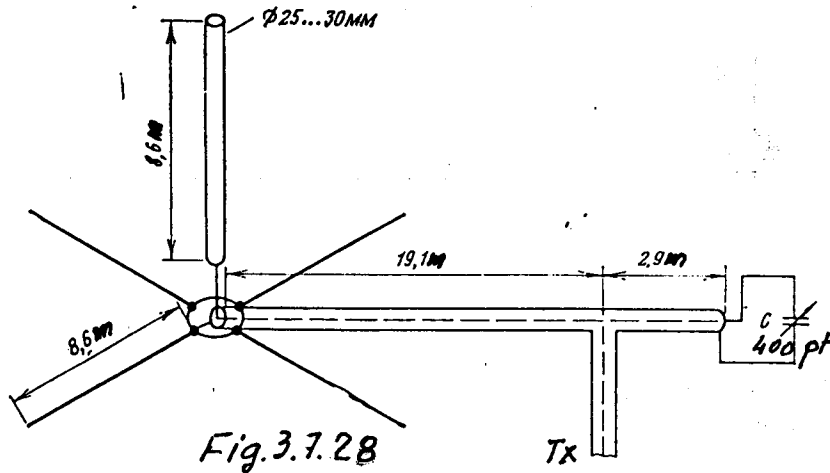
Secțiunile din țevă se îmbină cu bare de textolit sau teflon. Trapul $L_1 C_1$ pentru 28 MHz are un condensator de 25 pF / 3 kV. Bobina are 4 spire din sârmă de cupru izolat cu plastic, alăturate, cu diametrul 65 mm. La trapul pentru 21 MHz, $C_2 = 25 \text{ pF} / 3 \text{ kV}$ iar bobina este la fel cu L_1 , dar are 6 spire.

Trapurile se reglează „la rece” pe frecvențele mijlocii ale benzilor de 28 și 21 MHz. După montarea antenei se ajustează trapurile urmărind RUS minim în fiecare bandă, apoi se protejează.

Radialele, câte două pe fiecare bandă, au lungimile de 5,25 m, 3,55 m și 2,6 m și sunt înclinate la 45°.

3.7.2. Antene verticale Ground Plane nerezonante Antena verticală GP nerezonantă pentru 5 benzi

In Fig. 3.7.28 se dă această antenă înaltă de 8,6 m.



RUS este 1,5 în 40, 20 și 15 m; 2 în 10 m și 3-4 în 80 m.

Antena verticală GP pentru 5 benzi U4PA

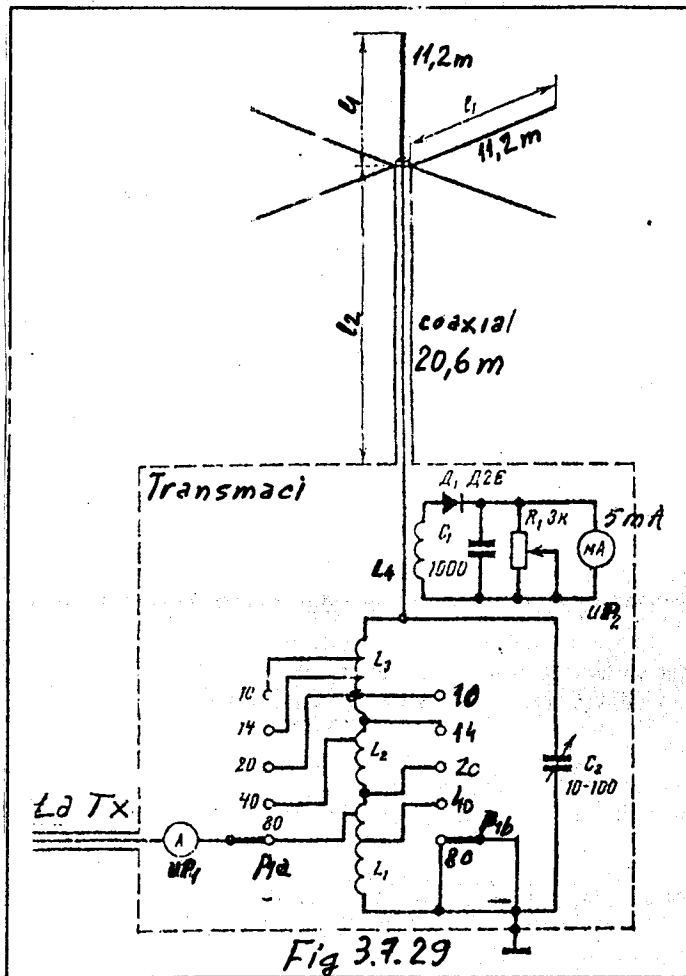


Fig 3.7.29

Antena este o țeară $\phi 45$ mm înaltă de 11,2m. Radialele sunt din conductor $\phi 1,5$ mm. Transmăciul este un circuit oscilant derivație.

L_1 are împreună cu L_2 cca 23 μ H iar L_3 , cca 1 μ H. Prizele pentru comutatorul dublu se aleg experimental, pentru RUS minim în fiecare bandă. Condensatorul variabil este cu distanță mare între plăci. Ampermetrul UP_1 poate lipsi, a cordul făcându-se după maximul indicat de UP_2 .

Transmăciul se poate monta chiar în etajul final. Lungimea antenei și a coaxialului asigură în 80m, 40m, 20m, 15m și 10m

maxim de tensiune al undei staționare pe circuitul oscilant, dacă factorul de scurtare al coaxialului este $K=0,66$. Pentru alt K , $l_2 = (42,5m - l_1) \times K$ unde K este cel real.

Antena verticală pentru 20, 15, 10 și 6m YO4MM

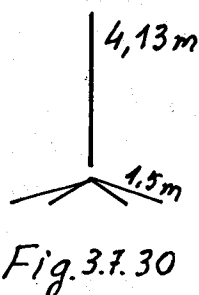
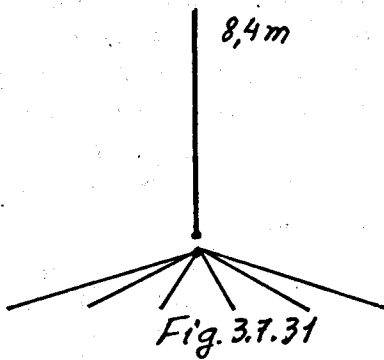


Fig.3.7.30

În Fig. 3.7.30 se dă antena GP realizată din platbandă de cupru lățime de 25mm, fixată cu șoci de-a lungul unei undițe din fibră de sticlă. Radialele sunt înclinate la cca 45°, din conductor CuE $\phi 1,5$ mm, prelungite cu corzi de nylon. RUS în benzile de 20, 15, 10 și 6m este respectiv 1,1, 1,2, 1,65 și 1,4.

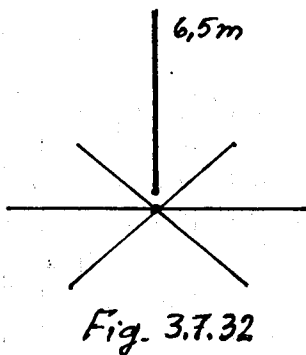
Antena verticală GP pentru 80, 40, 20, 15 și 10 m YO7DJ

Această antenă se vede în Fig. 3.7.31. Partea verticală este o țevă ϕ 35 mm cu ancore din nylon. Radialele au, câte două, lungimile: 8,4 m, 5 m, 2,5 m, 1,6 m și 1,2 m. Alimentarea se face cu coaxial lung de 8,4 m sau 16,2 m sau 25,2 m. și transmaci.



Antena verticală GP pentru 14, 21, 28 MHz YO4MM

Această antenă se vede în Fig. 3.7.32. Partea verticală este o țevă zincată lungă de 6,5 m cu diametrul 34 mm, ancorată cu șfori de capron. Radialele în număr de 8 sau 12 au câte 6,5 m. Cu ϕ 1 mm întinse orizontal la 10-50 cm deasupra solului (sau terasei blocului). În 28 MHz antena este în $5\lambda/8$, în 21 MHz este aproape în $\lambda/2$ iar în 14 MHz este $0,30\lambda$, câștigul fiind respectiv 5-4 și 3 dBd. Alimentarea se face cu coaxial de 50 Ω și transmaci.



Antena disccon

În Fig. 3.7.33 se vede antena de bandă foarte largă disccon,

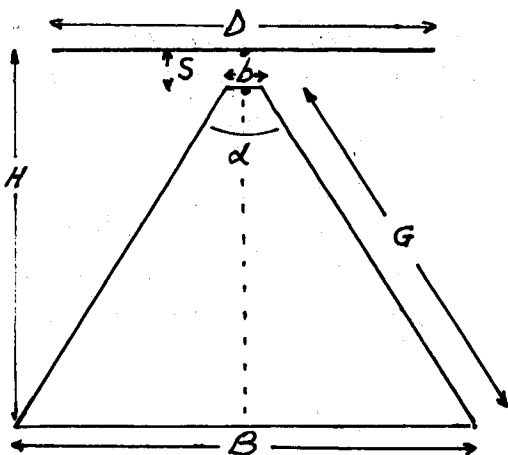


Fig 3.7.33

în secțiune. Impedanța ei, între disc și vârful „tăiat” al conului (b) este cea 50 Ω . Antena are „câștig” 3 dB și o diagramă de radiație omnidirecțională, la unghi mic. Calculul se face cu relațiile:

$$S = 0,3 \cdot b \quad D = 0,7 \cdot B \quad \alpha = 60^\circ$$

$$G \geq 22 \cdot b \quad H[m] = 72 / \sqrt{F[MHz]}$$

$$G = 0,866 \cdot H \quad B = G$$

Discul și conul se pot realiza și din țevi sau conductoare.

Coaxialul se introduce prin pilonul de susținere, are tresa conectată la vârful conului iar firul central, la disc.

Pentru a acoperi gama 7-30 MHz antena se realizează din conductoare ϕ 2-3 mm și țevi de duraluminu ϕ 22 (pentru „spitele” discului) dimensiunile fiind: $H = 9,75$ m, $G = 11,58$ m, $\alpha = 60^\circ$, $D = 811$ mm.

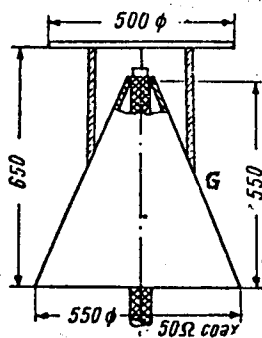
Pilonul are 11 m, astfel ca baza conului să fie la 1,2 m înălțime față de pământ. La bază generatoarele conului (16 sau chiar 32 conductoare) se unesc cu un conductor și se prelungesc cu corzi de nylon până la țărși. Vârful spitelor discului se unesc cu un conductor, iar cel puțin 4 dintre ele se fixează de țărși cu corzi de nylon.

Antena nu necesită reglaje și are RUS sub 1,5 între 7-30 MHz.

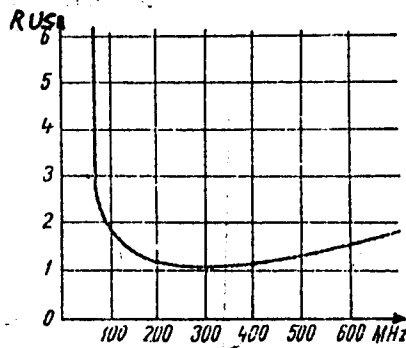
Pentru gama 14-30 MHz $D = 3,66$ m, iar $G = 5,5$ m.

Antenă discon pentru UUS

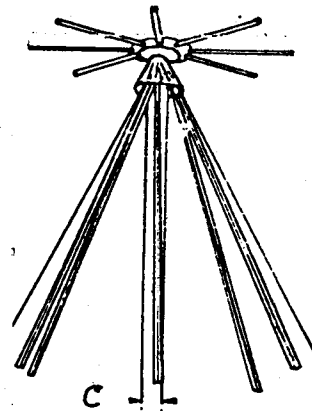
În Fig. 3.7.34 se dă antena discon pentru gama 100-700 MHz și variația RUS în această gamă (Fig. 3.7.34.b)



a



b



c

Fig. 3.7.34

Frecvența de lucru minimă a antenei discon este $F_i = 75/G$ în care G este lungimea generatoarei conului în metri.

În Fig. 3.7.34 c se dă o realizare simplificată a antenei.

Antena GP în $5\lambda/8$

Această antenă se dă în Fig. 3.7.35. Bobina „alungeste” electric antena de la $5\lambda/8$ la $6\lambda/8$, adică la $3\lambda/4$. Astfel la baza bobinei unda staționară de curent i are un maxim iar unda staționară de tensiune un minim și impedanța este mică.

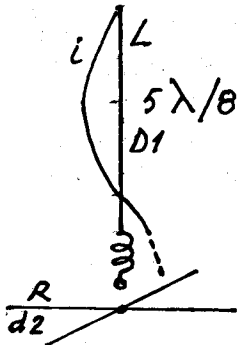


Fig. 3.7.35

Antena se alimentează cu coaxial de 50Ω . Diagrama de radiație în plan vertical are lobi la unghiuri mici față de pământ (Fig. 3.7.3). Câștigul este cca 5dB față de dipol. Dimensiunile pentru benzile de 6m și 2m se dau în tabel. Radialele sunt obligatorii.

	50 MHz	145 MHz
Lungimea L	3,6 m	1,15 m
Radial R	1,43 m	0,5 m
Diametrul D1	20 mm	10 mm
Diametrul d2	5 mm	5 mm
Bobina, spire	9	5
-"- diametru	30 mm	20 mm
-"- lungime	30 mm	20 mm

O variantă a antenei GP în $5\lambda/8$ pentru banda de 2m are partea verticală lungă de 1,17m, radialele de câte 49cm și bobina are 11 spire din conductor $\phi 1,6$ mm, cu diametrul 6,35mm și lungimea 38mm. Bobina se realizează pe un cilindru de teflon sau textolit prelucrat la strung astfel ca să susțină și antena.

Antena GP în $5\lambda/8$ pentru 50 MHz 304MM

În Fig. 3.7.36 se dă antena GP în $5\lambda/8$ cu linie înlocuite bobină.

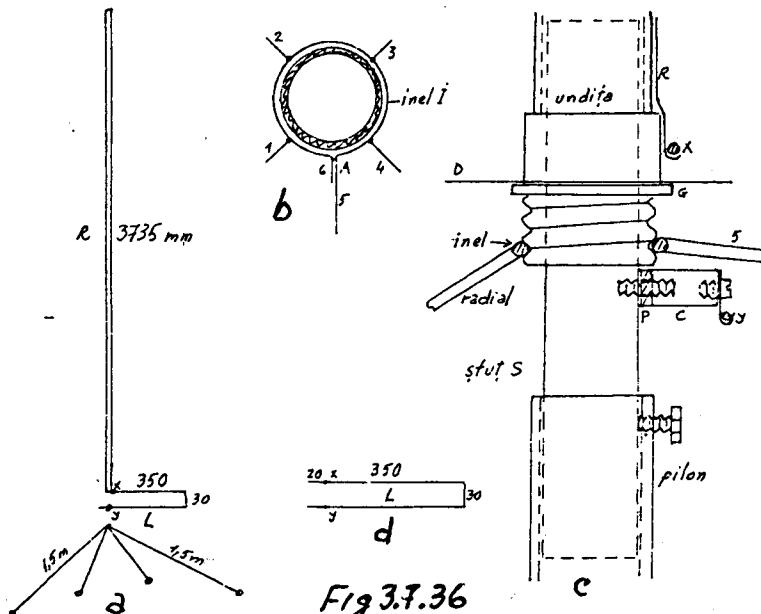


Fig. 3.7.36

Conductorul liniei are acea lungime pe care se așterne $\lambda/4$ din unda de curent și are formă de ansă pentru a nu radia. Linia este mai ușor de realizat și reglat decât bobina.

Antena se realizează pe o undiță de 6m din fibră, la care s-a eliminat vârful. Inelele de metal se acoperă cu scoci. De-a lungul unditei se fixează cu scoci o bandă de cupru lată de 25mm, îndoită ca un jgheab. Capătul de jos al acestui radiant R se cositorește și se îndoaie în punctul X.

Cele 4 radiale din CuE ϕ 4,5mm se cositoresc la un inel i care apoi se strânge în punctul A, la baza filetată a unditei. Pilonul se introduce fest la baza unditei, sau cu un ștuț S intermediar.

Sub inelul radialilor se fixează un cilindru izolant C, lung de 20mm cu ϕ 12mm, cu găuri filetate la capete, cu piulița P și un „papuc” Y. Șaiba din plastic D protejează de ploaie și gheață.

Linia de alungire L se cositorește în punctele X, Y, lăsând o rezervă de 20mm pentru reglaje. Planul ei este puțin înclinat.

Tresa coaxialului se cositorește la inelul radialilor în punctul A. De capătul S al inelului se fixează coaxialul prin matisare.

Conductorul central al coaxialului se curbează în jos și se cositorește în punctul Y.

Radialele se prelungesc cu corzi de nylon până la 4 puncte de fixare, înclinate.

Pentru banda de 10m antena are 6,57m, linia L are 1,32m în total, iar radialele câte 2,6m și trebuie reglate pentru RUS minim.

Pentru banda de 2m antena are 1,25m, linia L are 26cm în total iar radialele câte 49cm.

3.8. Sisteme de antene dipol colineari

Așezând în linie doi, trei, patru (Fig. 3.8.1 a, b, c) sau mai mulți dipoli în $\lambda/2$ și alimentându-i cu curenți în fază, se obțin antene „șir colinear” cu câștig din ce în ce mai mare.

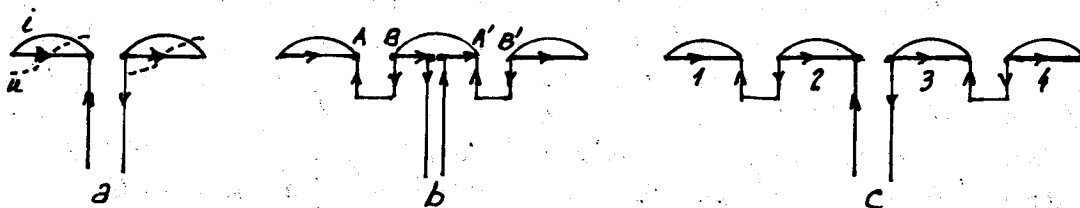


Fig. 3.8.1

În Fig. 3.8.1 a conductoarele de la capătul unei linii paralele în gol, lungi de $\lambda/2$, prin care circulă curenți staționari de sensuri contrare, au fost rabatate cu câte 90° . Ajungând colineare, curenții din conductoare au același sens și radiațiile lor se însușmează. S-a obținut antena în λ „dublu Zeppelin” din Fig. 3.6.4a cu diagrama de radiație un B alungit (Fig. 3.6.4b) și câștig 1,8 dB față de un singur dipol în $\lambda/2$. La bornele antenei unda staționară de curent trece prin minim iar unda de tensiune (linia întreruptă) trece prin maxime, deci impedanța este cca 95Ω .

Unda staționară de curent și tensiune se continuă pe linia de alimentare, în fiecare porțiune de $\lambda/2$ curentul având un sens iar în porțiunea următoare - sens contrar. Antena a fost creată de

C. S. Franklin în 1922.

În Fig. 3.8.1 b conductoarele unei linii paralele în gol au fost îndepărtate pe o lungime mai mare și rabatate cu câte 90° . Constatând că în porțiunile AB și A'B' lungi de $\lambda/2$ curentul circulă în sens contrar celorlalte 3 porțiuni, ele au fost pliate în formă de linii în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, care nu radiază.

Rămân să radieze „în fază” 3 dipoli colineari în $\lambda/2$, dând un câștig de cca 3 dB. La bornele antenei este maximul undei de curent, și impedanța este relativ mică, cca. 300Ω , depinzând de înălțimea față de pământ.

În Fig. 3.8.1 c șirul colinear are 4 dipoli cu curenți în fază, uniți prin linii în $\lambda/4$ care ascund porțiunile cu curenți contrari.

Impedanța antenei este mare iar câștigul cca 4,3 dB. Curenții din dipolii 1 și 4 sunt mai mici decât curenții din dipolii 2 și 3 la care se aplică puterea, deoarece aceștia au radiat deja o parte din putere. Adăugând la capete dipoli suplimentari, câștigul crește din ce în ce mai puțin. La 5 dipoli colineari câștigul este 5,6 dB, la 6 - 6,5 dB, la 7 - 7,3 dB, la 8 - 7,9 dB.

Alimentarea dipolilor colineari poate fi făcută și excentric, ca în Fig. 3.8.2 a sau la capăt (Fig. 3.8.2.b).

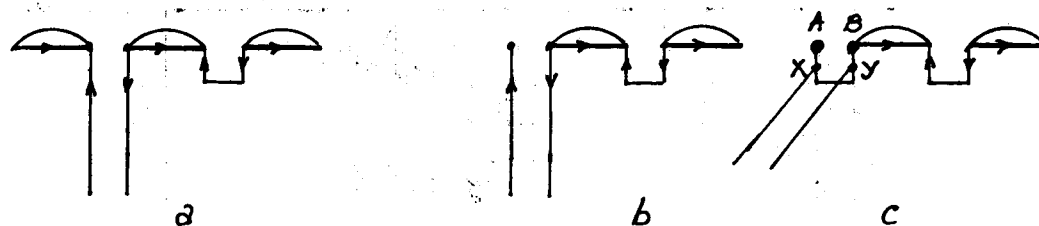


Fig. 3.8.2

În Fig. 3.8.2 a și b alimentarea antenei se face cu linie de impedanță mare sau cu o linie intermediară în $\lambda/4$ care face trecerea spre o impedanță mai mică. În c, la bornele antenei se conectează o linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, care are impedanță mare la bornele AB și scade până la zero la capătul în scurtcircuit. Undeva pe această linie se găsește experimental două puncte între care impedanța este 300Ω sau 50Ω , pentru a conecta acolo fiderul de 300Ω „pamblică” sau coaxialul de 50Ω . Linia de adaptare în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, cu aer, poate avea orice poziție, deoarece ea nu radiază (vezi antena J-pole, Fig. 3.4.3).

Antenele colineare diferă esențial de antena long wire în $2\lambda/2$, $3\lambda/2$, $4\lambda/2$ etc, la care unda staționară de curent are un sens în prima porțiune de $\lambda/2$, sens contrar în porțiunea următoare ș.a.m.d. și diagrama are mulți lobi. La antenele colineare curenții au același sens și există doi lobi perpendiculari pe antenă.

Antena din Fig. 3.8.2 c se folosește deseori și în poziție verticală, fără radiale, obținând o diagramă de radiație omnidirecțională, la unghi mic față de pământ și polarizare verticală.

Dipolii în $\lambda/2$ ai antenelor colineare au lungimea $l = 0,485\lambda$ iar liniile în $\lambda/4$ dintre ei, realizate „cu aer” au $0,242\lambda$. Dacă liniile sunt bifilare în plastic, sau din coaxial, se aplică coeficientul k de scurtare.

Indepărtând capetele interioare ale antenei Franklin din Fig. 3.8.1. a la distanță $\lambda/8$, câștigul crește la 3dB și antena se numește „dublu Zeppelin extins” EDZ (Fig. 3.6.7)

Combinând principiul antenei EDZ cu principiul antenei colineare se obține o antenă eficientă, cu 7dB câștig (Fig. 3.8.3)

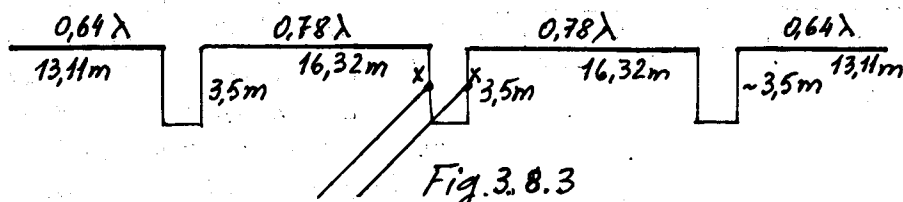


Fig. 3.8.3

Dimensiunile sunt pentru 14,2MHz. Punctele XX se găsește experimental.

O variantă a acestei antene se dă în Fig. 3.8.4

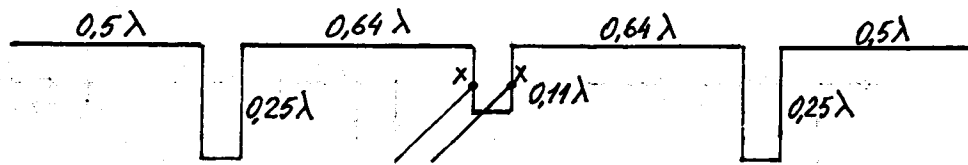


Fig. 3.8.4

O altă variantă este formată din două antene EDZ colineare, Fig. 3.8.5

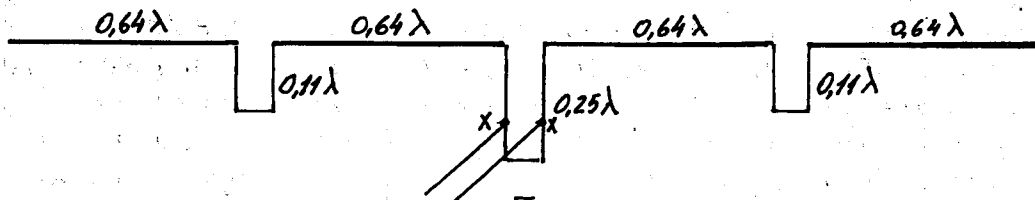
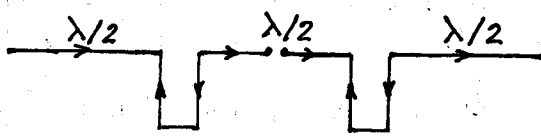


Fig. 3.8.5

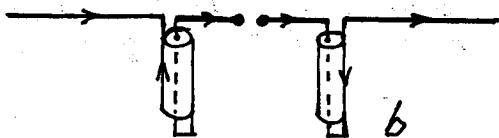
Antena are lungimea $\approx 2,58\lambda$ și câștigul cea 6 dBd. Linii în $0,11\lambda$ și $0,25\lambda$ de sinfazare au distanța $0,02\lambda$ între conductoare. Jumătate din antenă se poate monta vertical, ca EDZ- Jpole. Variante de fabrică ale antenelor colineare verticale sunt formate din segmente cu lungimi și diametre inegale.

Antenă colineară W20ZH-W5G1

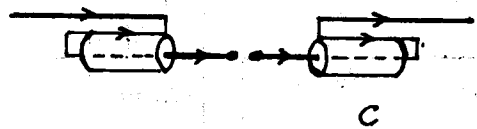
La antena colineară cu 3 segmente în $\lambda/2$ (Fig. 3.8.6 a), W5G1 a realizat liniile de sinfazare din cablu coaxial (Fig. 3.8.6 b)



a



b



c

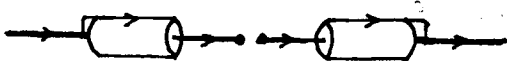


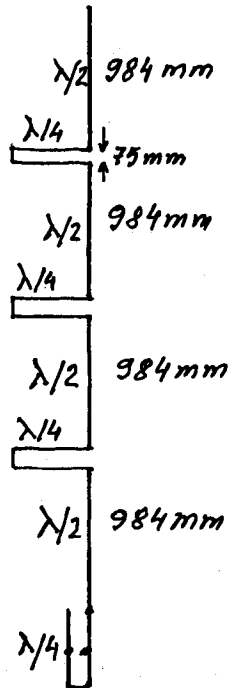
Fig. 3.8.6 d.

În c, liniile coaxiale sunt rabatate și aduse alături de conductoarele exterioare ale antenei. Săgețile arată sensurile curenților prin conductoare și pe tresă.

Se observă că, curentul prin tresă are același sens ca și curentul prin conductorul alăturat. În d tresă înlocuiește conductorul alăturat. Acum toate cele 4 conductoare și cele două trase au, pentru banda de 14 MHz câte 5,03m. Antena se alimentează cu coaxial și transmite, lucrând în toate benzile 3,5-28 MHz.

Antenă verticală colineară pentru 145 MHz M3FVB

În Fig. 3.8.7 se dă o antenă verticală colineară cu 4 secțiuni în $\lambda/2$ și fazate cu linii în $\lambda/4$ în scurt-circuit. Liniile în $\lambda/4$ au perimetrul de 984,2 mm, inclusiv cea de la bază („J”) la care se conectează coaxialul.



Coaxialul se bobinează pe un tub din plastic: 8 spire fixate cu scoci, chiar lângă antenă, formând un șoc RF care elimină curentul pe exteriorul tresei.

Antena se fixează cu bandă de un tub de PVC (nu negru) sau de o undiță din fibră de sticlă.

Cele trei linii în $\lambda/4$ se pot curba în jurul suportului pentru a reduce legănarea la vânt și instalarea păsărilor.

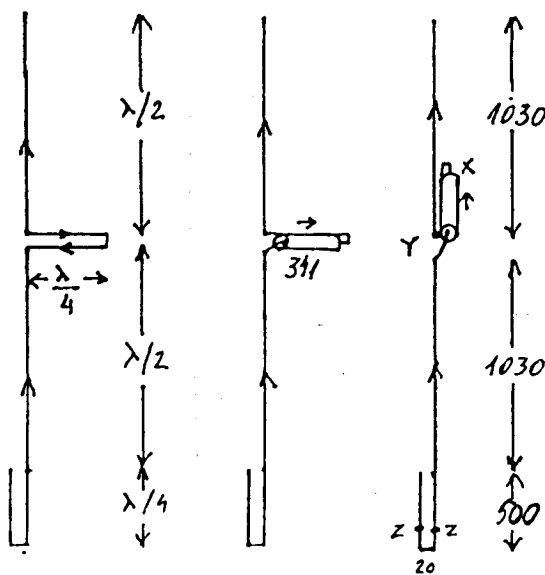
Punctele de conectare a coaxialului pe linia de adaptare se mută pentru a obține RUS minim.

Antena se poate realiza dintr-o singură bucată de sârmă de cupru sau aluminiu ϕ 3-5 mm lungă de 7,874 m.

Fig. 3.8.7

Antenă verticală colineară pentru 145 MHz 904MM

În Fig. 3.8.8 se dă o antenă colineară cu două secțiuni în $\lambda/2$ și fazate. În a este antena teoretică. În b linia în $\lambda/4$ de sinfazare este realizată din coaxial de orice impedanță, dar scurtat: $l = k \cdot \lambda/4$. În cazul $k = 0,66$ rezultă $l = 341$ mm.



Sensul curentului prin tresă este arătat de săgeată. Acest sens duce la ideea că stubul poate fi rabatat și așezat paralel cu vibratorul de sus, fără a influența funcționarea lui. În c ideea este realizată. Capătul x în scurtcircuit este acoperit cu bandă izolantă. Vibratorii sunt din sârmă neizolată de cupru ϕ 2,5 mm fixați cu scoci sau „șoricei” de-a lungul unei undițe din fibră de sticlă. Punctele zz se află la cea 120 mm mai

sus de baza antenei. Punctele y și z se protejează cu bandă. Pentru 50,2 MHz dimensiunile se înmulțesc cu 2,88 iar pentru 432,5 cu 0,335.

Antena verticală colineară EDZ pentru 145 MHz WBφJQH

În Fig. 3.8.9 se dă antena realizată de YO9HG după WBφJQH

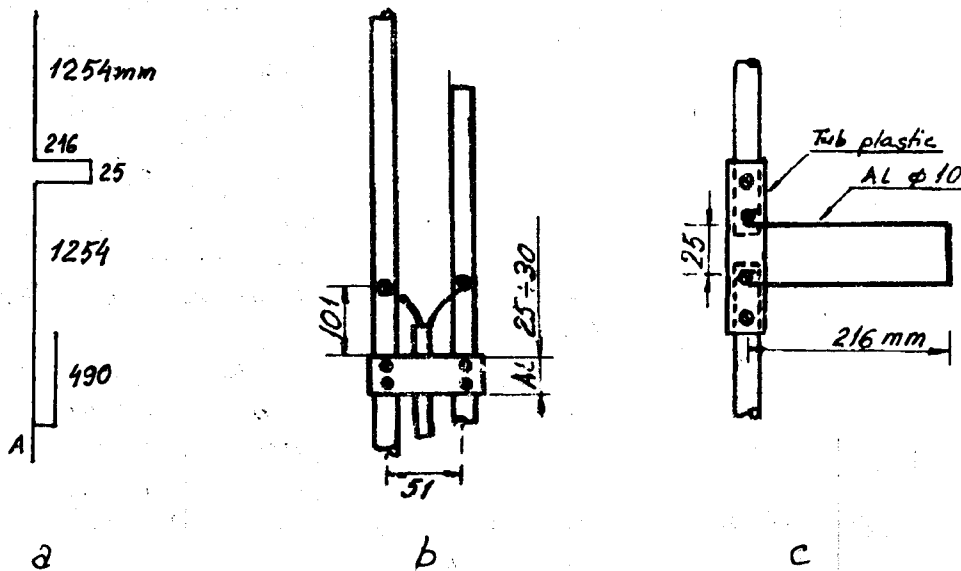


Fig. 3.8.9

Antena se realizează din țevă de aluminiu $\phi 12,5-20$ iar linia de sinfazare din aluminiu $\phi 10$ mm. Capătul A al țevii servește la fixarea de pilon. Antena este Extended Double Zeppelin de $1,28\lambda$, alimentată în punctele xx de pe linia de adaptare în $\lambda/4$, care asigură RUS minim în coaxialul de 50Ω .

