

A N T E N E

CAP. I LINII DE TRANSMISIE

1. Introducere

1.1 Clasificarea antenelor

Alegerea unui criteriu de sistematizare a materialului informativ privind antenele este o problemă interesantă. Cărțile de popularizare referitoare la antene s-au ocupat în general de prezentarea diferitelor tipuri de antene și mai puțin de clasificarea lor. Astfel constatăm adoptarea succesivă a unor criterii diferite în aceeași carte. Exemple:

- după destinație:antene de recepție și emisie
- după lungimea de undă:antene de UL, UM, US, UUS etc.
- după lucrul pe armonici:antene monoband și multiband
- după largimea de bandă:antene de bandă îngustă , de bandă largă și foarte largă
- după regimul undelor:antene cu unde staționare (acordate) și antene cu unde progresive (aperiodice)
- după simetrie:antene simetrice și nesimetrice
- după directivitate:antene directive și nedirective
- după poziție:orizontale, verticale, inclinate
- după formă:liniare, în V, în V întors, în L, în T, triunghi pătrat, romb, cerc, fluture, piramidă, dublu con, disc și con, în cruce, cruce de Malta, trifoi, spirală, etc.
- după numărul de elementi activi și pasivi
- după dimensiuni:normale, scurte, alungite
- după tipul liniei de alimentare:monofilară, bifilară, coaxială
- după sistemul de adaptare a liniei cu antena:în T, în Gama, în Delta, cu linie de adaptare, cu trunchi de linie, cu constante concentrate, cu transformator, etc.

După părerea noastră, criteriul de clasificare al antenelor este linia de transmisie din care provin.

Antenele se împart în două clase:bucle și dipoli.

Antenele buclă provin din linii de transmisie cu capătul în scurtcircuit. Dipoli provin din linii de transmisie cu capătul în gol.

Antenele buclă sunt de două tipuri:bucle complete și semibucle. Antenele dipol sunt de două tipuri:dipoli simetrici (compleți) și semidipoli (monopolii).

Combinând antene buclă și dipoli se obțin antene complexe cu anumiți parametri îmbunătătiți.

Deoarece antenele provin din linii de transmisie, pentru a înțelege funcționarea lor trebuie studiată funcționarea liniilor de transmisie.

1.2. LINIA DE TRANSMISIE

O linie de transmisie a energiei de radiofrecvență constă din două conductoare paralele, izolate, aflate la distanță mică comparativ cu lungimea de undă λ , cel mult $0,01\lambda$ (Fig.1)

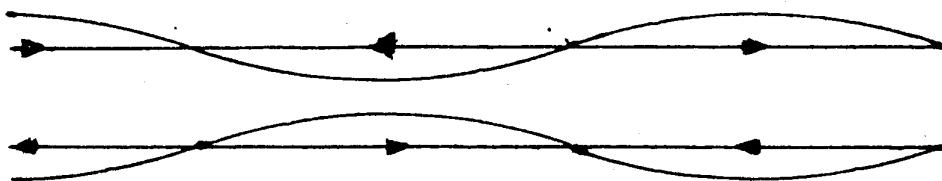


Fig.1

Curenții în porțiunile cu lungimi de $\lambda/2$ ale liniei, notați cu săgeți, sunt egali și de sens contrar. Câmpurile creeate de ei fiind de sens contrar, se anulează reciproc, astfel că linia nu radiază unde electromagnetice. Îndepărând conductoarele liniei, câmpurile nu se mai anulează iar linia începe să radieze unde electromagnetice, deci devine o antenă.

Antena transformă energia curentului alternativ de radiofrecvență în energia undelor electromagnetice.

Liniile de transmisie au lungimi fizice comparabile cu lungimea de undă. Funcționarea lor este analoagă, până la un punct, cu funcționarea circuitelor oscilante.

Un circuit oscilant are inductanța L și capacitatea C concentrate în bobină-respectiv condensator. Linia de transmisie are "constantele" L și C distribuite de-a lungul conductoarelor, fiecare porțiune de conductor având o inductanță iar între conductoare există o capacitate. La un circuit oscilant câmpul magnetic este localizat în bobină iar câmpul electric în condensator.

Pe linia de transmisie există o undă de curent și o undă de tensiune, care creează câmpuri magnetice și electrice în jurul conductoarelor.

Circuitul oscilant rezonează pe o singură frecvență, în timp ce pe o linie pot exista unde de curent și tensiune de orice frecvențe.

1.2.1. Parametrii liniilor de transmisie

Impedanța caracteristică

În fiecare porțiune a liniei de transmisie conductoarele au o mică inductanță L iar între ele există o capacitate mică C (Fig.2)

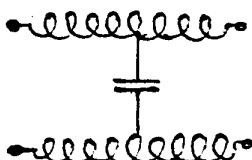


Fig.2

Energia se transmite de la intrarea spre ieșirea liniei transformându-se succesiv din energie de câmp magnetic, exprimată prin formula $L \cdot I^2/2$, în energie de câmp electric, exprimată prin $C \cdot U^2/2$. Transformarea are loc

cu pierderi neglijabile, deci energiile sunt egale: $L \cdot I^2 / 2 = C \cdot U^2 / 2$. De aici rezultă: $U/I = \sqrt{L/C}$. Se știe că raportul U/I reprezintă impedanță, în curenț alternativ. Deci între oricare două puncte vecine ale liniei există o impedanță. Ea se numește "impedanță caracteristică" și are expresia $Z_c = \sqrt{L/C}$. Impedanță caracteristică a unei linii depinde numai de distanța dintre conductoare, diametrul lor și de constanta dielectrică a izolației dintre conductoare.

Impedanță caracteristică are aceeași valoare indiferent de lungimea liniei sau frecvența de lucru.

Impedanță caracteristică a liniei paralele cu aer se calculează cu formula: $Z_c = 276 \cdot \log(2D/d)$, unde D este distanța dintre conductoare iar d este diametrul lor. În locul formulei se poate folosi diagrama din Fig.3

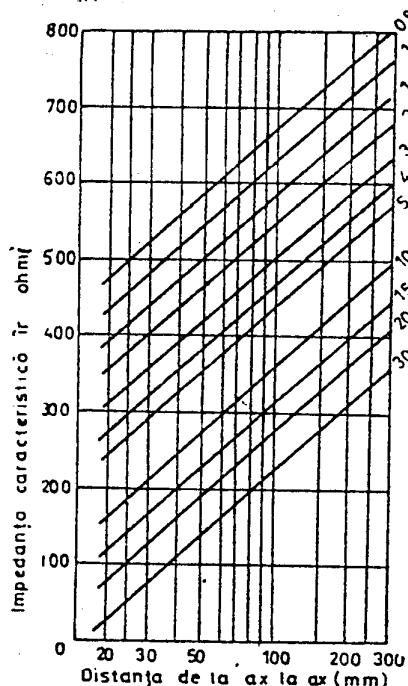


Fig.3

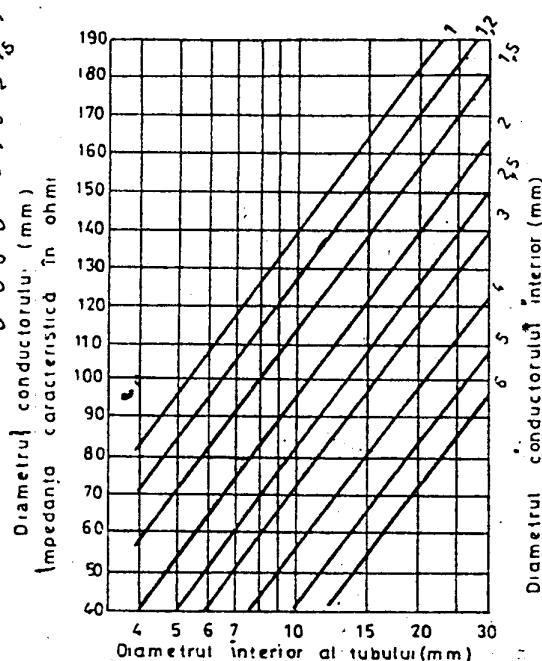


Fig.4

Linile paralele cu aer, numite și "scărăță" datorită distanțierilor, au impedanțe de ordinul sutelor de ohmi.

În apropierea liniilor paralele există câmpuri magnetice și electrice, care interacționează cu obiectele vecine, mai ales cu cele conductoare. Pentru a evita influența mediului înconjurător, s-a inventat linia coaxială, la care unul dintre conductoare are formă de tub și îl înconjoară pe celălalt. Câmpurile există numai între conductorul central și tub (care este deobicei o tresa din conductoare), care funcționează ca un ecran.

Impedanță caracteristică a liniei coaxiale se determină cu formula: $Z_c = 138 \cdot \log(D/d)$, în cazul izolației cu aer, sau cu ajutorul diagramei din fig.4. În timp ce liniile paralele sunt simetrice (ambele conductoare au tensiuni egale și opuse ca semn față de pământ), liniile coaxiale sunt nesimetrice, tresa fiind la pământ.

Coeficientul de scurtare

Undele electromagnetice se propagă în spațiu cu

viteza de 300.000 Km/sec. O undă electromagnetică cu lungimea de unde de 80m este o sinusoidă cu lungimea fizică de 80 m. Dar unda de curent care a generat-o nu are lungimea fizică de 80 m pe linia de transmisie, ci mai puțin. Pe linie are loc o "contractie" a undei de curent care depinde de natura izolației dintre conductoare.

Pentru a calcula lungimea fizică a liniei trebuie cunoscut coeficientul ei de scurtare K . Linia paralelă cu aer (scăriță) are $K=0,975$. Linia paralelă în plastic, cu impedanță de 300 Ohmi are $K=0,68-0,85$ în funcție de materialul plastic; deobicei are $K=0,83$. Cablele coaxiale cu dielectric din polietilenă masivă au în general coefficientul de scurtare $K=0,66$, și $K=0,85$ când are dielectric aer și piese din polietilenă din loc în loc.

Se fabrică și linii paralele izolate cu polietilenă și ecranate cu o tresă, similară cablilor coaxiale. În tabelul 1 sunt prezentate unele cabluri coaxiale mai răspândite.

Tabelul 1.

RG #	IMP.	db/100'@100 MHz	db/100'@400 MHz	db/100'@1 GHz	OD	Vel F	INS/KV	Di
6/U	75	2.1	5	6.9	0.27	0.78	0.6	F
7/U	95							
8/U	50	1.8	4.7	6.9	0.405	0.66	5	P
8/U	50	1.1 @50MHz				0.78	0.6	F
11/U	75	1.0 @50MHz			0.425	0.78	0.6	F
17 A/U	52	0.81	1.9	3.8	0.87	0.66		
58 A/U	50	4.9	11.5	20	0.195	0.66	1.9	F
58/U	50	3.1 @	50MHz			0.78	0.2	F
59 B/U	75	3.4	7	11.1	0.242	0.66	2.3	F
100 /U	35				0.242	0.66		
212 /U	50	1.6	3.6	8.8	0.336	0.66		
213 /U	50	2.2	4.7	8	0.405	0.66	5	P
214 /U	50	2.2	4.7	8	0.425	0.66	5	P
215 /U	50	2.2	4.6	9	0.475	0.66		
8281	75			9.2	0.275		2.9	
9913	50	1.4	2.8	4.5	0.475		0.6	
LDF#	IMP.	db/100'@150 MHz	db/100'@450 MHz	db/100'@824 MHz	OD	Vel F	PWR/KW	Di
LDF4-50A	50	0.845	1.51	2.10	0.5	.88	3.63	F

SOURCE: Andrew=LDF, Belden=RG

Energia de radiofreqvîntă furnizată de emîtător călătoresc prin linia de transmisie spre consumatorul (sarcina) conectat la capătul ei, care este antena, sub forma undelor de tensiune și de curent. Dacă impedanța sarcinii este egală cu impedanța caracteristică a liniei, toată energia se consumă în sarcină iar undele de curent călătoresc pe linie într-un singur sens, progresiv, ca niște valuri, de la emîtător spre antenă. În cazul când linia și antena au impedanțe diferite, o parte din energia undelor de curent este "refuzată" de antenă și se întoarce înapoi tot sub formă de unde de curent. Unda directă se însumează algebric cu una reflectată, formând pe linie unde staționare.

1.2.2. Regimul de unde progresive

Regimul de unde progresive asigură transferul maxim de putere de la emițător la antenă, dacă impedanța antenei este pur ohmică și egală cu impedanța caracteristică Z_c a liniei. În Fig. 5 impedanța antenei este R_s .

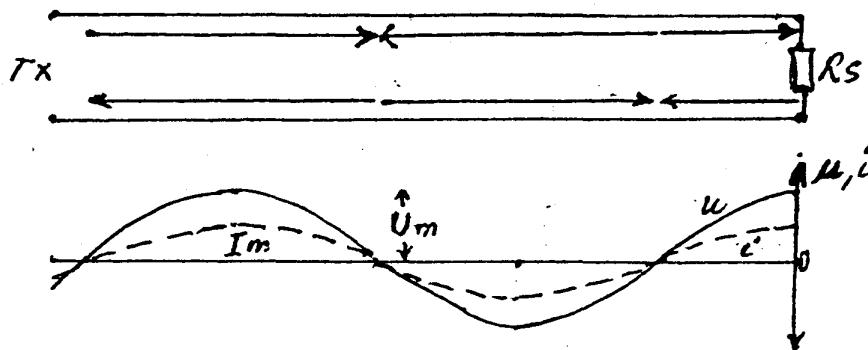


Fig. 5

În regim de undă progresivă, unda de tensiune este în fază cu unda de curent și călătorește numai de la emițător spre antenă (sarcina R_s). În orice porțiune a liniei curentii din cele două conductoare sunt egali dar au sensuri opuse. Raportul dintre tensiunea maximă U_m și curentul maxim I_m este egal cu impedanța caracteristică Z_c și este constant de-a lungul liniei. Tensiunea și curentul fiind în fază în orice punct, impedanța la intrarea liniei este pur rezistivă, fără reactanță inducțivă sau capacativă. În orice punct al liniei tensiunea și curentul variază sinusoidal în timp.

Rezistența de sarcină R_s fiind adaptată (egală) cu impedanța caracteristică a liniei, regimul este de unde progresiv. Datorită pierдерilor de energie în rezistență conductoarelor și în dielectricul dintre ele, energia undei se atenuază de-a lungul liniei. Linile paralele cu aer au atenuarea cea mai mică, între 0,1-1 dB pe 100 m, la frecvențe până la 200 MHz.

Regimul de unde progresive este independent de frecvență și de lungimea liniei. Linia cu undă progresivă este nerezonantă, sau "neacordată".

Dacă impedanța sarcinii nu este pur rezistivă sau nu este egală cu impedanța caracteristică a liniei, ea nu va absorbi toată energia sosită de la emițător. O parte din energie se va întoarce spre emițător. Energia reflectată este cu atât mai mare cu cât neadaptarea este mai mare și produce unde staționare pe linie.

1.2.3. Regimul de unde staționare

Energia "respinsă" (reflectată) de sarcina neadaptată călătorește înapoi spre emițător tot sub formă de unde de curent și tensiune, care interferează cu unda directă. Din compunerea unei directe cu una reflectată rezultă o undă cu maxime și minime staționare, a căror mărime depinde de raportul dintre amplitudinile lor.

Când valoarea R_s este infinită, adică sarcina nu există - capătul liniei fiind lăsat în gol - unda de energie se întoarce în întregime la emițător, fără vreun consum.

Când valoarea R_s este zero, adică la capăt linia este pusă în scurtcircuit, unda de energie se întoarce în

întrregime la emițător, fără vreun consum. Deoarece aceste două cazuri limită au o mare importanță și utilitate practică, ele vor fi studiate mai detaliat.

Linia de transmisie cu capătul în gol

La capătul unei linii, lăsat în gol, curentul nu poate circula și are valoarea zero, iar tensiunea are valoarea maximă și este defazată cu 90° față de curent, cum se vede în Fig. 6

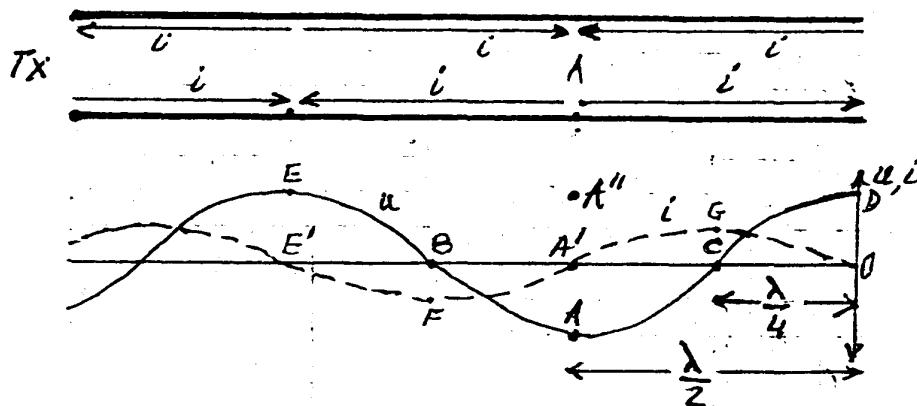


Fig. 6.

Desenarea sinusoidei undei de curent (linia între-ruptă) și a sinusoidei undei de tensiune (linia con-tinuă) se începe întotdeauna de la capătul liniei, lă-sat în gol. Sinusoida undei de tensiune are maxim la capătul liniei, apoi valoarea tensiunii scade și la distanța $\lambda/4$ față de capăt are valoarea zero, în per-manentă. La distanțe mai mari tensiunea are valori dim ce în ce mai mari, dar polaritatea este inversă față de portiunea terminală de $\lambda/4$. La distanța $\lambda/2$ față de capăt tensiunea este maximă, dar defazată cu 180° față de tensiunea la capătul liniei.

Sinusoida undei de curent are valoarea zero la ca-pătul liniei, valoarea maximă la distanța $\lambda/4$ față de capăt, valoarea zero la distanța $\lambda/2$ de capăt, apoi curentul crește iar-dar sensul lui este invers.

Deoarece la distanța $\lambda/2$ față de capăt tensiunea este maximă și curentul zero, raportul lor dă o impe-danță infinită-ca și la capătul în gol al liniei. Deci o linie cu lungimea $\lambda/2$ "reproduce" la intrare, sau transferă la intrare, impedanța aflată la ieșirea sa.

Pe conductoarele liniei s-a marcat cu săgeți sen-sul curentilor. Figura 6 surprinde undele staționare de tensiune și de curent în momentul când valorile lor sunt maxime. În momentele următoare toate valori-le, în toate punctele liniei scad, sinusoidele se "tur-tesc" fără să-și schimbe poziția, și după un sfert din perioadă ajung peste tot la valoarea zero. Punctele A, E și D de pe curba tensiunii și F, G de pe curba curen-tului, ca și toate celelalte puncte ale curbelor ajung

pe axa orizontală. În continuare valorile tensiunilor și curentilor încep să crească, dar spre partea opusă a axei orizontale (aceeace înseamnă că tensiunile au polaritate inversă iar curenții-sensuri inverse) și după un sfert de perioadă ating iar valori maxime, dar de sens contrar. În Figura 17. se arată descreșterea în timp a undei staționare de curent (curbele 1-2-3-4) și apoi creșterea ei (curbele 5-6-7). Undele staționare "pulsează" pe linie.

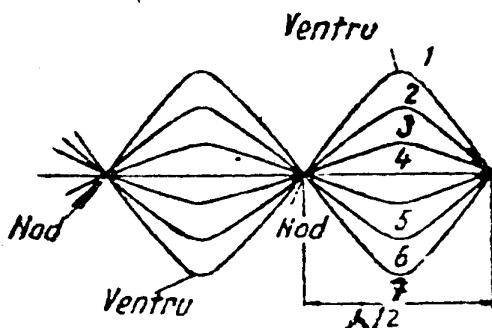


Fig. 17.

Pe figura 16. curba tensiunii "u" arată direct valoarea și polaritatea tensiunii dintre două puncte vecine ale liniei. Curba curentului "i" arată numărul sarcinilor electrice (electroni) care se deplasează în fiecare mică porțiune a liniei. De exemplu în punctele G și F ale liniei se deplasează cei mai mulți electroni iar în O, A', E' nu se deplasează niciunul. Pe lungimea de $\lambda/2$ dintre două puncte cu curent zero (noduri), de exemplu O-A sau A'-E', tensiunile dintre puncte vecine ale liniei variază toate simultan, sau în fază, și curenții la fel -dar tensiunile sunt defazate față de curent cu 90° . Pulsătia undei staționare de curent din Fig. 17 este asemănătoare vibrației unei corzi de vițări în jurul poziției de mijloc. În poziția de mijloc energia mecanică a corzii are forma energiei cinetice iar energia electrică din linie are forma câmpului magnetic și electric.

Reflectarea energiei de radiofreqvență de capătul lăsat în gol al liniei este la fel de reală ca și reflectarea luminii într-o oglindă.

Unda de tensiune reflectată de capătul în gol are aceeași amplitudine și aceeași fază cu unda directă.

Ele se însumează algebric și rezultă de-a lungul liniei o undă cu amplitudine dublă, dar staționară, care nu se deplasează în lungul liniei. Unda staționară de tensiune are un maxim chiar la capătul în gol al liniei, unde se produce reflexia.

Unda staționară de curent are deasemeni amplitudinea dublă față de unda sosită de la emițător, dar maximele ei sunt decalate în spațiu (pe linie) cu $\lambda/4$ iar în timp cu un sfert de perioadă, 90° .

Deoarece în orice punct al liniei între tensiune și curent există un defazaj de 90° , formula puterii în curent alternativ arată că nu există consum de putere, puterea fiind total reactivă sau "dewatată". Linia cu capătul în gol nu consumă energie.

In punctele aflate la distanță de $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$ etc. față de capătul unei linii în gol, tensiunea este mereu zero și curentul este maxim, ceea ce este echivalent unei impedanțe zero, adică un scurtcircuit.

In punctele aflate la distanță de $\lambda/2$, $2\lambda/2$, $3\lambda/2$ etc. față de capătul unei linii în gol, tensiunea este maximă (periodic) iar curentul este mereu zero, ceea ce înseamnă o impedanță infinită, adică o lipsă de impedanță (întrerupere).

Datorită undei staționare linia cu capătul în gol prezintă de-a lungul ei impedanțe de valori variabile periodic de natură inductivă sau capacativă, care la distanțele indicate mai sus trec prin valoarea zero sau infinit. Dacă linia cu capătul în gol are lungimea variabilă, impedanța ei de intrare Z_i variază conform Figurii 8b, care indică și schemele echivalente acestor lungimi. Între lungimea 0 și $\lambda/4$ linia se comportă ca o capacitate. Linia cu capătul în gol de lungime $\lambda/4$ se comportă ca un scurtcircuit-dar mai exact, ca un circuit rezonant serie.

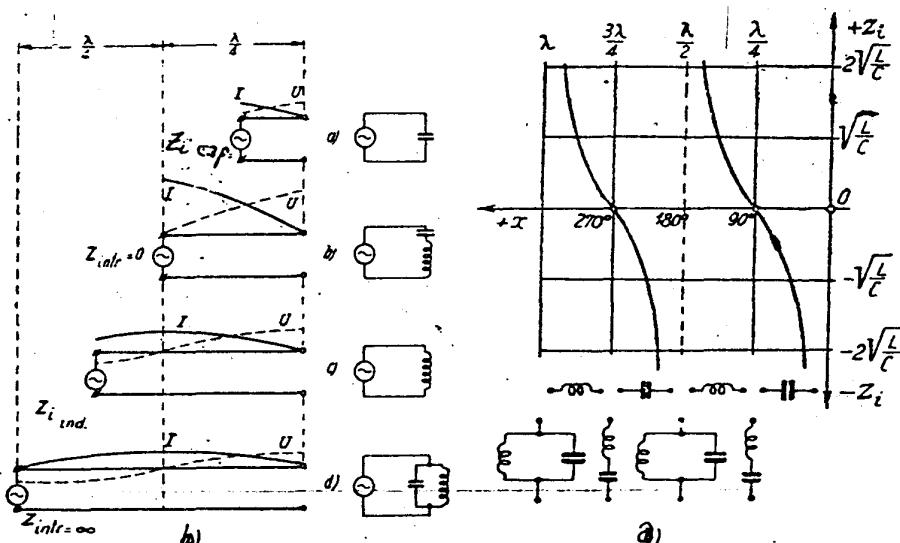


Fig 8.

La lungimi între $\lambda/4$ și $\lambda/2$ linia în gol se comportă ca o inductanță. La lungimea $\lambda/2$ linia cu capătul în gol se comportă ca o impedanță infinită-dar mai exact, ca un circuit rezonant derivatie.

In Fig.8a se văd undele staționare care se instalează pe linia în gol de diferite lungimi și schemele echivalente acestor lungimi.

Deoarece linia în $\lambda/4$ cu capătul în gol are proprietăți interesante și utile, ea trebuie studiată mai detaliat.

Proprietățile liniei în $\lambda/4$ cu capătul în gol

In Fig.9. se dă o linie în $\lambda/4$ cu capătul în gol corespunzătoare capătului din dreapta al liniei din Fig.6. Energia trimisă de emițător (Tx) în linie se

reflectă total de capătul lăsat în gol. Linia nu consumă energie și nu radiază. Undele staționare care apar pe linie datorită reflexiei fac ca la intrarea în linie (spre Tx) impedanța să fie zero, deoarece tensiunea este zero: $Z_i = u/i = 0/i = 0$.

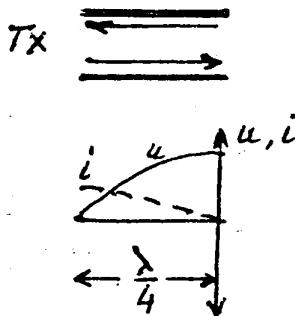


Fig:9.

Deci linia în $\lambda/4$ cu capătul în gol prezintă la intrare un scurtcircuit pe lungimea de undă λ . Scurtcircuitul este cât se poate de real din punct de vedere al curentului alternativ.

Linia în $\lambda/4$ cu capătul în gol este din punct de vedere electric, în curent alternativ, echivalentă cu un circuit oscilant tip serie. Ea chiar se comportă ca un circuit oscilant serie cu factor de calitate foarte mare, între 1000-6000. Impedanța între punctele vecine ale liniei variază treptat între zero (la intrare) și o valoare mare (la capăt), ceea ce permite folosirea ei pentru adaptări de impedanțe diferite.

Linia cu lungimea $\lambda/4$ se folosește ca dispozitiv de transformare (transformator) a impedanței de o valoare în altă valoare. Dacă la ieșirea acestei linii se conectează o impedanță pur ohmică Z_s și linia are impedanță caracteristică Z_c , impedanța la intrarea în linie devine -datorită undei staționare- $Z_i = Z_c^2 / Z_s$.

Dacă trebuie adaptate două impedanțe cu valori cunoscute, între ele se conectează o linie în $\lambda/4$ de transformare, a cărei impedanță caracteristică se calculează cu formula derivată: $Z_c = \sqrt{Z_i \cdot Z_s}$.

De exemplu, dacă antena are 112,5 Ohmi iar linia coaxială de alimentare are 50 Ohmi, pentru adaptarea celor două impedanțe se folosește o linie în $\lambda/4$ din coaxial, cu impedanță caracteristică $Z_c = \sqrt{50 \cdot 112,5} = 75$ Ohmi.

In unele cazuri distanța dintre impedanțele care trebuie adaptate este fizic mai mare decât $\lambda/4$. În locul unei linii lungi de $\lambda/4$ se poate folosi atunci o linie cu lungimea $3\lambda/4$ sau $5\lambda/4$, care are aceleași proprietăți de transformare.

O linie în $\lambda/4$ (electric-deci aplicând un coeficient de scurtare) din coaxial se poate conecta la ieșirea unui emițător de unde scurte sau ultrascurte pentru a scurtcircuita armonica aceea care interferează un canal de televiziune cu lungimea de undă λ .

-Linia de transmisie cu capătul pus în scurtcircuit

La capătul pus în scurtcircuit al unei linii, unda de tensiune nu poate avea decât valoarea zero, iar unda de curent - valoarea maximă. Capătul pus în scurtcircuit impune un defazaj de 90 grade între tensiune și curent, puterea este total reactivă și energia este integral reflectată înapoi la sursă (Fig.10.)

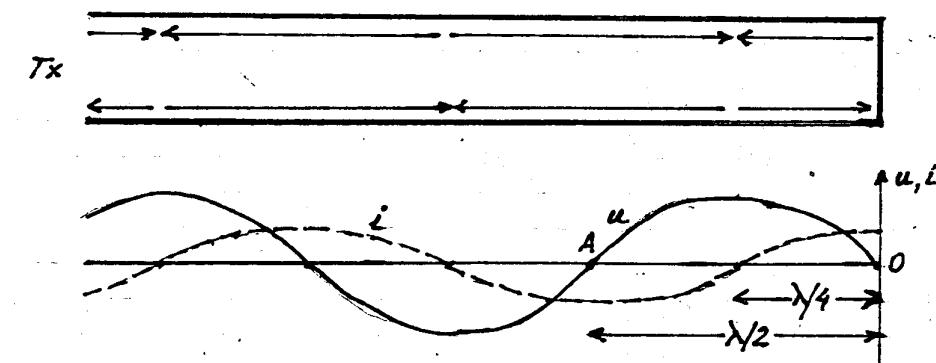


Fig.10.

Desenarea sinusoidelor u și i se începe de la capătul pus în scurtcircuit și continuă spre Tx (spre stânga). La distanța de un sfert de undă de capătul pus în scurt, curentul i este mereu zero iar tensiunea u este maximă (periodic). La distanța de o semiundă de capătul pus în scurt tensiunea u este mereu zero iar

currentul i este maxim (periodic). Sensul curentului în diferite porțiuni ale liniei se indică cu săgeți. Figura 10 surprinde momentul când u și i au valori maxime. În decursul unei perioade aceste valori cresc și apoi scad sinusoidal, inversându-și sensul de două ori și trecînd prin două maxime. Totuși poziția nodurilor (valori zero) și a vîtrelor (maxime) pe linie nu se schimbă, unde fiind staționară. Undele reflectate de tensiune și curent se suprapun exact peste undele directe (sunt în fază cu ele), se însumează și rezultă unde staționare cu amplitudini de două ori mai mari. În punctele aflate la distanțe de 1, 3, 5, etc. sferturi de undă de capătul pus în scurt, curentul este mereu zero, tensiunea trece periodic prin maxime (pozitive și negative), iar impedanța între conductoarele liniei este mare (teoretic infinită).

În punctele aflate la distanțe de 1, 2, 3, etc. jumătăți de undă față de capătul pus în scurt, tensiunea este permanent zero iar curentul trece periodic prin maxime (pozitive și negative), ca și la capătul pus în scurt, ceea ce înseamnă impedanță zero în aceste puncte. Scurtcircuitul de la capătul liniei nu consumă energie ci o reflectă spre emițător, ca putere reactivă.

- Proprietățile liniei în sfert de undă cu capătul în scurtcircuit

Linia din Fig. 1.11 are lungimea de un sfert de undă și are capătul în scurtcircuit.

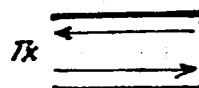
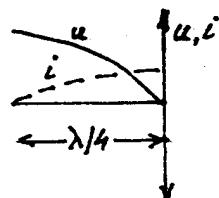


Fig. 1.11

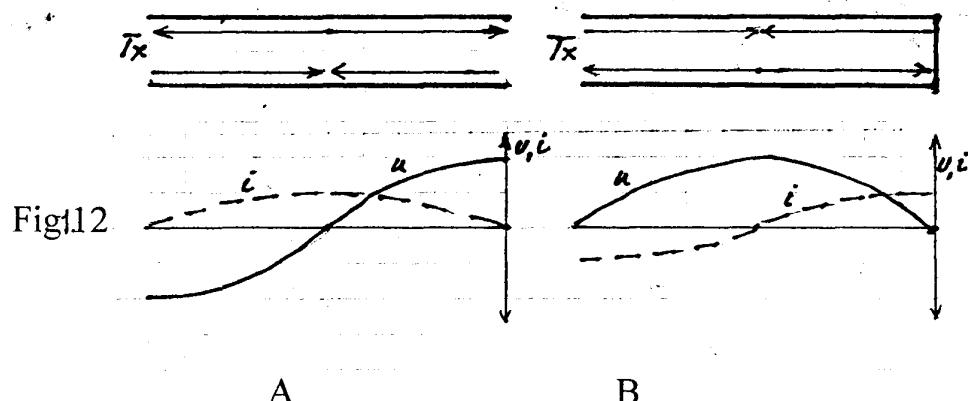


Scurtcircuitul reflectă toată energia înapoi, defazând cu 90 grade tensiunea față de curent. Linia nu consumă și nu radiază energie. Impedanța la intrarea liniei este infinită teoretic, deoarece aici curentul este zero. Impedanța între două puncte ale acestei linii (numită și stub) scade treptat spre capătul în scurt până la zero, ceea ce permite folosirea ei pentru adaptări de impedanțe. Linia în sfert de undă cu capătul în scurt funcționează din punct de vedere electric ca un circuit oscilant derivativ cu factor de calitate foarte mare (1.000-6.000), deci are banda de trecere foarte îngustă. Astfel de linii se folosesc în locul circuitelor oscilante L-C la frecvențe între 200-800 MHz.

Aceleași proprietăți ca ale liniei în sfert de undă în scurt au și liniile cu lungimi de 3, 5, 7, etc sferturi de undă.

-Proprietățile liniei în jumătate de lungime de undă

In Fig.12 se vede distribuția undelor de tensiune și curent precum și sensul curentului pe o linie de o jumătate de lungime de undă cu capătul lăsat în gol (A) sau pus în scurtcircuit (B).



Pe linia A de această lungime se așterne o jumătate din sinusoïda curentului, care se desenează începând cu valoarea zero la

capătul lăsat în gol, deoarece acolo nu curge curent. Tot de acolo se începe desenarea sinusoidei de tensiune, dar începând cu maximul-deoarece la capătul lăsat în gol tensiunea e maximă. Curba tensiunii trece prin zero la mijlocul liniei, apoi crește (dar își inversează polaritatea) și are iar valoarea maximă, la intrarea liniei.

La capătul în gol al liniei impedanța ($Z=u/i$) este foarte mare iar la intrarea liniei impedanța este deasemeni foarte mare. Impedanța de la ieșire se "vede", adică se transferă la intrare. Linia în jumătate de lungime de undă nu transformă impedanța de la capătul ei, ci o transferă la intrare, dar faza tensiunii se inversează.

Orice impedanță ar fi conectată la capătul ei, va fi transferată la intrare, indiferent de impedanță caracteristică a liniei.

Linia în jumătate de undă lăsată în gol se comportă ca un circuit oscilant derivație, în jurul frecvenței de rezonanță.

Aceleași proprietăți are linia cu lungimea 2, 3, 4, 5, etc. jumătăți de lungime de undă.

În Fig. 12B avem o linie în jumătate de undă cu capătul pus în scurtcircuit. Ca întotdeauna, la capătul liniei se hotărăște distribuția sinusoidelor de curent și tensiune și se începe desenarea lor.

Aici curentul este maxim iar tensiunea-zero (datorită scurtcircuitului), deci impedanța ($Z=u/i$) este zero. La intrarea liniei curentul este iar maxim, tensiunea este zero, impedanța este zero. Impedanța de la ieșire se "vede", adică se transferă la intrare, dar faza (sensul) curentului se inversează (vezi săgețile). Linia în jumătate de undă cu capătul în scurt se comportă ca un circuit oscilant serie în jurul frecvenței de rezonanță. Aceleași proprietăți au liniile cu lungimi de 2, 3, 4, 5, etc. jumătăți de lungime de undă.

Liniile în jumătate de lungime de undă se folosesc la sinfazarea antenelor, ținându-se cont că ele nu modifică valoarea impedanței, dar inversează fază.

-Linia de transmisie cu capătul conectat la o impedanță diferită de impedanța sa caracteristică

Dacă linia are conectată la capăt o rezistență R_s diferită de impedanța sa caracteristică Z_c , o parte din energia undei directe se va disipa pe R_s iar o parte se va reflecta. Cu cât R_s diferă mai mult de Z_c , energia reflectată este mai mare.

Din interferența undei directe cu unda reflectată, pe linie apar unde staționare, dar în acest caz maximele nu ating valori duble. Iar minimele nu sunt zero.