29. Sisteme de dipoli, cu radiație longitudinală.

În Fig. 3.9.1a se vede că un sistem de dipoli cu radiație longitudinală radiază în planul dipolilor, de-a lungul axei lor, pe când un sistem cu radiație transversală radiază perpendicular pe planul lor. (b).

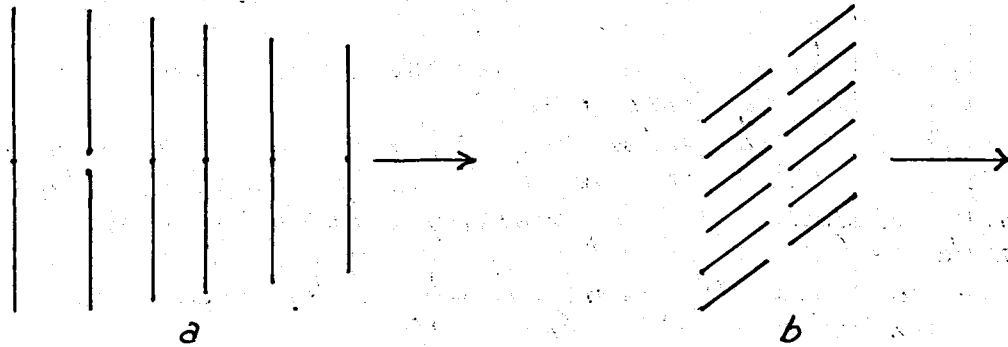


Fig. 3.9.1

Antena directivă (bim) cu două elemente.

La o antenă cu două elemente în $\lambda/2$ pot fi alimentate (active) ambele sau doar un element, celălalt funcționând pasiv, ca reflector sau director. Unda radiată de elementul activ induce un curent în elementul pasiv, care începe să radieze și el unde, care se însumează (algebric) cu undele generate de vibrator. La anumită distanță între elemente undele se însumează și dau o radiație maximă (Fig. 3.9.2). Insumarea se face într-o singură direcție (Fig. 3.9.3)

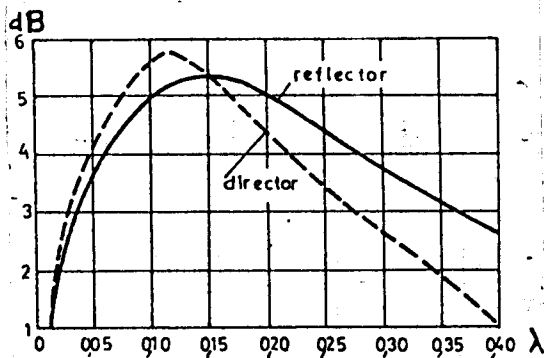


Fig. 3.9.2

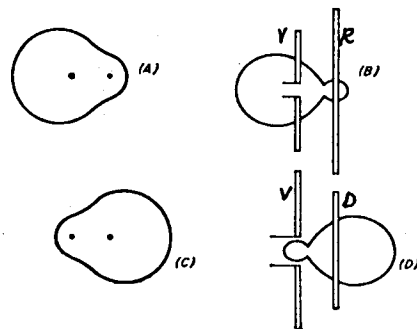


Fig. 3.9.3

Reflectorul, puțin mai lung decât $\lambda/2$ (5%), dă un câștig maxim de 5,4 dB când se află la distanța necritică de $0,15\lambda$ față de vibrator și produce prin cuplaj mutual o scădere a impedanței vibratorului de la 72Ω la cca 27Ω . Directorul trebuie să fie puțin mai scurt (4%) decât vibratorul, dă câștig de 5,8 dB la distanța critică de $0,11\lambda$ și scade impedanța vibratorului la cca 14Ω .

Pentru a nu reduce exagerat impedanța vibratorului, elementul pasiv se montează la distanță mai mare, renunțând la o parte din câștig. De ex. la distanță de $0,2\lambda$ reflectorul dă câștig 5dB dar impedanța vibratorului este 45Ω , iar ca director câștigul scade la 4,4dB, dar impedanța vibratorului este 37Ω .

Antena cu elemente pasive a fost concepută de Jagi și Uda în 1926.

Apropierea elementului pasiv de vibratorul activ îngustează banda de trecere a antenei și are un acord critic.

Dacă elementele antenei sunt din teavă, vibratorul liniar în $\lambda/2$ are lungimea $l_v \approx 148,7/F_{MHz}$, reflectorul are $l_r = 150/F_{MHz}$ iar distanța dintre ele, pentru o impedanță de $\sim 50\Omega$ și câștig de 5dB este $S_r = 56/F_{MHz} \cdot (0,186\lambda)$.

Reflectorul radiază puțin în direcția opusă vibratorului (spre "spate"), cantitate care se precizează prin "raportul față/spate".

Pentru o distanță S_r între vibrator și reflector de $0,15\lambda$, elementele se fixează direct pe țeava-suport (bum), adaptarea se face cu dispozitiv gama iar elementele au dimensiunile din tabel, pentru diferite frecvențe.

F KHz	l_v m	l_r m	S_r m
14.050	10,262	10,801	3,201
14.250	10,115	10,649	3,158
21.050	6,848	7,163	2,137
21.300	6,766	7,125	2,113
28.050	5,137	5,407	1,604
28.600	5,038	5,302	1,573

Raportul față/spate F/S la antena directivă cu două elemente este între 7 și 15dB. Raportul F/S maxim implică un câștig maxim.

Lățimea benzii de trecere este invers proporțională cu factorul de calitate al antenei. La o distanță de $0,05\lambda$ între elemente, Q este peste 50; la $0,1\lambda$ $Q \approx 20$ iar la $0,2\lambda$ $Q \approx 5$. Aceste valori sunt corecte pentru elemente cu raportul între lungime și diametru între 300 și 400. Un diametru mare asigură o lățime de bandă mare.

Elementul pasiv trebuie să fie mai lung decât vibratorul pentru a lucra ca reflector, și mai scurt pentru a fi director.

Câștigul antenelor față de dipolul în $\lambda/2$ se măsoară în dBd. Dipolul în $\lambda/2$ are câștig 2,15 dB față de un radiator izotrop (punctual).

Aflat la înălțimea λ de un sol perfect conductor (sau apă mării), dipolul orizontal în $\lambda/2$ are un câștig de 6dBd, la unghiul de 15° față de sol, datorat însumării unei directe cu una reflectată. Adăugând un reflector, câștigul crește la 11dBd, față de dipolul în $\lambda/2$ aflat în cosmos.

Apropierea reflectorului de vibrator micșorează rezistența de radiație a vibratorului dar și frecvența lui de rezonanță. Directorul are efect opus. Dacă reflectorul se află la distanța $0,15\lambda$ de vibrator, lungimea lui este $l_r = 0,5033\lambda$; dacă se află la $0,2\lambda$, lungimea trebuie să fie $l_r = 0,498\lambda$. La distanța $S_r = 0,2\lambda$, raportul F/S este maxim, 16dB.

Antena Yagi cu două elemente filare VOIKE

In Fig. 3.9.4 se dă o antenă Yagi cu două elemente filare, pedirecție fixă, pentru banda de 20m.

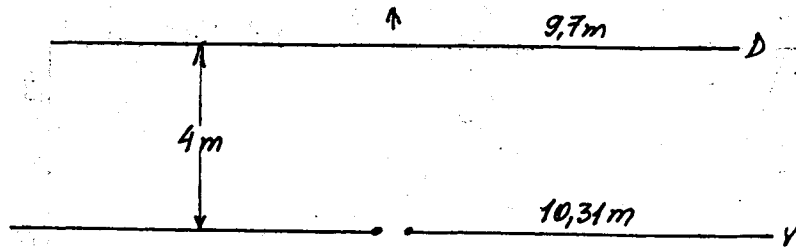


Fig. 3.9.4

Antena, realizată din sârmă de cupru $\phi 2\text{mm}$, se montează la înălțime cât mai mare, pedirecția dorită. Câștigul este cca 5dB. Antena se alimentează cu coaxial de 50Ω

(Pentru banda de 21 MHz dimensiunile se înmulțesc cu 0,666; pentru 28 MHz cu 0,5 iar pentru 50 MHz, cu 0,28)

Antena Yagi cu două elemente filare G4ZU

In Fig. 3.9.5 se dă antena Yagi cu două elemente, realizată de G4ZU.

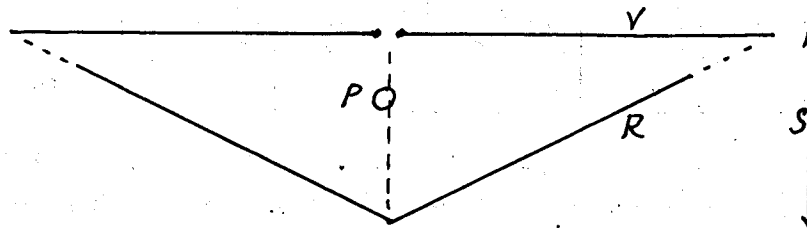


Fig. 3.9.5

Vibratorul V este realizat din sârmă de cupru $\phi 2-3\text{mm}$, fixată de-a lungul unor undițe din fibră de sticlă. Bazele undițelor se introduc pe un ștuț de țeară, fixat pe țeava suport (linia întreruptă).

Reflectorul este tot din sârmă de cupru, frânt la mijloc. Capetele lui se prelungesc cu fire de nylon până la capetele vibratorului.

Reflectorul, inițial puțin mai lung decât vibratorul, se ajustează pentru a obține câștigul maxim. Impedanța este cca 50Ω iar câștigul cca 5dB. Dimensiunile pentru diverse benzi se dau în tabel.

F MHz	V m	S m
14,15	10,06	3,5-4
21,2	6,7	3
24,9	5,73	2,4
28,5	5	2
50	2,05	1,2

Antena Yağı cu două elemente Moxon

In Fig. 3.9.6 se dă antena yağı cu două elemente cu vârfurile frânte la 90° tip Moxon

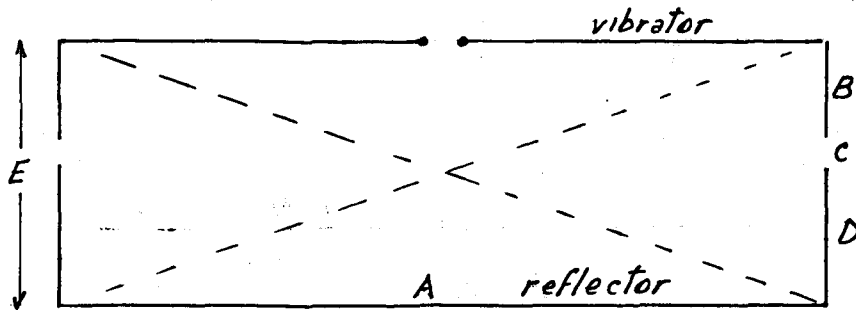


Fig.3.9.6

Prin rabatarea vârfurilor elementelor antena devine mai mică.

Antena se realizează din conductoare de cupru ϕ 1,6-3mm, susținute de țije izolante (eventual undițe) fixate pe o placă centrală în vârful pilonului. Capetele elementelor, aflate la distanța C, se leagă cu fir de nylon. Antena are cca $50\ \Omega$, bandă largă, câștig cca 4 dB și raport F/S cca 20dB. Dimensiunile pentru diverse benzi se dau în tabel

F MHz	A m	B m	C m	D m	E m
14,175	7,711	1,108	0,183	1,432	2,804
21,2	5,156	0,794	0,122	0,958	1,872
28,5	3,835	0,556	0,090	0,712	1,393
50,3	2,173	0,335	0,0515	0,404	0,789

Prima variantă a antenei Moxon avea formă pătrată; ulterior autorul recomandând forma dreptunghiulară ca fiind mai eficientă. Antena se montează la o înălțime egală cel puțin cu $\lambda/2$.

Antena Yağı cu două elemente "V întors"

In Fig. 3.9.7 se dă această antenă directivă fixă. Unghiul la vârf este $90-120^\circ$. Pentru banda de 80m vibratorul are $\sim 39m$ iar reflectorul este puțin mai lung. Distanța S este 12m. Pentru banda de 40m $V \approx 21m$, $R \approx 22m$, $S \approx 6,3m$. Eliminând câte 0,5m la capetele reflectorului acesta

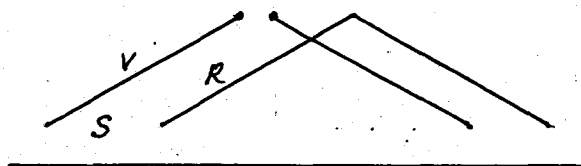
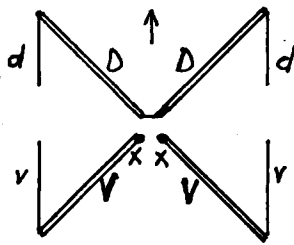


Fig.3.9.7

devine directiv și radiatia are sensinvers. In 80m cei doi piloni au minim 16m înălțime, iar in 40m minim 8m. Capetele dipolilor trebuie să fie la cel puțin 2m de sol.

Antena Yağı cu două elemente „X beam” Anderson

In Fig. 3.9.8 se dă antena cu două elemente frânte în formă de X.



Directorul și vibratorul sunt frânte în V la mijloc și fixați pe o placă izolantă în vârful unui pilon. Capetele lor d și v sunt din sârmă, susținute cu fire de nylon. Porțiunile D și V au aceeași lungime, din țevi cu raportul lungime/diametru cca. 200. Dimensiunile date de W9PNE pentru o impedanță de 50Ω sunt în tabel.

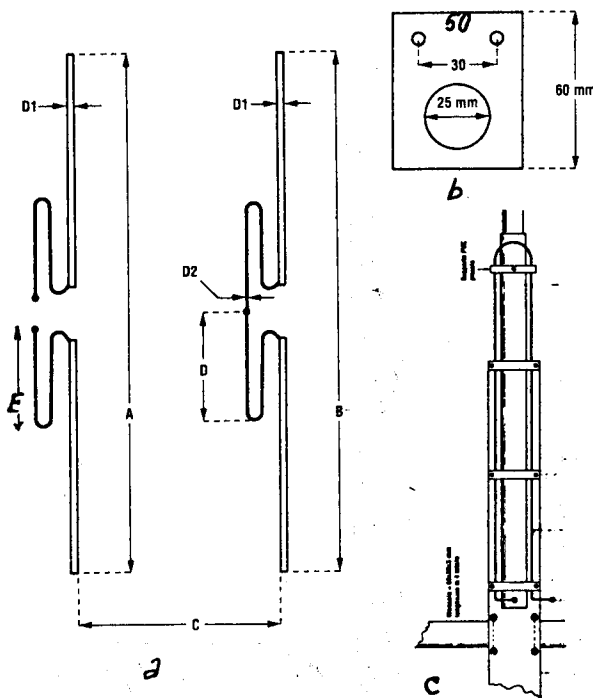
Fig. 3.9.8

F MHz	D=V m	d m	v m
7,05	8,433	2	2,305
10,125	4,953	1,39	1,6
14,1	4,216	0,997	1,149
21,1	2,819	0,667	0,768
28,2	2,108	0,5	0,578

Pentru menținerea simetriei coaxialul se face „colac” lângă bornele xx , 12 spire la 14 MHz sau 6 spire la 28 MHz, cu diametrul 15 cm.

Antenă Yağı cu două elemente scurtate cu linii pentru 7 MHz

In Fig. 3.9.9 se dă această antenă cu elemente scurtate după metoda



„Linear loading”. Țevile vibratorului au câte $7,4\text{m } \phi 25$ iar țevile directorului, câte $7,07\text{m } \phi 25$. Linia de scurtare a vibratorului este din sârmă de cupru $\phi 3\text{mm}$, lungimea $E = 3,4\text{m}$ iar la director $b = 3,2\text{m}$. Linile sunt susținute de piese din PVC (e). Distanța între elemente este $4,6\text{m}$. Impedanța antenei, cca 20Ω , se adaptează cu coaxialul de 50Ω cu ajutorul unei linii intermediare în $\lambda/4$ realizată din două bucăți de coaxial de 60Ω legate în paralel sau cu „hairpin”. Jumătățile elementelor sunt fixate pe bare izolante (eventual din stejar).

Fig. 3.9.9

Antenă Yaagi cu două elemente scurtate cu bobine, pentru 20m

Această antenă se vede în Fig. 3.9.10

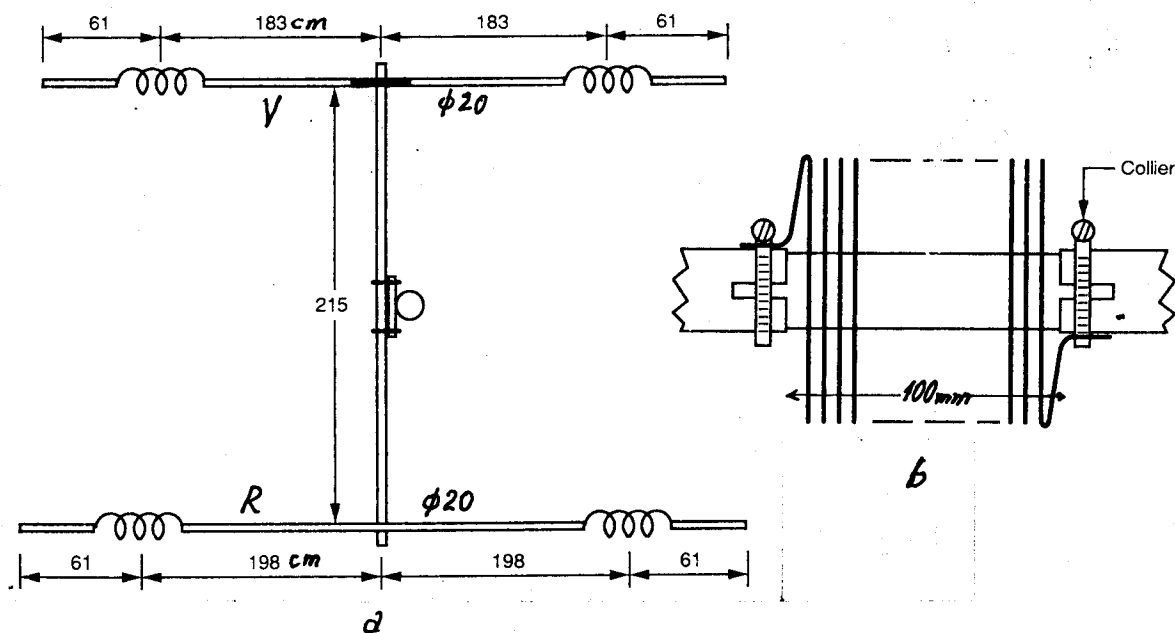


Fig. 3.9.10

Bobinele sunt din sârmă Cu Ag ϕ 2 mm, în aer, cu diametrul 6 cm. Fixate cu coliere și au câte 16 spire pentru vibrator și 7 spire pentru reflector. Vibratorul are o bară izolantă la mijloc, fixată pe țeava suport (bum) cu școabe. Bumul este inițial lung de 3 m și vibratorul se mută pe el căutând RUS minim la 14,150 MHz. Pentru banda de 10 m dimensiunile și bobinele se reduc la jumătate.

Antena Yaagi cu două elemente spiralate, pentru banda de 10m

Această antenă se vede în Fig. 3.9.11. Conductoarele, lungi de 5,1 m

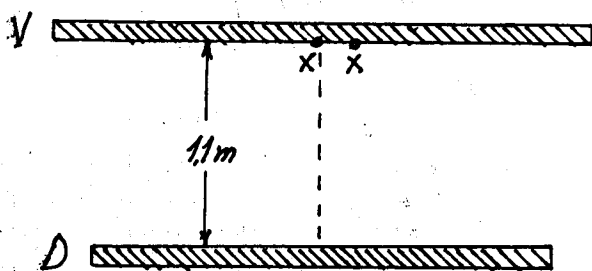


Fig. 3.9.11

Conductoarele, lungi de 5,1 m ϕ 2 mm se bobinează pe tuburi din plastic ϕ 20 mm, lungi de 2,4 m (vibratorul) și 1,97 m (directorul), cu pas de 12 mm până la 20 cm de capete, unde se răresc. Ajustarea frecvenței se face întinzând și scurtând câte puțin capetele. Banda de trecere este foarte îngustă, cca 100 KHz, datorită inductanței mari a elementelor. Tresa coaxialului se conectează la mijlocul vibratorului iar conductorul central se conectează la acea spirală care asigură RUS minim.

Antena cu două elemente „Maria Maluca” PY2BBP.

In Fig 3.9.12 se dă antena cu două elemente „Maria Maluca”.

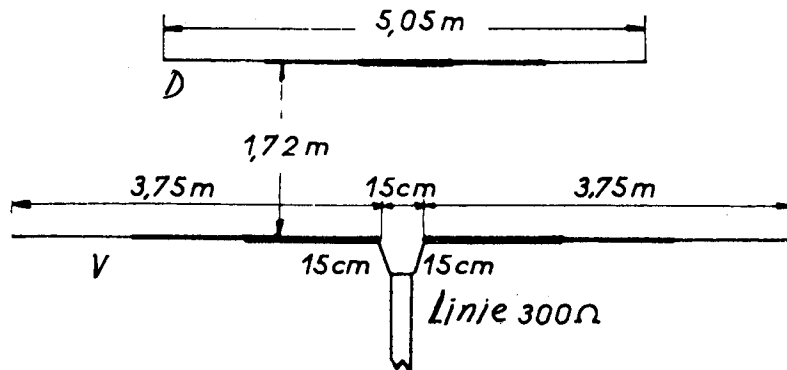


Fig. 3.9.12

Vibratorul întrerupt la mijloc se fixează pe o bară izdantă (eventual stejar). Antena se alimentează cu linie bifilară „TV” de 300Ω , cu lungimea 10,07 m sau 18,56 m sau 23,4 m, având $K=0,9$. Dimensiunile realizează un compromis acceptabil pentru benzile superioare. Se folosește un transmaci simetric.

Antena Jaqi cu două elemente pentru 21 și 28 MHz YO4MM

Această antenă se dă în Fig. 3.9.13

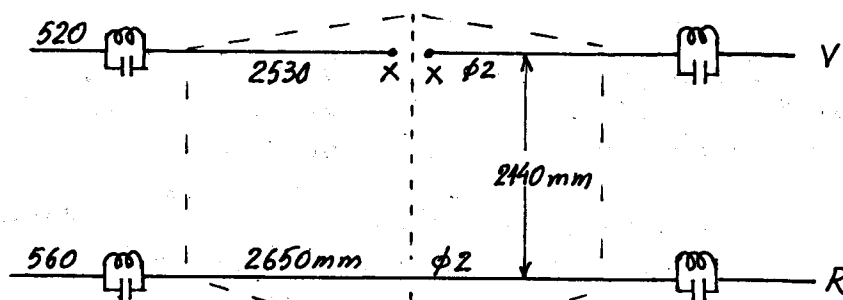


Fig. 3.9.13

Antena se realizează pe 4 undițe din fibră de sticlă de 5 m de la care s-au eliminat vârfulurile subțiri. Vibratorul a fost descris la Fig. 3.2.40.

La reflector bobinele se realizează de asemenea direct pe undițe, din sârmă $Cu \phi 2$, 16 spire fixate la capete cu „șoricei” albi, cu condensatoare de 24 pF în paralel, protejate cu PET-uri mici din plastic. Undițele se introduc fest pe ștuturi din țevă fixate pe „bum”. Coaxialul se face colac cu diametrul cca 20 cm, 3-4 spire adiacente fixate cu scoci, lângă bobinele XX. Pilonul are 6 m înălțime. R U este sub 1,6 în 21 și 28 MHz. Distanța între elemente este $0,15\lambda$ în 21 MHz și $0,2\lambda$ în 28 MHz, compromis convenabil, benzile fiind apropiate. Câștigul antenei este cca 5 dB.

Linia întreruptă este un fir de nylon care micșorează legănarea elementelor sub acțiunea vântului.

Antena cu două elemente active (alimentate)

Unghiul „de plecare” al undelor față de pământ al antenelor orizontale depinde în principal de înălțimea antenei față de pământ. Dipolul orizontal aflat la înălțimea $\lambda/4$ radiază la maxim în sus, dacă pământul este bun. Dacă pământul este mediu, maximum radiației este la unghiul 72° . Singura metodă de reducere a unghiului este adăugarea unui element, la mică distanță ($\lambda/8$), la aceeași înălțime, și alimentarea lui în contrafază (decalaj de 180°) față de primul dipol. Astfel se obține o antenă cu două elemente active, cu câștig cca $3,5\text{ dB}$ pe două direcții opuse, la unghiuri de plecare de 37° (Fig. 3.9.14 a)

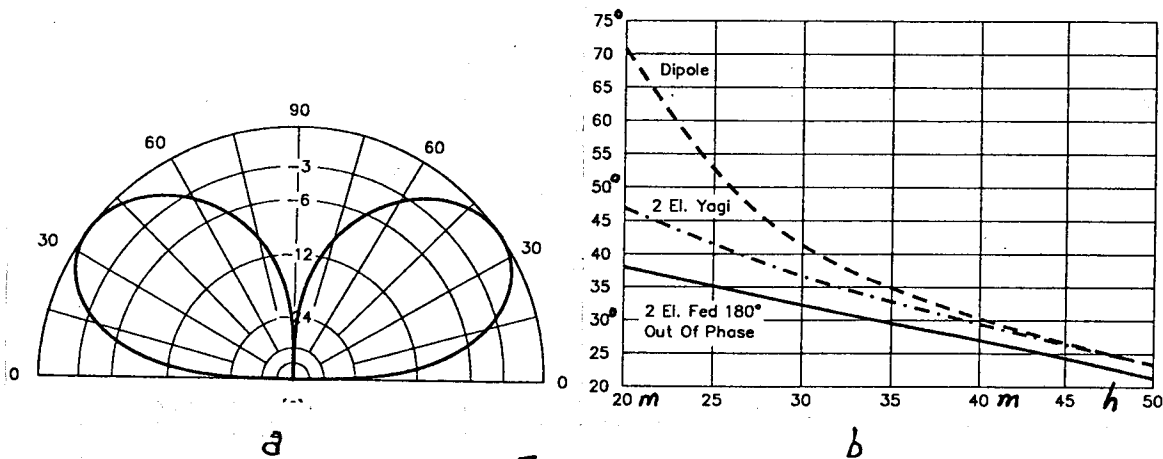


Fig. 3.9.14

La verticală radiația este nulă, indiferent de calitatea solului, deoarece unda reflectată în sus, provenită de la al doilea dipol, este în contrafază cu unda provenită de la primul dipol și radiația însumată este zero. Comparatia între unghiul de plecare, la trei antene, aflate la diverse înălțimi sedă în Fig. 3.9.14. b., pentru banda de 80m. Se observă că la înălțime mică (20m, adică $\lambda/4$) diferențele sunt mari și în favoarea antenei cu doi dipoli orizontali aflați la distanța $\lambda/8$ alimentați în contrafază.

Ridicate la 40m ($\lambda/2$) antenele au unghiuri de radiație între $27-31^\circ$, diferențele fiind mai mici; dar această înălțime nu este practică în banda de 80m. Antena cu doi dipoli în $\lambda/2$ (sau chiar în λ , sau $1,28\lambda$) este aplicată de radioamatori și numită W8JK., cu alimentare în contrafază.

În Fig. 3.9.15 a se dă diagrama de radiație a doi dipoli în $\lambda/2$ orizontali A și B (văzuți din lateral) aflați la distanța $S = \lambda/2$, și alimentați în opoziție de fază. Unda radiată de dipolul A în spre dipolul B ajunge la dipolul B după o jumătate de perioadă ($T/2$). În acel moment dipolul B începe să emită spre dreapta o undă care este în fază cu unda sosită de la dipolul A, deci ele se vor însuma, dând radiație maximă spre dreapta. Fenomenul este identic spre stânga. Spre alte direcții (de ex. P) undele au o defazare Δ și rezultanta e mai mică.

Reducând distanța S dintre dipoli, câștigul pe cele două sensuri opuse de radiație crește de la 2,2 dB la cea 4,4 dB când $S = \lambda/8$ (0,125 λ), Fig. 3.9.15.b. Linia întreruptă arată variația rezistenței de radiație cu distanța.

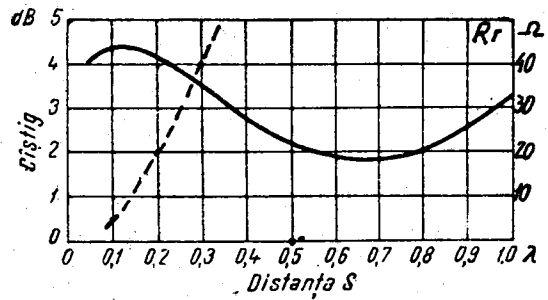
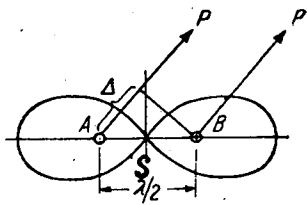


Fig. 3.9.15

Datorită cuplajului mutual, rezistența de radiație a fiecărui dipol în $\lambda/2$ scade la 32Ω când $S = \lambda/4$ și la 8Ω când $S = \lambda/8$. În Fig. 3.9.16 se dau două metode de alimentare a acestei antene.

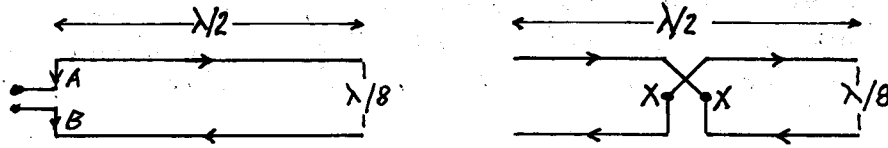


Fig. 3.9.16

În Fig. 3.9.16.a alimentarea se face la capetele dipolilor, cu conductoarele A și B, pe care se continuă unda de curent staționar. Ele radiază puțin, fiind parcurse de curenți mici. Alimentarea la mijlocul dipolilor din Fig. 3.9.16.b păstrează simetria antenei iar linia bifilară este răsucită pentru a aplica unuia dintre dipoli tensiune cu fază inversă. Impedanța antenei este foarte mică și impune un dispozitiv de adaptare.

Pentru a obține o impedanță mai mare în punctele xx, în loc de dipoli în $\lambda/2$ liniari se folosesc dipoli în λ liniari sau dipoli Yagi, care dau și o bandă de trecere mai largă. Antena realizată cu dipoli în $\lambda/2$ are în practică un câștig de ~4 dB. În Fig. 3.9.17 se dau diagramele de radiație a dipolilor în funcție de distanțele S și defazările curentilor din ei. Antena W8JK are $S = 1/8 \lambda$ și defazare 180° .

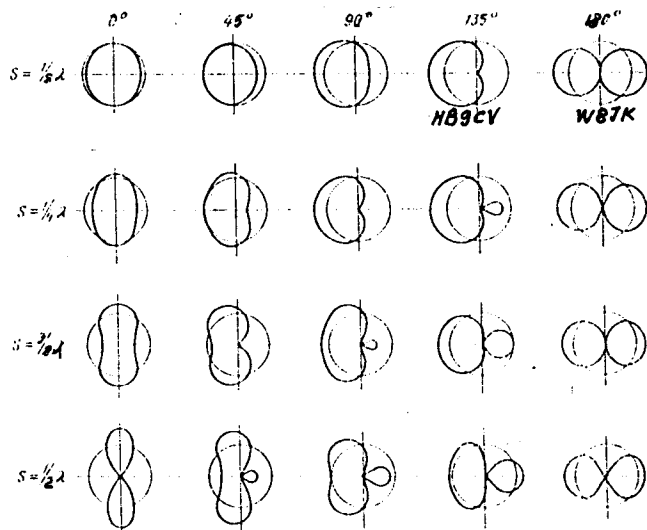


Fig. 3.9.17

Antena cu două elemente active în λ W8JK 1940

Această antenă se dă în Fig. 3.9.18

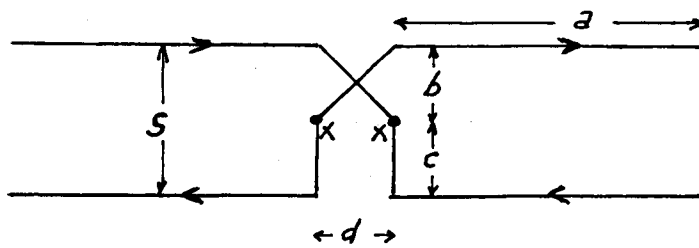


Fig. 3.9.18

Pentru banda de 40 m, $a = 17,77\text{m}$ $b = 2,44\text{m}$ $c = 2,53\text{m}$ $d = 0,60\text{m}$ iar câștigul este cca 6 dB. Distanța $S = 5,3\text{m}$. Antena radiază bidirecțional.