Dacă R_s este mai mic decât Z_c , distribuția undelor staționare de tensiune și curent seamănă cu distribuția pe linia cu capătul în scurtcircuit. Dacă R_s este mai mare ca Z_c , distribuția seamănă cu cea de la linia cu capătul în gol.

Coeficientul de undă staționară σ permite determinarea precisă a regimului, prin raportul dintre valoarea tensiunii sau curentului într-un maxim și valoarea tensiunii-sau curentului într-un minim: $\sigma = U_{max} / U_{min} = I_{max} / I_{min}$.

În practică se folosește și "raportul de unde staționare" RUS Sau SWR, care se determină cu formula :

$RUS = (U_{dir} + U_{ref}) / (U_{dir} - U_{ref})$ unde U_{dir} este amplitudinea undei directe iar U_{ref} -amplitudinea undei Reflectate.

Dacă $RUS = 1,5$ puterea reflectată este 4% din puterea directă.

Dacă $RUS = 2$ puterea reflectată este 11% din cea directă.

Dacă $RUS = 3$ puterea reflectată este 25% din cea directă.

Dacă impedanța conectată la capătul liniei nu este pur Ohmică, ci are o componentă inductivă sau capacativă, defazajul dintre tensiune și curent se modifică iar factorul de undă staționară crește. Dacă sarcina conectată la capătul liniei este pur inductivă sau capacativă, pe linie vom avea un regim de unde pur staționare, deoarece sarcina reactivă nu consumă energie ci o reflectă înapoi spre emițător. În acest caz pozițiile maximelor și nodurilor depind de valoarea și natura sarcinii.

În comparație cu unda progresivă, unda staționară produce pierderi mai mari de putere în maximele de tensiune, datorită dielectricului și în maximele de curent, prin încălzirea conductorilor liniei. De aceea puterea maximă care se poate transmite pe linie este mai mică în regim dejnd staționare, mai ales pe cabluri coaxiale, datorită pericolului străpungerii izolației.

Pierderile produse de undele staționare pe liniile cu aer sunt foarte mici. De aceea ele se folosesc deseori în regim de unde staționare intenționat, ca linii "acordate", care permit adaptarea impedanțelor sau folosirea antenei pe mai multe benzi. Energia se transmite prin linii la fel de bine prin unde staționare ca și prin unde progresive.

Distribuția undelor de tensiune și de curent pe linie este hotărâtă de impedanța antenei (și reactanța ei), iar desenarea lor se începe întotdeauna de la antenă spre emițător.

În regim de unde staționare, impedanța la intrarea liniei are diverse valori complexe, în funcție de: impedanța antenei, factorul de undă staționară și de lungimea liniei. Impedanța la intrarea liniei este pur rezistivă numai dacă impedanța antenei este pur rezistivă iar linia are lungimea $\lambda/4$ sau multiplu întreg de $\lambda/4$.

Dacă linia are o lungime oarecare, desenând sinusoidale tensiunii și curentului de la antenă spre intrarea liniei, ele nu vor avea maxime sau minime la intrare ci niște valori oarecare, defazate. Deoarece defazarea între curent și tensiune este produsă de o reactanță, impedanța la intrarea liniei va avea o reactanță, deși antena nu are. Aceasta deoarece în fiecare punct al liniei sinusoidale de tensiune și curent au alt defazaj.

Numai în punctele aflate la distanțe multiplu întreg de $\lambda/4$ defazarea între u și i este 90° și impedanța liniei este pur Ohmică, fără reactanță.

1.3 Parametrii antenelor

Antenele transformă energia curentilor alternativi de radiofrecvență în energia undelor electomagnetice. De aceea antenele au unii parametri numiți "primari", legați de curenti, și parametri numiți "de radiație", legați de undele electromagnetice.

1.3.1 Parametrii primari

Impedanța de intrare

Antena poate fi alimentată cu energie în diverse puncte. În general unda staționară care apare pe antenă nu poate fi modificată, și ea hotărăște regimul undelor pe fider. Din punctul de alimentare al antenei, unda staționară de tensiune și unda staționară de curent de pe antenă se continuă înapoi, pe fider, spre emițător.

Antena și fiderul (linia de alimentare) constituie un tot.

Distanțând conductoarele de la capătul liniei, ele încep să radieze și se obține o antenă. Unda staționară care se forma inițial la capătul liniei, se formează acum începând de la capetele antenei, și se desenează înapoi, spre emițător. Cum am arătat și în introducere, antenele provin din linii de transmisie.

Antenele dipol provin din linia de transmisie cu capătul în gol, la care s-au îndepărtat conductoarele de la capătul liniei, pe diferite lungimi. Antenele buclă provin din linia de transmisie cu capătul în scurtcircuit, la care s-au îndepărtat conductoarele de la capătul liniei, pe o anumită lungime.

Raportul dintre tensiune și curent în punctul de alimentare al antenei se numește impedanță antenei. În general există un defazaj între unda de tensiune și cea de curent la bornele de alimentare ale antenei.

De aceea impedanța antenei are în general o parte activă (rezistivă) și o parte reactivă, de natură inductivă sau capacativă, după cum curentul este defazat în urma sau înaintea tensiunii.

Numai când antena are o lungime "de rezonanță" și numai în anumite puncte ale antenei, impedanța este pur ohmică.

Frecvența de rezonanță

Pentru a defini acest parametru să luăm cazul unui dipol liniar în $\lambda/2$ alimentat la centru. Măsurând impedanță de intrare la diferite frecvențe putem desena aşa-numita "curbă de rezonanță a antenei" sau "caracteristica de frecvență a antenei" Fig.13.

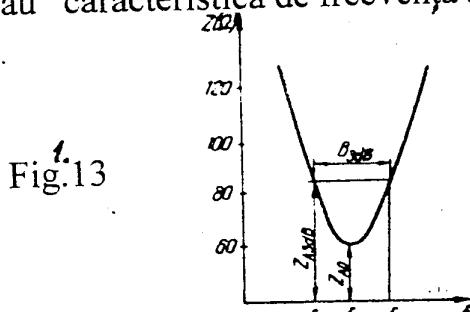


Fig.13

Frecvența de rezonanță a antenei este aceea (f_0) la care impedanța de intrare este pur rezistivă (Z_{R0}) și minimă - în cazul dipolului în $\lambda/2$, sau maximă - la dipolul în λ .

Banda de trecere

Caracteristica de frecvență din Fig.13 este asemănătoare cu curba de rezonanță a circuitului oscilant tip serie. Banda de trecere a antenei, ca și banda de trecere a circuitului oscilant, este intervalul dintre frecvențele f_1 și f_2 la care impedanța este mai mare de 1,41 ori (3 dB) decât impedanța la frecvența de rezonanță a antenei.

1.3. 2 Parametrii de radiatie ai antenei

Rezistența de radiatie.

O parte din puterea P aplicată antenei este radiată (consumată) sub formă undelor electromagnetice, iar altă parte se pierde încălzind conductorii antenei, izolatoarele, obiectele din jur și pământul.

Această distribuire a puterii este exprimată de formula:

$$P = I^2 \cdot (R_r + R_p)$$

unde I este curentul din antenă, R_r este "rezistența de radiatie" și R_p este rezistența echivalentă a pierderilor. Rezistența de radiatie R_r este echivalentă cu o rezistență ohmică pe care se disipa aceeași putere cu cea radiată sub formă de unde electromagnetice. Ea depinde de tipul antenei, de grosimea conductorului și de cuplajul cu alte conductoare, vecine.

Randamentul antenei

Randamentul antenei este raportul dintre puterea radiată și puterea aplicată antenei. Cu cât raportul dintre rezistența de radiatie R_r și rezistența de pierderi R_p este mai mare, cu atât randamentul este mai mare.

Diagrama de radiatie.

Antenele nu radiază energie electromagnetică egal în toate direcțiile ci o concentrează pe unele direcții.

Prin măsurători sistematice sau prin calcule se poate determina intensitatea câmpului electromagnetic în diverse puncte din jurul antenei. Reprezentarea în spațiu a suprafețelor cu aceeași intensitate a câmpului este dificilă. În practică se fac secțiuni plane ale acestui spațiu. Deobicei o secțiune este în plan orizontal, care arată diagrama de radiatie în funcție de azimut, și altă secțiune este în plan vertical, perpendicular pe pământ, care arată diagrama de radiatie în funcție de unghiul de elevație.

CAP. 2. ANTENE BUCLĂ

Introducere

Din linia de transmisie cu capătul în scurtcircuit se obțin, prin îndepărțarea conductoarelor, diverse tipuri de antene buclă.

Îndepărând conductoarele liniei, radiatia lor nu se mai anulează reciproc și linia devine antenă.

Pentru a înțelege funcționarea antenelor buclă, trebuie studiată comportarea liniei cu capătul în scurtcircuit, de diferite lungimi (Fig. 2.1)

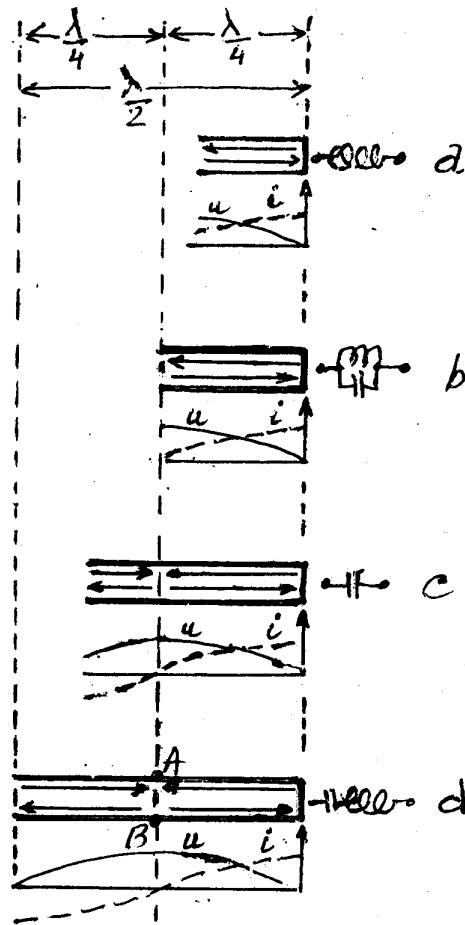


Fig. 2.1.

Dacă linia este mai scurtă decât $\lambda/4$ (Fig. 2.1.a), ea se comportă ca o inductanță. Această particularitate este folosită în dispozitive finale de unde ultrascurte, la care bobinile sunt înlocuite cu linii cu capătul în scurtcircuit, care au factor de calitate mai mare.

Dacă linia are exact $\lambda/4$ (Fig. 2.1.b), ea se comportă ca un circuit oscilant derivativ cu factor de calitate Q foarte mare, de ordinul 1000-6000. Această proprietate permite construirea unor oscilații foarte stabile în UVS și a unor filtre foarte selecțive pentru UVS. Pentru filtre se folosesc deobicei linii coaxiale cu aer, acordate în $\lambda/4$.

Aceleași proprietăți ca și linia în $\lambda/4$ are linia lungă de $3\lambda/4$, $5\lambda/4$ etc.

Dacă linia cu capătul în scurtcircuit este mai lungă decât $\lambda/4$ (Fig. 2.1.c)

ea se comportă ca o capacitate.

Dacă linia are lungimea $\lambda/2$, ea se comportă ca un circuit oscilant tip serie (Fig. 2.1.d). Având rezistență (împedanță) foarte mică la rezonanță, linia în $\lambda/2$ se folosește pentru rejecția (eliminarea) semnalelor UVS nedorite.

Aceeași comportare are linia în $2\lambda/2$, $4\lambda/2$, $6\lambda/2$ etc.

Pe Fig. 2.1. se indică sensurile curentilor în diferite porțiuni ale liniilor, cu săgeti. Aceste sensuri se mențin când îndepărtem conductoarele liniei, pentru a obține antene. De ex., îndepărând punctele A și B ale liniiei din Fig. 2.1.d. se obține mai întâi o antenă rombică și apoi o antenă patrat. Săgetile capătă alte direcții, le putem considera vectori și se compun ca orice vectori, prin translatări. Rezultanta compunerii acestor vectori are o direcție, aceeași cu polarizarea undelor electromagnetice radiate, și o mărime, proporțională cu intensitatea câmpului.

Pe Fig. 2.1 desenarea sinusoidelor curentului și tensiunii se începe întotdeauna de la capătul în scurtcircuit (din dreapta) și merge spre stânga, până la bornele de intrare ale liniei. Desenarea săgetilor și sinusoidelor este esențială pentru înțelegerea funcționării antenei.

2.1. Antene buclă rezonante, cu perimetru λ

In Fig. 2.1.1 se dă linia de transmisie lungă de $\lambda/2$ cu capătul în scurtcircuit (a) precum și principalele antene buclă ce se obțin din ea, prin îndepărțarea conductoarelor.

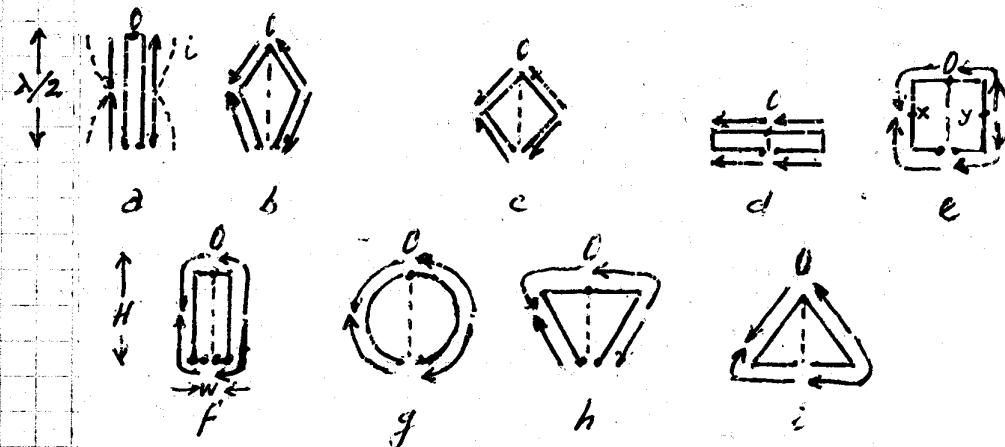


Fig. 2.1.1

Toate aceste antene au perimetru λ iar săgețile indică sensul curentilor în cele 4 porțiuni de căte $\lambda/4$, același ca la linia în $\lambda/2$ din care provin antenele. Capătul în scurtcircuit al liniei în $\lambda/2$ este notat cu zero deoarece acolo tensiunea unde stacionare este mereu zero (iar curentul este maxim). Tot zero este și tensiunea în acest punct al antenelor buclă, deci el se poate conecta la pământ sau la prialonul metalic.

Considerând săgețile ca vectori, prin compunerea lor se obține un vector rezultant, care are direcția orizontală la toate antenele. Deci polarizarea undelor radiate este orizontală.

Rotind aceste antene în plan vertical cu 90° , polarizarea va fi verticală.

Pe linia în $\lambda/2$ din Fig. 2.1.1.a și pe toate antenele rezultante din ea, există unde stacionare de tensiune și de curent, decalate cu 90° , a căror amplitudine variază sinusoidal. Perimetru antenelor fiind λ , pe el arem o undă întreagă, 1λ .

Aplicând acestor antene curent cu frecvență de 2, 3, 4 ori mai mare, pe perimetru lor vom avea două, trei sau 4 unde întregi și ele vor rădia unde. Excepție face antena din Fig. 2.1.1.f (antena Yagi), la care sensurile săgeților sunt contrare pe ambele, și ea nu rădiază.

Toate antenele din Fig. 2.1.1 sunt simetrice, față de o axă de simetrie figurată punctat. Ele au parametri dependenți de distanța față de pământ, construcții și conductoare vecine. Perimetrul lor și în cazul conductorului filar neizdat, în unde scurte, se calculează cu formula:

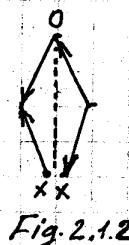
$$P[m] = 305,6 / F[MHz]$$

Linia în $\lambda/2$ cu capătul în scurtcircuit nu rădiază unde e.m., are impedanță foarte mică (aproape zero) și factor de calitate mare.

Antenele provenite din ea rădiază u.e.m., impedanțele lor sunt de zeci sau sute de Ohmi în funcție de forma lor, tocmai datorită consumării puterii sub formă de u.e.m., și au factorul de calitate mic.

2.1.1. Antena buclă rezonantă rombică

Această antenă (Fig. 2.1.2) radiază perpendicular pe planul său, în ambele direcții. Impedanța ei este cca 150 Ohmi, funcție de unghiul dintre laturi. Pe armonici manifestă oarecare directivitate de-alungul diagonalei mari, la anumite unghiuri între laturi, dacă planul rombului este orizontal.



Sensurile curentilor undei stationare sunt indicațe cu săgeți direct pe conductorul antenei, și ele se mențin același pe timpul unei semialternanțe. La următoarea semialternanță, curentul se inversează.

2.1.2. Antena buclă rezonantă „diamond”

Această antenă (Fig. 2.1.3) este un patrat alimentat la un colț, și radiază perpendicular pe planul său, în ambele direcții. Impedanța ei în spațiul liber, după diversi autori, este 120-140 Ohmi. Câstigul antenei este cca 0,8 d3d (față de dipolul liniar în $\lambda/2$).

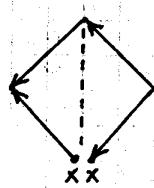


Fig. 2.1.3

2.1.3. Antena buclă rezonantă Yagi-Uda

Această antenă, creată în 1925 se obține prin „furturea” completă a patratului „diamond” sau prin conectarea capelor a doi dipoli liniari $\lambda/2$, paraleli, apropiati (Fig. 2.1.4)

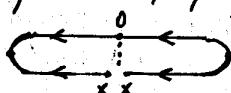


Fig. 2.1.4

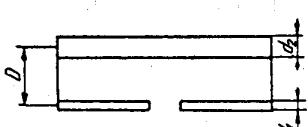


Fig. 2.1.5 Dipol indoit cu ramuri de diametre inegale.

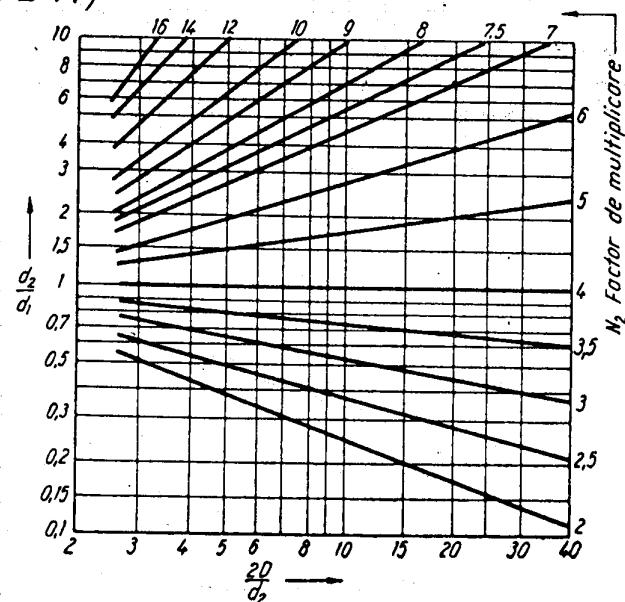


Fig. 2.1.6 Diagrama pentru determinarea factorului de multiplicare N_2 al rezistenței de intrare, în funcție de diametrele ramurilor dipolului și distanța dintre ele.

Curenții în cele 4 portiuni de $\lambda/4$ au același sens și însumarea lor ca vectori este simplă. Impedanța antenei Yagi este de 40 ori mai mare decât a dipolului liniar $4 \times 73 = 292$ Ohmi, dacă latura de sus

are aceeași grosime cu latura de jos. Dacă cele două laturi au diametre diferențiate (Fig. 2.1.5), impedanța antenei se modifică conform diagramei din Fig. 2.1.6. De exemplu, dacă $d_2/d_1 = 3$ și $2D/d_2 = 6$, linia orizontală notată cu 3 se întâlnește cu linia verticală notată cu 6 pe "curba" notată x 7. Deci antena are impedanța $7 \times 73 \text{ Ohmi} = 511 \text{ Ohmi}$. Pentru valori intermediare se fac interpolări.

În unde scurte antena se realizează din conductor $\varnothing 2-4 \text{ mm}$, lifat sau monofilar. Cele două laturi sunt menținute paralele cu tige izolante lungi de cca 200 mm în 80 m și 150 mm în 40 m.

Antena Yagi este foarte utilizată în UVS realizată din cupru sau aluminiu $\varnothing 5-20 \text{ mm}$. Lungimea antenei se calculează cu relația:

$$L[\text{m}] \approx 146 / F[\text{MHz}]$$

Antena Yagi este monobandă, are factorul de calitate de două ori mai mic decât dipolul liniar în $\lambda/2$, deci banda de trecere de două ori mai largă. Diagrama de radiativie a antenei Yagi este un tor curbat cercului interior egală cu zero. Secțiunea diagramei, care conține antena, are formă apropiată de cifra 8 (Fig. 2.1.6 a) iar secțiunea perpendiculară pe antenă este un cerc (Fig. 2.1.7 b). Aceste diagrame sunt identice cu diagonalele de radiativie ale dipolului liniar în $\lambda/2$, în spațiul liber.

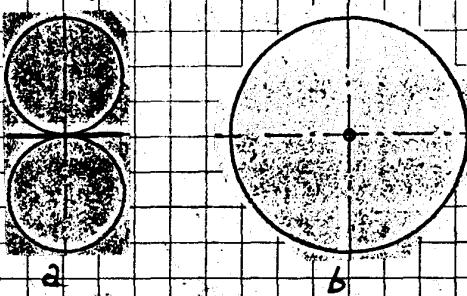


Fig. 2.1.7

Antena Yagi se realizează uneori din cablu bifilar "pamblică" TV de 300 Ohmi (Fig. 2.1.8). În acest caz, în apropierea capetelor antenei conductoarele antenei se scurtează cu strapuri scurte, pentru a asigura rezonanță.

Varianta din coaxial este asemănătoare și se numește "dublu bazuka".

Adăugând celor două laturi ale antenei Yagi, o altă latură, impedanța crește de 9 ori față de dipolul liniar în $\lambda/2$ și este 657 Ohmi dacă laturile au diametre egale (Fig. 2.1.9).

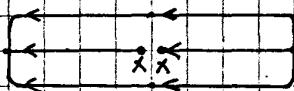


Fig. 2.1.9

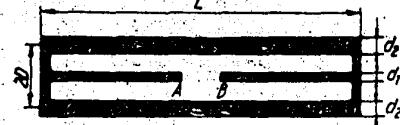


Fig. 2.1.10

Curenții au același sens în antena dublu Yagi, diagrama de radiativie este ca la antena Yagi iar banda de trecere -mai largă.

Dacă lăsurile acestei antene au diametre diferențiate și lăsura din mijloc este mai subțire (Fig. 2.1.10), impedanța rezultă din

Figura 2.1.11

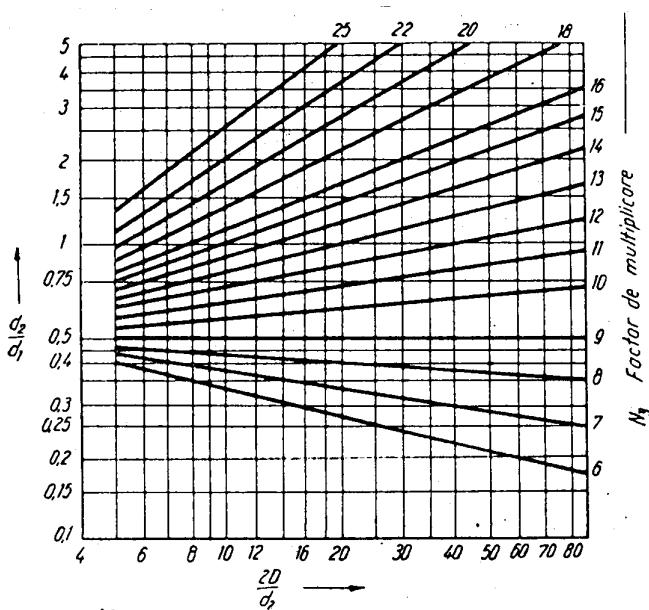


Fig. 2.1.11 Diagrama de determinare a factorului de multiplicare N_3 a rezistenței de intrare, în funcție de diametrele ramurilor și de distanța dintre ele.

Antena Yagi poate fi frântă la mijloc (Fig. 2.1.12). Dacă unghiul

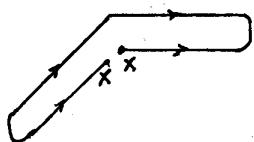


Fig. 2.1.12

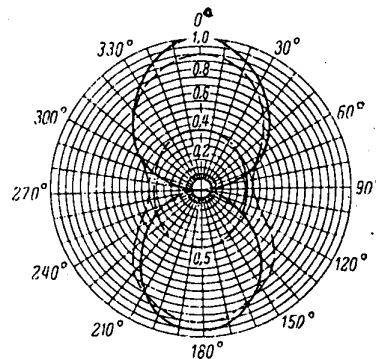


Fig. 2.1.13

este 100° , impedanța antenei rămâne practic aceeași, dar diagrama de radiatii care semăna cu cifra 8, cu minime adânci (Fig. 2.1.13) se modifică luând formă de arahidă (linia întreruptă).

Dacă frângerea antenei se face la unghiuri mai mici decât 100° , impedanța ei scade mult iar diagrama ei devine o elipsă.

In Fig. 2.1.14 antena Yagi a fost curbată în formă de cerc.

Impedanța ei s-a redus mult, iar diagrama de radiatii a devenit aproape omnidirecțională (Fig. 2.1.15).

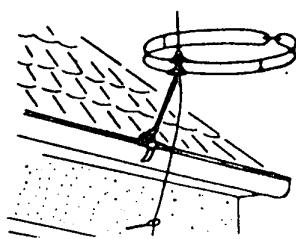


Fig. 2.1.14

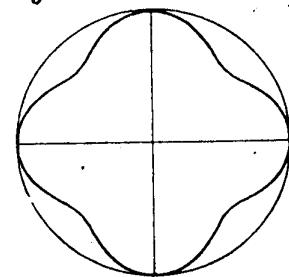


Fig. 2.1.15

2.1.4. Antena buclă rezonantă pătrat (Quad) C. Moore

Această antenă (Fig. 2.1.16) are formă de pătrat alimentată la mijlocul unei laturi. Ea a fost concepută de C. Moore W9LZX în 1940.

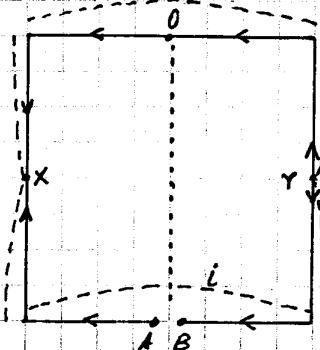


Fig. 2.1.16

Dacă antena este fixată în plan vertical, curentii din laturile orizontale (lungi de $\lambda/4$) au același sens (sunt în fază) și sunt mari. Curentii din laturile verticale sunt mici, au sensuri contrare și radierea lor se anulează reciproc. Unda staționară de tensiune are maxime în punctele X și Y și minime în punctul zero și la bornele AB.

Impedanța antenei în spațiul liber este cca 120 Ohmi și scade când se apropiie de clădiri sau pământ.

Căstigul antenei Quad față de dipolul liniar în $\lambda/2$ este 0,84 dBd. El apare deoarece antena este formată din doi dipoli în $\lambda/2$: X-A-B-Y și X-O-Y, conectați la capete distanță și sinfazati. Capetele frânte ale celor doi dipoli în $\lambda/2$ au curenti mici și nu radiază, dar portiunile lor orizontale au curenti mari și radiază intens. Antena radiază perpendicular pe planul ei în ambele direcții, deoarece laturile orizontale sunt la distanță $\lambda/4$ și în fază. Pentru a fi la rezonanță pe perimetrul unei antene buclă trebuie să fie puțin mai mare decât λ , conform formulai:

$$P[m] = 305,6 / F[MHz]$$

Antenele buclă cu polarizare orizontală au zgomot mai mic la recepție și banda de trecere mai largă decât antenele dipol.

Antena Quad orizontală, filără prezentată de W9LZX are laturi de 43m, înălțimea de numai 7m și lucrează în 6 benzi (160-10m) cu balun 4:1. În banda de 160m este nevoie de transmisi.

Antenele Quad cu două pătrate sau trei pătrate (vibrator și reflector, eventual și director) au căstig mai mare decât antenele bină cu două sau trei elemente, dar volum mare. De aceea se folosesc mai des în benzile de 50-28-21 și 14 MHz. Când numărul elementelor crește, diferența între căstigul celor două antene scade. Quadul radiază la unghi mai mic față de sol, decât dipolul, la înălțimi egale.

O antenă Quad are dimensiuni mari în banda de 20m și mai mari în banda de 40m. Frequentă ei de rezonanță scade dacă între punctele X-Y, unde sunt maxime de tensiune de semn contrar, se introduce o capacitate, realizată din conductoare. (Fig. 2.1.17)

Prin acest artificiu, NH6XK a redus dimensiunile Quadului cu 40%.

Dimensiunile se calculează astfel:

$$S[m] = 45 / F[MHz]$$

$$P[m] = 0,039 \cdot S[m]$$

$$Q[m] = 0,236 \cdot S[m]$$

$$M[m] = 0,09266 \cdot S[m]$$

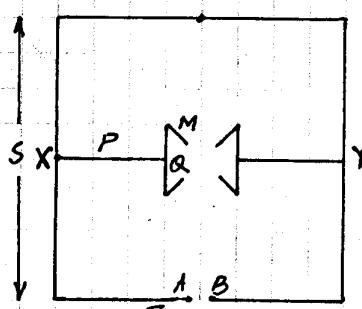


Fig. 2.1.17

• O antenă Quad micsorată, pentru banda de 40m, a fost prezentată de W4WKB (Fig. 2.1.18). Dimensiunile sunt în mm. Capacitatea de acord este realizată din conductoare, întinse cu fire de nylon. „Mustatile” de 300mm sunt initial mai lungi și se scurtează pentru a aduce rezonanță pe frecvența dorită.

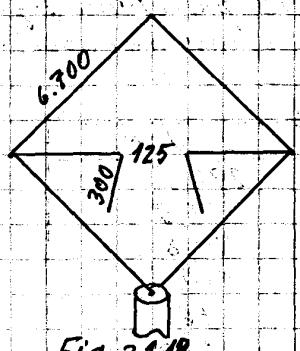


Fig. 2.1.18

Pentru benzile de 20m, 15m sau 10m latura acestui Quad are $3,19\text{m}$, $2,12\text{m}$ sau respectiv $1,58\text{m}$. Pentru 80m are 134m .

Quadul cu formă „diamond” are aranjamentul că necesită o singură bară (nemetalică) de susținere, fixată de pilon.

• O antenă Quad are deobicei perimetrul λ deoarece provine dintr-o linie de transmisie bifilară lungă de $\lambda/2$. Dar antena buclă funcționează și dacă are perimetru 2λ (Fig. 2.1.19a), 3λ , 4λ etc., adică pe armonicele frecvenței de bază (multiband).

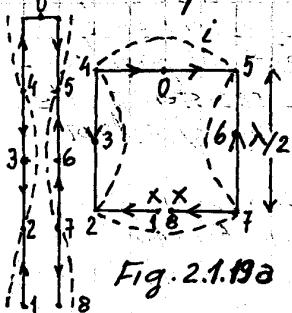


Fig. 2.1.19a

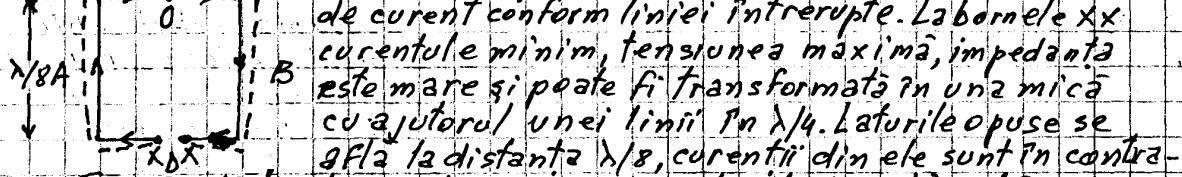
Pe Fig. 2.1.19a se poate observa aspectul undei stationare de curent și care există pe o linie bifilară lungă de λ , precum și sensul curentilor în diferite portiuni ale liniei. La bornele antenei curentul este maxim și tensiunea minimă, ca și la Quadul cu perimetru λ . Impedanța este cca 180 Ohmi . În spațiul liber. Cele 4 laturi au lungimea $\lambda/2$ și distribuția undei statio-

nare de curent asemănătoare cu cea a dipoliu lui liniar în $\lambda/2$. Se stie că doi dipoli în $\lambda/2$, coplanari, și distanță $\lambda/2$ și parcursi de curenti contrari (în antifază), dău o diagramă de radiație bidirectională, în planul comun, și perpendicular pe dipoli. Pe ansamblu antena are 4 lobi de radiație cu minime puțin adânci între ei, deoarece există un cuplaj între dipolii vecini. Căstigul antenei este cca $2,2\text{dB}$.

Pe armonica $3, 4, 5$ etc pe antena buclă se astern $3, 4, 5$ etc. sinusoidale undei statio-

nare de curent și diagrama de radiație este tot mai aproape de cerc, și mai complexă în spațiu. Se pot monta etajat, la distanțe de $\lambda/2$, 4 antene Quad cu perimetru 2λ , alimentate în fază, pentru a obține un căstig de cca 7dB și se numește „Levy-Quad”.

• O antenă Quad cu perimetru $\lambda/2$ (Fig. 2.1.19.b) provine dintr-o linie



în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit și are distribuția de curent conform liniei întrerupte. La bornele XX curentul este minim, tensiunea maximă, impedanța este mare și poate fi transformată în una mică cu ajutorul unei linii în $\lambda/4$. Laturile opuse se găsesc la distanță $\lambda/8$, curentii din ele sunt în contră-

Fig. 2.1.19.b. Timp, deci avem radiație bidirectională pe direcții A și B, în planul antenei, egală. Pe directiile C și D radiațiile sunt tot în planul antenei, dar înegale, deoarece curentul în latura C este mult mai mare. Căstigul antenei este cca 1dB și perțul F/S (adică c/0) este $4-6\text{dB}$. Introducând la mijlocul laturilor A și B îndodante potrivite, perimetru electric devine λ și distribuția curentului devine ca la Quadul clasic (Fig. 2.1.16) căstigul cca 1dB și banda îngustă, datorită bobinelor și radiația perpendiculară pe plan.

27- 2.1.5. Antena buclă rezonantă "dreptunghi" (Oblong)

Antena "dreptunghi" se obține prin deformarea pătratului ($\lambda/2$)
 căstigul și impedanța depind de raportul V/H ca în tabelul 2.1

Tabelul 2.1

V/H	$G [dBd]$	$Z \Omega\text{hm}$
0	0	292,5
0,12	0,12	257,5
0,66	0,52	169,8
1	0,84	120,5
1,5	1,27	76
2	2,16	63
3	3,16	30
4	2,23	16,7
9	2,78	3,8

Fig. 2.1.20

Când $V/H = 1$, avem un pătrat (Quad). Când V/H se apropiște de zero, avem antena Yagi. Când $V/H = 9$, dreptunghiul se apropie de linia în $\lambda/2$ cu capătul în scurtcircuit, căstigul pare convenabil, dar impedanța (3,8 Ohm) se apropie de rezistența de pierderi a antenei, răndamentul de radiatie este mic și adaptarea cu fidelul este greu de realizat.

O antenă dreptunghi pentru banda de 10m din conductor $\varnothing 2$ mm, are $L = 3708$ mm, $H = 1854$ mm. Coaxialul de 50 Ohm se face "colac" cu diametrul 30 mm, 3 spire, chiar lângă bornele antenei, pentru a nu disimetrizeaza antena.

Pentru banda de 6m, $V = 2093$ mm iar $H = 1047$ mm.

O antenă dreptunghi cu raportul $V/H = 3$ pentru 21,25 MHz a publicat 14NE (Fig. 2.1.21a).

Pilonul este nemetalic, rotativ.

Laturile orizontale ale antenei A și B sunt țevi de aluminiu, fixate de pilon cu plăci intermediare izolante C..

Conductoarele verticale sunt fixate de cele orizontale cu coliere auto.

Deasupra și dedesubtul dimensiunilor pentru banda de 15 m, am reprezentat și dimensiunile pentru banda de 20 m, respectiv 10m.

Antenele dreptunghi bidirectionale.