Ea se alimentează cu linie paralelă cu aer sau în plastic și transmăci. Dacă $a = 6\text{m}$ $S = 3,6\text{m}$ $d = 0,4\text{m}$ antena se poate folosi între 10-30 MHz cu ajutorul unui transmăci. Pentru un câștig mai mare se poate alungii antena de la λ la $1,28\lambda$ (EZI), și $a = 0,64\lambda$.

În UUS dimensiunile antenei fiind mici, se poate conecta în punctele xx o linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, de-a lungul căreia se găsește două puncte cu impedanța necesară adaptării cu fiderul.

Antena cu două elemente active în cruce (Turnstill)

Această antenă se dă în Fig. 3.9.19

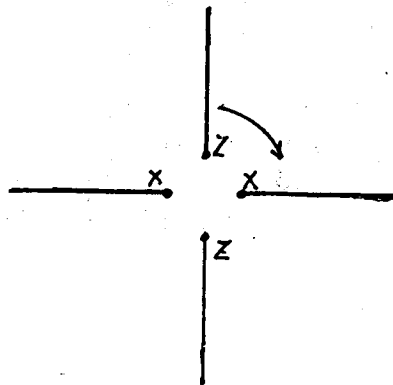


Fig. 3.9.19

Cei doi dipoli în $\lambda/2$ sunt în același plan. Fiderul alimentează antena în xx . De la bornele xx pleacă spre bornele zz o linie paralelă cu lungimea $\lambda/4$ care întârzie unda de tensiune cu $\lambda/4$, 90° .

Curenții în cei doi dipoli decalati în timp și spațiu cu 90° dau doi vectori de câmp a căror sumă are direcția 45° , în primul moment. În momentele următoare sinusoidale curentului pulsează decalat în cei doi dipoli și vectorul rezultat se rotește în planul antenei.

Impedanța antenei este 30Ω . Dacă pentru realizarea antenei se folosesc dipoli „îndoiti” (Yagi) impedanța este 120Ω . Polarizarea circulară se folosește la comunicațiile cu sateliți care se „răsucesc” și de către stații de televiziune care emit în toate direcțiile. În acest caz se folosesc mai multe antene Turnstill etajate și sinfazate, pentru a obține un câștig mai mare în plan orizontal. Pentru comunicații cu sateliți cu orbite joase, antena se dotază cu un reflector plan dedesubt.

Antena cu două elemente active liniare HB9CV

În Fig. 3.9.20 se vede antena concepută de R.A. Baumgartner.

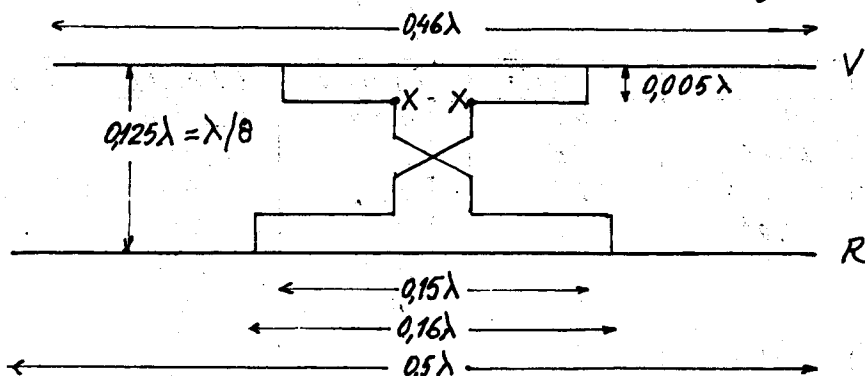


Fig. 3.9.20

Folosind dispozitive de adaptare în T la ambele elemente, impedanța în punctele xx este 300Ω . Pentru 200Ω , dispozitivul T la vibrator are lungimea $0,135\lambda$ iar la reflector, $0,144\lambda$. Linia paralelă cu aer care duce energia și la reflector este în $\lambda/8$ (45°) și fiind răsucită (180°) curentul din reflector este decalat cu 135° față de curentul din vibrator. Rezultatul însumării undelor emise de V și R este o diagramă unidirecțională notată „HB9CV” pe Fig. 3.9.17. și un câștig de $5,4\text{dB}$ în spațiul liber. La înălțimea de $\lambda/2$ deasupra unui pământ „bun” se mai adaugă $\sim 3\text{dB}$. Diametrul elementelor este $0,0025 - 0,0143\lambda$. Distanța între conductoarele liniei de defazare este oarecare, dar se menține la încrucișare. În Fig. 3.9.21 sunt variante alimentate cu coaxial de 50Ω și dispozitive gama.

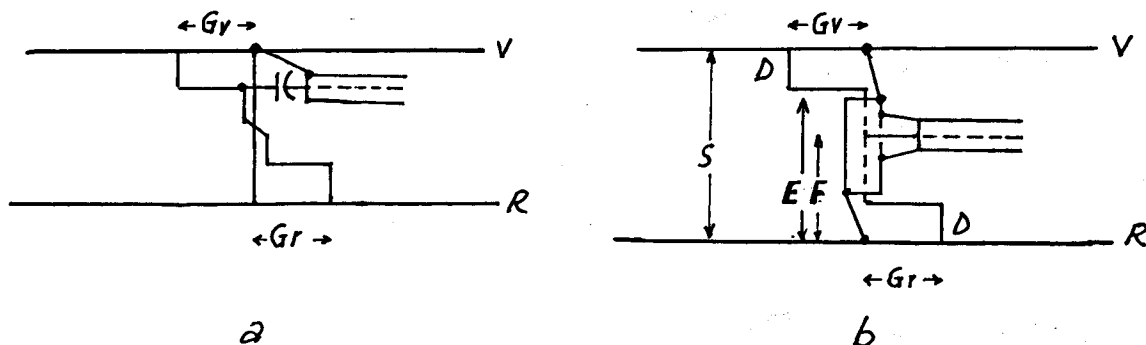


Fig. 3.9.21

In Fig. 3.9.21.a dispozitivul gama la vibrator $G_V = 0,0585\lambda$ iar la reflector $G_R = 0,0598\lambda$. Linia de defazare este paralelă cu „bum”ul împreună cu care duce curentul RF la reflector. Condensatorul variabil elimină reactanța inductivă a dispozitivului Gama. Celelalte dimensiuni sunt ca în Fig. 3.9.20.

In Fig. 3.9.21.b linia de defazare este realizată din coaxial. Dacă ea ar avea fizic lungimea $S = \lambda/8$, electric ar fi mai lungă cu $1/k$ (k = coeficientul de scurtare) și de-a lungul ei unda de curent ar suferi o defazare mai mare decât cea corectă (45°). De aceea alimentarea se face cu o linie formată din două segmente, unul mai lung spre reflector și unul mai scurt spre vibrator, asigurând defazarea corectă între curentul din vibrator și curentul din reflector. Dimensiunile pentru diverse benzi sedau în tabel.

	14 MHz	21 MHz	28 MHz	50 MHz	144 MHz
V, m	9,74	6,52	4,84	2,73 m	0,98
R, m	10,60	7,08	5,26	2,97	1,06
S, m	2,65	1,77	1,32	0,742	0,26
G_V m	1,33	0,89	0,66	0,347	0,132
G_R m	1,43	0,95	0,71	0,355	0,142
D mm	120	90	60	30	11
E m	2,7	1,82	1,37	0,756	0,260
F m	2,25	1,50	1,10	0,630	0,216

ZL3MH a realizat antena, cu dipoli îndoiți (Yagi), care are bandă mai largă, probleme mai ușoare de adaptare și denumirea „ZL special”. Antena HB9CV are raport F/S mare, 20-40dB.

Antena HB9CV cu 3 elemente pentru 144 MHz PA3 EPS
Acestă antenă cu 3 elemente active sedă în Fig. 3.9.22.

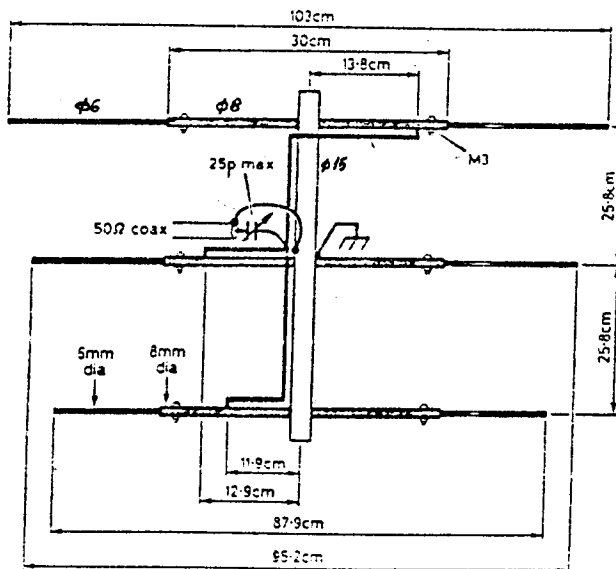


Fig. 3.9.22

Antenă directivă pentru 50 MHz DL9YFE.

In Fig. 3.9.23 se dă această antenă cu două elemente active (tip HB0CV) și trei elemente pasive

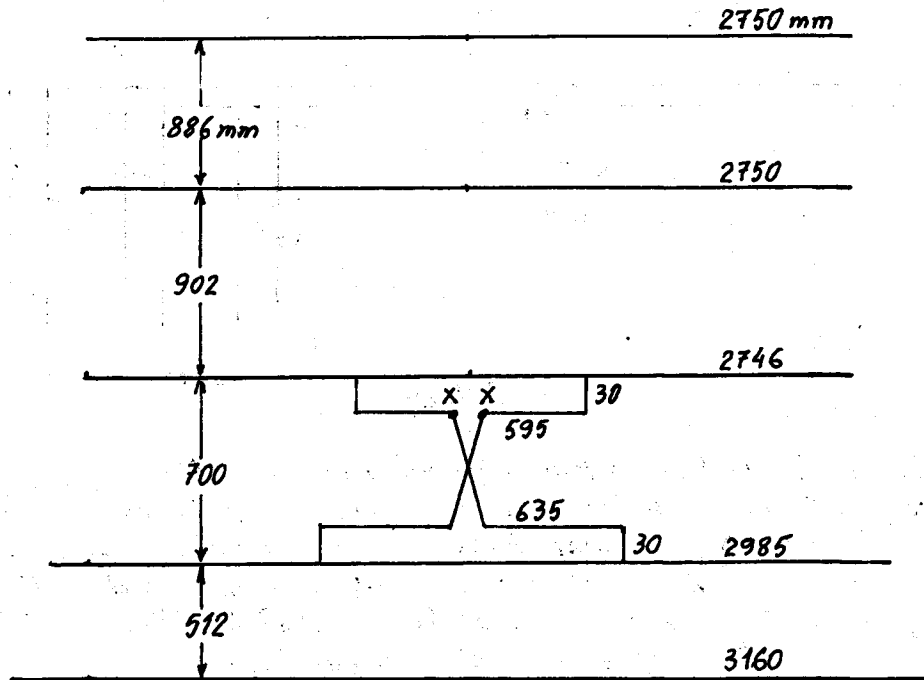


Fig. 3.9.23

Impedanța antenei fiind 200Ω alimentarea se face în punctele xx cu cablu de 50Ω și buclă $K \cdot \lambda/2$ din același coaxial. Dispozitivele de adaptare în T se realizează din conductor cu diametrul 2-4 mm. Câștigul antenei este cca 8dB în spațiul liber.

Antenă directivă pentru 14 sau 21 MHz

Această antenă se dă în Fig. 3.9.24 Dimensiunile pentru 14 MHz sunt în partea de jos iar pentru 21 MHz, sus.

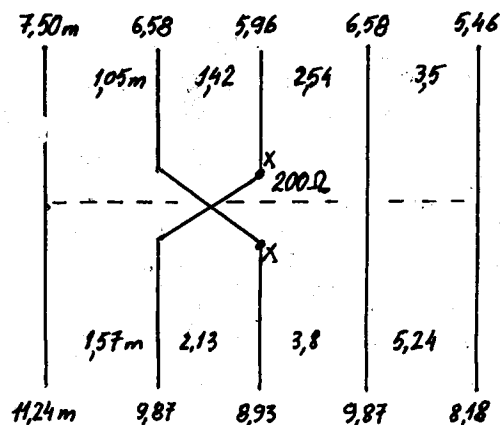


Fig. 3.9.24

Pentru 28 MHz dimensiunile din 14 MHz se împart cu 2.

Antena logperiodică LP

Antena logaritmic periodică a fost concepută de D.E. Isbell în 1958¹ (Fig. 3.9.25.). Raportul frecvențelor, superioară și inferioară poate fi 10:1.

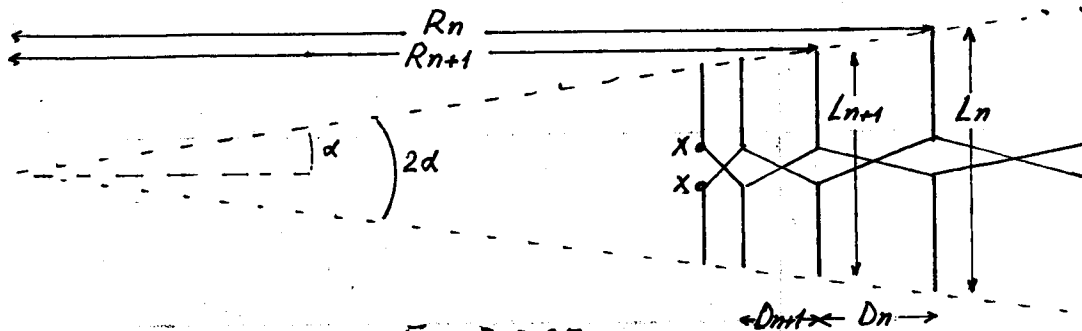


Fig. 3.9.25

Antena este de bandă foarte largă, nerezonanță. Ea se poate proiecta să acopere gama 3-30 MHz sau mai puțin. Dipolul cel mai lung este în $\lambda/2$ la frecvența cea mai joasă iar dipolul cel mai scurt are $0,36\lambda$ la frecvența cea mai înaltă. Linia care alimentează dipolii este răsucită pentru inversarea fazei de la un dipol la altul. Lungimea dipolilor și distanța dintre ei variază logaritmic.

Antena are impedanță, câștigul și raportul F/S constante în gamă.

Antena are trei variabile interdependente: α (alfa), τ (tau) și σ (sigma). Unghiul α este între 10° - 45° . Impedanța este cca 60 Ω .

Variabila $\tau = R_{n+1}/R_n = D_{n+1}/D_n = L_{n+1}/L_n$ arată raportul dintre două distanțe sau elemente succesive, și se apropie de valoarea 1 la antena LP eficientă.

Variabila $\sigma = D_n / 2 \cdot L_n$. Pentru o valoare aleasă a lui τ , valoarea optimă pentru $\sigma = 0,243\tau - 0,051$. Pentru $\tau = 0,80-0,98$, σ are valori între 0,143 și 0,187.

Fiind dată gama de frecvențe acoperită, mărind τ crește numărul de elemente ale antenei și câștigul. Pentru gama 14-30 MHz dacă se alege $\tau = 0,96$ (mare), $\sigma = 0,18$ și antena are cca 30 m lungime, câștig aproape 9 dBd și raport F/S ≈ 40 dB. Din motive practice radioamatorii aleg valori mai mici pentru τ .

Dipolul cel mai lung se calculează cu formula $L_m = 150,44 / F_m$ MHz.

Dipolul cel mai scurt se calculează cu relația $L_m = 109,7 / F_s$ MHz.

Aplicând antenei energie de la frecvența limită inferioară F_i treptat spre frecvența limită superioară, elementele intră perând în rezonanță. Alături de elementul care „vibrează” la maxim mai sunt câteva elemente care vibrează cu amplitudine mai mică, contribuind la radiație. Zona „activă” se deplasează de la elementele lungi spre cele scurte, o parte din elemente rămânând inactive, cu creșterea frecvenței.

Antena logperiodică este proiectată în prezent de radioamatori pentru benzile de radioamatori, pe care le acoperă fără variația parametrilor, cum se întâmplă la antenele Yaagi. Pentru mărirea câștigului se adaugă directori pasivi, ca la antena Yaagi. În acest caz antena este „hibridă” și se numește Log-Yaagi. Ea a fost experimentată de K4EWG.

Antena Log-Yagi pentru banda de 10 m JH1ZGA

Această antenă se dă în Fig. 3.9.26

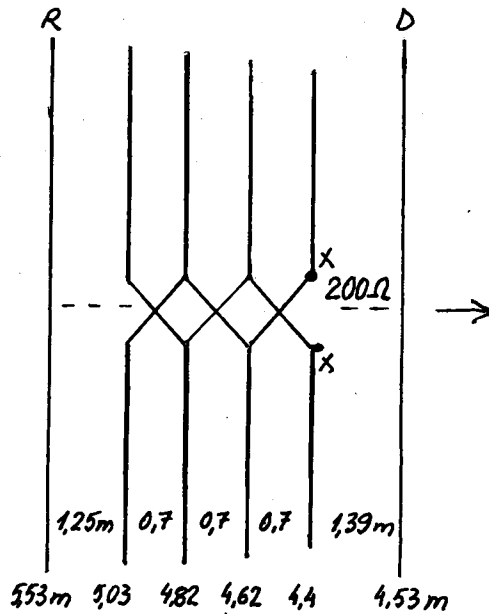


Fig. 3.9.26

Între 28 și 29,7 MHz RUS este sub 1,5. Alimentația se face cu coaxial de 50Ω și buclă în $\lambda/2$ din același coaxial. Pentru banda de 6m dimensiunile se înmulțesc cu 0,566; pentru 145MHz cu 0,2.

Antena Log-Yagi pentru banda de 2m, Swan

În Fig. 3.9.27 se dă antena Swan pentru 145MHz.

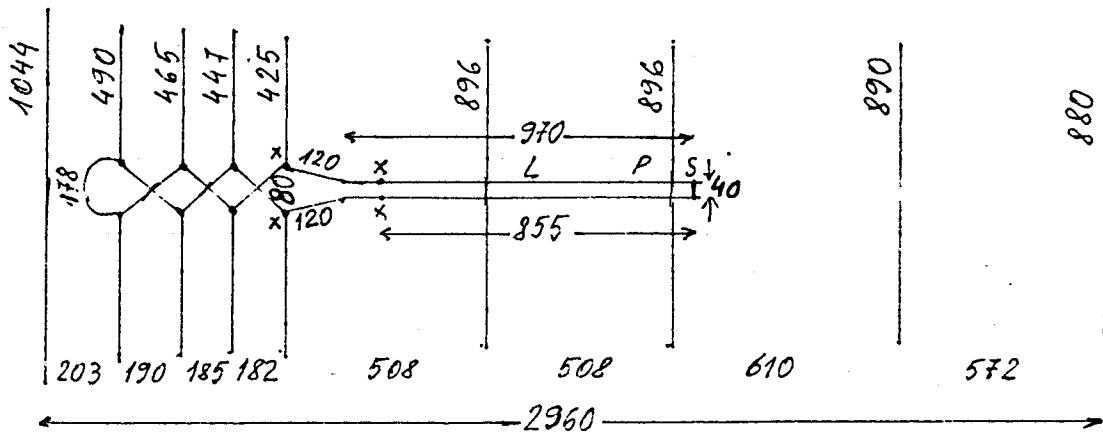


Fig. 3.9.27

La bornele antenei se conectează linia bifilară L reglabilă cu scurtcircuitul S, pe care se găsesc punctele XX de conectarea coaxialului de 50Ω cu buclă în $\lambda/2$ din același coaxial.

Antena are câștig cca 12dBd și RUS sub 1,1 în toată banda. Elementii sunt ϕ 8mm iar liniile ϕ 1-5mm. Vibratorii se fixează pe rigle izolante groase de 5-10mm. Conductoarele liniei răsucite se distanțează la intersecții. Linia L poate fi paralelă cu bum-ul, la 10cm distanță.

Antene Yağı cu trei sau mai multe elemente

La antena Yağı cu trei elemente sunt 8 mărimi variabile: lungimile lor, diametrele lor și distanța dintre ele. Calcularea acelor mărimi care asigură parametri doriti de câștig, impedanță, raport F/S și bandă de trecere se face cu ajutorul diagramelor (Fig. 3.9.28) sau cu programe de computer.

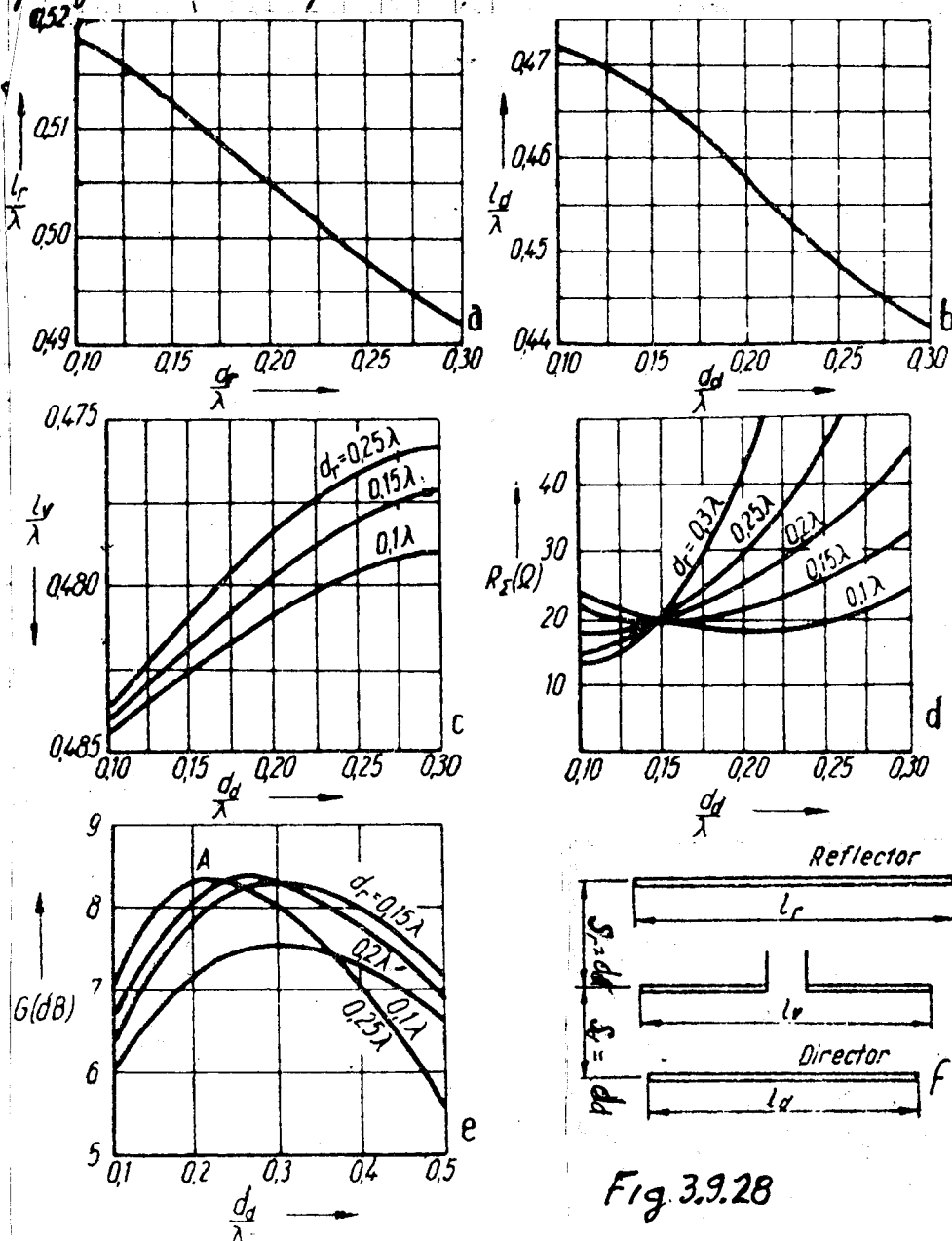


Fig. 3.9.28

Pentru a asigura o bandă suficient de largă, raportul dintre lungimea și diametrul elementelor trebuie să fie 200-400. Pe Fig. 3.9.28, f vibratorul are lungimea l_v , reflectorul are lungimea l_r , directorul l_d , distanța dintre vibrator și reflector este notată d_r (S_r) iar distanța vibrator-director, S_d sau d_d .

Pe diagrama e se alege, de exemplu, curba $S_r = 0,2\lambda$, adică distanța vibrator-reflector să fie $0,2\lambda$, și distanța dintre vibrator și director $d_d = S_d/\lambda$, de exemplu $0,25\lambda$. În acest caz antena va avea câștig cca 8,4 dB. Pe diagramele a, b și c se determină

lungimea reflectorului, a directorului și a vibratorului pentru valorile deja alese pentru $S_r/\lambda = 0,20$ și $S_d/\lambda = 0,25$ și avem: $l_r = 0,505\lambda$, $l_d = 0,448\lambda$, $l_v = 0,477\lambda$.

Pe diagrama d se determină rezistența de radiație a antenei R_r funcție de S_r și S_d alese: cca 32Ω . Adaptarea cu coaxialul de 50Ω se face de obicei cu dispozitiv gama sau T.

Dacă antena are 4 elemente se recomandă $S_r = 0,2\lambda$, $S_{d1} = 0,2\lambda$, $S_{d2} = 0,25\lambda$, $l_r = 0,51\lambda$, $l_v = 0,47\lambda$, $l_{d1} = 0,45\lambda$, $l_{d2} = 0,44\lambda$ și rezultă $R_r \approx 30\Omega$, și un câștig de cca 9 dB .

Diagramele sunt valabile în spațiul liber. În apropierea pământului antena calculată se dezacordează și trebuie reglate lungimile elementelor, distanța dintre ele și dispozitivul de adaptare. În practică se recomandă „copierea” unor antene deja experimentate și montarea lor cât mai degajat. Pentru antene din țeară cu raportul diametru / lambda = $0,0015$ dimensiunile se dau în tabel. Când $S_r = S_d = 0,15\lambda$ câștigul este $7,5\text{ dB}$. Când $S_r = S_d = 0,18\lambda$ câștigul este $8,5\text{ dB}$, maxim posibil.

F MHz		28,4	24,8	21,2	18,1	14,2	10,1
l_r	m	5,16	5,91	6,91	8,11	10,32	14,52
l_v	m	5,07	5,8	6,79	7,59	10,14	14,25
l_d	m	4,87	5,59	6,53	7,66	9,75	13,7
$S_r = S_d$	m	2,12	2,42	2,83	3,32	4,22	5,94

Antena cu trei elemente are practic un câștig de 7 dB . Lungimea directorului este critică, iar deplasarea lui de la distanța $0,16\lambda$ la $0,25\lambda$ de vibrator nu modifică câștigul dar mărește impedanța de la 20Ω la 32Ω .

Antenă Yaagi cu trei elemente pentru 7 sau 10 MHz

Această antenă se dă în Fig. 3.9.29.

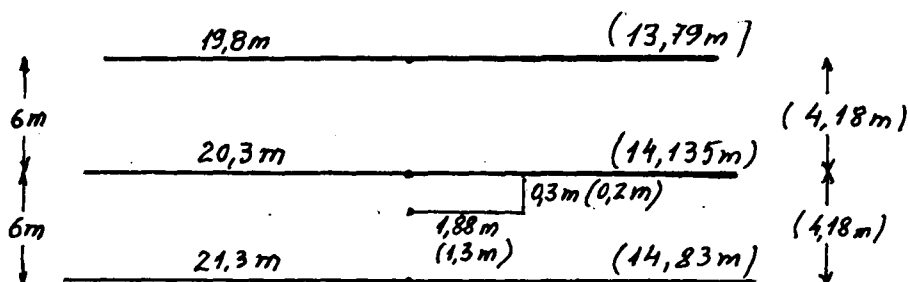


Fig. 3.9.29

Dimensiunile din paranteze sunt pentru 10 MHz. Condensatorul variabil la dispozitivul gama are cca 300 pF în 7 MHz și cca 220 pF în 10 MHz .

În general condensatorul dispozitivului gama are 7 pF pentru fiecare metru de lungime de undă a benzii.

O antenă Yaagi cu 3 elemente poate avea reflectorul lung de $0,5\lambda$, vibratorul de $0,47\lambda$, directorul de $0,44\lambda$ și distanțele între elemente $0,15\lambda$. Dispozitivul gama are $0,8\text{ m}$ în 28 MHz , $1,2\text{ m}$ în 21 MHz și $1,7\text{ m}$ în 14 MHz .

Antena Jagi cu trei elemente pentru 21 MHz DM2ABK

Această antenă se dă în Fig. 3.9.30 a și b

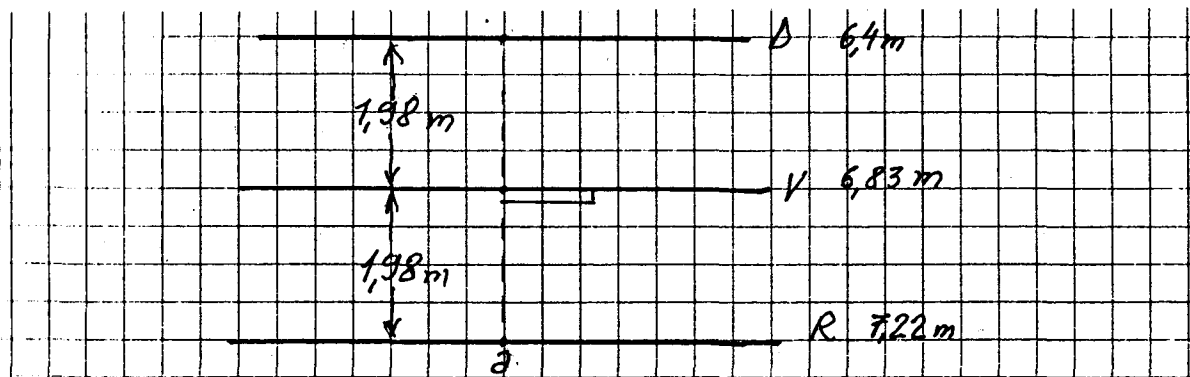


Fig. 3.9.30

Antena se realizează din țevi de duraluminiu ϕ 25mm.
 Câștigul este ~ 8 dB și raportul F/S 25dB.
 Raportul de unde staționare este 1,4.
 Impedanța vibratorului este mică (cca 20 Ohmi) și adaptarea
 cu coaxialul se face cu dispozitiv Gama:

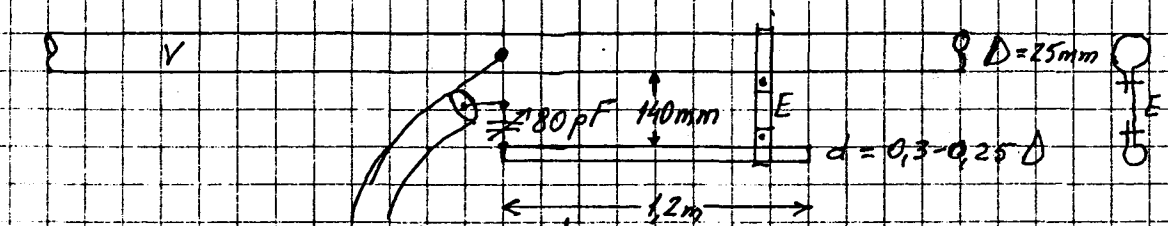


Fig. 3.9.30 b

Condensatorul variabil se poate înlocui cu o bucată de coaxial
 RG 58 U lungă de 90 cm sau coaxial RG 59 U lungă de 1,2m
 de la care s-a eliminat tresa, introdusă în țeava dispozi-
 tivului Gama, a cărui lungime se ajustează pentru RUS mi-
 nim. Și poziția eclisei E se ajustează pentru RUS mi-
 nim. Dacă RUS nu scade sub 1,5, se ajustează lungimea vibratorului.

Antena beam cu 4 elemente pentru banda de 50MHz YO4MM

În Fig. 3.9.31 se dă această antenă simplă cu 4 elemente.

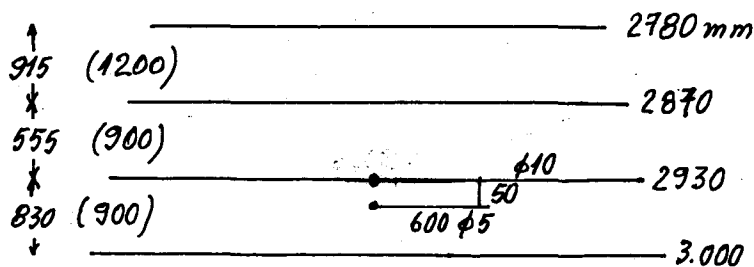


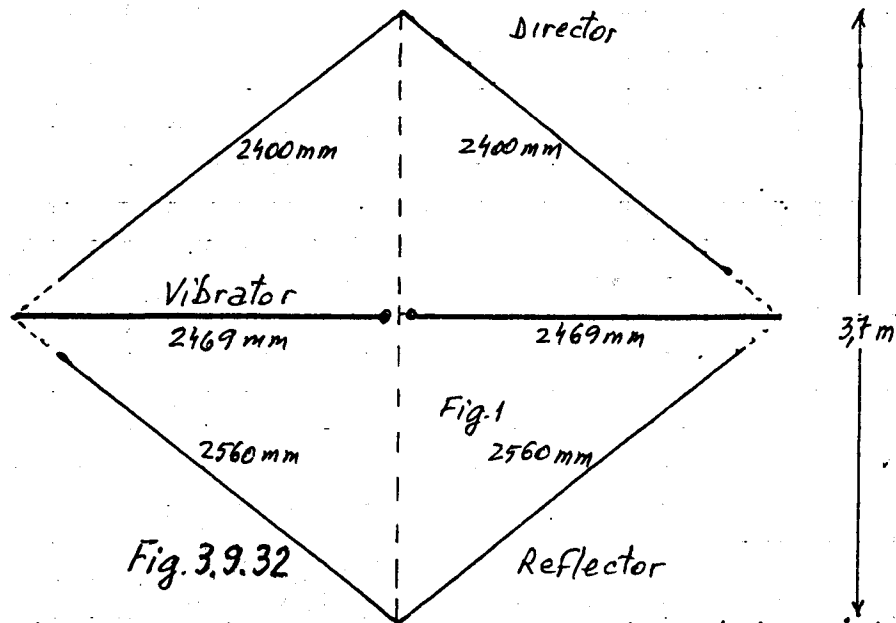
Fig. 3.9.31

Antena este fixată în vârful unui pilon de 4m înălțime. Coaxialul
 este dispus „colac” 3spire cu diametrul 15cm chiar lângă bornele an-
 tenei. RUS este sub 1,5 între 50-50,3MHz. Bumul este profil de 20x20
 mm, din oțel. Câștigul crește dacă distanțele sunt ca în paranteze.
 Între 50-50,2MHz RUS este sub 1,2, fără condensator la dispozitivul G.

Antena Yaqi tip G4ZU 28MHz

În 1989, Dick Bird (G4ZU) a prezentat o variantă de antenă Yaqi cu 3 elemente, convenabilă constructiv. Antena a fost analizată pe calculator de L.B. Cebik, W4RNL, cu următoarele constatări.

Antena are o structură-suport din fibră de sticlă [undite] care susține elementii din sârmă (Fig. 3.9.32)



Elementul „vibrator” și bumul (figurat cu linie întreruptă) sunt din fibră de sticlă. Dimensiunile sunt pentru banda de 10m. Bumul are cca 37m. Elementii sunt din sârmă de cupru $\phi 2\text{mm}$. Reflectorul și directorul nu ajung până la capătul unditelor care susțin vibratorul ci se prelungesc cu fire de nylon. Antena are impedanță cca 50 Ohmi și se alimentează cu coaxial de 50 Ohmi, lângă bornele antenei realizând un soc RF-balun [câtera spire-colac din coaxial]. Antena se instalează la minim 6m(h).

Antena are câștig de 4,5dBd și raport F/S de 11-14dB, fără nuli laterale. Pe principiul ei, Cornelius Paul DF4SA a proiectat antene „spiderbim” pentru 3 benzi și 5 benzi, de formă pătrată, cu diagonalele de 10m din fibră de sticlă, și greutate cca 6Kg. Toți vibratorii sunt alimentați în paralel.

Antena Spiderbeam 14-21-28 MHz DF4SA

Antena are elemente (câte 3 în 14 și 21 MHz, 4 în 28 MHz) din sârmă de cupru $\phi 1$ susținute de două diagonale din fibră de sticlă [pot fi undițe]. Greutatea este cca 55 kg. Pilonul are minim 10m, rotativ. Ideea de bază (dispunerea în V a reflectorului și directorului) a fost publicată de G4ZU în 1989. Cornelius Paul, DF4SA a realizat antena Spiderbeam pe 3 benzi, cu vibratori în paralel și fider unic, (Fig. 3.9.33.)

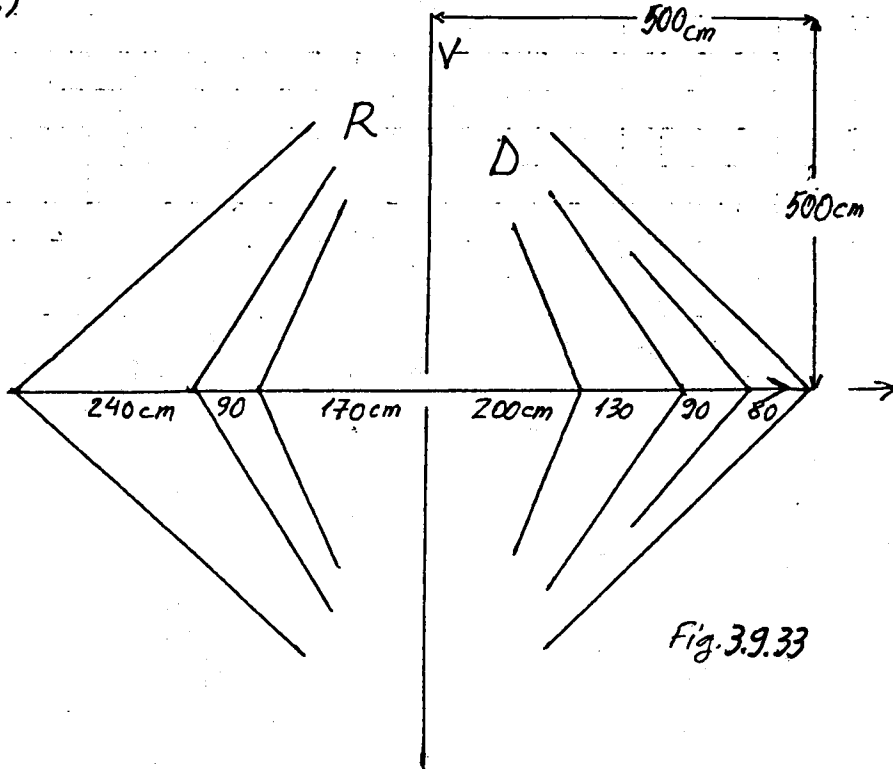


Fig. 3.9.33

Elementii se prelungesc cu corzi de nylon până la capetele vibratorului. Lungimile lor sunt (în cm):

Banda	Reflector	Director 1	Director 2	Vibrator
20m	1054	984		2 x 497
15m	700	648		2 x 342
10m	526	488	488	2 x 261

Pentru a evita întinderea elementelor, se folosește sârma de cupru tare, neizolată, sau de otel acoperit cu cupru. Vibratorii se fixează ca în Fig. 3.9.34

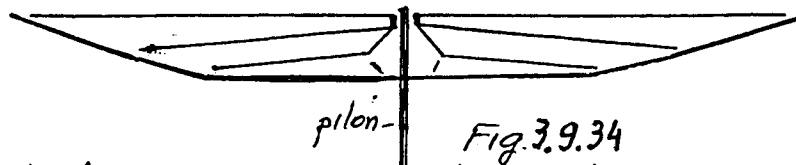


Fig. 3.9.34

Capetele vibratorilor se prelungesc până la undițele suport cu corzi de nylon. Între vibratorul pentru 20m și cel pentru 10m trebuie să fie cca 50cm, cel de jos fiind câțiva cm deasupra undiței.

Balunul (șoc RF) are 5-10 spire din coaxial cu diametrul 15-25cm, chiar lângă bornele antenei.

Antene Yağı optimizate pe calculator

Optimizarea pe calculator a antenelor Yağı cu 4 și mai multe elemente duce la concluzii importante.

Diagrama de directivitate este independentă de lungimea antenei (bumului) dacă ea depășește $0,3\lambda$. Reflectorul, vibratorul și primul director sunt apropiate, ocupând $0,2\lambda$, iar ceilalți directori sunt mai distanțați și mai rari. Lungimea elementelor și distanțele dintre ele depinde de diametrul țerilor. Antenele beam realizate din conductoare subțiri au parametri diferiți de cele realizate din țeri.

Antenele proiectate pentru câștig maxim au parametri cei mai instabili și modești. Acceptând un câștig mai mic cu 1-2dB parametrii ceilalți rezultă optimi iar la corespondent nu se observă.

Antenele Yağı cu multe elemente pentru UUS realizate și reglate experimental cu mult efort sunt inferioare celor optimizate pe calculator. Distanțele dintre directori cresc treptat până la $0,4\lambda$, după care rămân $0,4\lambda$. Lungimile directorilor scad cu o rată, ultimii având aceeași lungime. Astfel câștigul este constant într-o bandă largă de cca 7%, cu o scădere de 1dB chiar și la antena lungă de 10λ . Variația logaritmică a lungimii elementelor și intervalelor dintre ele reduce și variația impedanței, deci și a RUS-ului cu frecvența. Frecvența de rezonanță și impedanța antenei variază nesemnificativ la creșterea lungimii. Lobii laterali ai diagramei au nivele de -17dB în plan vertical și -15dB în plan orizontal pentru lungimi cuprinse între 2λ și 14λ .

Rata de descreștere a lungimii elementelor depinde de diametrul lor. Câștigul antenei Yağı optimizate crește cu cca 2,6dB la dublarea lungimii. Practic creșterea este mai mică din cauza pierderilor și erorilor constructive.

Antenele cu lungimi până la $1,5\lambda$ cu elemente Quad sau buclă au câștig puțin mai mare decât Yağı. Peste 2λ performanțele sunt egale, chiar dacă reflectorul și vibratorul sunt de tip buclă, sau HB9CV sau Logperiodice. Distanța optimă reflector-vibrator este $0,15-0,2\lambda$ pentru o diagramă și o impedanță optimă. În Fig. 3.9.35 se vede variația câștigului cu lungimea antenei în λ .

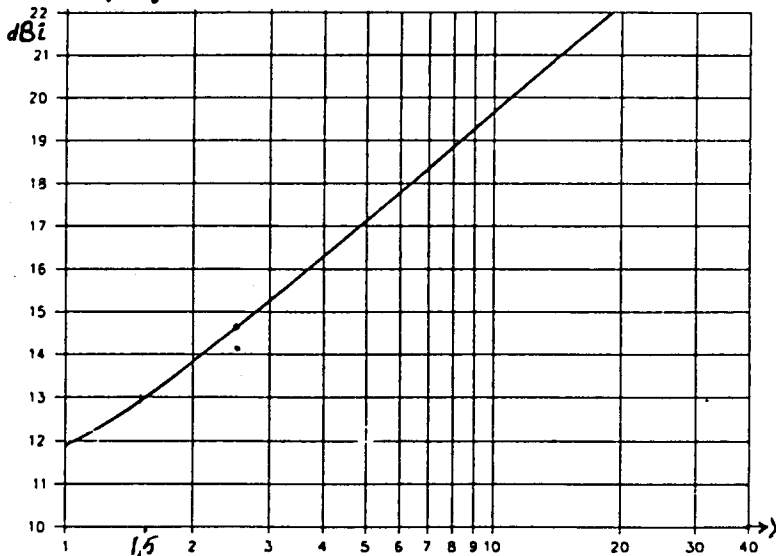


Fig. 3.9.35

Antene Yaagi optimizate cu 3 elemente, în trepte

• Jumătate dintr-un element al antenei pentru 28-29,8 MHz se dă în Fig. 3.9.36. Dimensiunile se dau în tabel. $A = \phi 19\text{mm}$, $B = 15,87$, $C = 12,7$.

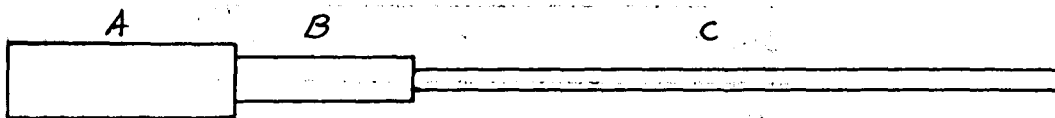


Fig. 3.9.36

	A mm	B mm	C mm
Reflector R	609,6	457,2	1695,5
Vibrator V	609,6	457,2	1463,7
Director D	609,6	457,2	1349,4
Distanța V-R	914,4		
Distanța V-D	457,2		

• Jumătate dintr-un element al antenei pentru 21 $\frac{1}{2}$ MHz se dă în Fig. 3.9.37, unde $A = 22,22\text{mm } \phi$, $B = \phi 19\text{mm}$, $C = 15,87\text{mm}$, $D = \phi 12,7\text{mm}$. Dimensiunile se dau în tabel.

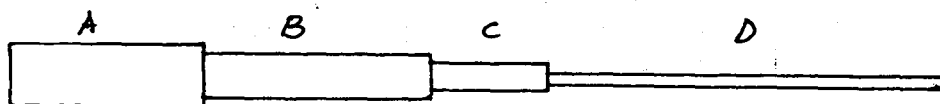


Fig. 3.9.37

	A mm	B mm	C mm	D mm
Reflector R	762	914,4	457,2	1558,7
Vibrator V	762	914,4	457,2	1260,5
Director D	762	914,4	457,2	1104,9
Distanța V-R	1219,2			
Distanța V-D	1117,6			

• Jumătate dintr-un element al antenei pentru 14 MHz se dă în Fig. 3.9.38, unde A are $\phi 31,75\text{mm}$, $B = 25,4\text{mm}$, $C = 22,22$, $D = 19$, $E = 15,87$, $F = 12,7\text{mm}$. Dimensiunile se dau în tabel.

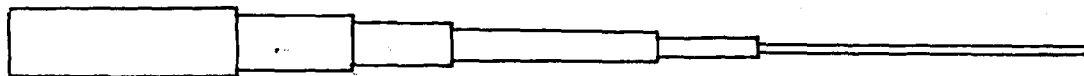


Fig. 3.9.38

	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm
Reflector R	1219,2	609,6	508	1066,8	508	1759
Vibrator V	1219,2	609,6	508	1066,8	508	1301,7
Director D	1219,2	609,6	508	1066,8	508	1082,7
Distanța V-R	2032					
Distanța V-D	660,4					

Antene Yagi cu patru elemente pentru 28 MHz

In Fig.3.9.39 se dă schița unei antene Yagi cu 4 elemente

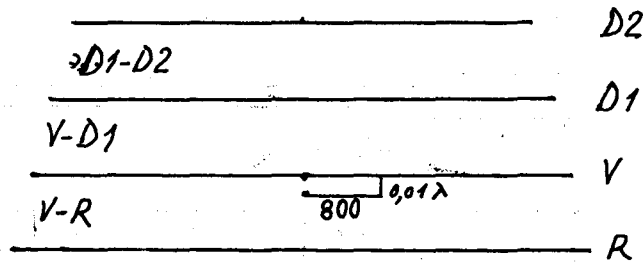


Fig.3.9.39

Dimensiunile unor variante publicate sunt în tabel, în metri.

R	V	D1	D2	V-R	V-D1	D1-D2	G dB	F/S dB
0,507 λ	0,475 λ	0,465 λ	0,448 λ	0,123 λ	0,2 λ	0,249 λ	9	25
5,36	5,02	4,92	4,72	1,3	2,12	2,65		
5,35	5,03	4,79	4,48	1,68	2,0	3,15	7,5	25
0,5 λ	0,475 λ	0,456 λ	0,438 λ	0,15 λ	0,1 λ	0,1 λ		
0,51 λ	0,47 λ	0,45 λ	0,44 λ	0,2 λ	0,2 λ	0,25 λ		
5,3	5,04	4,787	4,685	1,573	1,573	1,573		
0,5 λ	0,47 λ	0,45 λ	0,44 λ	0,2 λ	0,2 λ	0,2 λ	9,5	

Antene Yagi cu cinci elemente pentru 28 MHz

In Fig.3.9.40 se dă schița unei antene Yagi cu 5 elemente. Dimensiunile unor variante publicate, în metri sau fracțiuni de λ sunt în tabel.

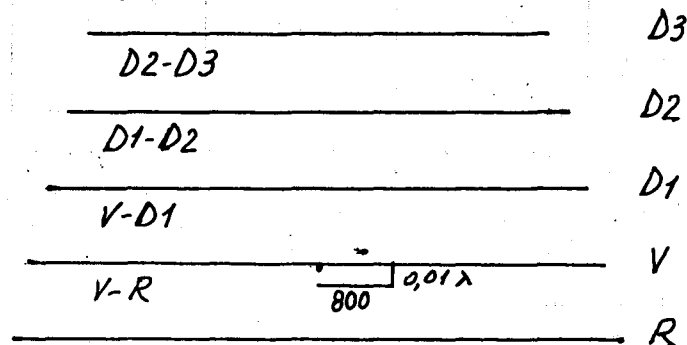


Fig.3.9.40

R	V	D1	D2	D3	V-R	V-D1	D1-D2	D2-D3	G dB	F/S
0,5 λ	0,476 λ	0,463 λ	0,459 λ	0,437 λ	0,214 λ	0,136 λ	0,234 λ	0,234 λ	10	28
5,24	5,09	4,88	4,82	4,66	1,49	1,04	2,25	2,58	8,4	30

Antene Yagi cu patru elemente în 50 MHz

In Fig. 3.9.41 se dă schița unei antene Yagi cu 4 elemente. Dimensiunile unor variante publicate, în metri sau fracțiuni de λ sunt în tabel.

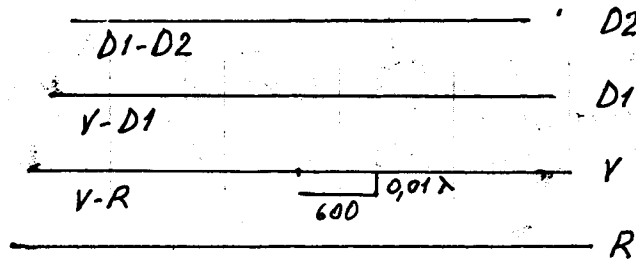


Fig. 3.9.41

R	V	D1	D2	V-R	V-D1	D1-D2	G dB	F/S dB
2,958	2,819	2,679	2,628	1,193	1,193	1,193	9	25
3,03	2,838	2,779	2,677	0,738	1,195	1,487		
0,51 λ	0,47 λ	0,45 λ	0,44 λ	0,2 λ	0,2 λ	0,25 λ		
0,5 λ	0,475 λ	0,456 λ	0,438 λ	0,15 λ	0,1 λ	0,1 λ		

Antene Yagi cu cinci elemente în 50 MHz

In Fig. 3.9.42 se dă schița unei antene Yagi cu 5 elemente. Dimensiunile unor variante publicate, în metri sau fracțiuni de λ se dau în tabel.

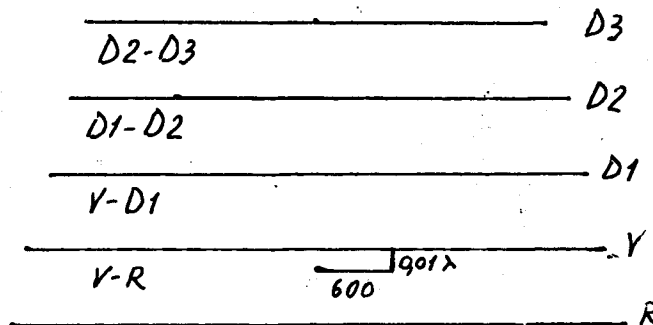


Fig. 3.9.42

V	R	D1	D2	D3	V-R	V-D1	D1-D2	D2-D3	G dB	F/S
2,82	2,95	2,68	2,65	2,6	0,92	0,92	1,07	1,5	10	21
2,78	2,95	2,54	2,66	2,59	1,493	1,494	1,493	1,494		
2,838	2,976	2,761	2,737	2,606	1,276	0,811	1,395	1,395		
2,819	3,029	2,813	2,757	2,611	0,609	0,305	1,117	1,473		
2,819	2,958	2,679	2,628	2,577	1,193	1,193	1,193	1,193		

Antena Yagi cu șase elemente în 50 MHz

În Fig.3.9.43 se dă schița unei antene Yagi cu 6 elemente. Dimensiunile unor variante publicate, în metri sau fracțiuni de λ , se dau în tabel.

R	V	D1	D2	D3	D4	V-R	V-D1	D1-D2	D2-D3	D3-D4	G dB	F/S
2,998	2,844	2,667	2,598	2,598	2,642	1,20	1,022	1,644	1,59	1,8		
2,938	2,83	2,746	2,706	2,672	2,655	1,158	0,808	1,09	1,345	1,576	10	23

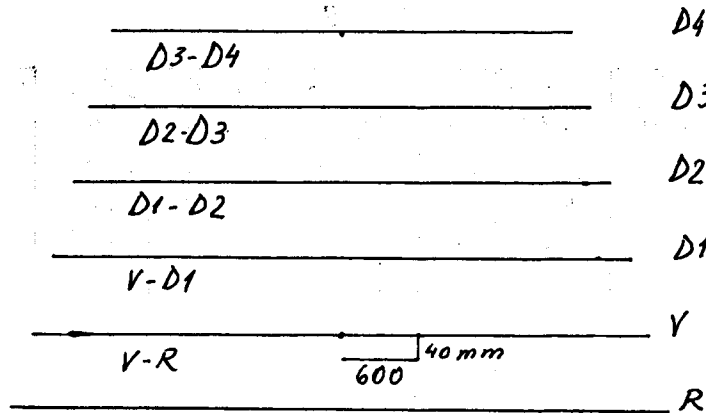


Fig.3.9.43

Antena Yagi cu șase elemente în 28 MHz

Schița acestei antene se dă în Fig.3.9.44

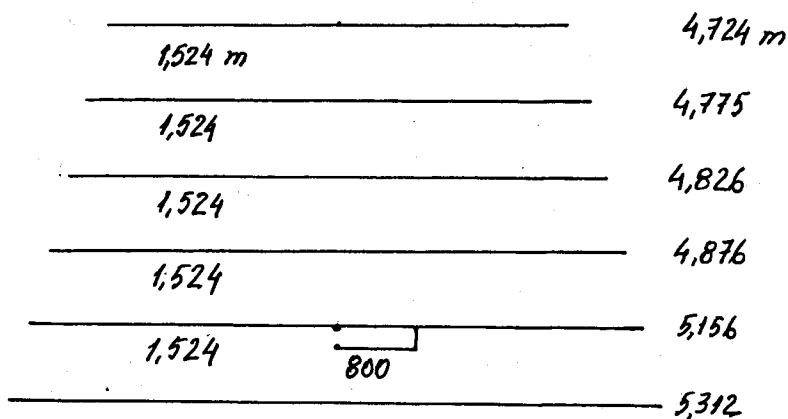


Fig. 3.9.44

Antene Yaqi cu patru sau cinci elemente în 21 MHz

Dimensiunile acestor antene sedau în tabel, în metri

R	V	D1	D2	D3	V-R	V-D1	D1-D2	D2-D3	G dB	F/S
7,115	6,761	6,50	6,30		2,1	1,65	2,55			
7,269	6,862	6,405	6,354	6,30	3,16	2,58	2,90	2,90		
7,26	6,86	6,50	6,45	6,40	2,83	2,69	2,69	2,69		

Antene Yaqi cu 4,5 sau 6 elemente pentru 14 MHz

Dimensiunile acestor antene sedau în tabel, în metri

R	V	D1	D2	D3	D4	V-R	V-D1	D1-D2	D2-D3	D3-D4	G dB	F/S
10,8	10,22	9,65	9,50			3,2	3,03	3,03				
11,08	10,32	9,9	9,6			3,12	2,26	2,43				
10,8	10,19	9,73	9,54	9,45		3,66	3,05	3,66	3,66			
10,77	10,16	9,73	9,53	9,49	9,47	3,05	2,44	2,75	2,90	2,90		

Antene Yaqi cu 2,3 sau 5 elemente pentru banda de 70 MHz

Dimensiunile acestor antene, în metri, sedau în tabel, pentru $r = 10$.

R	V	D1	D2	D3	V-R	V-D1	D1-D2	D2-D3	G dB	F/S	dB
	2,092	1,938				0,43			4,4	14	
2,154	2,026	1,89			0,66	0,66			5,7	25	
2,102	2,038	1,944	1,91	1,87	0,44	0,495	1,18	1,085	8,6	25	
0,5 λ	0,47 λ	0,45 λ	0,44 λ		0,2 λ	0,2 λ	0,2 λ				

Trecerea de la impedanța de 28 Ω a acestor antene la coaxialul de 50 Ω se face cu o linie intermediară în $\lambda/4$ de 37 Ω realizată din două bucăți de coaxial de 75 Ω , lungi de $k \cdot \lambda/4$, legate în paralel.

Adaptarea se poate realiza și cu dispozitiv gama.

Antene Yağı de mare performanță pentru 144 MHz K1 F0

Aceste antene optimizate pe calculator au lungimile elementelor și distanțele dintre ele variabile logaritmice. Ele au câștig maxim, diagramă de radiație curată și bandă largă. Antenele au lungimi între $1,8\lambda$ (10 elemente) și $5,1\lambda$ (19 elemente) conform tabelului T1

T1

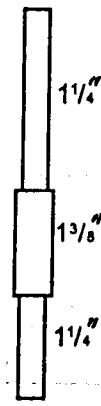
Nr de El	Boom (λ)	Câștig (dBd)	Z (Ω)	F/S (dB)
10	1.8	11.4	27	17
11	2.2	12.0	38	19
12	2.5	12.5	28	23
13	2.9	13.0	23	20
14	3.2	13.4	27	18
15	3.6	13.8	35	20
16	4.0	14.2	32	24
17	4.4	14.5	25	23
18	4.8	14.8	25	21
19	5.2	15.0	30	22

Dacă elementele au $\phi = 6,35\text{mm}$, distanțele lor față de reflector, în mm și lungimile lor, în mm se dau în tabelul T2.

El.	Distanța mm	Lung. mm
REF	0	1038
DE	312	955
D1	447	956
D2	699	932
D3	1050	916
D4	1482	906
D5	1986	897
D6	2553	891
D7	3168	887
D8	3831	883
D9	4527	879
D10	5259	875
D11	6015	870
D12	6786	865
D13	7566	861
D14	8352	857
D15	9144	853
D16	9942	849
D17	10744	845

T2

El.	Dist. mm	Lung. mm
REF	0	1044
DE	312	955
D1	447	962
D2	699	938
D3	1050	922
D4	1482	912
D5	1986	904
D6	2553	898
D7	3168	894
D8	3831	889
D9	4527	885
D10	5259	882



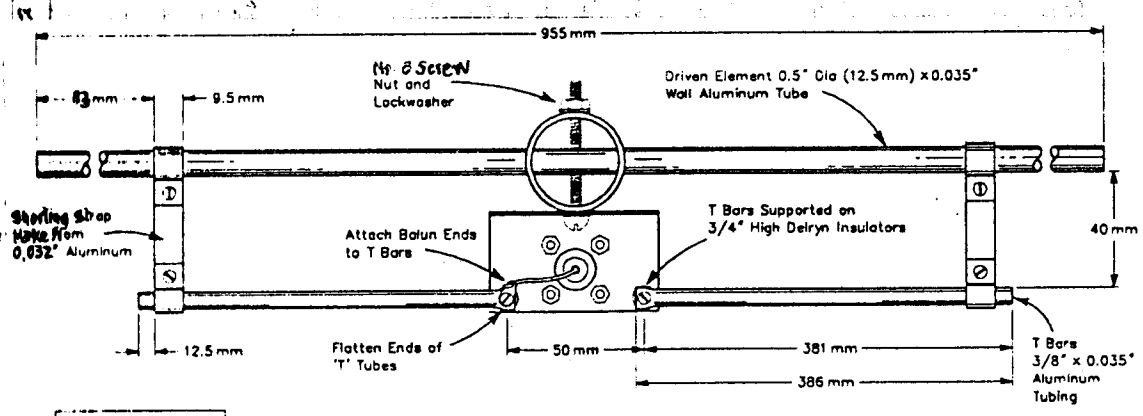
T3

Dacă se realizează o antenă cu 12 elemente, lungă de $2,5\lambda$, distanțele față de reflector și lungimile lor, în mm, și aspectul burm-ului realizat din țevi cu diametre mai mici spre capete, se dau în tabelul T3.

Dacă elementele au diametrul $\phi 5\text{mm}$, elementele pasive se fac mai lungi cu 3mm iar dacă au $\phi 9,5\text{mm}$, se fac mai scurte cu 6mm.

Elementul vibrator are adaptor în T, care asigură o diagramă de radiație

simetrică. Coaxialul se conectează la dispozitivul de adaptare în T cu un balun în $\lambda/2$ realizat dintr-o bucată de coaxial, care transformă impedanțele în raport 4:1. Vibratorul face contact cu bum-ul pentru a evita parazitii produși de sarcinile statice. Dispozitivul T se realizează ca în Fig. 3.9.45 A și B, iar aspectul antenei, în (c)



Driven Element Detail 12—Element 144 MHz Yagi (A)

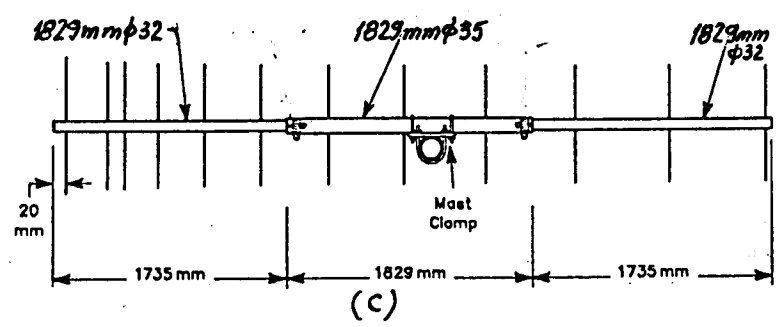
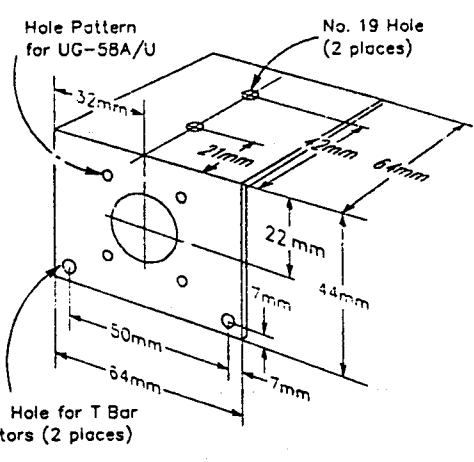
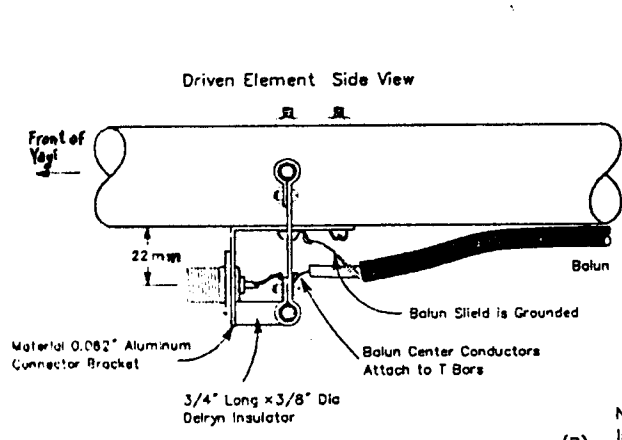


Fig. 3.9.45

Antenă Yagi de mare performanță pentru 432 MHz K1FO

Antena are 17 elemente montate pe un bum realizat din profil de aluminiu (20x20mm) lung de 3m. Ea are un câștig de cca 14,3dB, un raport F/S de 20dB și un unghi de deschidere a dia-gramei de radiație de cca 30°.