Antenele dreptunghi (oblong) sunt bine montate "culcat" și

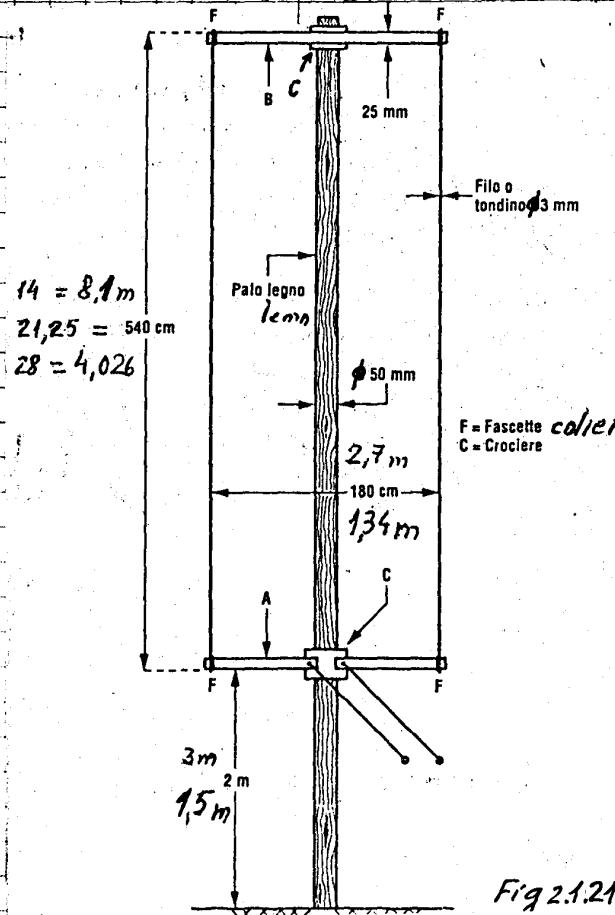


Fig. 2.1.21a

O variantă de antenă dreptunghi este „Hentena” (Fig.2.1.21b)

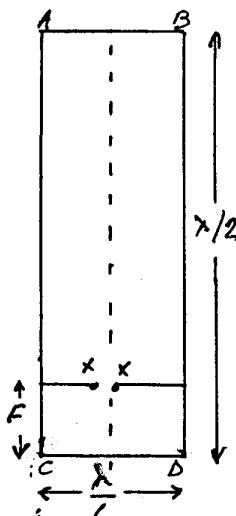


Fig.2.1.21b

Perimetruul ei este $1,333\lambda$ iar raportul dintre înălțime și lățime este $1:3$, distanța $F=0,117\lambda$. Pilonul, figurat punctat, este nemetalic. Laturile AB și CD pot fi din țeară, iar laturile verticale din conductor $\varnothing 2-4\text{ mm}$.

Antena se alimentează în punctele XX direct cu coaxial, sau prin balun. Pentru către benzi dimensionurile sunt:

Banda	$\lambda/2 \text{ m}$	$\lambda/6 \text{ m}$	$F \text{ m}$
10 m	5,03	1,676	1,169
6 m	2,892	0,895	0,609
2 m	0,99	0,33	0,231

KAØDAQ a publicat aceste date în revista
„73 Amateur Radio Today” #1996

2.1.6. Antena buclă rezonantă „cerc”

Antena buclă „cerc” (Fig. 2.1.22) se obține prin „rotunjirea” pătratului. La perimetre egale, cercul are suprafață maximă, pătratul are 78% din suprafață cercului, iar triunghiul - 55% .

Antena cerc cu perimetru λ are câstigul $1,13 \text{ dBd}$, impedanță cca 135Ω și răndamentul de radiatie mai mare decât alte antene buclă.

Antena cerc se folosește în canalele TV UHF și în benzile de radioamatori 144-432 și 1296 MHz.

Câstigul antenei cerc crește dacă perimetru ei se mărește peste λ și atinge un maxim de $2,35 \text{ dB}$ când perimetru este $1,5\lambda$.

In acest caz însă, impedanța antenei este mare.

O antenă cerc cu diametrul 35m (perimetru 11m), din fieră precgal, cu bază la 2m de sol, rotativă, alimentată cu coaxial de 50Ω și la bază prin transformator, lucrează în toate benzile la RA3ARN.

2.1.7. Antena buclă rezonantă „triunghi” (Delta loop)

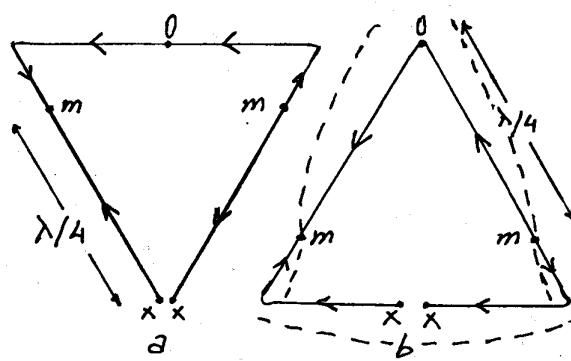


Fig. 2.1.23

In Fig. 2.1.23 se vede antena „triunghi” (Delta) alimentată la un vîrf (a) sau la centrul unei laturi (b). Impedanța ei este cca 106Ω . În spatiul liber își câștigă $0,67 \text{ dBd}$. Montată orizontal impedanța ei scade pe măsură ce înălțimea deasupra pământului scade. In același

temp scade factorul de calitate, se largeste banda de trecere și cresc pierderile în sol.

Sensul curentului undei stationare, în cele 4 porțiuni de către $\lambda/4$ ale antenei este arătat cu săgeți. Unda stationară de current are maxime în punctele 0 și xx și minime în punctele m. La triunghiul alimentat la vîrf, echilateral, punctele m se află la distanța $\lambda/4$ de bornele xx. La triunghiul echilateral alimentat la mijlocul unei laturi (Fig. 2.1.23 b), punctele m se află la distanța $\lambda/4$ de vîrful 0, maxim ele de curent sunt sus.

Dacă antena este montată în plan vertical, „vectorii” x-m (cazul a) sau „vectorii” 0-m (cazul b) se insumează prin translată, rezultanta fiind orizontală, cu săgeata spre stânga. Curentul în latura orizontală a antenei are sensul tot spre stânga, deci ca vector se insumează cu rezultanta. Pe ansamblu antena are polarizare orizontală. La fel, polarizarea rămâne orizontală dacă planul antenei se apropie treptat de orizontală.

In punctele m, unde unda stationară de curent are minime,

unda staționară de tensiune are maxime. Dar aceste maxime de tensiune sunt mai mici decât maximele de tensiune care există la capetele unui dipol liniar în $\lambda/2$, și care la puteri mari produc descarcări Corona.

Antenele buclă funcționează practic în orice poziție, în benziile de unde scurte. O antenă Delta loop cu perimetru λ în banda de 80m, lucrează bine în 2λ în banda de 40m, în 4λ în 14MHz, în 6λ în 21MHz și în 8λ în 28MHz.

Apropierea de pământ reduce impedanța antenei. Dacă în 80m impedanța este 100 Ohmi, în 40m ea este cca 150 Ohmi, în 20m cca 180 Ohmi și în 10m cca 200 Ohmi. Acestea sunt valori mici, ușor de adaptat, față de impedanța dipolului în $\lambda/2$ care are valori de mii de Ohmi pe armonici.

Antena Delta loop orizontală se montează la înălțimea de 10-12 m (minimum 7m) față de pământ. Ea funcționează și dacă laturile sunt înegale, și dacă este alimentată într-un punct orarecare. Alimentarea antenei se poate face cu linie bifilară (scărificată, pamblică TV sau două conductoare izolate în PVC rezuscite) sau cu coaxial. Linia bifilară reduce parazitii la recepție și menține simetria. Ea se poate folosi de la antenă până la fereastră, continuând cu coaxial.

Antenele Delta din Fig. 2.1.23, dacă sunt montate în plan vertical, au diagrama de radiere în plan vertical ca în

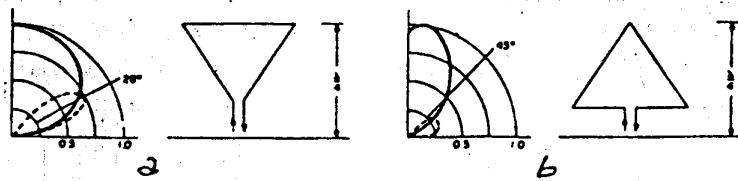


Fig. 2.1.24

Fig. 2.1.24. Componenta cu polarizare orizontală a undelor radiate este curba continuă

(este arătată doar jumătatea din dreapta, cea din stânga fiind identică), iar componenta polarizată vertical este curba punctată.

Undele fiind radiate majoritar în sus, după reflexia de straturile ionosferice căd pe pământ la distanțe mici și medii. Undele polarizate vertical pleacă la unghiuri mici față de pământ, bune pentru DX, dar cu putere mică. Radierea este circulară.

Pentru a întări componenta cu polarizare verticală, care pleacă la unghiuri mici, antenele buclă se așeză vertical și se alimentează în anumite puncte. Astfel, însumarea vectorilor care reprezintă curentii din diverse porțiuni ale antenei, dă o componentă intensă cu polarizare verticală (Fig. 2.1.25).

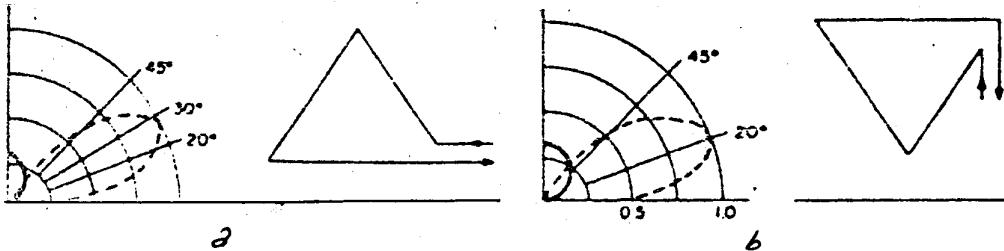


Fig. 2.1.25

Antena din Fig. 2.1.25 a radiază unde intense polarizate

vertical, cu un maxim la cca 28° față de pământ, și unde slabă polarizată orizontal (curba continuă) îndreptată în sus.

Antena din Fig. 2.1.25b radiază unde intense cu polarizare verticală, cu maximul la 20° față de pământ, și unde polarizate orizontale, îndreptate în sus, suficiente pentru comunicări la distanțe mici.

O astfel de antenă, cu laturile de cca 7,2m lucrează în benzile de 14 și 28 MHz, dar și în 21 MHz, cu ajutorul unui transmătător.

Unda polarizată verticală emisă de antena Delta montată vertical este și mai intensă dacă alimentarea se face într-un punct aflat la distanța $\lambda/4$ de vârful ei (Fig. 2.1.26). În acest caz

special, curentii stacionari din latura orizontală sunt opusi, deci această latură practic nu radiază. În schimb curentii din laturile inclinate dău o rezultantă verticală puternică.

Sinusoida undei stacionare de curent trasată cu linie intreruptă, are maxime în jurul punctului O și punctelor XX. Aceste puncte sunt relativ apropiate de pământ. Dacă se „răs-

toarnă” antena cu rărful în jos, maximele undei de curent se vor afla la înălțime mai mare și undele vor pleca la un unghi mai mic față de pământ, de cca 20° .

După L.B. Cebik W4RNL, antena din Fig. 2.1.26 are impedanță 115 Ohmi și un câstig de 0,8 dBd, care crește dacă baza triunghiului se alungeste. Dacă unghiul din vârf este cca 90° , impedanța antenei este cca 50 Ohmi. Câstigul maxim (1,3 dBd) se obține când raportul dintre baza și înălțimea triunghiului este 2,9, iar unghiul din vârf cca 110° , impedanța scăzând la cca 25 Ohmi.

Antenele buclă alimentate în puncte care produc o componentă cu polarizare verticală intensă se numesc SCV (Self Contained Vertically polarized). Toate antenele buclă din Fig. 2.1.1 au proprietăți SCV, dacă sunt montate în plan vertical iar axa de simetrie este rotită cu 90° , pentru a deveni orizontală.

Toate antenele buclă din Fig. 2.1.1 sunt simetrice și ar trebui alimentate cu fider simetric. În cazul fiderului coaxial se folosește un balun, sau bucla se închide și adaptarea se face cu dispozitiv în T sau Gama.

Antena Delta cu polarizare verticală din Fig. 2.1.26 se adaptează cu coaxialul de 50 Ohmi prin intermediul unui stub din coaxial de 75 Ohmi, cu lungimea electrică $\lambda/4 \cdot K$, unde K este factorul de scurtare.

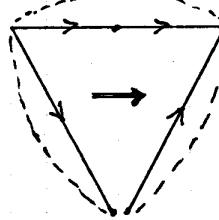


Fig. 2.1.27

În Fig. 2.1.27 avem un caz special de antenă Delta, care are perimetrul $1,5\lambda$ (sau $3\lambda/2$). Curentii în cele 3 laturi egale au sensurile indicate de săgeți și dău o rezultantă puternică (săgeata din mijloc).

Câstigul antenei este substanțial, 2,3 dBd. Impedanța antenei este mare și este nevoie de un dispozitiv de adaptare. Dacă antena este calculată pentru 21 MHz, în 14 MHz este în λ și în 28 MHz este în 2λ . Cu un Z maci se poate folosi în cele 3 benzi. Se recomandă coaxial cu lungimea 21,06m ($K=0,66$).

2.2. Antene semibucă rezonante, cu perimetru $\lambda/2$

Toate antenele buclă din Fig. 2.1.1 sunt simetrice față de linia punctată care trece printre bornele de alimentare și prin punctul C. Dacă se elimină una din jumătățile buclei și se creează un plan conductor pe linia punctată, perpendicular pe buclă, semibucă rămasă continuă să funcționeze. Planul conductor poate fi pământul (Fig. 2.2.1).

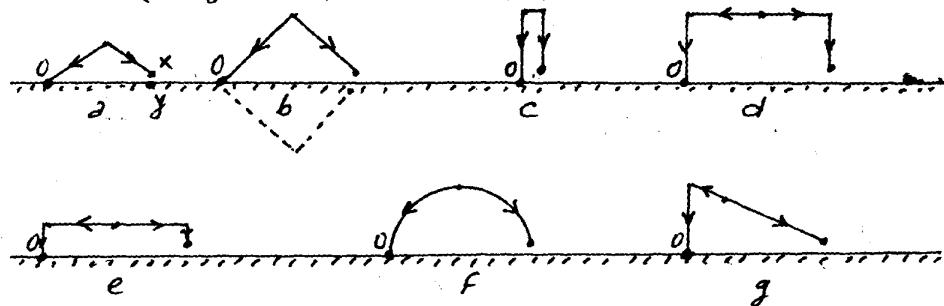


Fig. 2.2.1

Punctele notate cu zero sunt aici conectate la pământ. Pe antena semibucă există o semiundă ($\lambda/2$) de tensiune și o semiundă de curent, stationară. Dacă solul este sărac, conductibilitatea lui se poate mări cu o rețea de conductoare așezate pe sol, înălțate față de sol sau îngropate către centimetri.

Impedanțele antenelor semibucă sunt jumătate din impedanțele antenelor buclă complete, dacă planul de pământ este perfect conductor.

In practică, rezistența de pierdere introdusă de pământ face ca impedanța antenelor semibucă să fie mai mare decât jumătatea impedanțelor buclelor complete.

Diagramele de radiație ale antenelor semibucă diferă mult de cele ale antenelor buclă. Unele variante sunt puțin experimentate, „metalizarea” solului cu o rețea de conductoare fiind dificilă.

Antenele din Fig. 2.2.1 se numesc: semisamb, semidiamond, semiyagi, semipătrat (Half Quad), semidreptunghi, semi cerc și semitriunghi.

In practică mai folosită este antena semiyagi din Fig. 2.2.1c.

In unde scurte o astfel de antenă se realizează din coaxial sau din linie bifilară „pamblitică” TV, și este monoband. In banda de 80m înălțimea fiind mare, coaxialul se poate monta ca L întors, ca în Fig. 2.2.2. Coaxialul, lung de 20,8m cu capătul pus în scurt, se prelungeste cu un conductor de 1m. Radialele au 20,8m.

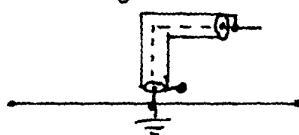


Fig. 2.2.2

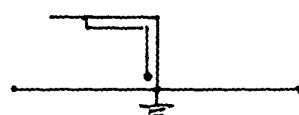


Fig. 2.2.3

In cazul realizării din pamblitică TV, lungă de cca 16,7m, antena se prelungeste cu un conductor lung de cca 2,4m (Fig. 2.2.3).

In UVS antena semiyagi seamănă cu o antenă Ground Plane (GP) cu 4 radiale. O latură a vibraterului vertical are diametru mare iar cealaltă latură, diametru mic, pentru a se obține impedanță de 50 Ohmi.

In Fig. 2.24 se redă o antenă semi-delta. Partea verticală este metalică, din conductor fixat pe un pilon nemetalic, sau o teavă, sau chiar un pilon de antenă. Perimetru triunghiului trebuie să fie cca $0,79\lambda$. Unghiul α poate fi mai mare sau mai mic decât 30° . Conductorul vertical plus cel inclinat dă lungimea $\lambda/2$.

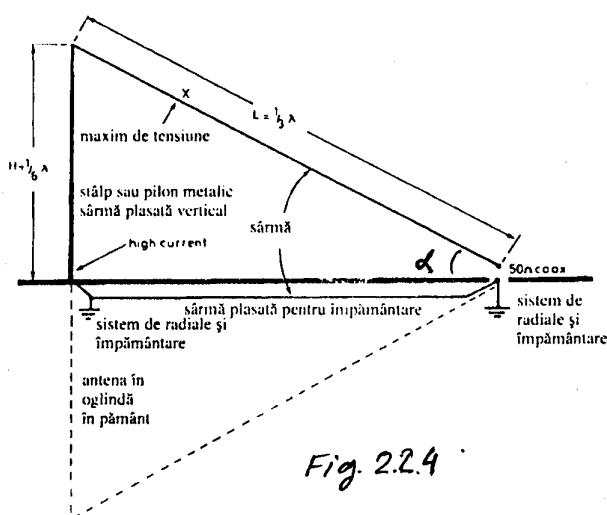


Fig. 2.24

Toate antenele semibuclei din Fig. 2.2.1 au polarizare verticală, dar (cu excepția antenei semi-Yagi) au și o componentă slabă de câmp cu polarizare orizontală. Ele intră în categoria antenelor SCV.