Elementele sunt realizate din țevă de aluminiu $\phi 8$ mm și au lungimile din tabel. Fixarea lor pe bum se face cu mici plățbände din tablă de aluminiu îndoită în forma literei omega și șuruburi autofiletante de 4mm.

Vibratorul are dispozitiv de adaptare în T (Fig. 3.9.46 și b) care permite găsirea punctelor între care impedanța este 200Ω . Adapta-rea cu coaxialul de 50Ω se face cu o buclă în $\lambda/2$ din coaxial, care are 229mm dacă este din coaxial RG58/U.

Cele două piese izolante notate cu „i” sunt din teflon, plexiglas sau textolit și susțin tijele notate cu „T” ale dispozitivului de adaptare. Capetele buclei U sunt cositorite la capetele interioare ale tijelor „T”, iar cele două trese la papucul „P”. Bucla U se fixează de bum cu șoci. Fiderul are mufă-fată și se fixează de bum cu șoci.

Tabel cu lungimile elementelor și distanțele dintre ele

El	L[mm]	D[mm]	D5	622	D11	284	1879	
R	345	0	D6	294	798	D12	283	2122
V	339	104	D7	292	990	D13	282	2375
D1	320	146	D8	290	1196	D14	281	2629
D2	311	224	D9	288	1414	D15	280	2590
D3	304	322	D10	286	1642			
D4	300	466						

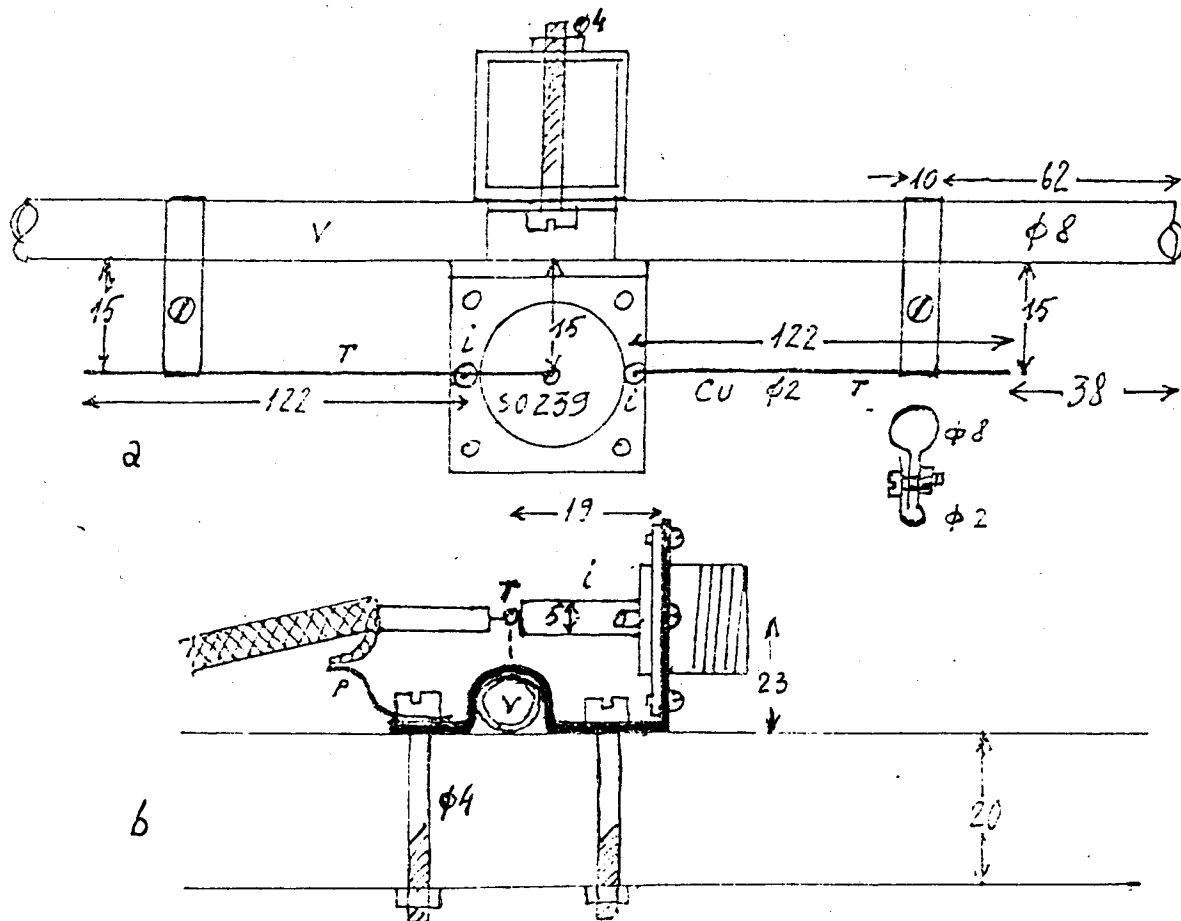


Fig. 3.9.46
178

Antena Yagi cu 3 elemente scurtate, pentru 14 MHz WA1LNQ

Antena se realizează din țevi de aluminiu $\phi 30$ mm. Bobinele se realizează pe cilindri de plexiglas (sau textolit) $\phi 28,6$ mm (Fig. a). Capetele țevilor se „despică” cu bonfaierul pentru a fi strânse cu coliere. Sârma bobinelor este CuE $\phi 1,6$ mm. Sarcinile capacitive în formă de cruce sunt formate din câte două corniere de 20×20 mm, lungi de 61 cm, prinse de elemente cu șuruburi. La cele 4 extremități se nituiesc „papuci” la care se cositorește sârma de cupru $\phi 1,6-2$ mm, pentru a forma pătrate.

Bumul se fixează de pilon prin intermediul unei plăci metalice pătrate de 220×220 mm și scoabe. Pilonul este mai înalt, de vârful lui fiind fixate două ancore de nylon care susțin capetele bumului.

Capetele țevilor se astupă cu dopuri. Condensatorul variabil este protejat într-o cutie de plastic fixată de bum, pe ea fiind fixată și mufa.

Dispozitivul Gama este o tijă $\phi 10$ mm din aluminiu lungă de 1016 mm fixată de țeara vibratorului cu un „scurtcircuit” S din platband de aluminiu și un distanțier D din plexi. De la condensatorul variabil la tija dispozitivului Gama legătura se face cu o sârma de aluminiu $\phi 3-4$ mm, lungă de 152,4 mm. Cu dimensiunile din Fig. 3.9.47b RUS: 1,1:1 la 14.050 KHz, și 2:1 la 14.350 KHz.

Antena se reglează deplasând scurtcircuitorul S și rotind condensatorul variabil pentru RUS minim la 14,1 MHz.

Antena are un raport F/S cc a 18 dB.

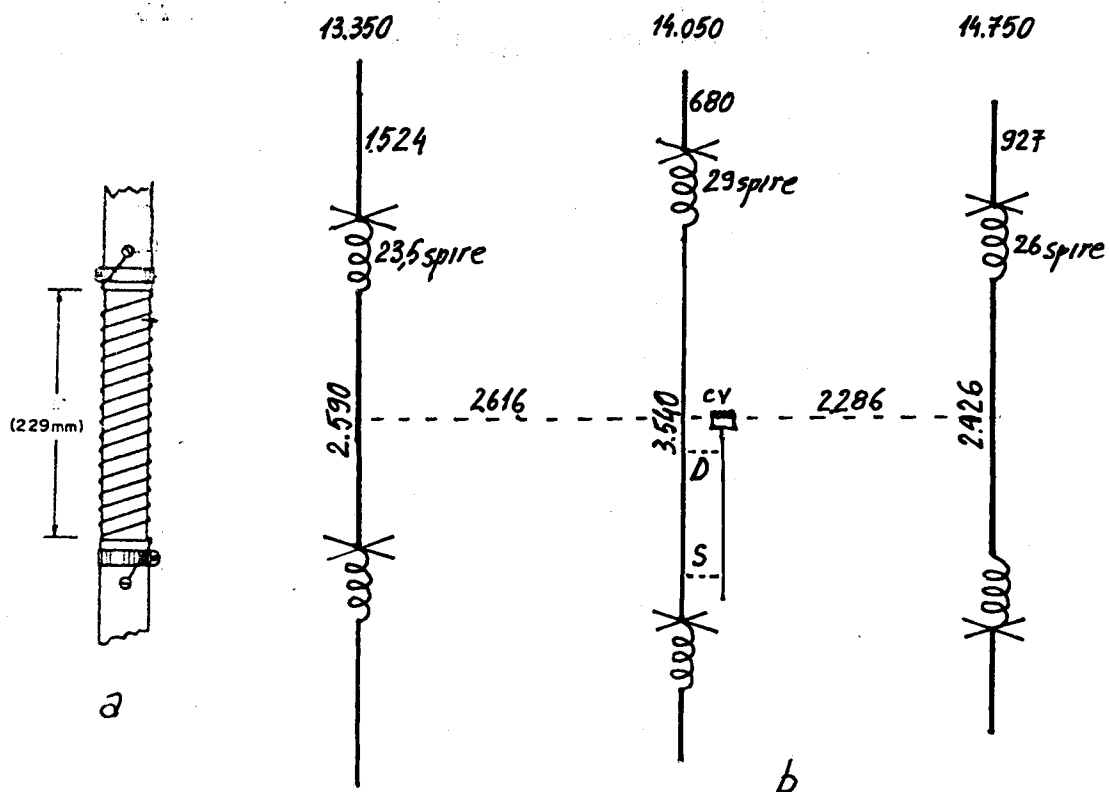


Fig. 3.9.47

Antena Yagi pentru banda de 1296 MHz DL6WU

Antena acoperă banda 1.270-1.350 MHz cu o scădere a câștigului de 1 dB și RUS sub 1,2:1. Datele din tabelele T1 și T2 sunt pentru boom ϕ 15 mm și elemente ϕ 4 mm. Vibratorul și bucla U sedau în Fig. 3.9.4b

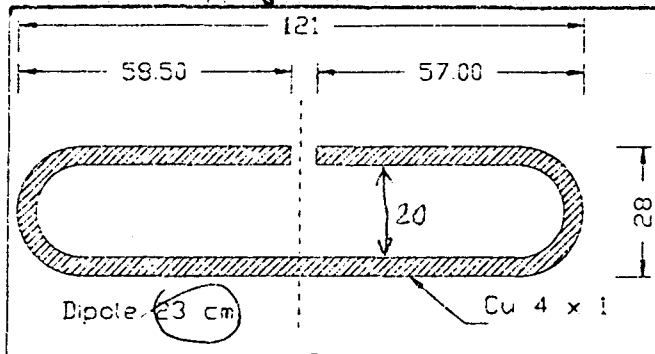
T1

Length [mm]	Length [λ]	Gain [dBD]	3dB Angle ϕ_E	3dB Angle ϕ_H	Stack-Hori [mm]	Stack-Verli [mm]
1945	6.4	16.6	21.2	21.6	625	615
2497	11	17.5	20.5	20.8	650	640
2957	13	18.1	19.3	19.6	690	680
4061	17	19.1	17.0	17.3	780	770
5993	26	20.3	14.7	14.9	900	890

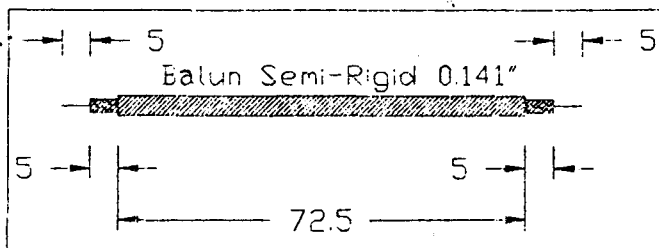
T2

Element	Position ¹ [mm]	Length ² [mm] for 4mm El. & 15mm Boom
R	0	120
DE	50	120
D1	68	106
D2	110	104.5
D3	160	103
D4	218	101.5
D5	283	100
D6	353	99
D7	426	98
D8	502	97
D9-10	582, 665	96
D11-12	751, 841	95
D13-15	933, 1025, 1117	94
D16-18	1209, 1301, 1393	93
D19-21	1485, 1577, 1669	92
D22-24	1761, 1853, 1945 (8.4 λ)	91
D25-28	2037, 2129, 2221, 2313	90
D29-32	2405, 2497 (11 λ), 2589, 2681	89
D33-37	2773, 2865, 2957 (13 λ), 3049, 3141	88
D38-43	3253, 3325, 3417, 3509, 3601, 3693	87
D44-50	3785, 3877, 3969, 4061 (17 λ), 4153, 4245, 4337	86
D51-58	4429, 4521, 4613, 4705, 4797, 4889, 4981, 5073	85
D59-66	5165, 5257, 5349, 5441, 5533, 5625, 5717, 5809, 5901, 5993	84

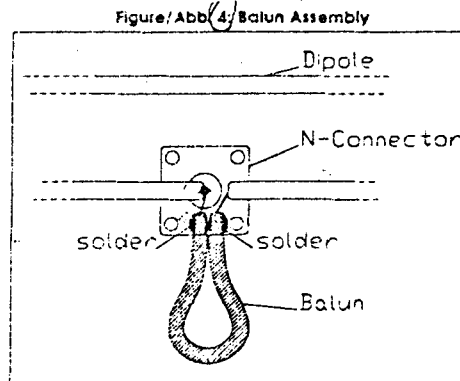
¹ Positions must be accurate to ± 0.5 mm
² Length must be accurate to ± 0.3 mm



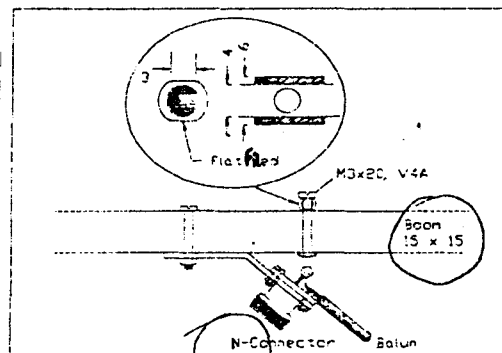
(2)



Figure/Abb. 3: Semirigid Balun



Figure/Abb. 4: Balun Assembly



Figure/Abb. 5: Dipole Assembly

Fig. 3.9.4b

Antenă Yagi 3 elemente în 10m intercalată cu Yagi 3 el. în 15m.

Această antenă sedă în Fig. 3.9.49.

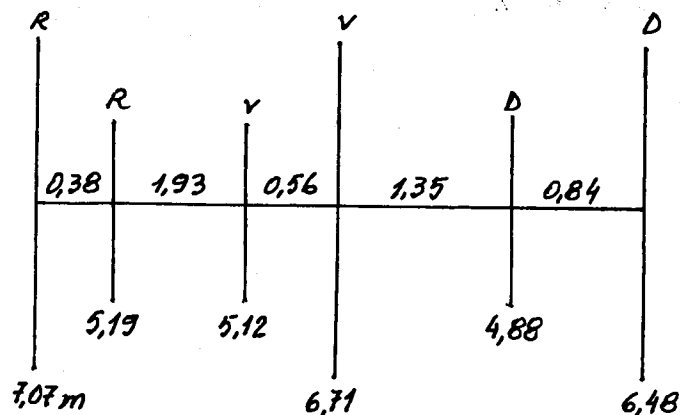
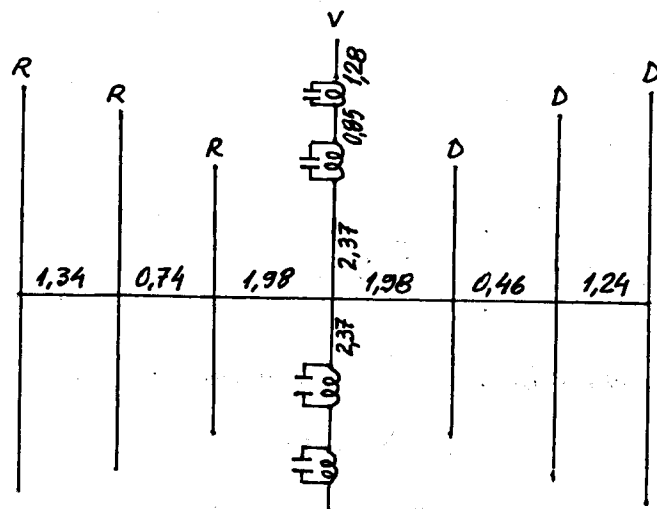


Fig. 3.9.49

Trei antene Yagi cu câte trei elemente intercalate, 10-15-20m

Această antenă realizată de W1FBV sedă în Fig. 3.9.50



cw	10,82 m	7,24	5,38	4,88	6,53	9,78
ssb	10,62 m	7,14	5,18	4,6	6,45	9,57

Fig. 3.9.50

Elementele pasive nu au trapuri (care introduc pierderi) iar distanțele lor față de vibrator sunt optime. Vibratorul are 3 dispozitive gama, cu lungimi de 1,5 - 1,06 și 0,71m, la distanța de 15-13-13cm de vibrator.

Bobinele au lungimea 5cm, diametrul 76mm, 3 spire la trapul de 10m, 5 spire la trapul de 15m. Condensatorul are 72pF pentru 10m (sau o bucată de coaxial de cca 0,81m) și 66pF pentru 15m (sau o bucată de coaxial de cca 0,71m). Bobinele sunt „pe aer” deasupra fișelor de plexiglas care unesc secțiunile elementelor.

Vibratorul are 3 dispozitive gama conectate la un coaxial comun.

Antenă Yagi cu 3 elemente în 15m intercalată cu 3 el. în 10m
 Această antenă optimă a fost concepută de W. Orr, W6SAI (Fig. 3.9.53)

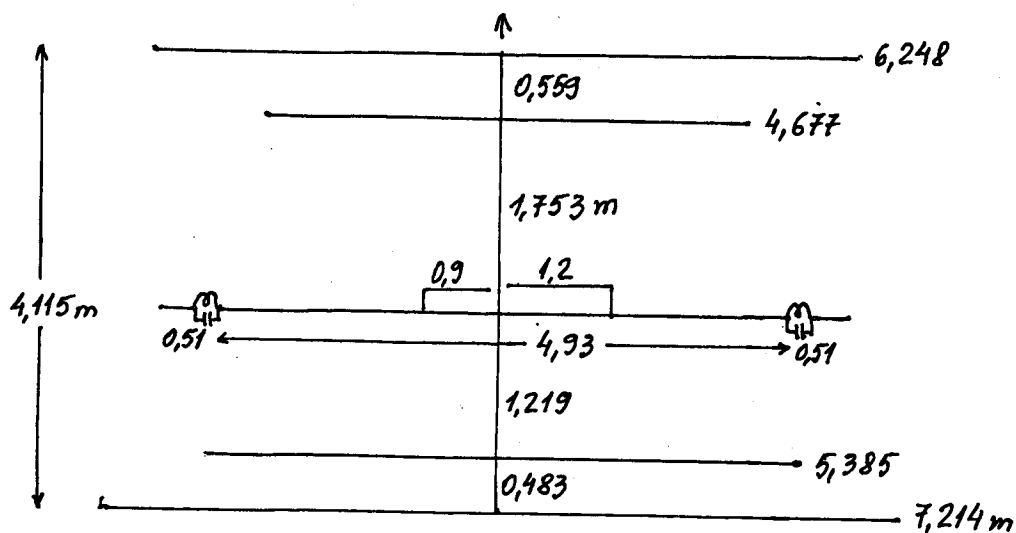


Fig. 3.9.53

Vibratorul este realizat în partea centrală din teavă de aluminiu $\phi 38\text{mm}$ iar capetele din tevi $\phi 19\text{mm}$. Elementele pasive au $\phi 25\text{mm}$. Toate elementele sunt izolate de bum. Vibratorul are două dispozitive Gama. Trapurile se acordează pe $27,9\text{MHz}$, individual. Ele au câte 5 spire cu diametrul 76mm și lungimea 76mm . Condensatoarele au câte 25pF .

Antene Yagi suprapuse

Două antene Yagi montate suprapus (etajat) și alimentate în fază pot avea performanțe superioare unei antene Yagi-lung, la același câștig. Antenele suprapuse, mai scurte, au o rază de rotație mai mică, unghiul de radiație mai mic (față de sol), și o diagramă mai largă în plan orizontal, care pretinde rotații mai puțin și mai puțin precise decât Yagi lung.

În unde scurte, suprapunerea antenelor poate da un câștig la propagare ionosferică, la distanțe mari, mai mare decât cel teoretic, de 2-3 dB.

Distanța între antenele Yagi cu bum mai lung decât 1λ este cca 1λ . Rezultatele scad la distanța $5\lambda/8$, și mai scad dacă distanța este $\lambda/2$, deși diagrama de radiație devine mai „curată”. La 144 MHz și mai sus, se recomandă distanța λ .

Antenele Yagi se pot monta și „alăturat”, pentru a avea o diagramă mai îngustă în plan orizontal. Câștigul maxim în acest caz se obține când capetele vecine ale elementelor sunt la distanța de $5\lambda/8$.

Dacă antenele Yagi suprapuse sunt bine realizate, impedanțele lor sunt pur rezistive și relativ ușor de adaptat și în fază.

Deseori se montează suprapus două antene Yagi pentru benzi diferite: de exemplu un Yagi pentru 144 MHz deasupra unui Yagi pentru 50 MHz. În acest caz antena de jos se comportă ca un plan de pământ față de cea de deasupra, fiind mai mare. Distanța recomandată dintre ele este $\lambda/2$ sau λ , pentru ca influența să fie minimă. Când bum-ul antenei de sus este mai scurt decât al antenei de jos, distanța dintre ele se stabilește cât jumătate din lungimea bumului antenei de sus.

Dacă antena „de sus” este pentru 144 MHz, distanța minimă este 1 m, dar mai recomandabil - 2 m.

Micșorarea distanței afectează mai ales antena „de sus”, care trebuie re-acordată și adaptată.

Două antene Yagi etajate, identice, în fază, dacă sunt la distanța $0,67\lambda$, se influențează și își micșorează impedanța cu cca 35%. Dacă sunt la distanța 1λ , impedanțele lor cresc cu 4%.

Adaptarea celor două antene, aflate la distanța λ sau mai mare, se face ca în Fig. 3.9.53.

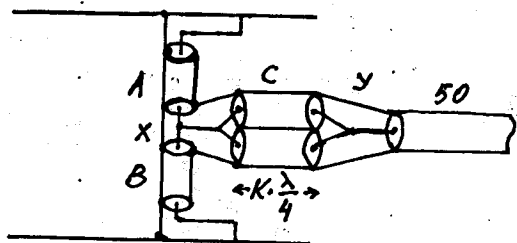


Fig. 3.9.53

Impedanțele antenelor, de 50Ω , trec prin coaxialele A și B, de 50Ω , de lungimi egale și se leagă în paralel în punctul X, dând 25Ω . Între punctele X și Y există o linie în $\lambda/4$ cu impedanța de 37Ω , realizată din două bucăți de coaxial C, de 75Ω , care transformă impedanța din X (25Ω) în aproximativ 50Ω în punctul Y, de unde pleacă fiderul.

3.10 Sisteme de dipoli cu radiație transversală

Alimentând în fază doi dipoli paraleli aflați la distanța S , maxim de radiație se obține în direcția perpendiculară pe planul dipolilor, în ambele sensuri (Fig. 3.10.1) și zero în planul dipolilor.

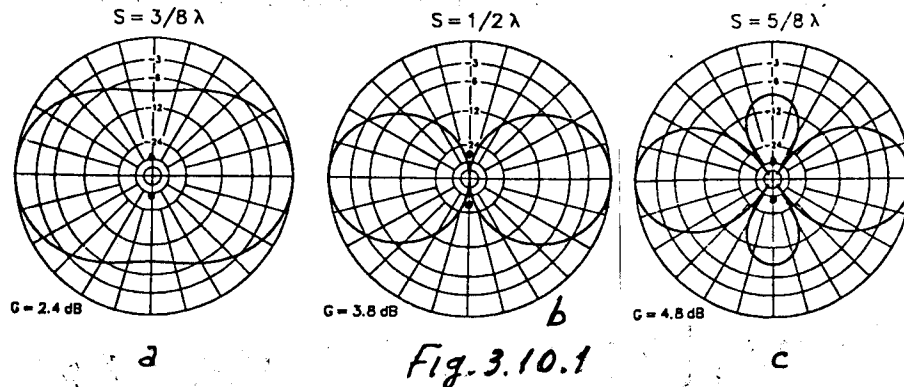


Fig. 3.10.1

În această figură dipolii în $\lambda/2$ sunt văzuți din profil și apar ca puncte (secțiuni ale conductoarelor), în spațiul liber. Aproximind antena de pământ, conductoarele pot fi orizontale, unul deasupra celuilalt sau pot fi verticale. În ambele cazuri diagrama se modifică datorită undelor reflectate de pământ. În cazul a doi dipoli orizontali suprapuși, cel inferior aflat la înălțimea $\lambda/2$ de pământ iar cel superior la înălțimea $\lambda/2$ față de cel inferior, diagrama de radiație în plan vertical este ca în Fig. 3.10.2.a

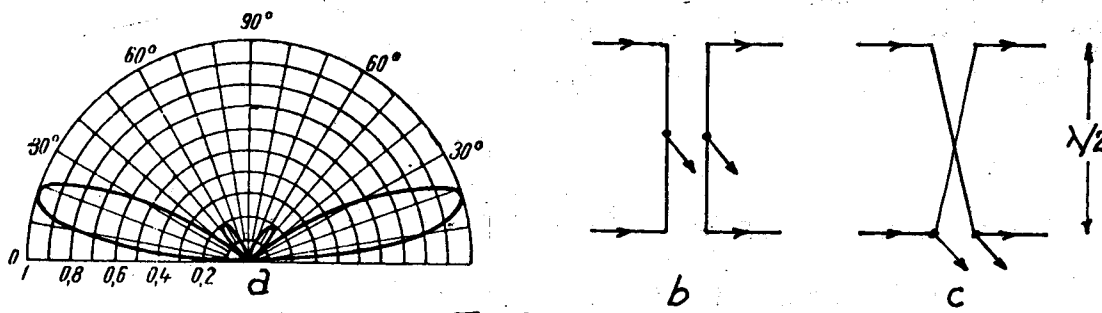


Fig. 3.10.2

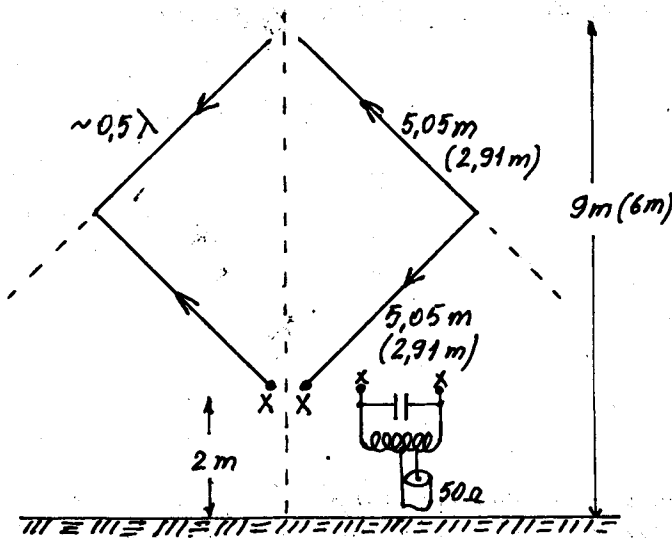
În Fig. 3.10.1 b și c distanța între dipolii în $\lambda/2$ sinfazati aflați în spațiul liber s-a mărit la $5/8 \lambda$ respectiv $3/4 \lambda$, câștigul a devenit 4,8 dB respectiv 4,6 dB iar diagrama a căpătat lobi secundari care se măresc cu distanța. Acești lobi pot fi utili dacă cele două antene sunt montate vertical deasupra pământului. Diagramele sunt valabile și pentru două antene verticale sinfazate, cu baza pe pământ sau înălțate (GP), cu lungimea $\lambda/4$.

În Fig. 3.10.2 b și c sunt două metode de alimentare în fază a dipolilor în $\lambda/2$ sau în λ (care au impedanțe mai ușor de adaptat).

În cazul a 3 dipoli în $\lambda/2$ aflați la distanțe de $\lambda/2$ câștigul lobilor transversali este 5 dB; la 4 dipoli este 6 dB, la 5 dipoli este 7 dB iar la 6 dipoli, 8 dB. Mărind distanțele la $3\lambda/4$ câștigurile sunt corespunzător: 7-8,5-10-11 dB, dar sinfazarea se complică. În UUS se pot realiza sisteme de dipoli „etajați” în λ , sinfazati, care pentru mărirea câștigului într-o singură direcție, au și reflectori liniari sau plani. Reflectorul plan aflat la distanța $0,15\lambda$ dă un câștig de 5-6 dB.

Antena Bisquare pentru banda de 10 sau 6m

Această antenă se dă în Fig. 3.10.3.



Ea are formă de pătrat neînchis, susținut în plan vertical de un pilon (preferabil nemetalic) și ancore de nylon. Laturile din stânga și dreapta sunt de lungime λ . Pe fiecare latură a pătratului există o semiundă de curent staționar, cu sensul arătat de săgeți. Considerând săgețile vectori, suma lor este o rezultantă orizontală de două ori mai lungă decât diagonala pătratului. Antena radiază bidirecțional, perpendicular pe planul său și are un câștig de cca 5,8 dB.

Fig. 3.10.3

Dimensiunile pentru banda de 6m sunt în paranteze. Impedanța la bornele XX este mare. Antena se alimentează cu linie bifilară cu aer sau plastic. Se poate trece de la impedanță mare la 50Ω cu o linie bifilară de impedanță intermediară și balun. Se poate conecta la bornele XX un circuit oscilant derivate acordat pe frecvența antenei, la care se conectează coaxialul (vezi detaliul).

Perpendicular pe antenă se poate monta încă o antenă identică, pentru a acoperi prin comutarea lor patru direcții.

Sistem de dipoli cu radiație transversală Sterba

Această antenă se dă în Fig 3.10.4

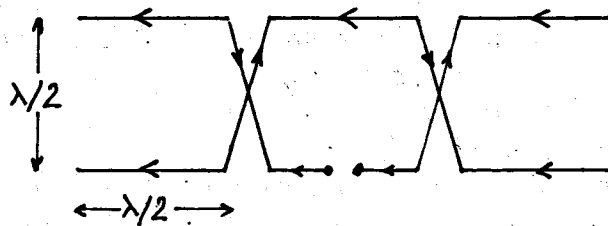


Fig. 3.10.4

Antena are două șiruri de dipoli colineari, dispuși pe verticală. O variantă mai avansată se dă în Fig. 3.10.5

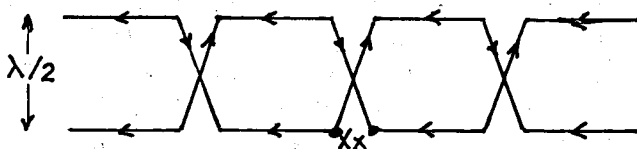


Fig. 3.10.5

3.11. Sisteme de antene monopol

Antenele monopol (semidipol) pot fi grupate în sisteme radiante cu directivitate, câștig și diagrame îmbunătățite. De obicei este vorba de antene verticale pentru frecvențe joase din unde scurte, unde sunt probleme de gabarit. Cel mai simplu sistem are două antene verticale, ambele alimentate cu energie RF.

O antenă verticală la rezonanță are rezistența de intrare (în maximum de curent) R_i pur activă, ohmică, curentul fiind în fază cu tensiunea. La dezacord, dacă antena este mai lungă decât $\lambda/4$ sau mai scurtă, pe antenă unda staționară de curent și cea de tensiune sunt mai lungi sau mai scurte decât $\lambda/4$ și de fazajul dintre ele nu este zero. Defazajul „în urmă” sau „înainte” al curentului față de tensiune face ca impedanța la bornele antenei să fie formată din rezistența de intrare R_i în serie cu o inductanță sau o capacitate, care ar produce defazajul.

Apropiind două antene verticale identice aflate la rezonanță, între ele apare un cuplaj care le modifică frecvența de rezonanță, rezistența de intrare și creează inductanțe sau capacități (de fapt defazări), în serie cu rezistențele lor de intrare.

Dacă în cazul a două bobine apropiate cuplate există inductanța „mutuală”, iar între două circuite oscilante cuplate există impedanța mutuală, în cazul antenelor apropiate există impedanța mutuală Z_m .

Valoarea ei a fost calculată în cazuri particulare - de ex. două antene verticale în $\lambda/4$ aflate deasupra unui pământ perfect conductor. Dacă antenele se află la distanța $0,15\lambda$, $Z_m = (30,2 + j3,6)\Omega$; la $0,25\lambda$ $Z_m = (20,4 - j14,2)\Omega$; la $0,5\lambda$ $Z_m = (6,3 - j15)\Omega$; la 1λ $Z_m = (2 + j8,9)\Omega$.

Partea reactivă, care simbolizează defazarea, are semnul + dacă este inductivă și - dacă este capacitivă.

Cunoscând impedanța mutuală și măsurând defazarea dintre curenții din cele două antene se poate calcula impedanța indusă de o antenă în cealaltă și apoi impedanța fiecărei antene.

Cunoscând impedanțele, mărimile U și I și defazările dintre ele, se pot calcula circuitele de adaptare și defazare, cu metode complexe (F. Gehrke K2BT, Christman KB8I, R. Lewallen WFEL, Collins W1FC).

În Fig. 3.11.6 sunt două antene verticale în $\lambda/4$ la distanța $\lambda/8$, alimentate cu defazaj de 135° (ca antena HB9CV). Sistemul radiază unidirecțional și are câștig 4,4 dB. Antena se alimentează cu coaxiale de lungimi anumite (159° și 193°) care transformă impedanța antenei 1 ($Z = (13,1 - j19,1)\Omega$ în $Z' = (20,35 - j42,5)\Omega$ și impedanța antenei 2 ($Z = (17,3 + j23,3)\Omega$ în $Z' = (47,1 + j1,07)\Omega$). Cele două impedanțe legate în paralel în punctul A dau o rezultantă $Z_t = (47,1 + j1,075)\Omega$, foarte apropiată de 50Ω . Energia se aduce în punctul A cu coaxial de 50Ω .

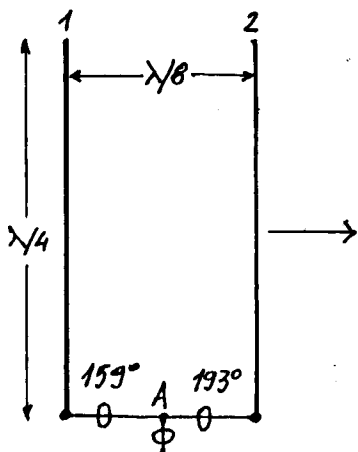


Fig. 3.11.6

Se găsește lungimea exactă de $1\lambda \cdot K$ a unei bucăți de coaxial care are 360° , apoi se taie din ea segmentele de 159° și 193° . Pentru 1,8 și 3,5 MHz cele două antene

verticale în $\lambda/4$ pot fi de înălțime mai mică, completată cu capacitate terminală. Aceasta este metoda Christman.

Dacă pe Fig. 3.11.6 antenele se distanțează la $\lambda/4$, câștigul scade la 3dB, linia de 193° trebuie să aibe 155° iar linia de 159° se scurtează la 86° (electrice). În acest caz impedanța în punctul A devine $(23,8 + j12,4)\Omega$ și este nevoie de un circuit LC de adaptare.

În Fig. 3.11.7. se dau diagramele de radiație în plan orizontal a două antene (figurate prin puncte în centru) la diferite distanțe și defazări. Diagramele sunt valabile și pentru dipoli paraleli.

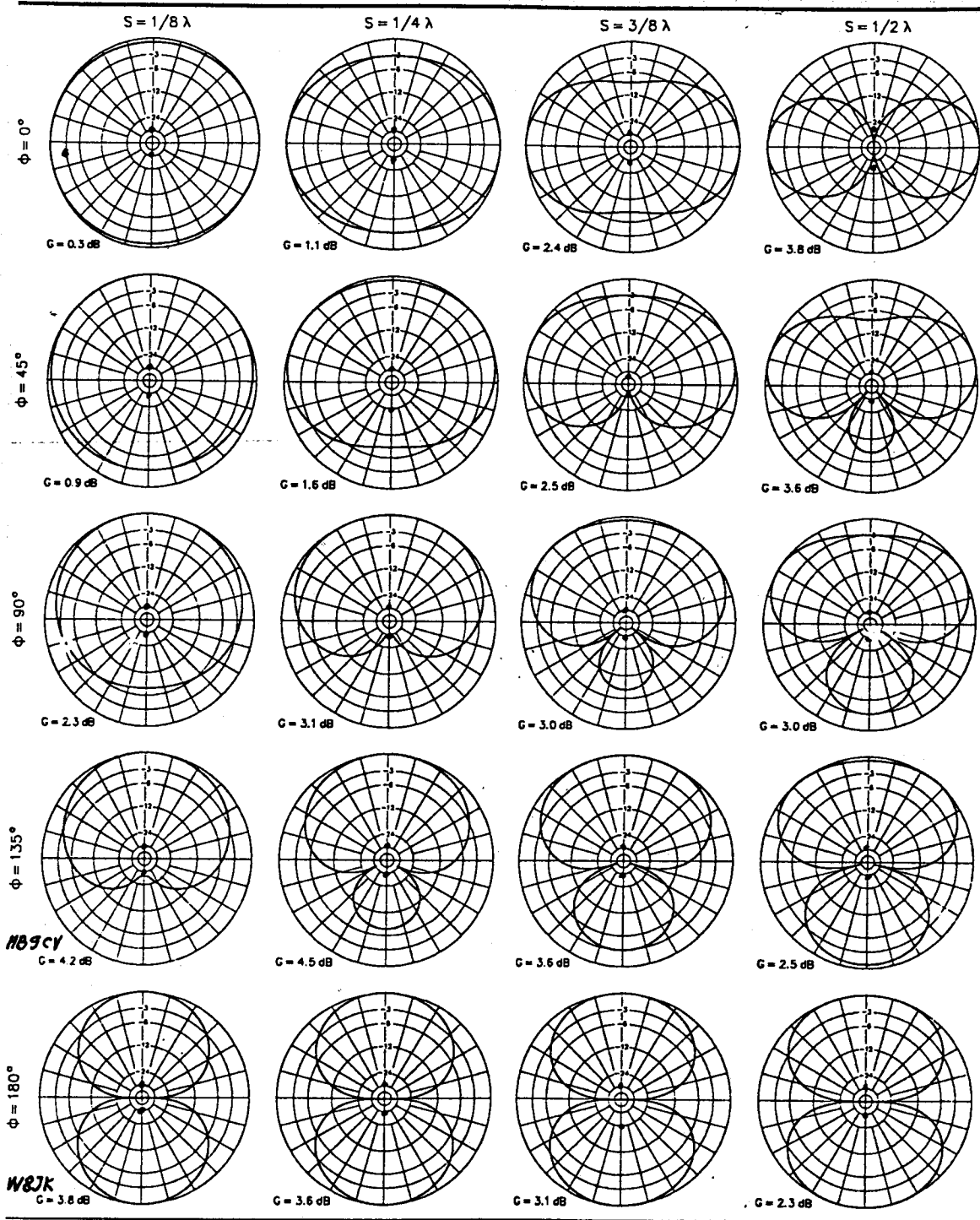


Fig. 3.11.7

Două antene verticale în $\lambda/4$ la distanța $\lambda/2$.

În Fig. 3.11.8 se vede această antenă cu radiație longitudinală (în planul antenelor), bidirecțională. Impedanța rezultantă în punctul A este $(2545 - j7,28)\Omega$. Ea este transformată în 50Ω cu ajutorul unui circuit L-C. Valorile L și C sunt pentru banda de 80m.

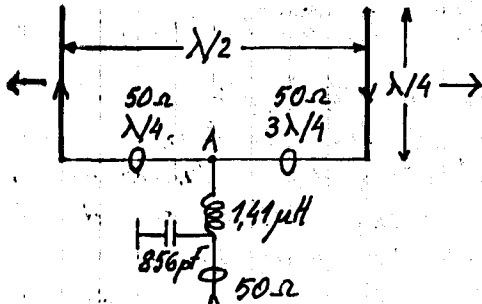


Fig. 3.11.8

Căștigul antenei, conform Fig. 3.11.7 este 23dB. Curenții în antene sunt în antifază (180°).

În Fig. 3.11.9 se vede aceeași antenă, dar având radiație transversală și căștig 3,8dB. Curenții în cele două antene sunt în fază (0°).

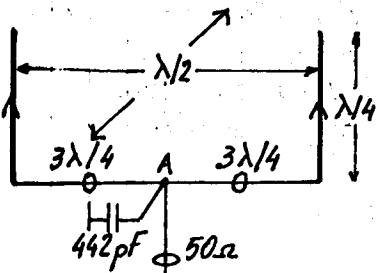


Fig. 3.11.9

Din punctul A pleacă spre antene două coaxiale egale, de $3\lambda/4$ (electric). Impedanța în punctul A este $(37,23 + j17,66)\Omega$ și ea se corectează cu un condensator de 442 pF (în cazul benzii de 80m)

În Fig. 3.11.10 se vede cum se poate comuta de la o schemă la alta cu ajutorul unui releu.

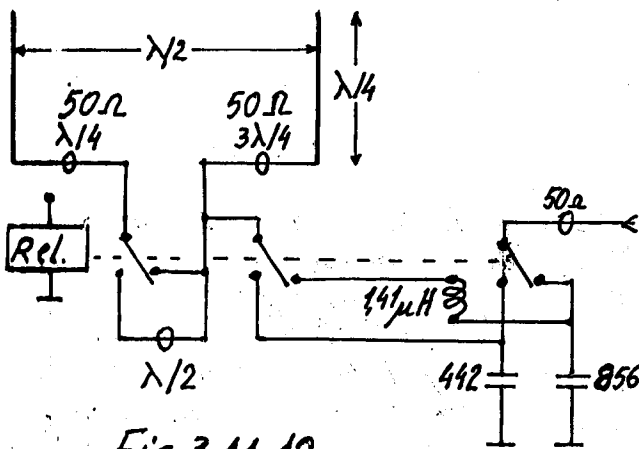


Fig. 3.11.10

Antena „Half-Square”

Această antenă se dă în Fig. 3.11.11. Intinzând în linie dreaptă conductorul, se constată că are lungimea λ iar punctele de alimentare Xx se află în maximul unei staționare de curent, unde impedanța este mică, cca 50Ω .

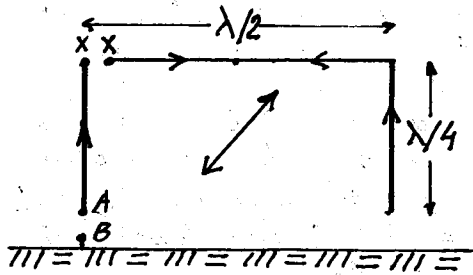


Fig. 3.11.11

Curenții în laturile verticale sunt în fază deci radiația este transversală și câștigul este $3,8 \text{ dB}$. În latura orizontală sunt curenți contrari și radiația lor se anulează reciproc în mare parte.

Antena poate fi alimentată și „la capăt”, în punctele AB , unde impedanța este mare, cu ajutorul unui circuit oscilant derivație.

Spre deosebire de antenele verticale obișnuite, care au maximul de curent la bază, aici maximul este la vârful laturilor verticale, adică mai departe de pământ (care produce pierderi de putere).

Înălțimea de 20 m fiind greu de realizat în banda de 80 m , se folosește varianta din Fig. 3.11.12, cu o mică scădere a câștigului.

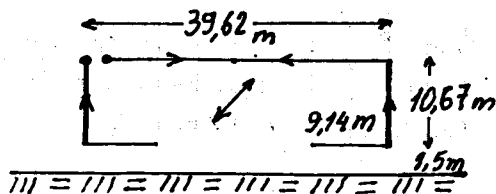


Fig. 3.11.12

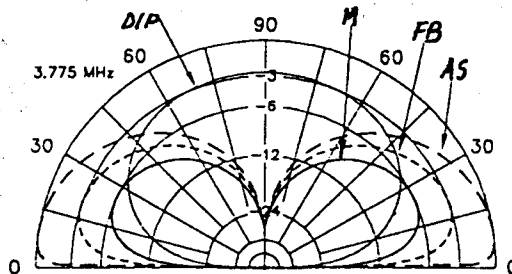


Fig. 3.11.13

În Fig. 3.11.13 se compară diagramele de radiație ale antenei Half-Square aflată la înălțimea de 12 m deasupra unor soluri diferite, cu diagrama unui dipol orizontal în $\lambda/2$ aflat la aceeași înălțime. La unghiuri mici, până la 32° față de sol, antena Half-Square este întotdeauna superioară dipolului, indiferent de calitatea solului. Solul mediu (curba M) are conductivitatea $\sigma = 5 \text{ mS/m}$, și constanta dielectrică $\epsilon = 13$; solul foarte bun (curba FB) are $\sigma = 30 \text{ mS/m}$ și $\epsilon = 20$; apa sărată (AS) are $\sigma = 5000 \text{ mS/m}$ și $\epsilon = 80$. Având un factor de calitate relativ ridicat $Q = 17$, banda de trecere a antenei Half-Square este mai îngustă, cca 200 kHz în $3,5 \text{ MHz}$.

Antena bobtail curtain. (BC)

Antena are 3 elemente verticale în $\lambda/4$ sinfazate (Fig.3.11.14), așezate în linie.

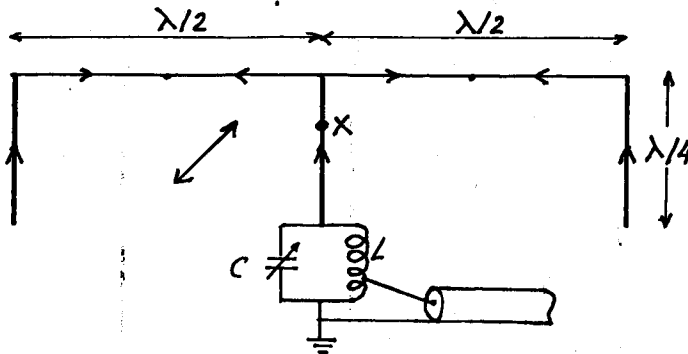


Fig. 3.11.14

Radiația este transversală, cu un câștig de 5,1 dB față de o singură verticală în $\lambda/4$. Curentul în antena centrală se divide în doi curenți de două ori mai mici în antenele laterale. Conductorul orizontal radiază doar puțin, curenții staționari fiind în antifază. Alimentarea se face la baza elementului central, unde impedanța este mare, cu ajutorul unui circuit oscilant derivație.

Segmentele „ $\lambda/2$ ” se calculează cu formula: $l_m = 150 / \text{FMHz}$ iar cele în $\lambda/4$ cu formula: $l_m = 74,323 / \text{FMHz}$. Condensatorul C are cca 100-150 pF, la tensiune mare; $L \approx 25 \mu\text{H}$, în 80m.

În punctul X aflat la cca 64% din înălțimea elementului central impedanța este 50 Ω .

Antena are bandă îngustă și C trebuie ajustat după 50 KHz.

În 40m, $C = 40 \text{ pF}$, $L = 13 \mu\text{H}$. În 30m $C = 30 \text{ pF}$, $L = 8,3 \mu\text{H}$.

În Fig.3.11.15 se dă o variantă mai puțin cunoscută a acestei antene (YO4MM). Curenții în cele 3 antene verticale în $\lambda/4$ sunt în fază și dau radiație transversală, cu un câștig de cca 4,5 dB.

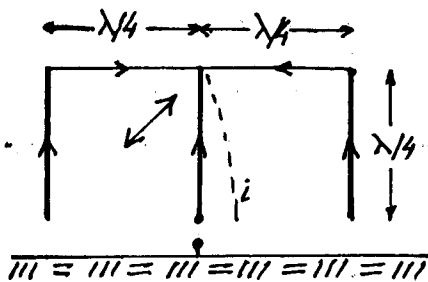


Fig.3.11.15

Distribuția undei staționare de curent pe elementul central este cu maximumul la bază (curba i), unde impedanța este mică.

Antenă directivă cu 3 elemente verticale

Antena este formată din 3 antene Ground Plane aliniate pe direcția preferată (Fig. 3.11.16)

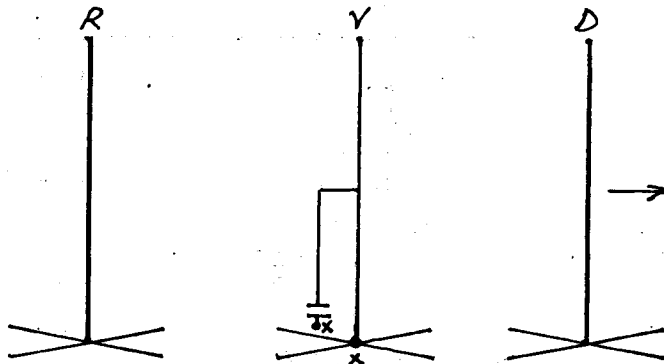


Fig. 3.11.16

Este o jumătate de antenă Yaagi cu 3 elemente. Vibratorul se alimentează cu dispozitiv Gamma. Cele 3 elemente sunt conectate la radiale, la bază. Antena are câștig cca 6,5 dB. Reflectorul are lungimea $0,27\lambda$ și se află la distanța $0,16\lambda$ de vibrator. Directorul are lungimea $0,24\lambda$ și se află la distanța $0,15\lambda$ de vibrator. Radiatele sunt lungi de $0,25\lambda$, în număr de 8-16 la nivelul solului și câte 4 dacă antenele sunt înălțate, și nu trebuie să se atingă între ele.

Lungimea reflectorului, a directorului și dispozitivul Gamma se reglează pentru a obține maxim la un măsurător de câmp plasat la $5-10\lambda$ în direcția directorului.

Trei antene verticale în $\lambda/4$ dispuse în triunghi.

Acest sistem, văzut de sus, se dă în Fig. 3.11.18. Antena măsurată primește un curent de două ori mai mare decât

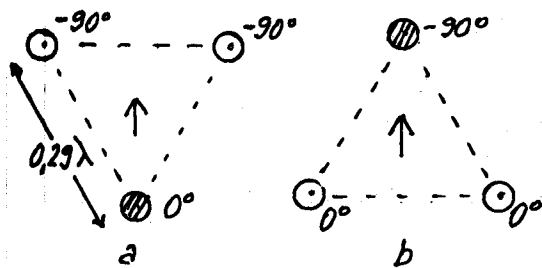


Fig. 3.11.18

celelalte două, care au curenti defazați, în urmă" -90° (a), respectiv înainte (b). Câștigul sistemului este 3,9 dB față de o singură antenă verticală, dar mărind defazajul de la 90° la 115° se obține 4,5 dB.

Dacă se micșorează distanța dintre elemente la jumătate ($0,145\lambda$) iar defazarea curentilor este 145° , câștigul este 4,3 dB. În toate cazurile alimentarea se face cu circuite L-C complexe, montate în centrul triunghiului. Metoda de alimentare Christman are un singur circuit L-C și 6 relee de comutare pentru 3 direcții de radiație

Sistem de 4 antene verticale în $\lambda/4$ dispuse în pătrat

În Fig. 3.11.19 se dă sistemul de 4 antene optimizat de J. Brezkal, WAFET. În antenele 2 și 4 curentul are faza zero (0°) și amplitudinea 1 A (ca exemplu). În antena 1, curentul are 0,969 A și faza -107° (față de antenele 2 și 4). În antena 3 curentul are 1,11 A și faza $+111^\circ$. Astfel radiația este în spre antena 1, câștigul este 6,2 dB față de o singură antenă verticală, iar raportul F/S este maxim.

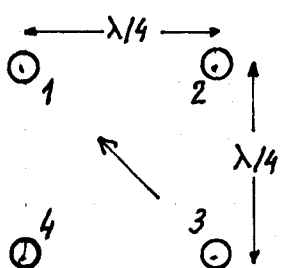


Fig 3.11.19

Adaptarea și defazarea se face cu circuite LC (J. Beroldere ON4UN). Diagrama de radiație în plan vertical are maximul la un unghi de 17° .

3.12. Antene cu suprafețe reflectoare

Antene cu reflector plan

Reflectorii liniari, alimentați sau pasivi, sunt parcurși de curenți cu anumite amplitudini și faze, care împreună cu vibratorii și directorii, dau anumite diagrame de radiație.

În cazul unei suprafețe reflectoare, unda sferică emisă de vibrator este întoarsă de reflector sub forma unei unde plane, iar diagrama de radiație depinde atât de forma reflectorului cât și de directivitatea vibratorului. Funcționarea reflectorului cu suprafață este studiată cu legile din optică.

Teoria și practica arată că pentru reflectarea undelor radio (până la unde centimetrice) nu este obligatorie o suprafață continuă, și este suficientă o rețea de conductoare. Dacă vibratorul emite unde cu polarizare liniară, suprafața reflectoare se poate înlocui cu conductoare apropiate, paralele cu vibratorul și cu vectorul de câmp electric. Dacă polarizarea este circulară, reflectorul poate fi o plasă de conductoare perpendiculare. Randamentul reflexiei depinde de natura conductoarelor, diametrul lor și distanța dintre ele.

Pentru un diametru de 3mm al conductoarelor paralele, distanța dintre ele trebuie să fie 56mm în 144MHz, 30mm în 432MHz, și 17mm în 1300MHz.

Reflectorul plan se folosește peste 200MHz. Admitând pierderi de reflexie mai mari, distanța dintre conductoarele lui se poate mări la 0,05-0,1 λ . Câștigul maxim produs de reflector, de cca 6dB, se obține plasând vibratorul la distanța 0,15 λ de el. Dacă antena are mai mulți vibratori sînfazați, care încadrează un dreptunghi, reflectorul are dimensiuni mai mari cu cel puțin 50%.

Reflectorul plan lărgeste banda de trecere a antenei, raportul F/S, și dă un câștig mai mare decât reflectorul liniar.

De obicei vibratorul sau sistemul de vibratori sînfazați se află într-un singur plan, paralel cu reflectorul plan.

În Fig. 3.12.1. se dă un mod mai puțin folosit de utilizare

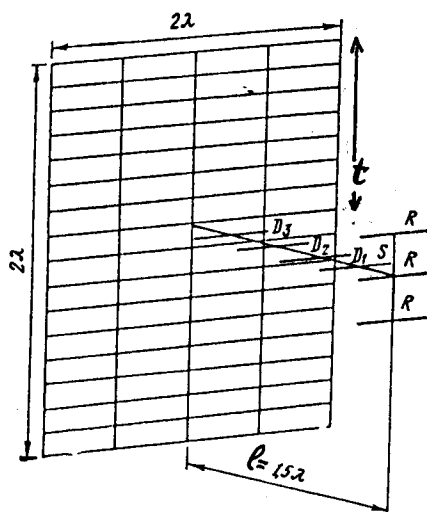


Fig. 3.12.1

a reflectorului. Este vorba de o antenă Yağı cu distanțe de 0,3 λ între elemente, care cu ajutorul panoului reflector ajunge la câștiguri de 15-30dB, apropiat de cel al antenelor parabolice. Dacă antena Yağı are doar vibrator și reflector liniar, câștigul este cca 12dB, iar lobul de radiație este mai larg decât la antena Yağı de același câștig. Lungimea antenei Yağı trebuie să fie $\lambda/2$, $2\lambda/2$, $3\lambda/2$ etc. Pentru o funcționare corectă, jumătate din înălțimea panoului, t trebuie să satisfacă relația:

$t = 0,57 \sqrt{l \cdot \lambda}$ unde l este lungimea antenei.

Antena cu reflector diedru

Această antenă se dă în Fig. 3.12.3

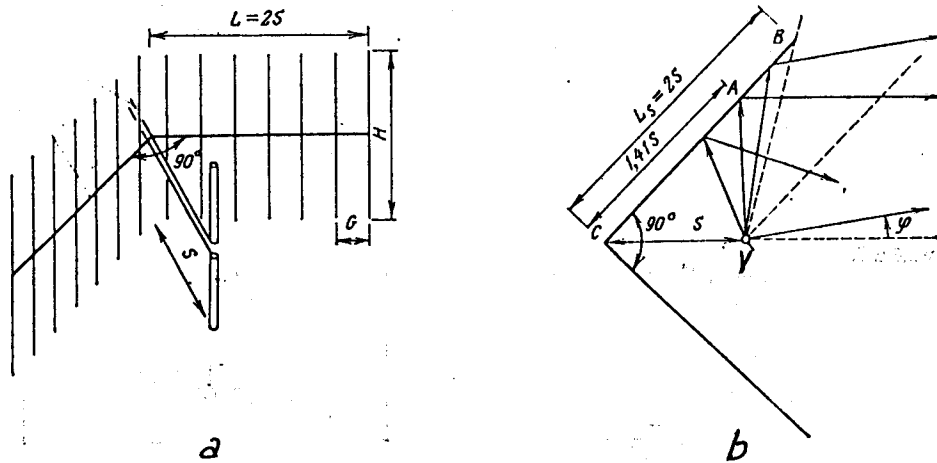


Fig. 3.12.3

Reflectorul este format din bare pentru o rezistență mai mică la vânt. Dacă unghiul dintre laturi $\alpha = 90^\circ$ și distanța dintre dipol și muchie este $0,35\lambda$, iar $H = \lambda$ și $L = 1,2\lambda$, câștigul este 10 dB.

Dacă unghiul este 45° și $S = 0,6\lambda$, câștigul este 13,5 dB și impedanța 40Ω . Pentru câștig maxim, $H = \lambda/2 + S$ iar $L = 4S$. Distanța dintre barele panoului diedru este cel mult $0,1\lambda$ iar lungimea lor, minim $0,6\lambda$.

În Fig. 3.12.3 b se vede cum are loc reflexia undelor plecate de la vibratorul V. Undele reflectate în punctul A, unde $VA = S$ au direcția orizontală.

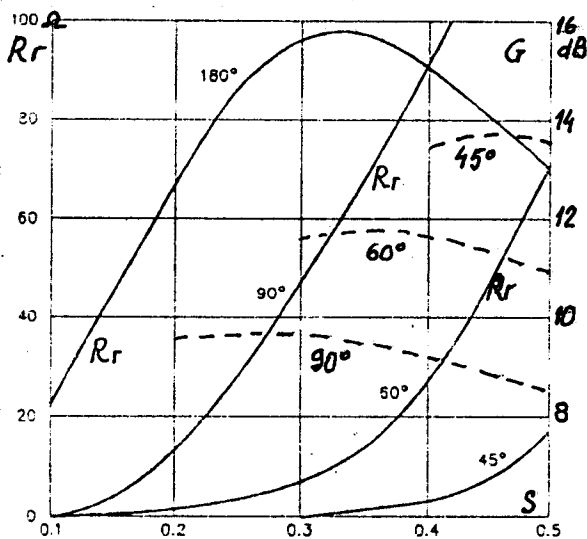


Fig. 3.12.4

În Fig. 3.12.4 se vede cum depinde câștigul G (curbele întrerupte) și rezistența de radiație R_r de distanța S . Curba „180°” este pentru reflectorul plan. Se poate obține un câștig maxim de cca 17 dB dacă $\alpha = 45^\circ$ și $S = 2\lambda$, dar cu panouri de dimensiuni mari.

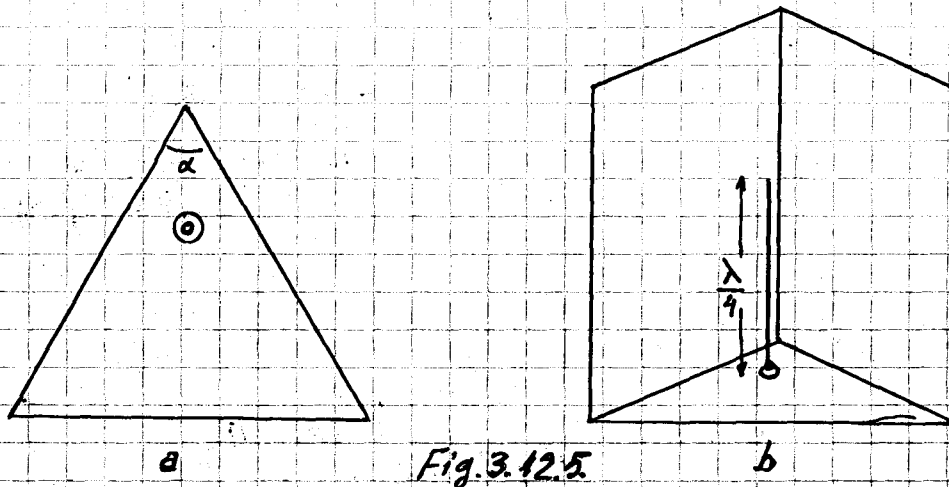
O antenă cu reflector diedru cu câștig 14,5 dB pentru 432 MHz are: $\alpha = 45^\circ$, $L = 830$ mm, $H = 420$ mm, $S = 414$ mm, vibratorul $l = 320$ mm, $G = 40$ mm, $R_r = 50\Omega$.

Vibratorul poate fi un dipol îndoit. Adaptarea se ajustează reglând distanța S , eecace la re-

lectorul parabolic nu e posibil. La muchia diedrului se pot monta balamale, pentru „închiderea” antenei la transport și experimentarea diferitelor unghiuri α . În reflectorul pentru 432 MHz se poate monta și un dipol pentru 1296 MHz.

Antena Ground Plane cu reflector diedru

Această antenă se dă în Fig. 3.12.5



Antena are aceeași teorie ca reflectorul diedru, dar dipolul în $\lambda/2$ este înlocuit cu o antenă GP în $\lambda/4$ fixată pe un izdator sau chiar pe omulă coaxială.

Antena cu reflector „jgheab”

Reflectorul diedru poate fi modificat prin „tăierea” vârfului, Fig. 3.12.6.

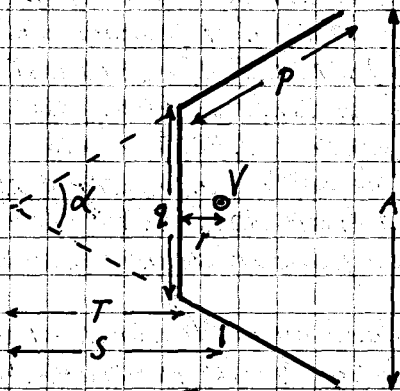


Fig. 3.12.6

Dimensiunile și câștigul pentru diferite unghiuri α se dau în tabel, pentru maxim de câștig

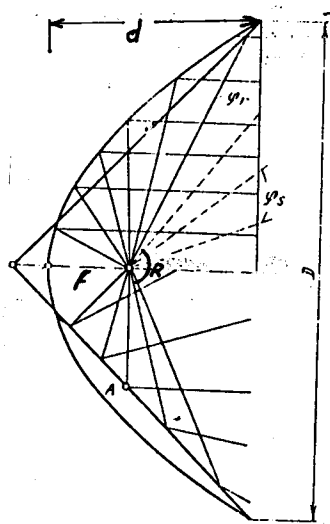
α	S	T	G dB
90°	1,5 λ	1-1,25 λ	13
60°	1,75 λ	1 λ	15
45°	2 λ	1,9 λ	17

Antena se montează mai ușor pe un pilon decât reflectorul diedru. Pentru un câștig mai mare se pot monta două antene „jgheab” simfaze. Dimensiunile pentru 432 și 1296 MHz sunt în tabel

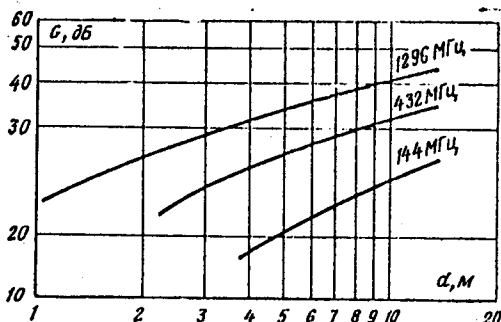
F MHz	A mm	p mm	q mm	r mm	Lungime jgheab mm	G dB
432	3.048	2.540	1.270	190,5	1524	17
1.296	1.143	914,4	241,3	63,5	508	15

Antena parabolică

In Fig. 3.12.7a se dă o antenă parabolică în secțiune, suprapusă cu un reflector diedru.



a



b

Fig. 3.12.7.

Antena parabolică, în funcție de diametru, dă câștig peste 20 dB, cum se vede din diagramele din Fig. 3.12.7.b

La reflectorul diedru (a, partea de jos) doar undele reflectate în apropierea punctului A sunt pe direcția axei; celelalte se împrăștie. La reflectorul parabolic, toate undele reflectate sunt paralele și au direcția axei, creînd un front intens de undă, plană. Totuși o parte din undele emise de vibrator, figurate cu linii întrerupte, nu ajung pe parabolă. Pentru a evita această pierdere, în spatele vibratorului (în dreapta) se montează un reflector semisferic R, sau discoidal. Vibratorul se află în focarul antenei parabolice și la frecvențe ultrainalte este numit „iluminator”.

Suprafața parabolei trebuie să fie netedă, cu erori sub $0,1\lambda$. Dacă se folosește plasă de conductoare, ochiurile trebuie să nu depășească $0,08\lambda$.

Distanța focală F se calculează cu relația: $F = D^2/16d$, unde D este diametrul iar d este „adâncimea” parabolei.