2.3. Antene „buclă dublă”, rezonante

Toate antenele buclă din Fig. 2.1.1 se pot dubla, conectând în partea opusă bornelor de alimentare, o buclă identică (Fig. 2.3.1)

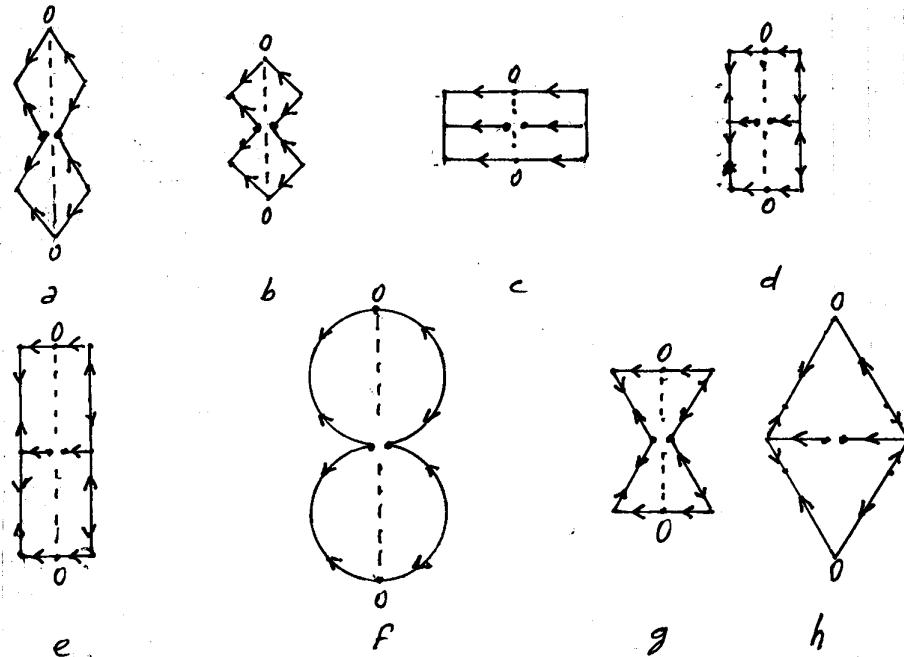


Fig. 2.3.1

Antenele buclă dublă se numesc similar buclelor unice: dublu romb, dublu Diamond, dublu Yagi, dublu Quad, dublu dreptunghi, dublu cerc, dublu Delta. Datorită sumării câmpurilor radiate de cele două bucle „gemene”, câștigul acestor antene este aproape dublul antenei unice, cu excepția antenei dublu Yagi la care nu crește câștigul.

Impedanțele buclelor duble sunt aproximativ de două ori mai mici decât impedanțele buclelor simple, cu excepția buclei Yagi la care impedanță este cca 660 Ohmi, datorită apropierea mari între conductoare. În Fig. 2.3.2 se vede antena dublu

Quad realizată de YO4MM pentru banda de 2m, din teavă de 10mm.

Câștigul ei este cca 2dBd, iar radiată - bidirecțională, perpendiculară pe planul antenei.

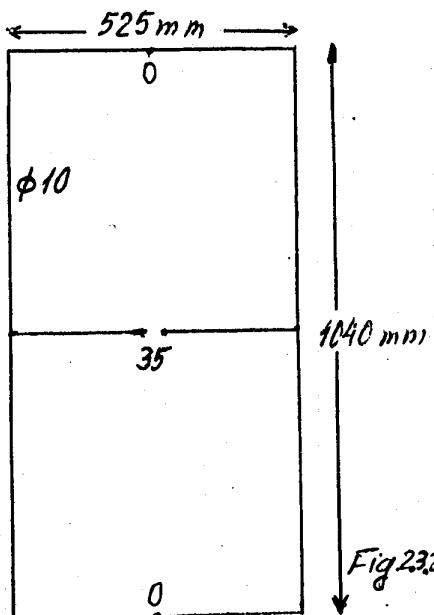
Polarizarea antenei este orizontală. Impedanță este cca 50 Ohmi.

Pentru banda de 432 MHz dimensiunile se împart la 3.

Pentru banda de 1296 MHz dimensiunile se împart la 8,94.

Pentru 2450 MHz dimensiunile se împart la 16,896 și rezultă mai mici decât în Fig. 2.3.2. La

frecvențe mari, cu un reflector plan antena are câștig 8-9 dBd.



In Fig. 2.3.3 se vede o variantă de antenă buclă dublă „intermediară” între Fig. 2.3.1 c și d. Impedanța ei este cca 220 Ohm și la frecvența de rezonanță scade la cca 100 Ohm , la 0,8 din frecvența de rezonanță. Antena poate lucra într-o bandă largă de frecvențe, cu o variație relativ mică a impedanței. De exemplu, dacă $\text{Frez} = 17,5\text{ MHz}$, antena se poate folosi între $14-28\text{ MHz}$ cu ajutorul unui transmaci.

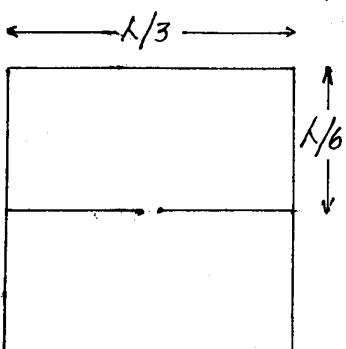


Fig. 2.3.3

2.4. Antene „semi buclă dublă”, rezonante

Toate antenele „buclă dublă” din Fig. 2.3.1 sunt simetrice față de axa punctată care trece prin punctele O-O și printre bornele de alimentare. Dacă se elimină una din jumătățile buclei duble și se creează un plan conductor pe linia punctată, perpendicular pe buclă dublă, semi buclă dublă rămasă continuă să funcționeze. Planul conductor poate fi pământul (Fig. 2.4.1)

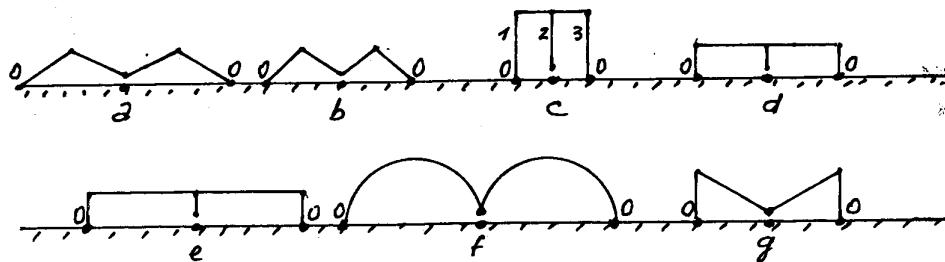


Fig. 2.4.1

Denumirile acestor antene sunt descriptive: dublu semi romb, dublu semi diamond, dublu semi Yagi, dublu semi Quad, dublu semi dreptunghi, dublu semi cerc, dublu semi Delta.

Dacă planul reflector este pământul, în punctele O-O este nevoie de prize bune de pământ, unite cu un conductor, de „întoarcere”.

Dacă solul este sărac, el se „metalizează” cu o rețea de conductoare așezate pe sau îngropate în sol 5-10 cm.

Impedanțele antenelor semi buclă dublă sunt teoretic jumătate din impedanțele „mamelor” lor din Fig. 2.3.1. Ele sunt mici, cu excepția antenei dublu semi Yagi, la care impedanță este mare și depende de diametrele laturilor 1, 2 și 3 conform Fig. 2.1.11.

După W4RNL, antena dublu semi diamond din Fig. 2.4.1.b., cu unghiuri la vârf de 90° , are impedanță de cca $40\ \Omega$ și un câștig de cca 3dBd .

O variantă de antenă „semibucă dublă”, dar fără plan reflector, a fost realizată de ZF1IMA (Fig. 2.4.2). Antena are pedare verticală și impedanță cca $50\ \Omega$.

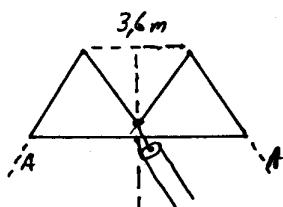


Fig. 2.4.2

Triunghiurile sunt echilaterale, cu laturi de $3,54\text{ m}$ în banda de 28 MHz . Antena radiază perpendicular pe planul său, bidirectional. Pilonul și traversa de susținere de $3,6\text{ m}$ pot fi metalice sau nu.

Ancorele A sunt din nylon. Pentru 14 MHz laturile au cca $7,1\text{ m}$.

Toate antenele semibucă dublă din Fig. 2.4.1 au polarizare verticală (SCV) dar emis și o componentă polarizată orizontal, slabă.

2.5. Antene buclă amortizate

Antena rombică amortizată

Introducând o rezistență neinductivă de o anumită valoare, în punctul O al unei antene rombice, regimul undelor pe antenă se schimbă de la unde stătioanre la undă progresivă. În Fig. 2.5.1 se vede antena rombică amortizată (aperiodică).

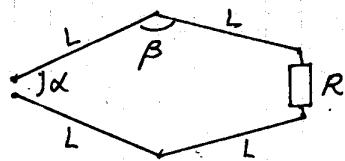


Fig. 2.5.1

Antena se folosește în unde scurte, susținută orizontal de 4 piloni. Este evident că antena provine dintr-o linie bifilară, la care au fost îndepărtațe laturile pentru a începe să radieze.

Rezistența R , neinductivă, are 750-800 Ohmi și trebuie să suporte jumătate din puterea emittorului. Antena

radiază în direcția rezistenței. Ea nu rezonează peniclo frecvență și acoperă o bandă largă de frecvențe, deobicei între o frecvență limită inferioară și dublul ei. În funcție de lungimea laturii L și de unghiul α , antena are câștigul între 5dB și 13dB (Fig. 2.5.2).

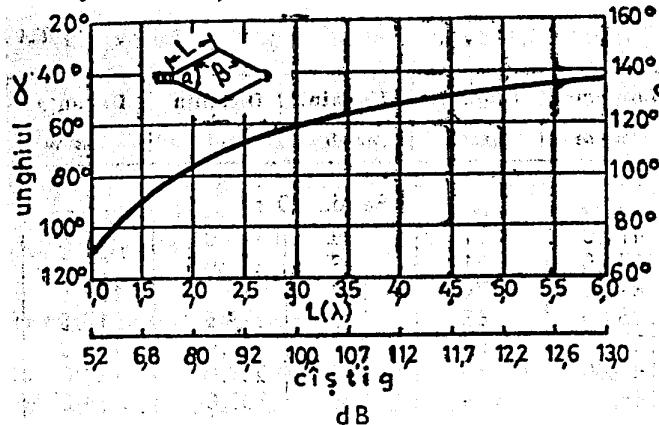


Fig. 2.5.2.

Antena rombică aperiodică se alimentează cu o linie paralelă cu aer (scârîță) cu impedanță de cca 600 Ohmi, sau cu coaxial de 50 Ohmi și balun 12:1. Antena se montează la înălțimea $\lambda/2$, λ fiind lungimea de undă corespunzătoare frecvenței minime de lucru.

O asemenea antenă, cu laturi de 21,33 m, lucrează în intervalul 10 MHz (4dB câștig) - 14 MHz (6dB) - 21 MHz (8dB) - 28 MHz (10dB) - 52 MHz (11dB). Înălțimea antenei este minim 7,6m. Se folosesc un transformatoare 1:15 pe tor de ferită.

Antena buclă amortizată W3HH (T2FD)

G.L. Countryman

Această antenă a fost realizată de W3HH în 1941 și s-a răspândit cu denumirea "Terminated Folded Dipole" (T2FD), adică dipol îndoit cu rezistență terminală (Fig. 2.5.3).

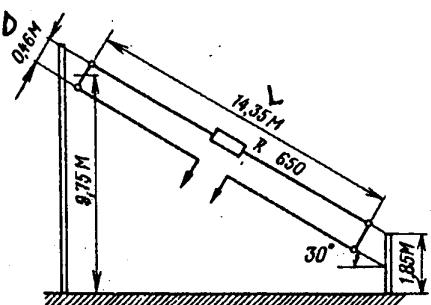


Fig. 2.5.3

Antena seamănă cu Yagi, dar conductoarele sunt la distanță mult mai mare. Ea acoperă o gamă foarte largă de frecvențe, între o frecvență minimă F_{inf} și o frecvență maximă de 5 ori mai mare. Lungimea L a antenei se calculează cu formula

$$L [m] = 100 / F_i [MHz]$$

iar distanța dintre conductoare cu formula: $D = 3 / F_{inf} [MHz]$.

Montată înclinat la $20\text{--}40^\circ$, antena radiază omnidirectional. Datorită rezistenței neinductive de amortizare, antena nu are rezonanțe și lucrează practic cu unde progresive.

Cu dimensiunile din Fig. 2.5.3, antena acoperă gama 7-35 MHz. Rezistența de amortizare are valoarea optimă de 650 Ohmi și impedanța antenei este 600 Ohmi. Dacă rezistența are 500 Ohmi, impedanța este cca 450 Ohmi, iar dacă rezistența are 390 Ohmi, impedanța este cca 300 Ohmi. În fiecare caz se folosește linie bifilară cu impedanță potrivită, sau coaxial și balun cu raportul potrivit (12:1, sau 9:1 sau respectiv 6:1).

Rezistența disipa cca 35% din puterea aplicată antenei.

Antena se poate instala și orizontal, vertical sau înaintors.

Dacă $L = 10m$ și $D = 0,3m$, antena acoperă gama 10-50 MHz, iar pilonul are 6,8m.

2.6. Antene semibucă amortizate -

Antenele semibucă din Fig. 2.2.1 pot fi amortizate cu rezistențe în punctele O (de legare la pământ) pentru a deveni antene nerezonante, cu unde progresive.

Antena semirombică amortizată

Această antenă (Fig. 2.6.1) este jumătate din antena romb (Fig. 2.5.1), ceea ce înseamnă că este reflectia ei în sol.

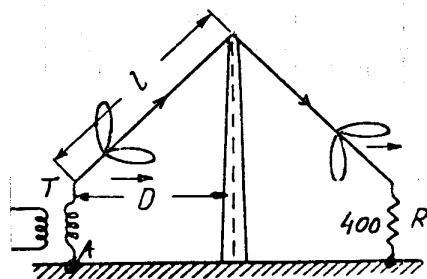


Fig. 2.6.1

Antena este directivă, necesitând un singur pilon și două prize bune de pământ. Dacă solul este sărac (slab conductiv), sub antenă se montează o rețea de conductoare pe sol sau în sol.

Rezistența terminală, neinductivă are cca 400 Ohmi și dissipă până la jumătate din puterea emittorului.

Pentru a acoperi banda 7-30 MHz

cele două laturi ale antenei au cîte 21 m iar pilonul are înălțimea de cca 11 m. Alimentarea se face cu o linie paralelă cu aer (scărătă) de 500 Ohmi sau cu coaxial și balun.

Pentru gama 3,5-30 MHz antena are 84,88 m și un transformator de adaptare pe tor, curățorul 1:9, spre coaxialul de 50 Ohmi. Tresa coaxialului se leagă la priza de pământ A. Polarizarea este verticală.

Antena „Long wire” nerezonantă

Antena semibucă din Fig. 2.2.1 e poate fi amortizată cu o rezistență în punctul O pentru a deveni directivă și de bandă largă (Fig. 2.6.2).

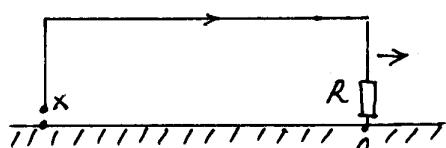


Fig. 2.6.2

Antena înălțată la 5-10m are lungimea între $\lambda/2$ și $20\lambda/2$, λ fiind lungimea de undă a benzii celei mai joase de lucru.

Rezistența neinductivă R are 500-600 Ohmi. Impedanța antenei este 500-600 Ohmi, funcție de înălțimea ei față de sol și de

calitatea solului. Biograma de directivitate în plan orizontal are doi lobii principali care depind de lungimea antenei (Fig. 2.6.3)

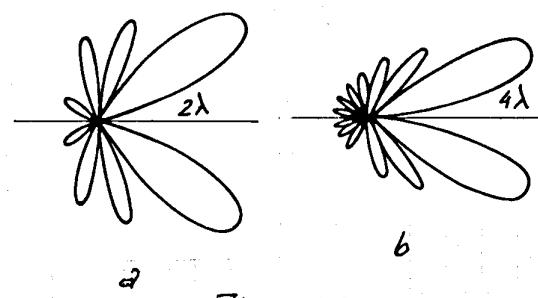


Fig. 2.6.3

Cu cît antena este mai lungă lobii sunt mai apropiati de conductorul ei.

Asemănarea cu antena de recepție Beverage este discutabilă. Antena Beverage se folosește doar la recepție și are o înălțime mică față de sol (cca 2-3m).

Antena din Fig. 2.6.2 este alimentată la G3SR0 prin transformator cu 3spire/7 spire pe tor de ferită.

Antena semibucă W3HH amortizată

Antena W3HH din Fig. 2.5.3 poate fi făiată în jumătate (inclusiv rezistență). Jumatarea eliminată se înlocuiește cu un plan de pământ (Fig. 2.6.4). Pentru a acoperi gama 7-30

MHz înălțimea antenei este cca 7,2m și rezistența neinductivă R are cca 300-350 Ohmi.

Radialele, cel puțin două pe fiecare bandă, au lungimi de: 10,06m, 5,03m, 3,45m și 2,51m. În cazul realizării laturii B din teavă aceasta se va sprăjini pe un izolațor iar valoarea optimă a rezistenței se întonează. Alimentarea antenei se face cu coaxial și balun 1:6.

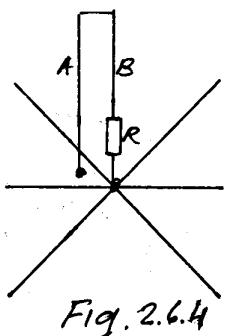


Fig. 2.6.4

2.7. Antene cu bucle active și pasive

2.7. 1 Antena dublu Quad wGLZX Clarence Moore

In general, paralel cu antena buclă se poate monta o buclă asemănătoare (sau mai multe), cu rol de reflector sau director, pasiv sau activ (alimentat cu energie). Ca urmare antena devine unidirectională, cu câstig mare.