O variantă mai ușor de construit este cilindrul parabolic, care se obține prin curbarea unui reflector diedru după o parabolă.

Staționarea în axa parabolei este periculoasă, mai ales pentru ochi.

3.13. Alte tipuri de antene

Antena spirală

Acest tip de antenă se dă în Fig. 3.13.1

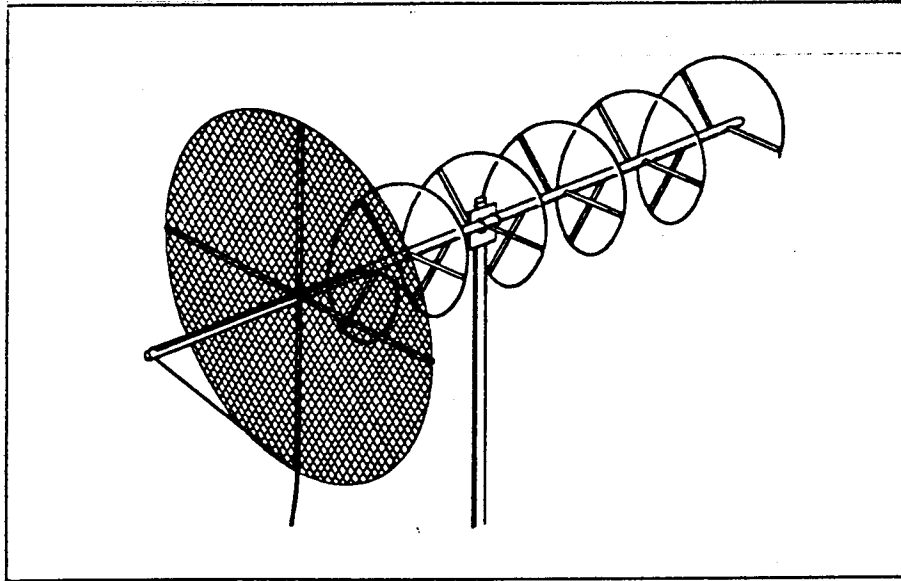


Fig. 3.13.1

Antena are bandă largă: $0,75 - 1,3\lambda$ și polarizare circulară la emisie. La recepție ea recepționează (cu randament maxim) și polarizarea orizontală, verticală sau eliptică. Câștigul este mare, 13-18 dB, funcție de numărul de spire (Fig. 3.13.2 b). Ochiorile plăsei reflectorului trebuie să fie mai mici decât $0,01\lambda$. Câștigul este maxim dacă la recepție există tot o antenă spirală. Dimensiunile se calculează cu formulele (Fig. 3.13.2 a): $D = 0,31\lambda$, $S = 0,24\lambda$, $E = 0,13\lambda$, $A = n \cdot S$ (unde n este numărul de spire), $D_r = 2 \cdot D$, $Z \approx 140\Omega$. Antena cu 9 spire pentru 432 MHz are: $D = 21,5\text{ cm}$, $D_r = 43\text{ cm}$, $S = 9\text{ cm}$, $A = 1,5\text{ m}$ iar câștigul $G = 10 \lg 3,4 \cdot n = 14,8\text{ dB}$.

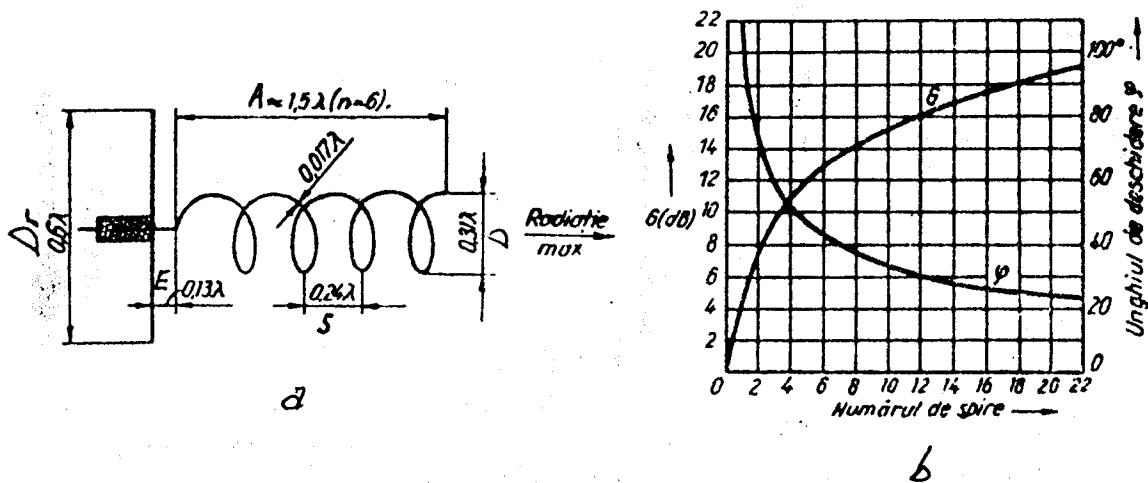


Fig. 3.13.2

Antena horn

Antena horn se folosește în microunde (Fig. 3.13.3) și poate avea formă piramidală sau conică. Ea are o bandă largă de frecvențe. Dacă înălțimea H este egală cu înălțimea h aghi-
dului de undă, hornul este în formă de sector. Unda e.m. din ghid se transformă treptat în u.e.m. în spațiul liber. Hornul poate fi excitat și cu coaxial, care alimentează un dipol plasat într-o „cameră de adaptare”. Pentru diferite valori H, L, l și α , câștigul variază între 20 și 70 dB. Pentru a obține o radiație omni-
directională se folosește hornul biconic (Fig. 3.13.4). Câștigul lui este de 16-50 dB, în cazul construcției optime. Distanța dintre vârfurile conurilor trebuie să fie mult mai mică decât o semiundă.

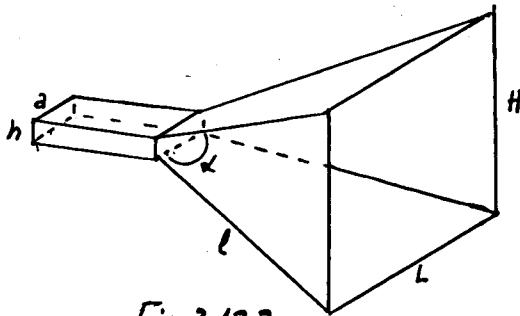


Fig. 3.13.3.

Antena horn piramidal pentru 10 GHz KA1 GT are câștig 16,5 dB și dimensiunile:

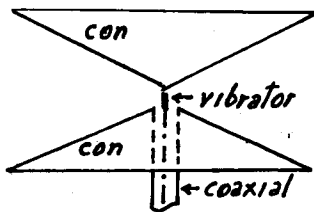


Fig. 3.13.4

La vârful „tăiat” al piramidei se cositorește o flanșă pătrată de 41,3 x 41,3 mm, cu decupare la mijloc: $a = 22,86$ mm, $h = 10,16$ mm. Cositorirea se face la exteriorul hornului.

Antena horn piramidal pentru 10 GHz KA1 GT are câștig 16,5 dB și dimensiunile:

$L = 128$ mm, $l = 163$ mm, $H = 103,6$ mm, $a = 22,86$ mm, $h = 10,16$ mm.

Antena în formă de fantă

Fanta este o fereastră dreptunghiulară de anumite dimensiuni într-un plan conductor sau în peretele unui ghid de unde (Fig. 3.13.5a, b) sau în peretele unei linii coaxiale (c).

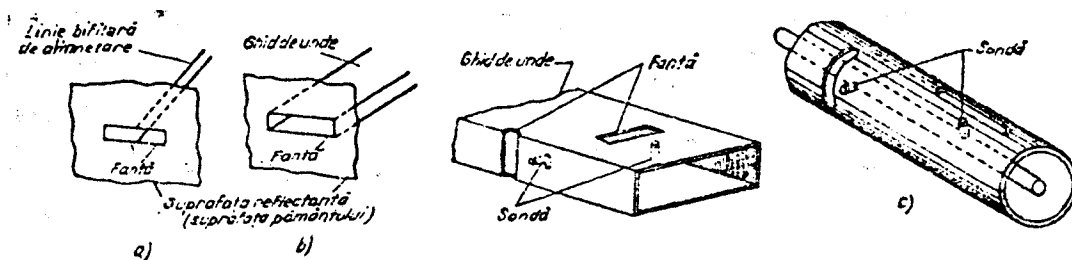


Fig. 3.13.5

Câmpul din ghid sau din linia coaxială este creat cu o sondă. Fanta se comportă ca un dipol de aceleași dimensiuni, dar polarizarea este perpendiculară pe lungimeai. Fanta funcționează și dacă este obturată cu o placă dielectrică. Lățimea fantei este aproximativ $\lambda/2$.

Antene în formă de lentilă

Antenele horn de mare câștig au lungimi și deschideri mari. Pentru a evita dimensiunile mari, în deschiderea hornului se introduce o „lentilă” care transformă undele sferice în unde plane (Fig. 3.13.6). Lentila este formată din plăci conductoare de dimensiuni variabile, paralele, la distanța a unele de altele, ceea ce simulează niște ghiduri de undă. Deoarece viteza de fază a undei este mai mare decât în ghid decât în spațiul liber, la ieșirea din horn toate undele sunt în fază și în plan. Pentru aceasta trebuie satisfăcută relația:

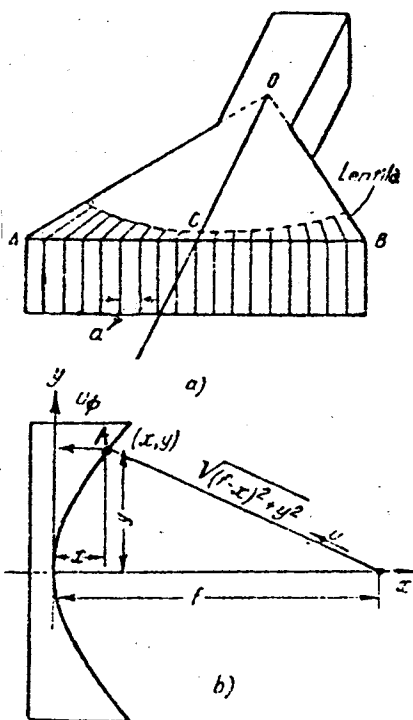


Fig. 3.13.6

$$(1-n^2)x^2 - 2(1-n)fx + y^2 = 0 \text{ unde}$$

n este indicele de refracție, f este distanța focală, iar x și y - coordonatele punctului A . Indicele de refracție depinde de raportul λ/a :

$$n = \frac{v}{v_f} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} \text{ unde}$$

v este viteza de propagare în spațiul liber, v_f este viteza de fază, a este distanța dintre plăci iar λ

este lungimea de undă în spațiul liber.

Antene dielectrice

O piesă din material dielectric de anumită formă (Fig. 3.13.7) poate concentra microundele. Piesa este o bară cilindrică conică.

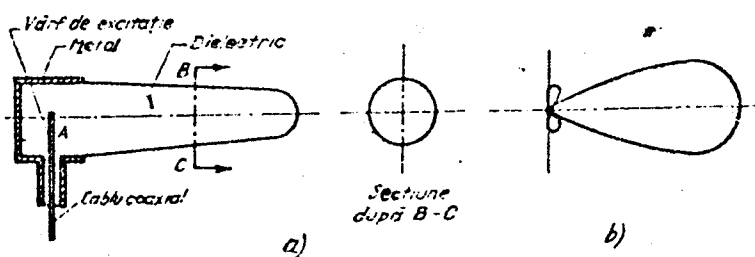


Fig. 3.13.7

Vibratorul A este introdus în dielectric care este susținut de o cutie metalică. Undele se refractă la ieșirea din bară, datorită diferenței între constanta dielectrică a aerului și a barei, rezultând o diagramă de directivitate ascuțită (b). Dacă bara este din polistirol efectul este maxim când raportul între diametrul barei și λ este 0,75-1,2. Pentru mărirea câștigului se pot simfaza câteva antene dielectrice.

Antena spirală plană

Această antenă se dă în Fig. 3.13.8 a.

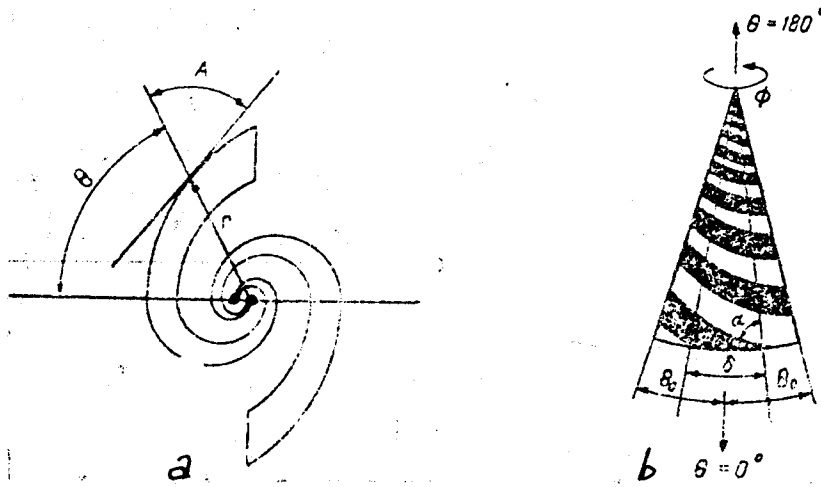


Fig. 3.13.8

Această antenă are o bandă extrem de largă de frecvență, de ex. 2-18 GHz și mai mult, aproape independentă de frecvență. Spirala este complet determinată de două unghiuri: θ și α . Impedanța de intrare a antenei este cca $180\ \Omega$ în toată gama. Polarizarea este circulară.

Un tip special de antenă spirală este spirala conică (Fig. 3.13.8.b) La această antenă radiația este în direcția vârfului conului. Câmpul electromagnetic este circular în toate direcțiile. Valorile optime sunt $\theta_0 = 10^\circ$ și $d = 70^\circ$. Impedanța este cca $190\ \Omega$, și variază în funcție de unghiul δ între $70\ \Omega$ și $330\ \Omega$.

Antene cu unde de suprafață

Aceste antene arată ca în Fig. 3.13.9

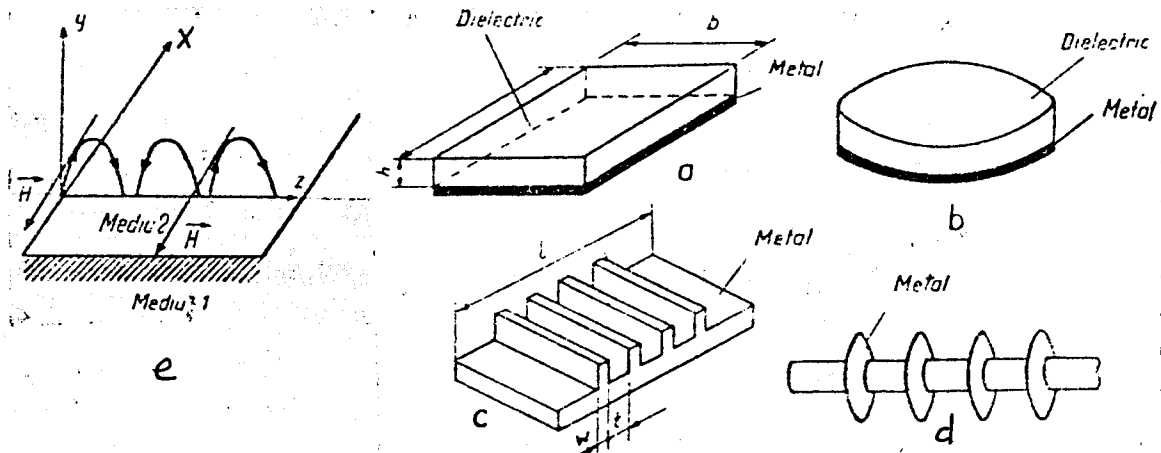


Fig. 3.13.9

Undele de suprafață apar la interfața a două medii: dielectric sau metal și aer. Dacă mediul 1 este un dielectric ideal, unda de suprafață se propagă ca undă plană în aer, la un unghi față de suprafața de reflexie. Antena din (d) generează unde de suprafață cilindrice. În (c) suprafața este gofrată.

Antena Micro Vert

Antena de emisie în unde scurte foarte scurtată a fost concepută în 1980 de R. Bilal și denumită „Isotron”. Varianta mai simplă DL7PE se dă în Fig. 3.13.10. Pe figură, 1 este o

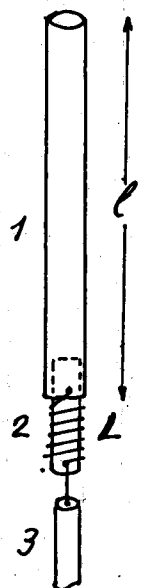


Fig. 3.13.10

țeară din aluminiu $\phi 22-28\text{mm}$, 2 este o bară de PVC pe care este realizată bobina L și 3 este coaxialul. Lungimea l este foarte mică și antena emite preponderent componenta electrică a câmpului, cu 30dB mai intensă decât componenta magnetică. La antenele „magnetice” este invers.

Bobina poate avea un factor de calitate modest. Rolul radialului („contragreutății”) îl joacă tresa coaxialului. Bobina L compensează capacitatea proprie C a antenei la frecvența de rezonanță, dar pentru a se obține impedanța de 50Ω , raportul L/C trebuie să aibă anumite valori. (vezi tabelul). Se consideră inductanța exprimată în μH și capacitatea în pF .

Banda	3,5	7	10	14	18	21	24	28
L/C	6,5	3	2,5	2	1,7	1,6	1,5	1,5

Lungimea antenei se calculează cu formula practică $l_{\text{mm}} = \frac{4700}{F_{\text{MHz}}}$. Pentru antena realizată din țeară de aluminiu $\phi 22\text{mm}$, raportul dintre lungime și diametru trebuie să fie cel optim și anume: 55 în banda de 3,5 MHz, 25 în 7 MHz, 20 în 10 MHz, 15 în 14 MHz, 12 în 18 MHz, 10 în 21 MHz, 10 în 24 MHz și 9 în 28 MHz.

Capacitatea proprie a țerii antenei se calculează cu formula:

$$C_{\text{pF}} = \frac{19,1 \cdot l[\text{cm}]}{\log 0,575 \frac{l[\text{cm}]}{d[\text{cm}]}} \quad \text{iar bobina: } L_{\mu\text{H}} = \frac{\left(\frac{159}{F_{\text{MHz}}}\right)^2}{C_{\text{pF}}}$$

Bobina se poate realiza pe un tub de PVC $\phi 20\text{mm}$, cu sârmă CuE $\phi 1\text{mm}$, spiră lângă spiră pentru 100W. Numărul de spiire se găsește cu ajutorul formulelor sau abacelor.

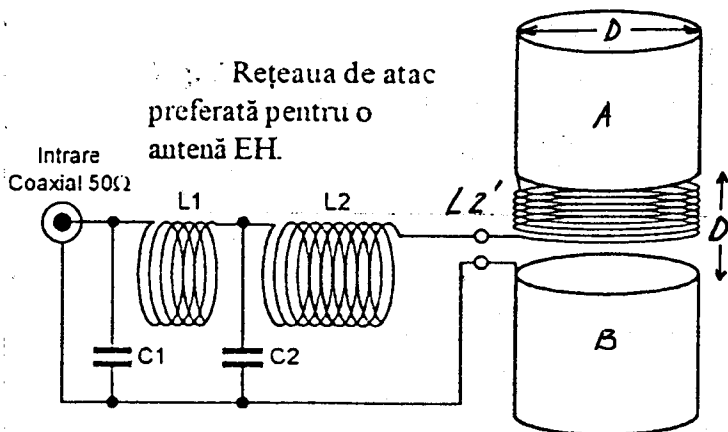
Pentru ca tresa coaxialului să lucreze ca radial, lungimea coaxialului trebuie ajustată. Pentru coaxial RG58 lungimea se determină cu aproximație cu formula: $l_m = 55 / F_{\text{MHz}}$.

Antena se montează cât mai degajat. Pentru ajustarea frecvenței antenei, la vârful ei se introduce o țeară cu diametru mai mic, telescopică.

După porțiunea de coaxial la care tresa lucrează ca radial se realizează un șoc RF chior din coaxial, dispunându-l sub formă de „colac” cu diametrul de cca 20cm sau mai puțin, în care intră $0,1\lambda - 0,17\lambda$ metri de coaxial. Șocul se poate realiza și „bobinând” coaxialul pe un tor de ferită. DL7PE a realizat antene lungi de 1,6m în 80m, 80cm în 40m, 60cm în 30m, 40cm în 20m.

Antena E-H

Antena E-H brevetată de T. Hart este un dipol foarte scurtat format din doi cilindri metalici alimentați prin circuit L-C de defazare (Fig. 3.13.11). Lungimea antenei este 0,5-1% din lungimea de undă.



Rețeaua de atac preferată pentru o antenă EH.

Intrare Coaxial 50Ω

Pentru banda de 20m antena are lungimea 193mmx2 pe un tub din plastic ϕ 25mm, $C_1 = 225\text{pF}$, $C_2 = 291\text{pF}$, $L_1 = 0,92\mu\text{H}$, $L_2 = 136\mu\text{H}$. Pe tub, de sus în jos, se află: cilindrul A din folie metalică, bobina L_2' , cilindrul B, un interval de 25mm, bobina L_2 , un interval de cca 10mm, bobina L_1 . Bobinele sunt realizate

Fig. 3.13.11

din sârmă CuE ϕ 1,3mm. L_1 are 2,5spire pe lungimea cca 20mm. L_2 are 21spire adiacente iar L_2' - 4spire bobinate între elementele dipolului. Se reglează distanța dintre spirele bobinelor și C_2 pentru RUS minim. La 100W tensiunea RF între cilindrii antenei este 3200V. Există o radiație a coaxialului.

Antene fractale

In matematică funcțiile fractale au fost studiate de Cantor (1872), Peano (1890), Hilbert, H.v. Koch, Sierpinski, G. Julia ș.a. Pornind de la acestea B. Manderbrot (1983) a creat geometria fractală. Fractalele sunt forme geometrice care se repetă asemenea cu ele însăși la diferite scări (Fig. 3.13.12)



Fig. 3.13.12.

După 1990 s-a constatat că matematica și geometria fractală are aplicabilități practice în diverse domenii, printre care și antenele. Antenele spirale și log-periodice sunt de fapt forme fractale. In Fig. 3.13.13 se dă „monopolul Sierpinski”. El rezonază

pe 440 MHz, 1,75-351-7,01 și 13,89 GHz, având impedanța de intrare 50Ω . Cercurile delimitează triunghiurile care determină cele 5 frecvențe de rezonanță. In Fig. 3.13.14 este un dipol FRACTENT pentru 145 MHz studiat de W. Hödlmayr DL6NBJ. Cele două laturi se înscriu în pătrate de 15×15 cm.

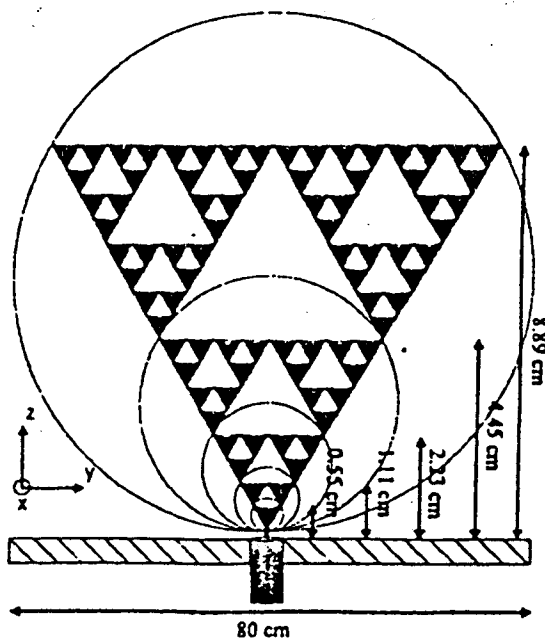


Fig. 3.13.13

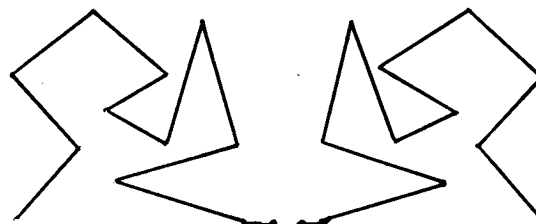


Fig. 3.13.14

Măsurarea antenelor

Teorema reciprocității a lui Rayleigh-Carson permite să se considere că antena are aceleași proprietăți la recepție ca și la emisie (impedanță, diagramă de directivitate etc).

Măsurarea intensității câmpului radiat de o antenă și compararea lui cu câmpul radiat de o antenă de referință (de obicei un dipol în $\lambda/2$) se face cu un măsurător de câmp (Fig. 3.13.15)

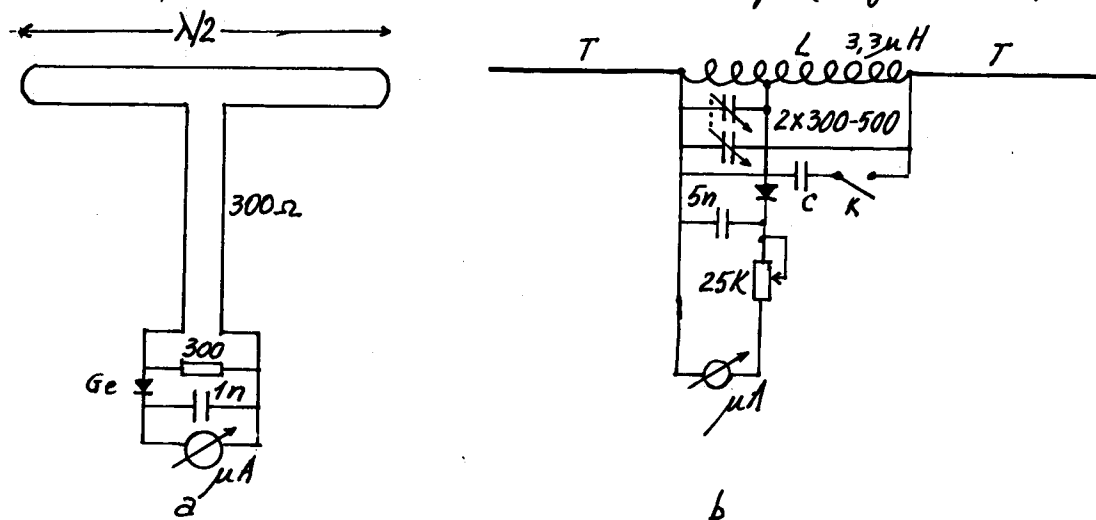


Fig. 3.13.15

Câmpul se măsoară la distanța 3-10 λ de antenă, preferabil la înălțimea antenei. În vârf dipolul măsurătorului de câmp, fixat în vârful unei șipci trimite semnalul captat la instrumentul de măsură printr-un cablu bifilar (pamblică) Fig. 3.13.15 a. Antena de verificare este rotită cu câte 10°, în timp ce emite o putere constantă, și pe o diagramă circulară se notează indicațiile instrumentului.

Măsurarea în câmp deschis este mai corectă, deoarece clădirile și obiectele metalice dau reflexii.

În unde scurte se poate folosi schema din Fig. 3.13.15 b. Tijele telescopice T lungi de cca 1m aplică semnalul unui circuit oscilant „multiband” care acoperă gama 3-30MHz. Pentru frecvențe mai joase se conectează condensatorul suplimentar C.

Pentru a măsura câștigul unei antene directive față de dipolul în $\lambda/2$, se măsoară câmpul produs de un dipol montat în locul antenei directive, la o anumită putere, și apoi câmpul produs de antena directivă, la aceeași putere (în câmp deschis).

Frecvența de rezonanță a antenei se găsește conectând fiderul la ieșirea de bandă largă a unui transiver, prin intermediul unui reflectometru. Se emite o purtătoare continuă de putere mică plimbând frecvența în jurul celei estimate și urmărind mărimea unde reflectate sau RUS. La frecvența de rezonanță a antenei, RUS este minim.

Impedanța antenei se măsoară cu impedanțmetru specializat, conectat la antenă cu un fider cu lungimea electrică $\lambda/2$, $2\lambda/2$, $3\lambda/2$ etc.

3.14. Antene de recepție

Deși orice antenă are aceleași proprietăți la emisie și la recepție, practic există diferențe.

Antena de recepție este echivalentă cu un generator de semnal care livrează o tensiune RF și are o impedanță de ieșire egală cu impedanța antenei la emisie.

La distanță mare de antena de emisie unda electromagnetică este practic plană și induce în conductorul antenei de recepție o forță electromotoare distribuită de-a lungul lui proporțională cu intensitatea câmpului și cu cosinusul unghiului dintre vectorul polarizării undei și antenă. Curentul mic indus în antena de recepție produce o mică radiație de u.e.m. care se însumează cu undele inițiale, provocând o absorbție și o deformare a câmpului inițial.

Antenele „bucă” și în special cele tip cadru recepționează mai slab „paraziții” electrici decât dipolii. Impedanța antenei de recepție trebuie adaptată cu impedanța caracteristică a fiderului și cu impedanța de intrare a receptorului pentru un transfer maxim al energiei captate.

La frecvențe joase antena de recepție poate fi un conductor cât mai lung și degajat, un „cadru” cu mai multe spire în aer sau cu bară de ferită, sau o antenă cu unde progresive (Beverage, Fishbone, etc). În unde scurte și ultrascurte antena de emisie se folosește și la recepție.

Paraziții electrici acționează îndeosebi prin componenta electrică a câmpului, în general polarizată vertical. De aceea sunt de preferat antenele „bucă” și dipolii orizontali simetrici, cu fider coaxial sau bifilar răsucit. Curenții induși în cele două conductoare răsucite, de paraziți, sunt egali, de același sens și se anulează în bobina de cuplaj cu receptorul, care nu se leagă la pământ.

Antena și fiderul trebuie îndepărtate de rețeaua electrică, cabluri de telefon, televiziune, etc. În zonele industriale paraziții ajung la înălțimea de 30-40m de sol. Paraziții pătrunși în receptor din rețeaua electrică se combat cu filtre de rețea (Fig. 3.14.16). Bobinele au multe spire în „galeți” sau sunt realizate pe bare sau toruri de ferită.

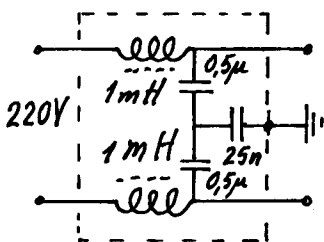


Fig. 3.14.16

Paraziții se propagă prin orice conductori, țevi, armături de fier beton. Ei trebuie combătuți cu filtre în primul rând la „surse”. Tuburile fluorescente și lămpile cu vapori de mercur generează paraziți, ca și bujiile, întrerupătoarele, relele.

Antena cadru (cerc sau pătrat) cu aer, de mici dimensiuni folosită uneori la recepție, are rezistența de intrare foarte mică, neconvenabilă la emisie.

Recepția este maximă în planul cadrului. Pentru a determina sensul din care vin undele, tensiunea livrată de cadru se însumează cu cea livrată de o antenă. Astfel diagrama de directivitate are formă de cardioidă.

Antena directivă de recepție pentru 160 și 80m K9AJ

Această antenă este o buclă în plan vertical, cu perimetrul $0,155\lambda$ în 160m și $0,3\lambda$ în 80m. Cu dimensiunile date și o rezistență neinductivă de 390-560 Ω , aleasă în funcție de natura solului, antena oferă o recepție bună și directivă în cele două benzi.