Cazul cel mai simplu este o buclă Quad cu reflector Quad (Fig.2.7.1)

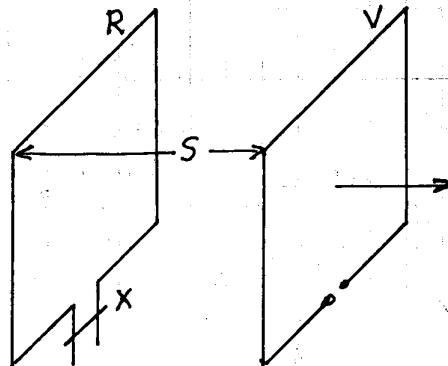


Fig. 2.7.1

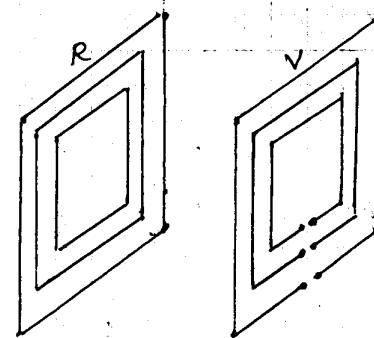


Fig. 2.7.2

Undele emise de elementul vibrator V (activ) induc curenți în elementul pasiv reflector (R). Curenții din R radiază și ei unde electromagnetice, care mergând spre dreapta, se suprapun peste undele emise de V spre dreapta. La o anumită distanță între R și V, undele se suprapun în fază și radiatia spre dreapta se insumează, dând unde mai puternice. Pentru aceasta, perimetrul reflectorului trebuie să fie cu cca 4% mai mare decât perimetrul vibratorului. Perimetrul R se reglează cu scurta circuitul X.

In direcția inversă (spre stânga) undele nu se insumează, radiatia antenei este slabă și raportul puterilor radiate „în față” și „în spate” F/S este mare, cca 25 dB.

Câstigul teoretic al antenei variază lent cu doar 0,5dB dacă distanța S variază între 0,1 - 0,2λ, având un maxim de 7,3dB la $S = 0,12\lambda$. Practic câstigul este mai mic, datorită pierderilor, dar este apropiat de câstigul unei antene Yagi cu 3 elemente.

Impedanța antenei este cca 50 Ohmi la $S = 0,085\lambda$, 65 Ohmi la $S = 0,12\lambda$ (la care câstigul antenei este maxim) și 110 Ohmi la $S = 0,2\lambda$, creșterea fiind aproximativ liniară.

In unde scurte înălțimea antenei față de pământ fiind mică, impedanța ei depinde de înălțime. Dacă $S = 0,15\lambda$, și dacă centrul patratului este la înălțimea $h = \lambda/4$, impedanța $Z \approx 45\Omega$.

La $h = 0,32\lambda$, $Z \approx 50\Omega$ Ohmi. La $h = 0,375$, $Z \approx 60\Omega$ Ohmi. La $h = \lambda/2$, $Z \approx 73\Omega$ Ohmi. La aceeași înălțimi, antena Yagi cu 3 elemente are impedanțe mai mici, între 20-27 Ohmi, mai greu de adaptat cu filerul.

Impedanța și alți parametri ai antenei Quad este influențată și de obiectele din jur mai apropiate de 1λ , îndeosebi metalice.

Lobul de radiatie al antenei Quad cu reflector, aflată la $h = \lambda/4$, are un unghi de 40° față de sol. La $h = 0,375\lambda$ unghiul este 32° , la $h = \lambda/2$ este 26° , la $h = 0,75\lambda$ este 18° , la $h = \lambda$ cca 15° .

Numei înălțimea antenei hotărăște acest unghi care dacă este mic asigură legături la distanțe mari.

Dimensiunile Quadului cu reflector, pentru diverse benzi, se dă în tabelul de mai jos.

F MHz	Perimetru reflector m	Perimetru vibrator m	S m
14,15	22,36	21,44	3,15
21,2	14,91	14,30	2,096
28,5	11,10	10,63	1,56
51,0	6,2	5,945	0,864

Impedanța acestei antene este cca 120 Ohmi. Pentru banda de 20m se folosește conductor de cupru $\phi 2$ mm. Pentru 15, 10 și 6m, conductor $\phi 1,6$. Conductorul se taie inițial cătreva cm mai lung, pentru reglaje. La vibrator se elimină cca 5 cm în punctul de alimentare, unde se introduce un izolator (riglă). Pentru adaptare, între antenă și coaxialul de 50 Ohmi se introduce o bucată de coaxial de 75 Ohmi, cu lungimea electrică $\lambda/4$.

Două buclă, activă sau pasivă, se poate acorda cu stub.

Antena Quad pentru 3 benzi este montată deobicei ca în Fig. 2.7.2 pe două X-uri realizate din lemn impregnat sau fibră de sticla. Distanța dintre vibratori și reflectori este optimă doar pentru o bandă (21 MHz). Pentru 14 MHz distanța este mai mică decât cea optimă iar pentru 28 MHz - mai mare decât cea optimă. Distanțe optime se asigură cu structura din Fig. 2.7.3.

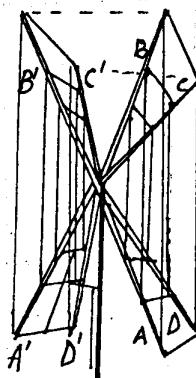


Fig. 2.7.3

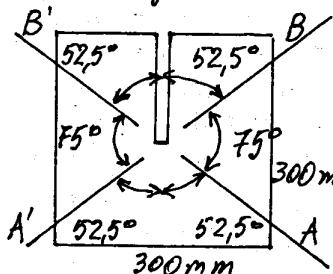


Fig. 2.7.4

Structura are două piramide cu baza patrată. Între muchiile piramidelor trebuie să fie un unghi de 75° . Unghiiurile se pot asigura fixând elementele de susținere A, A', B, B' pe o placă metalică cu despărțire ca în Fig. 2.7.4. Pe o altă placă se fixează elementele C, C', D, D'. Plăcile se introduc una în alta prin despărțuri și se sudează la un unghi de 75° . O altă soluție este sudarea a două bucăți de cornier lungi de 400mm

în formă de X, la 75° . Încă o perche, identică, se sudează de prima, la unghiul de 75° între planele lor.

Pentru a combate tendința elementelor de susținere, de a se lăsa în jos, vârfurile lor se unesc cu corzi de nylon figurate punctat pe Fig. 2.7.3. Pentru antena Quad din Fig. 2.7.3, PA $\Phi X E$ recomandă: perimetru reflectorului: 22,2m - 15,08m - 11,2m iar perimetru vibratorului: 20,96m - 14,24m - 10,16m. Elementele de susținere (8 buc.) sunt lungi de 4,5m. fiecare vibrator are un izolator-riglă lung de 10 cm la mijlocul laturii inferioare, și un coaxial de 50Ω. Dacă s-au respectat dimensiunile și unghiiurile, nu e nevoie de reglaje.

2.7.2. Antena dublu Quad G4ZU Dick Bird

G4ZU a găsit o soluție care simplifică constructiv antena dublu Quad (Fig 2.7.5). Soluția constă în frângerea laturilor orizontale ale pătratelor și apropierea lor de pilon. Aceasta nu modifică parametrii antenei. Cele 8 laturi orizontale se fixează pe două plăci izolante fixate de pilon. În 28 MHz cele 8 laturi au câte 1,3m, în 21 MHz câte 1,95m iar în 14 MHz câte 2,6m. Laturile verticale sunt duble ca lungime, realizate din sârmă \varnothing 2-3mm, din același metal ca laturile orizontale. Pilonul este mai înalt decât antena, pentru a lega de vârful lui 4 ancore de nylon care susțin colturile de sus ale antenei. Perimetru vibratoanelui și al reflectorului sunt aceiași ca la Quad-ul clasic, practic fiind egale între ele.

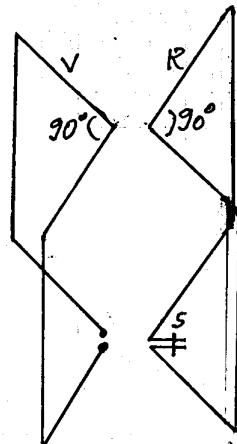


Fig. 2.7.5

Reflectoarele se alungesc cu cca 4% deplasând scurt circuitul S, pentru a obține câștigul maxim. Câștigul și raportul F/S este puțin mai mare decât la Quadul clasic. Perimetru pătratelor este 2,08m în banda de 2m, 10,56m în 10m, 7,12m în 15m, 21,12m în 20m și 42,24m în 40m.

2.7.3. Antena dublu Quad HB9CV (swiss Quad) R.A.Baumgartner

HB9CV a găsit o soluție radicală de simplificare a antenei dublu QUAD (Fig. 2.7.6). Oportuna din laturile orizontale este frântă, adusă la pilon și sudată de el. Alimentarea se face prin dispozitiv Gama la vibrator, dar și la reflector, cu coaxial. Astfel reflectoarea este activă.

Perimetru reflectoarelor este cu 5% mai mare. Pentru simplificarea construcției, laturile verticale (care pot fi din sârmă din același metal ca laturile orizontale) sunt egale, iar laturile orizontale (distanțele V și R , care ignoră porțiunile frânțe spre pilon) sunt înegale. Câștigul antenei atinge 7,9 dB pe distanțe scurte și 12-14 dB la DX. Dimensiunile se dau în tabel. Porțiunile îngroșate sunt din fier mai groase. Pilonul poate fi secțiune pătrată.

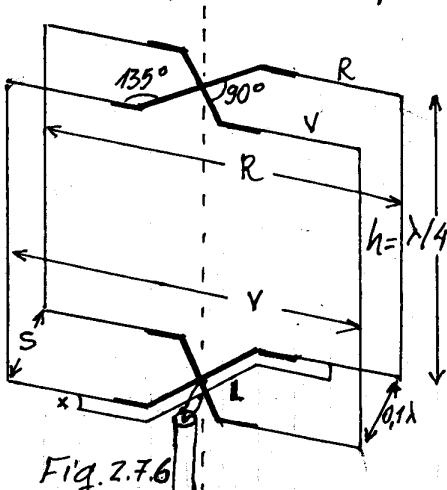


Fig. 2.7.6

Banda	hm	Vm	Rm	Sm	Lm	X'cm	
10m	2,95	2,8	3,09	1,05	1,93	5	
15m	3,96	3,76	4,16	1,49	2,59	7	
20m	5,94	5,64	6,23	2,12	3,88	10	
6 m	1,665	1,58	1,744	0,592	1,09	4	

2.7.4 Antena Quad cu 3 elemente pentru 28MHz UB5GFI

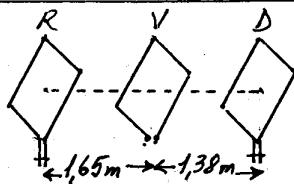


Fig.2.7.7

Antena (Fig. 2.7.7) are un reflector cu latura de 2,59 m, un vibrator cu latura de 2,69 m și un director cu latura de 2,4 m, realizati din sarmă de cupru lăsat \varnothing 2,5 mm, și fixați pe x-uri din săpii din lemn. Reflectorul și directorul au linii paralele lungi de 50 cm, cu 10 cm între conductoare, cu secuție circuitoare care permit reglajul. Antena are câștig cca 8dB.

2.7.5 Antena Quad cu 3 elemente WGSAT W.Orr

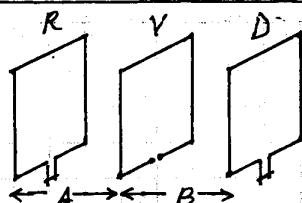


Fig.2.7.8

Antena (Fig. 2.7.8) are trei pătrate realizate din sarmă de cupru \varnothing 2mm. Câștigul este 9,3dB dacă distanțele dintre pătrate sunt $0,15\lambda$. Câștigul este mai mare cu 2dB decât la Quad-ul cu două elemente și mai mare cu 1dB decât are antena Yagi cu 3 elemente. Raportul F/S este 30dB în centrul benzii și 20dB la capete. Dimensiunile se dau în tabel.

Banda m	Perimetru reflector, m	Perimetru director, m	Perimetru vibrator, m	A m	B m
15	14,782	13,995	14,427	2,6	2,527
10	10,973	10,363	10,693	1,93	1,88
6	6,248	5,918	6,096	1,092	1,067

2.7.6. Antena Quad cu 4 elemente HL2KAT

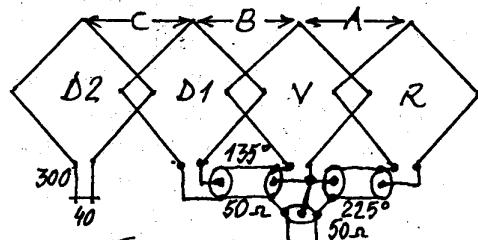


Fig.2.7.9

Antena (Fig. 2.7.9) are 4 pătrate, din care 3 sunt active. Reflectorul se aliniază cu un segment din coaxial care realizează o defazare de 225° a undei, iar D1 se aliniază cu un segment care defazează cu 135° unde, astfel ca undele radiate să se însumeze în spatiu. Coaxialul

are coeficient de scurtare $k=0,67$. Fidierul-lungimea de un număr întreg de $\lambda/2$ electric. Pătratele sunt din sarmă de cupru cu izolație. Directorul D2 se acordează pentru câștig maxim, care atinge 11dB. Raportul F/S este 40dB. Dimensiunile se dau în tabel. Segmentul de 225° înseamnă $45^\circ + 180^\circ$, adică $\lambda/8 + \lambda/2$.

Banda m	Perimetru R m	Perimetru V m	Perim. D1 m	Perim. D2 m	Perim. ABm	Perim. Cm	225° m	135° m
15	14,86	14,15	13,44	13,44	1,77	2,83	5,925	3,535
10	11,05	10,52	10,0	10,0	1,32	2,11	4,407	2,644
6	6,27	5,97	5,67	5,67	0,747	1,195	2,502	1,493
2	2,18	2,07	1,97	1,97	0,26	0,416	0,869	0,521

2.7.7. Antene Quad intercalate pentru 10-15-20m UH8CT

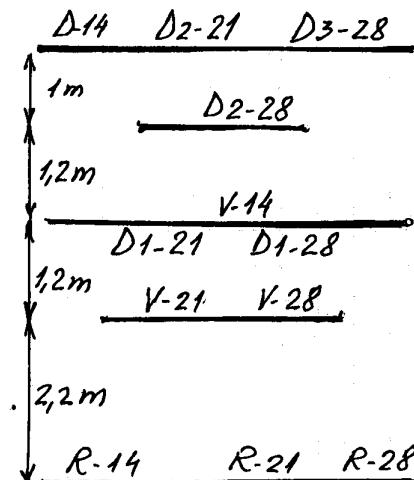


Fig. 2.7.10

Antena (Fig. 2.7.10) conține un Quad cu 3 elemente în 14 MHz, un Quad cu 4 elemente în 21 MHz și un Quad cu 5 elemente în 28 MHz, intercalate astfel ca influența reciprocă să fie minimă. Pe Fig. 2.7.10 antena este văzută de sus, pătratele fiind câte două sau trei în același plan, cu excepția directorului 2 din 28 MHz, care este singur. Fiecare antenă are propriul fider coaxial și propriul balun 1/1 care previne devierea lobului de radiatie de la axa antenei. Pătratele se realizează din conductor de cupru de 2-3 mm. Dimensiunile sunt date în tabel.

Banda m	Perimetro R m	Perimetro V m	Perimetru D1,2,3 m	Bucle m
20	21,6	21,2	5	
15	14,4	14,16	13,8	
10	10,8	10,52	9,8	

2.7.8 Antena cu 7 elemente Quad pentru 144 MHz

Antena are un câstig de cca 11 dB și o lungime de 2,94 m. Deasupra fiecărui pătrat se dă perimetrul, în mm (Fig. 2.7.11)

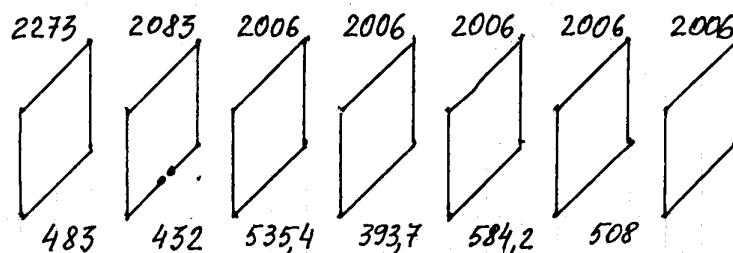


Fig. 2.7.11

2.7.9 Antena Dublu Delta pentru 10-15 sau 20m W6SAI W.Orr

Antena (Fig. 2.7.12) este formată din două triunghiuri fixate pe bumbul metallic, fixat în vârful pilonului rotativ.

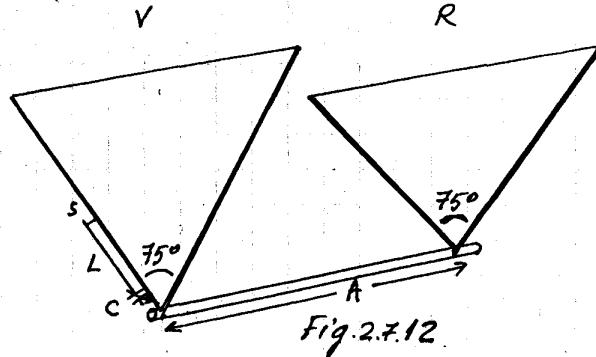


Fig. 2.7.12

Laturile în V ale triunghiurilor sunt fere din aluminiu sudate sau fixate direct pe bumb, și au lungimea $\lambda/3$. Laturile orizontale au aproximativ $\lambda/3$ și „trag” de vârfurile laturilor verticale. Adaptarea se face cu dispozitiv Gama. Căstigul este cca 7dB. Dimensiunile se dau în tabel.