Pilonul, nemetalic, înalt de cca 8m nu este figurat. Maximul recepției este în planul antenei, în direcția transformatorului T de adaptare cu coaxialul. Semnalele venite din direcția rezistenței R sunt atenuate cu 20-40 dB. Inversând pozițiile transformatorului și rezistenței cu ajutorul unor relee (Fig. 3.14.17.b) direcția recepției se inversează. Montând două antene perpendiculare pe același pilon se pot acoperi prin comutare toate direcțiile, deoarece diagrama în plan orizontal este largă (Fig. 3.14.17.f)

Releele, transformatorul și rezistența se află într-o boxă la baza antenei. Redresorul se află în casă și tensiunile se trimit la relele chiar prin cablul coaxial (Fig. 3.14.17.c și d). Comutatorul permite alegerea uneia dintre cele 4 direcții. Pe poziția NW se trimite tensiune alternativă de 12V și redresarea se face de către diodele aflate lângă relele, ambele fiind atrase. Transformatorul are 5 spire trifilare pe un tor de ferită cu diametrul cca 19mm

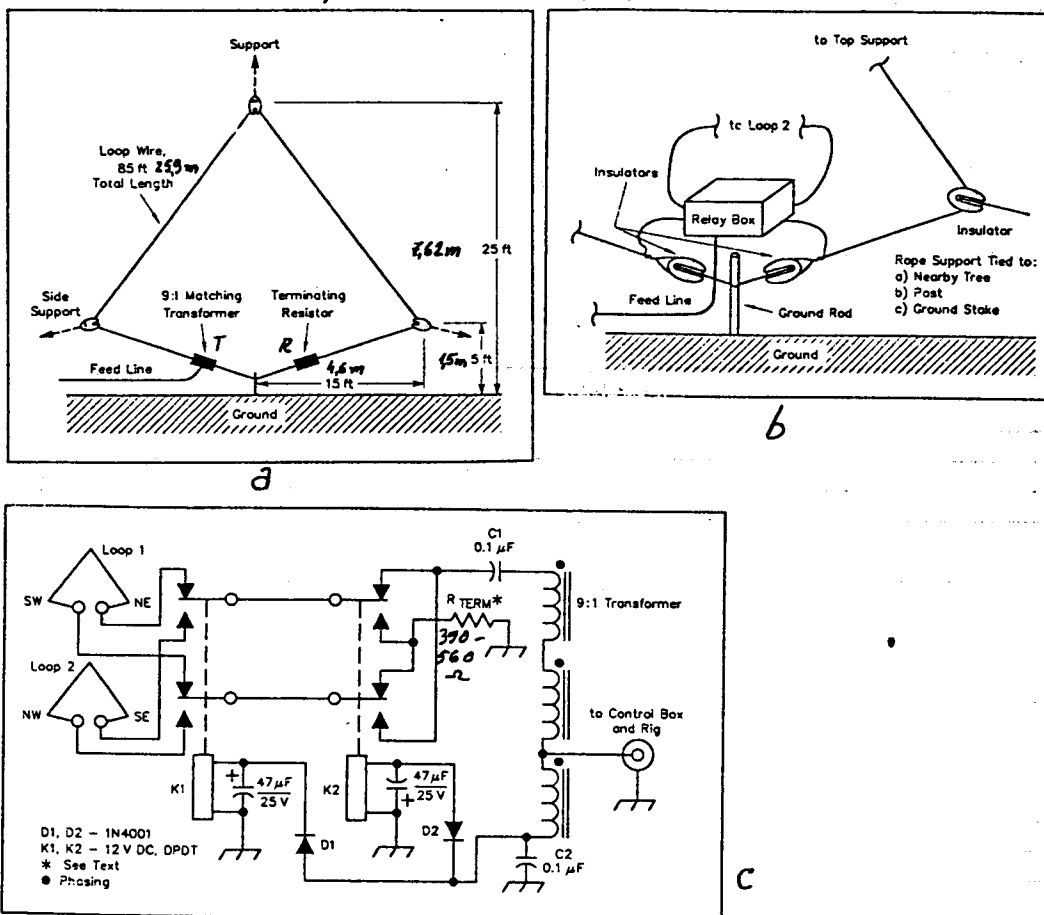
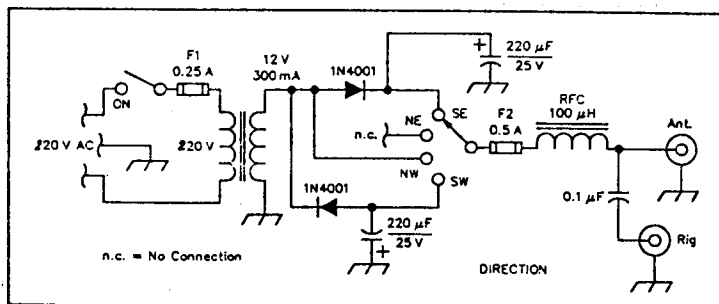
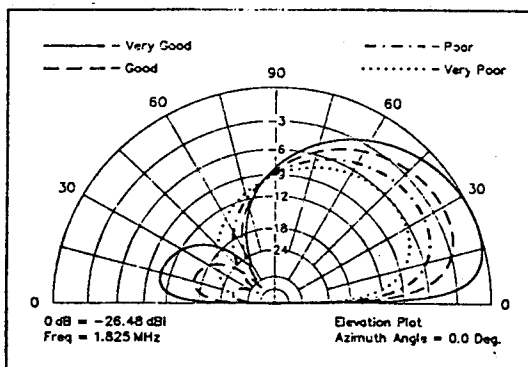


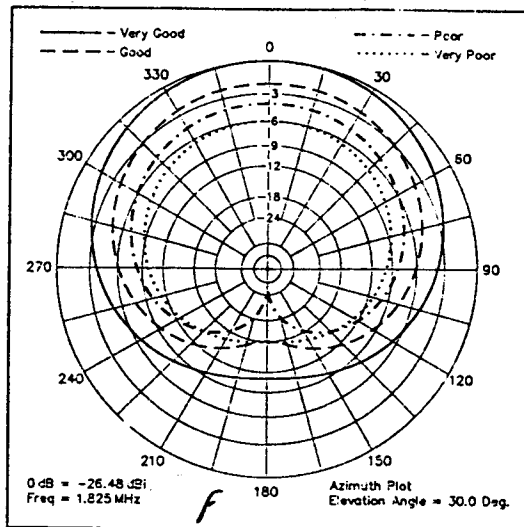
Fig. 3.14.17



d



e



f

Fig. 3.14.17

Antena Delta Loop de recepție în 1,8 MHz

In Fig. 3.14.18 se vede această antenă realizată de W2UP și FO8AAA.

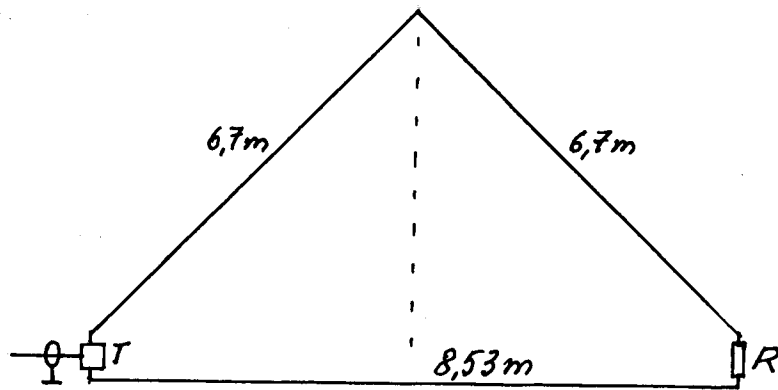


Fig. 3.14.18

Antena este susținută de un pilon nemetalic. Ea are recepția maximă în spre transformatorul T, care are raportul 12:1 - 18:1. Rezistența neinductivă R are $\sim 950\Omega$. Raportul F/S = 15dB. Semnalul recepționat fiind slab este nevoie de un preamplificator.

Antena de recepție EWE pentru 80 și 160m WA2WVL

această antenă se dă în Fig. 3.14.19

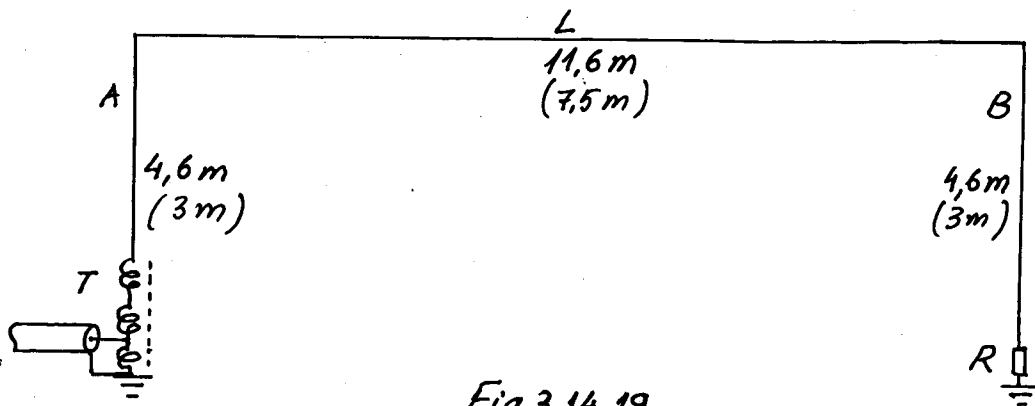


Fig. 3.14.19

Antena are diagramă tip „cardioidă” cu maximul recepției spre transformatorul toroidal de adaptare T. Câștigul antenei fiind -22 dBi în 1,8 MHz și -12,3 dBi în 3,5 MHz este nevoie de un preamplificator. Latura L se poate lungi până la 20m, mărind și rezistența R de la 840Ω la 1300Ω . Distanța optimă între laturile verticale A și B este cea $\lambda/8$. Cu dimensiunile din figură recepția este bună în cele două benzi. Dimensiunile din paranteze sunt la DL6CNG, numai în 80m.

Antena cadru de recepție pentru banda de 80m SMØVPO

Această antenă se vede în Fig. 3.14.20

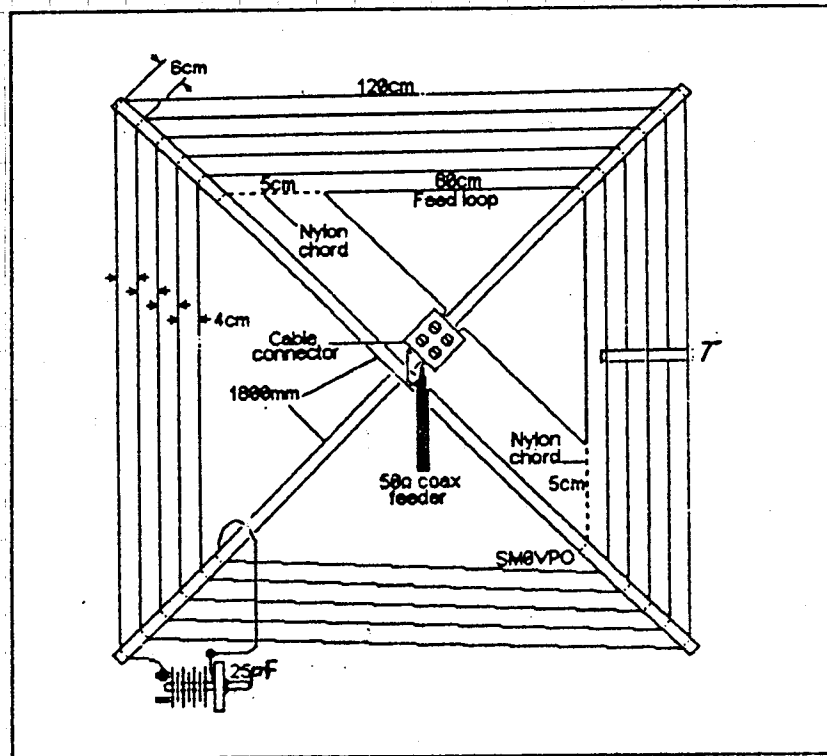


Fig. 3.14.20

Antena are 5 spire dispuse pe o cruce din șipci sau tuburi din plastic. Semnalul se culege printr-o buclă triunghiulară la care se conectează coaxialul. Condensatorul variabil acordează antena între 3,45-3,9 MHz. Conectând în paralel cu el un condensator fix de 410 pF frecvența coboară la 1,8 MHz. Frecvența urcă dacă spiarele sunt îndepărtate unele de altele cu tija din plastic. Antena funcționează și la emisie, cu putere mică.

Antena buclă ecranată de recepție pentru 1,8 MHz KC2TX

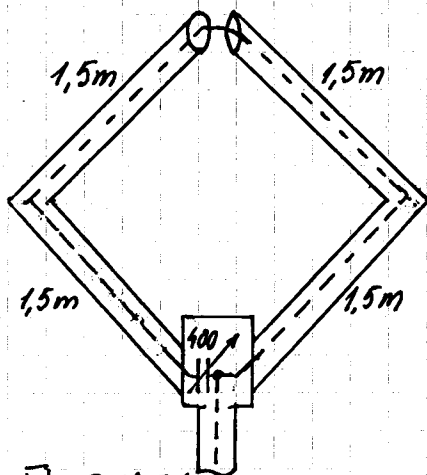
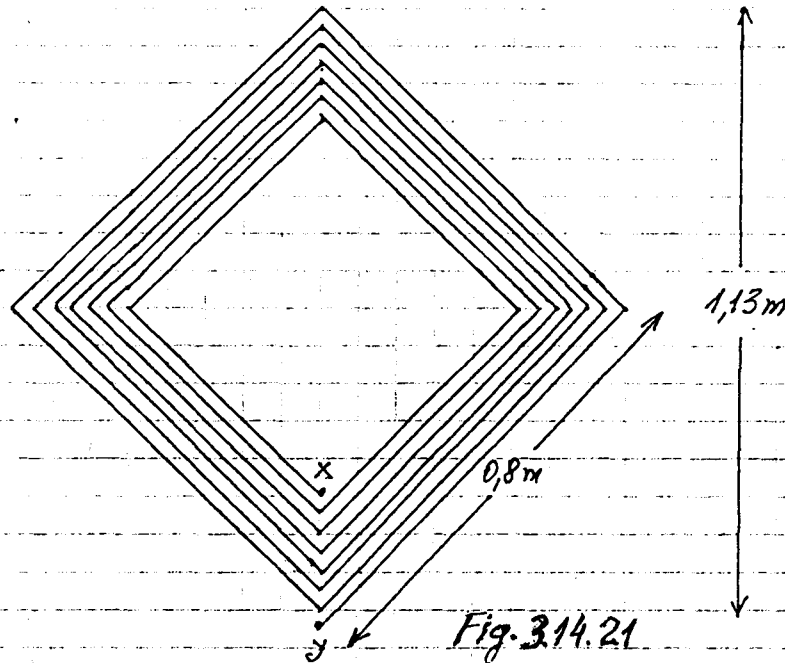


Fig. 3.14.21

Antena (Fig. 3.14.21) se realizează din coaxial care are maxim 30 pF pe 30 cm lungime (RG 59). Ea este susținută de o cruce din șipci sau tuburi de plastic. Condensatorul variabil în serie cu conductorul central al coaxialului este montat într-o cutie metalică la care se conectează cele trei trese. Antena livrează semnale fără zgomete, slabe, care trebuie amplificate. Tresa este întreruptă sus pentru ca bucla să funcționeze. Cu dimensiuni reduse la 1/2 antena lucrează în 80m.

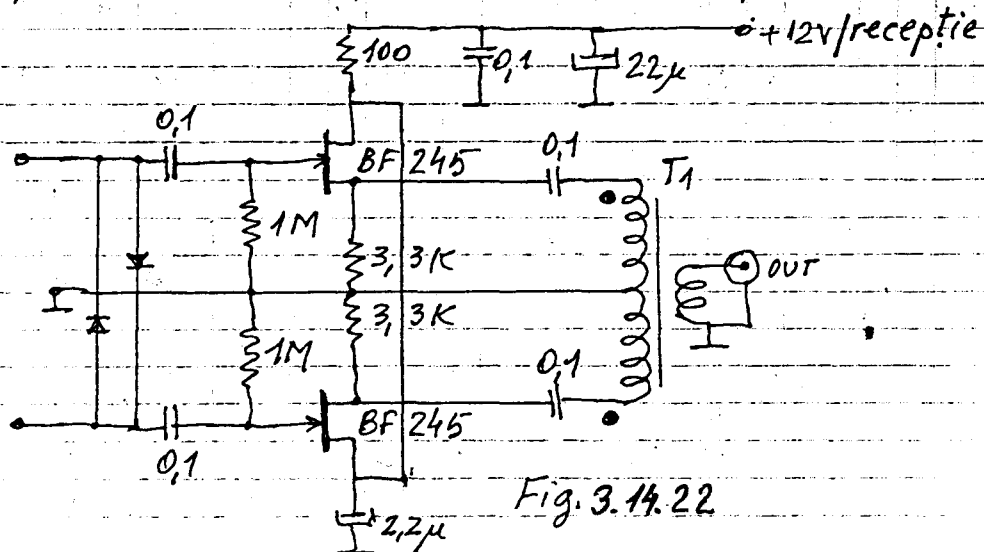
Antenă de recepție pentru banda de 160m VK5BR

În locațiile unde nu sunt paraziti locali, se folosește la recepție o antenă buclă neccranată. (Fig. 3.14.21)



Antena are 7 spire distanțate la 10mm, din sârmă Cu E ϕ 1mm, realizate în spirală pe o cruce din șipci de lemn vopsit sau tuburi de plastic. Între bornele xy se conectează un trimmer de 20pF sau un mic condensator variabil, cu care se acordează în banda de 160m. Tot la bornele xy se conectează un mic transformator coborător, pentru adaptarea cu coaxialul, dar care are dezavantajul că micșorează semnalul. Antena lucrează afară, în balcon și chiar în interior. Se recomandă un preamplificator simetric, cu impedanță mare de intrare, la baza antenei. (Fig. 3.14.22.)

Preamplificator simetric pentru antena de recepție us



Antena de recepție cu unde progresive H. Beverage W2BML

Această antenă sedă în Fig. 3.14.23

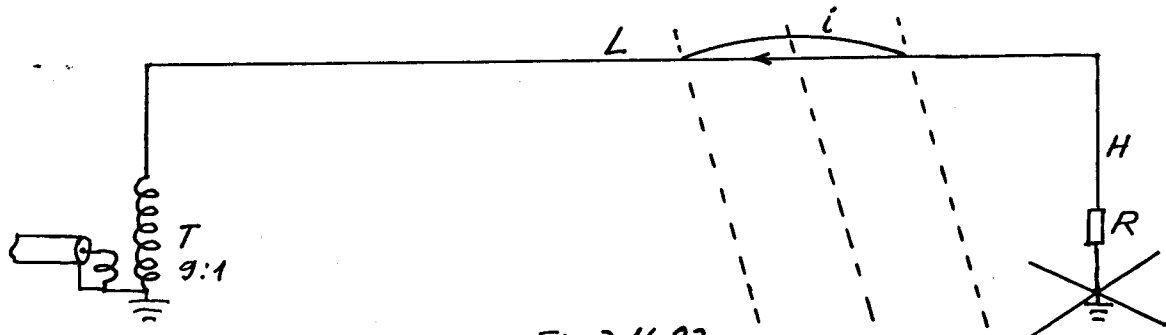


Fig. 3.14.23

Antena este un conductor lung de $0,5-10\lambda$ susținut deasupra pământului de niște pari înalți de $0,3-3\text{ m}$ și îndreptată cu rezistența R în spre corespondent. Rezistența este neinductivă și egală cu impedanța caracteristică a liniei de transmisie formată de conductorul antenei și pământ. Dacă solul este sărac, priză de pământ la care se leagă rezistența se suplimentează cu radiale.

Antena este nerezonantă și eficientă la frecvențe joase, până la 7 MHz . Directivitatea și semnalul captat crește cu lungimea.

Undele radio cu polarizare verticală ce vin de la corespondent suferă o înclinare (linia întreruptă) datorită pierderilor în sol, care determină inducerea unui curent în antenă, care curge spre transformatorul de adaptare T , unde este absorbit.

Antena Beverage este adecvată doar la recepție. La emisie pierderile în pământ sunt mai mari decât energia radiată.

Rezistența are valori între $100-600\Omega$ funcție de diametrul și înălțimea antenei și natura solului.

În Fig. 3.14.24 sunt diagramele de directivitate ale antenei în plan orizontal (a) și vertical (b) pentru lungimi L egale cu λ și 2λ .

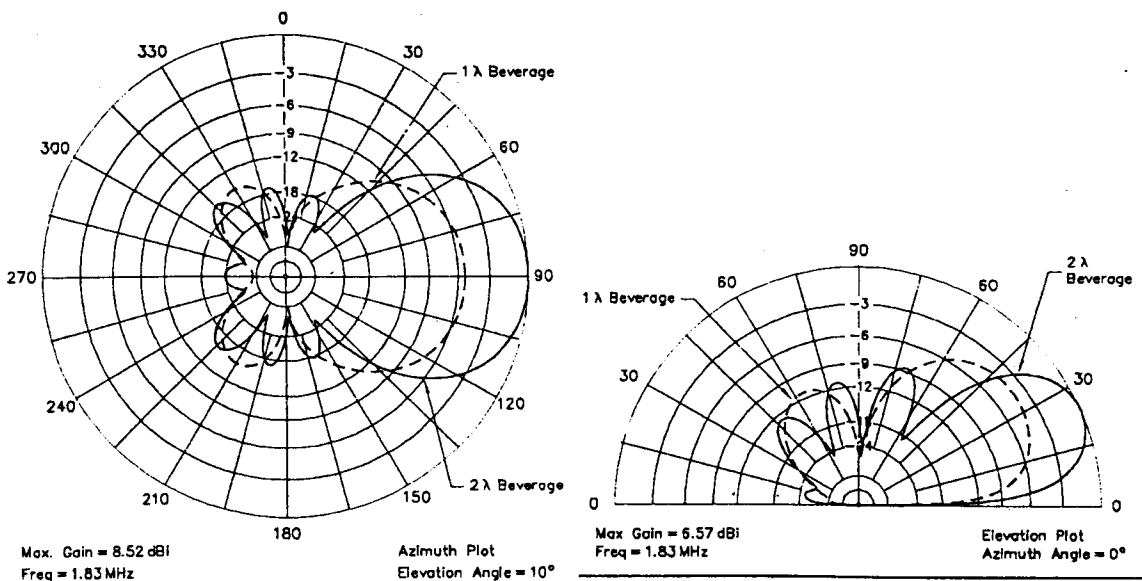


Fig. 3.14.24

3.15 Istoric

Michael Faraday (1791-1867) a descoperit fenomenul inducției electromagnetice și a introdus conceptul liniilor de forță (1831)

J.C. Maxwell (1831-1879) în deceniile 6-7 ale sec. 19 a ajuns la noțiunea de câmp electromagnetic, și a stabilit legile lui. Cel mai importantă concluzie era existența undelor electromagnetice, produse de curentul electric variabil, care se propagă cu viteză de 300.000 Km/s. Maxwell a considerat că și lumina este o formă de u.e.m.

Heinrich Hertz a demonstrat experimental (1878) existența u.e.m.

El folosea un dipol plasat în focarul unui reflector cilindric parabolic. Hertz a demonstrat că u.e.m. se reflectă, se refractă și se interferează. A ridicat și curbe de rezonanță stabilind că experimenta cu unde cu lungimea de undă cca 50 cm.

În 1895-1896 A.S. Popov și G. Marconi au făcut primele demonstrații de recepție și emisie a u.e.m. A. Righi și E. Branli au creat coherorul.

În 1901 Marconi a realizat prima legătură radio peste oceanul Atlantic. Deoarece semnalul era mai mare decât cel estimat, unii matematicieni, printre care și H. Poincare au presupus că se produce o difracție a undelor la suprafața sferică a Pământului.

O. Heaviside și Kennely au emis ipoteza unei pături ionizate în atmosfera înaltă a Pământului, care reflectă undele radio.

După perioada emițătoarelor cu scântei radiotehnica sa dezvoltat rapid adoptându-se emițătoarele cu generator rotativ multipolar ale lui N. Tesla și tuburile electronice cu vid (dioda, trioda - Lee de Forest, 1906). În 1914 apar emițătoarele cu triode.

În 1920 încep în SUA primele emisiuni de radiodifuziune pentru public.

În 1916 N. Vasilescu Karpen instalează primul post putentiv de radiotelegrafie din România (150KW) pe frecvența 27 KHz.

În 1917 Lucien Levy patentează receptorul superheterodină.

În 1921 se realizează prima legătură radio în unde scurte între radioamatorii americani și englezi.

În 1923 V.K. Zvorikin patentează un sistem de televiziune.

În 1925 se înființează Uniunea Internațională a Radioamatorilor.

În 1925 Hidetsugu Yagi și S. Uda inventează antena directivă.

În 1928 apare în eter "Radio București".

În 1929 rusul M.A. Bonci-Bruevici patentează amplificatorul RF cu grila la masă.

În 1932 Janski descoperă emisia radio a Căii Lactee pe ~20,55 MHz.

În 1933 H. Armstrong își publică studiile privind modulatiile de frecvență. În 1934 intră în funcțiune în Anglia stația BBC de televiziune alb-negru, cu 240 linii și 25 cadre/secundă. În 1935 în Anglia, R. Wattson Watt inventează RADARUL (pe 20-30 MHz).

În 1930 prof. Tudor Tănăsescu (1904-1961) face studii privind antenele directive.

În 1946, J. Bardeen, W. Brattain și W. Shockley inventează tranzistorul bipolar. În 1952 W. Shockley inventează tranzistorul unipolar, cu efect de câmp. În 1958 în USA se realizează primul circuit integrat.

În 1961 NASA lansează primul satelit activ de telecomunicații.

În 1966 în SUA încep cercetări privind comunicații prin fibra optică. În 1978 USA lansează primul satelit geostationar pentru canale TV comerciale.

Pionierul radiotelegrafiei în România este considerat Emil Giurgea care în 1914 a construit și instalat pentru Armată un post TFF de 8KW.

În 1925 încep primele emisiuni de radiodifuziune în România.

În 26.03.1925 prof. Dragomir Hurmuzescu, Emil Petrascu și C. Budeanu au constituit „Asociația Prietenii Radiotelefoniei”.

În septembrie 1926, dr. Savopol (președintele Radioclubului Craiova) și lt. Ion Băjenescu realizează prima emisie de telefonie de amatori, pe 631kHz. La 1.11.1928 s-a inaugurat Postul Național de Radio București.

Ing. Mihai Konteschweller (1898-1947) a contribuit mult la răspândirea radiotehnicii în România și la crearea de specialiști.

În 1936 se pune în funcțiune la Bod- Brașov postul de radio „Radio-România” de 150KW, pe 160kHz, cu antenă de 250m, care acoperă întreg teritoriul țării. În perioada interbelică, ing. I.C. Florea a avut mari contribuții la dezvoltarea radiotehnicii în România. Prof. dr. ing. Tudor Tănăsescu (1901-1961) afară de activitatea didactică a scris manuale de înalt nivel (Manual de tuburi și circuite electronice, Introducere în electronica industrială, Circuite cu tranzistoare), a condus fabrici de echipamente radio și telefonie și a făcut studii despre antene directive (1930).

În 1949 fabrica „Radio Popular” realizează primele receptoare de radiodifuziune. Prof. Gheorghe Cartianu are primele lucrări privind propagarea u.e.m., studii și cărți privind „Modulația de frecvență”, „Analiza și sinteza circuitelor electrice”, „Sinteza în domeniul frecvență” și primele emițătoare și radiorelee cu modulație de frecvență în România.

Sub conducerea prof. dr. ing. Al. Spătaru s-a realizat primul emițător de televiziune din România, în 1955 (alb negru) și 1964 (color).

Prof. ing. Sergiu Condrea a publicat studii ca: „Teoria informației” (1958), „Rețele și sisteme de transmisiuni” (1972), sisteme de modulație, comprimarea spectrului de frecvențe al semnalelor ș.a.

În 1956 a apărut monografia „Antene” de V. Cătuneanu. În 1951 Edmond Nicolau publică studii de sinteză sistemelor de antene directive iar în 1982 monografia „Antene și propagare”. În 1953 M. Belis publică „Antene parabolice”. În 1958 A. Millea publică studii despre sisteme radiante multiple. În 1959 V. Cătuneanu publică studii despre antene biconice iar Al. Spătaru - studii despre antene de televiziune. În 1960 A. Preda publică studii privind radioastronomia și propagarea ionosferică. În 1967 Gh. Rulea și Șt. Nicolaescu publică studii privind antenele cu fantă. În 1969: C. Boerescu: „Antene directive”, 1980: D. Zaharia: „Sinteza sistemelor radiante cu ajutorul funcțiilor Z-ortogonale”; R. Ionescu: „Antene active” 1953: C. Popovici: „Antene circulare”. 1957: A. Dobrescu: „Sisteme de antene optimale”. 1980: G. Rulea: „Antene de microunde”. 1981: D. Zaharia: „Antene adaptive”. Contribuții în domeniu au avut și Emil Geles, Ion Constantinescu, Remus Răduț, R.Ș. Ionescu, M. Dragoman, V. Poplăceanu, M. Samoilă

După 1900 antenele au fost studiate de specialiști din toată lumea:
G.Z. Aizenberg, J. Aharoni, I.L. Alpert, A. Alford, B.P. Afanasiev, A.G. Arenberg, N.I. Așbel, F. Alton, W. Abson, F.W. Alexanderson, V.J. Andrew, S.W. Amos,

R. Bechman, B.V. Braude, G.H. Brown, J.G. Beckerley, R.E. Burgess, S. Ballantine, G. Barzilai, E. Bruce, A.C. Beck, R.H. Barker, S.S. Bannerjee, W.S. Bachman, H. Born, H.H. Beverage, A. Bailey, H. Bucholz, W.L. Barrow, R. Brendel, R. Bromel, W. Bach, Braun, P. Baudoux, J.F. Byrne, F.D. Bennett, L. Brillouin, E.A. Blake jr.

P.S. Carter, F.M. Colebrook, I.G. Cleatkin, C. Choudhury, V.I. Covelencov, I.M. Cravet, J.R. Carson, F. Cutting, C.R. Cox, A.W. Cronshey, V.J. Cooper, H. Cafferata, H. Chiereix, L.J. Chu, M.K. Chakravarty, W.L. Carston, P.D. Coleman, A.B. Chamberlain.

H. Dellinger, I.A. Dombrowski, M.P. Doluhanov, S.W. Dean, R. Darbord, A.K. Dutta, W.S. Buttera, J. Delmonte,

C.R. Englund, D.J. Ebel, F.A. Everest, A.C. Ermolov, J. Epstein, Edcock, W.L. Everitt,

C.B. Feldman, A.Z. Fradin, H.C. Forbes, I.N. Feld, H.J. Fausten, L.H. Ford, D. Forster, H.T. Friis, W.A. Fitch, C.S. Franklin, V. Fritish, A.J. Fruin,

D. Graffi, H.E. Gihring, J. Grosskopf, E. Green, L.V. Gruzinski, L.M. Guerici, F.M. Green, H. Gutton, R. Mc. Guire, S. Goldman,

E. Hallen, C.W. Harrison jr., W. Hansen, W.G. Hutton, E.G. Hoffman, A.E. Harper, C.W. Hansell, L.M. Hellingsworth, Z.M. Haichin, G.H. Haller,

A.D. Istrașkin, I. Ilarionov, Z.D. Isbell

W. Jäcknow, H. Jasik, J.J. Jansen,

R. King, D. King, V.N. Kessenich, S.R. Khastgir, H.W. Kochler, W. Kelvin, V.D. Krājanovski, Kandoian, E.W. Kellogg, W.E. Kock, S.R. Kastgin, F.E. Kierman, J.D. Kraus,

G. Lătmiral, S.A. Lewin, N.E. Lindenblad, L. Lapaz, M.A. Leontovici, F.D. Lewis, N.B. Lodge, J.W. Labus, H. Larson, A.G. Lee, V.D. Landon,

Mimno, V.V. Migulin, G.I. Michelson, F.H. Murray, K. Miya, J. Müller, E. Metzler, G.A. Miller, E.B. Moullin, B.I. Molodov, P. Malach, G.E. Myeller, E.N. Maizels, Z.I. Model, J.F. Morrison, H.K. Morgan, M.C. Morgan, G. Mountjoy, M.S. Neuman, K.F. Niessen, D.O. North, S.I. Nadenenco, C.C. Noegi, P. Nicolas, Rūdenberg, P.A. Reazin, G.S. Ramm, P.N. Ramlau, J.G. Rountree, O.H. Roth, A.D. Ring, D. Richtmeyer, G. Ratelli, F.X. Rettenmeyer, B.L. Rosing, C.W. Rice,

F. Oberhettinger, A. Ortusi, F. Ollendorf, A.A. Pistolcor, W.L. Mc. Pherson, J. Patry, H. Page, G.W. Pierce, W.S. Pritchett, R.M. Pierce, J.S. Mc. Patrie, L.S. Palmer, C.V. Person, Paramanad, b.I. Penner, F.R. Stansel, K. Spangenberg, G.C. Southworth, E.J. Sterba, H. Salinger, J.A. Saxton, D.S. Serman, L. Sacco, S. Sonada, C. Shulman, A. Staal, A.E. Suzant, N.I. Stein, M.W. Sheldorf, P.H. Smith, E. Siegel, D.B. Sinclair, P.C. Sandretto, S.W. Seeley, V.V. Tatarinov, F.E. Terman, A. Thoma, M. Trachtman, W.T. Thompson, J.P. Taylor, W.A. Turell, W.C. Tinus, S. Uda, Volman, Vogt, Wilmote, Walmsley, Wheeler, Woodyard, Wolff, Witt, Wilson, Young, Jagi,