Banda m	Perimetru V m	Perimetru R m	A m	Dispozitivul Gama		
				L cm	S cm	C pF
20	21,654	22,1837	3,18	89	5	100
15	14,453	14,806	2,12	63	4	75
10	10,75	11,014	1,58	46	2,5	50
6	6,067	6,216	0,89	25	2,5	30

[B10]

2.7.10 Antenă Dublu Delta pentru 7 MHz W8WWR

Antena (Fig. 2.7.13) este formată din două triunghiuri fixate la vârfuri de o fundie de plastic întinsă între doi piloni, sau fiecare dintre ele susținută de un pilot. Dimensiunile sunt în metri. Vârfurile sunt la înălțimea de 17m iar bazele la 6m de pământ. Dacă alimentarea se face în punctul A, în B se conectează o bucată de coaxial cu capătul în scurt, cu lungimea electrică 1,1m. Triunghiul B devine astfel reflector. Dacă se conectă alimentarea și stubul în-

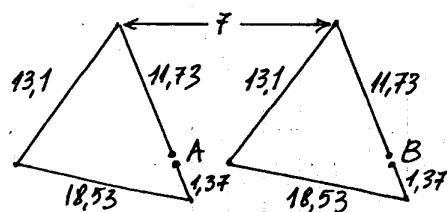


Fig. 2.7.13

vers, antena radiază în direcția opusă.
[Pentru banda de 80m toate dimensiunile se dublează]

[B15]

2.7.11 Antena Dublu Delta piramidă K2GNC

Antena (Fig. 2.7.14) este formată din două triunghiuri inclinate, cu vârfurile sprijinite de pilon (izolat sau direct).

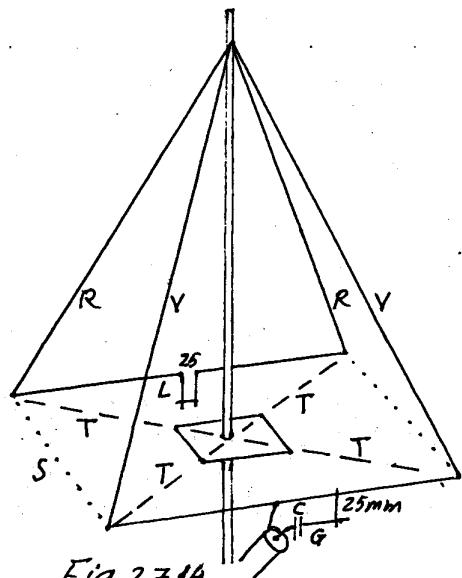


Fig. 2.7.14

Condensatorul C se poate realiza și dintr-o bucată de coaxial gros, initial mai lung, din care se tăie treptat până se obține RUS minim. Tijele T care susțin colturile bazelor pot fi din lemn impregnat, sau tuburi din plastic.

Placa pătrată pe care sunt fixate tijele este din lemn impregnat, panel, textolit sau chiar tablă.

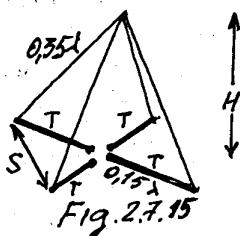
[Pilonul recomandat este din, lemn răpus, plastic, fibră de sticlă. Dacă este metallic, se face din secțiuni lungi de $0,37\lambda$, izolate între ele.] Reflectoarul se acordează culină L pentru câstig maxim. Adaptorul Gama

se reglează pentru RUS minim. Dimensiunile sunt în tabel.

Banda m	Perimetru V, R m	S m	L m	G m	C PF	T m
20	21,9	2,74	0,7	1,2	120	3,66
15	14,3	1,83	0,4	0,8	90	2,44
10	10,8	1,37	0,25	0,6	70	1,83
6	6,07	0,76	0,2	0,333	34	1,02

2.7.12. Antena Dublu Delta piramidă fixă.

Antena (Fig. 2.7.15) are bazele triunghiurilor intrerupte și replate înspre pilon, la o cutie cu două relee care aleg una din cele 4 direcții de radiatice. Vârfurile sunt legate împreună.



Dimensiunile se dau în tabel. Releele și linia L sunt Fig. 2.7.16

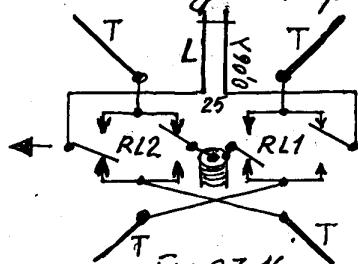


Fig. 2.7.16

Banda m	Perimetru m	S m	T m	L m	H m
20	21,9	2,74	3,66	0,7	6,5
15	14,3	1,83	2,44	0,4	4,3
10	10,8	1,37	1,83	0,25	3,3

2.7.13 Antena piramidală pentru 3,5 MHz G.H. Peterson

Antena (Fig. 2.7.17) are aspectul unei piramide cu baza patrată înălțată de la sol.

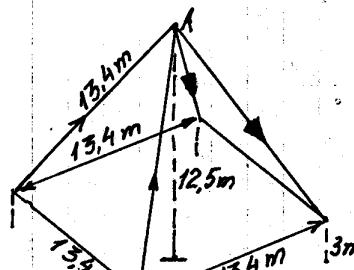


Fig. 2.7.17

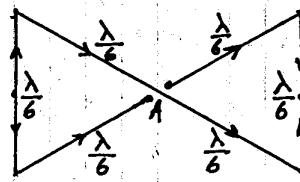


Fig. 2.7.18

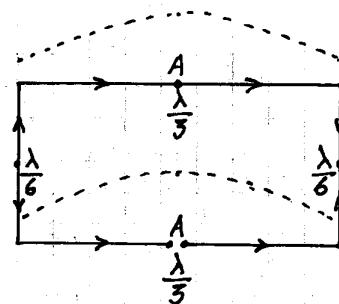


Fig. 2.7.19

Cele 6 muchii din sărmă ale piramidei au lungimea $\lambda/16$ și perimetrul total este λ . În Fig. 2.7.18 piramida a fost „turta” și întinsă în plan orizontal pentru a se redea sensul curentilor și bornele de alimentare A din vârful pilonului. În Fig. 2.7.19 unul dintre triunghiuri a fost răsucit cu 180° și sărmă antenei a fost dispusă sub formă de dreptunghi. Cu linie între-ruptă s-a marcat sinusoida undei de curent pe această antenă buclă în λ . Curentul este maxim în jurul punctului A, deci pe muchiile care coboară (Fig. 2.7.17) din vârful piramidei.

Aceasta explică rezultatele „bune” ale antenei în banda de 80 m. Laturile orizontale nu radiază. Antena rezonează pe 3700 KHz. Măriind perimetrul cu 1m frecvența coboară cu 100 kHz.

[B2]

2.7.14 Antena Sterba

Antena (Fig. 2.7.20) constă într-un sir de patrate și dreptunghiuri alimentate astfel ca în laturile orizontale curentul să fie în fază.

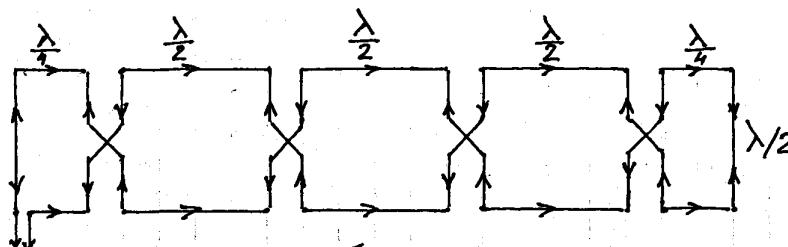


Fig. 2.7.20

Antena radiază perpendicular pe planul sistemului, în două direcții opuse. Căștiul este cca 10 dB.

Impedanța este cca 600 Ohmi.

Antena se folosește la comunicații profesionale

[Principiul ei se poate spăla și în UVS sau unde decimetrice, la sisteme sinfazate cu plan reflector].

[B1]

2.7.15 Antena ZL3MH

Antena (Fig. 2.7.21) constă din doi dipoli-bucla Yagi, inegali, activi. Reflectorul este alimentat de linia răsucită, cu o întârziere de 45° și cu inversarea fazelor.

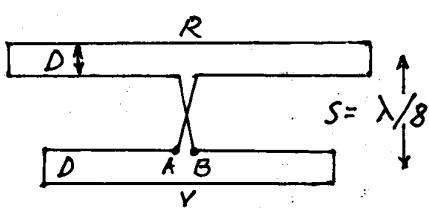


Fig. 2.7.21

Castigul antenei este cca 5,5dB. Pentru US antena se realizează din sârmă de cupru, fixate la distanța $D = 20$ cm cu sprideri. În uș se poate realiza din bară sau teavă de aluminiu. Impedanță este cca 90 Ohmi și trecerea spre coaxialul de 500 Ohmi se face cu un segment lung de $\lambda/4$ din coaxial de 75 Ohmi.

Dimensiunile se dau în tabel.

[B2]

Banda m	V m	R m	S m
40	20,57	21,7	5,16
20	10,3	10,85	2,58
15	6,85	7,24	1,72
10	5,09	5,39	1,29
6	2,872	3,034	0,72
2	0,965	0,927	0,254

$$\text{Formule: } R[m] = \frac{153}{F[\text{MHz}]} \quad V[m] = \frac{145}{F[\text{MHz}]} \quad S[m] = \frac{36,4}{F[\text{MHz}]}$$

2.7.16 Antena logperiodică Yagi

Antena (Fig. 2.7.22) are 8 dipoli-bucla Yagi logaritmice-periodici, activi, și 3 direcțori liniari.

990 880 780 690 615 545 485 430 480 540 540

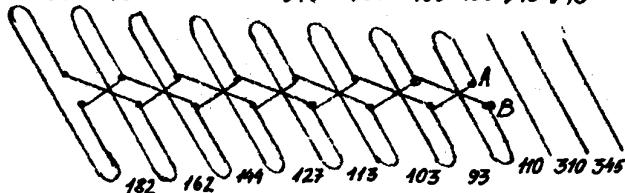


Fig. 2.7.22

Castigul este 10dB iar raportul față/spate 20dB. Antena are o bandă de trecere foarte largă, acoperind toată banda a II-a de televiziune, între 160-230 MHz. Pentru a mări raportul F/S se poate monta un panou reflector din plasă metalică de 2×2 m, care contribuie cu 6-10 dB. Pentru amări câștigul la 16,5 dB se adaugă 11 direcțori suplimentari.

In partea de sus a Fig. 2.7.22 sunt notate lungimile elementelor și în partea de jos, distantele dintre ele, în milimetri. Antena are impedanță de 300 Ohmi.

[B6]

2.7.17 Antena dublu Quad cu reflector plan, 144MHz

Antena (Fig. 2.7.23) are două pătrate conectate vîrf la vîrf

fixate cu tige izolate pe un panou reflector la distanță de 25cm, pentru banda de 2m. Panoul reflector este o ramă metalică cu conduceoare de cupru sau aluminiu orizontale. Impedanță

în punctele AB este cca 50 Ohmi.

Câștigul antenei este 11-12dB, datorat în mare parte panoului reflector. Polarizarea este orizontală. Pentru banda de 432MHz dimensiunile sunt de 3 ori mai mici, panoul fiind o foaie de aluminiu.

[Pentru 1296MHz dimensiunile sunt de 9 ori mai mici, iar pentru 2450MHz, de 17 ori mai mici.]

Se pot sînfaza două antene cu linii în $3\lambda/4$, obținând încă 3dB.

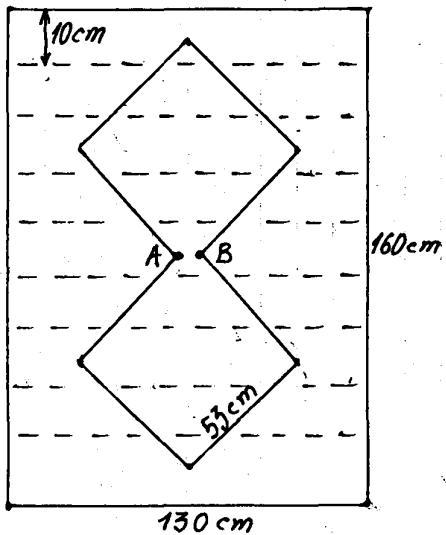


Fig. 2.7.23

2.7.18 Antena 4Quad cu reflector plan 504MM, 2450MHz

Lesovici D.

Antena (Fig. 2.7.24) are 4 pătrate fixate cu tige izolate în punctele C și D pe un reflector plan din tablă de aluminiu, la distanță de 16mm. Se realizează un șablon din lemn, cu finte fără gămălie, de diametrul cărora se ține cont. Sârma de cupru argintat $\phi 1-2$ mm pleacă din punctul A, ocolește toate

punctele (inclusiv B, pe la inferior) și revine în A unde se cositoresc capetele. În punctele AB, între sârme rămân 2mm.

În punctele X sârmele se îndepărtează 2mm. În aceste puncte cadrele 1 și 4 sunt răsucite cu 180° față de cadrele 2 și 3, pentru a asigura sînfazarea. Impedanța antenei este cca 50 Ohmi, iar câștigul cca 12dB. Polarizarea este orizontală (direcția AB).

Pentru banda de 1296MHz dimensiunile semăresc de 1,89 ori, iar pentru 432MHz de 5,77 ori.

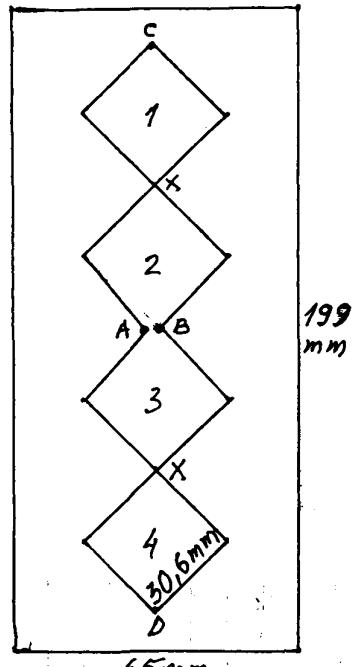


Fig. 2.7.24

dimensiunile semăresc de 1,89 ori, iar pentru 432MHz de 5,77 ori.

2.7.19 Antena Turnstil cu dipoli indoiți

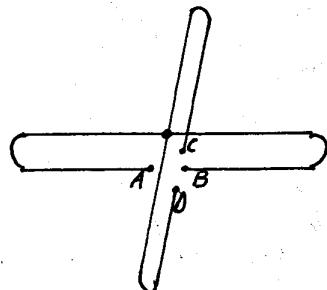


Fig. 2.7.25

Antena (Fig. 2.7.25) este formată din doi dipoli indoiți, realizati din sârmă în US și din țeară în UUS, montați perpendicular.

Antena se alimentează în punctele AB. Între aceste puncte și bornele CD ale celeilalte antene se conectează o linie bifilară în $\lambda/4$ de 300 Ohmi. Linia produce o defazare cu 90° a undei de curent. Când

într-un dipol curentul este maxim, în celălalt trece prin zero, și direcția de plecare a undelor e impusă de primul dipol. După 90° (un sfert de perioadă) direcția undelor e impusă de celălalt dipol. În momentele intermediare, direcția rezultă din compunerea vectorilor. Ca urmare, în decursul unei perioade, vectorul rezultant se rotește și antena emite (sau recepționează) în toate direcțiile.

Impedanța antenei este 150 Ohmi. Se pot monta câteva antene identice, sincronizate, pentru mărirea căstigului (etajat).

[B4]

2.7.20 Antena cerc RA3ARN

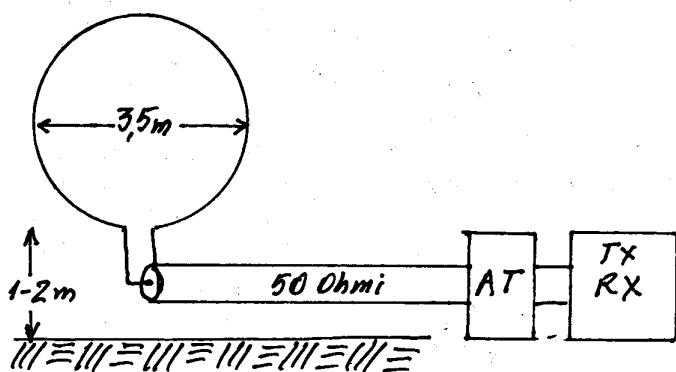


Fig. 2.7.26

Antena funcționează între 1,8-28 MHz cu ajutorul unui transmisor.

Cercul se realizează din 11m țeară de Peksal. (Fig. 2.7.26)

2.7.21 Antenă cu 8 cercuri pentru banda de 2m N4W
 Această antenă se dă în Fig. 2.7.27.

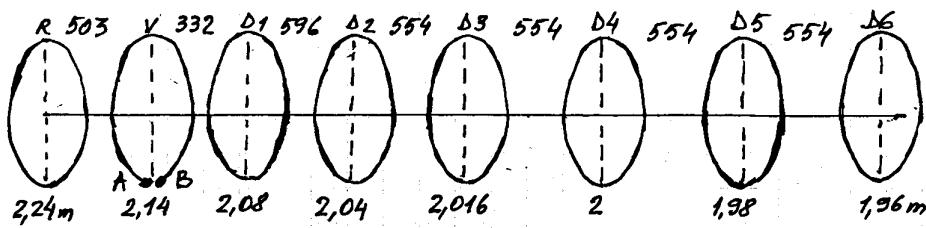


Fig. 2.7.27

Cercurile sunt din sârmă de Cu sau Al $\varnothing 4-6\text{ mm}$, închise prin sudare sau nituire, în afară de vibrator, ale cărui borne sunt la distanța de 20 mm . Perimetrele cercurilor sunt în parte de jos a schitei, în m, iar distanțele dintre ele - sus, în mm.

Cercurile sunt susținute de tijede plastic sau rigle de stejar.

La distanța de 52 cm de bornele AB, coaxialul de 50 Ohm se bobinează pe un tub de plastic alb cu diametrul 25 mm , 6 splire, fixate cu scoici, cu funcția de balun.

Antena are câștig cca 12 dB . Adapfarea se obține deplasând D1.

Optimizările pe calculator au demonstrat că antenele bină cu multe elemente, indiferent de forma lor (liniar, cerc, patrat, Yagi), au un câștig de 10 dB dacă bumul are 1λ ; $11,5\text{ dB}$ dacă bumul are 2λ ; $13,2\text{ dB}$ la 3λ , $14,2\text{ dB}$ la 4λ ; 15 dB la 5λ și $15,8\text{ dB}$ la 6λ .

La câștig de 10 dB puterea radiată crește de 10 ori; la $11,5\text{ dB}$ - de 14 ori, la $13,2\text{ dB}$ de 20 ori, la $14,2\text{ dB}$ de 26 ori, la 15 dB de 31,6 ori, la $15,8\text{ dB}$ de 38 ori. Sînfațarea a două antene identice aduce cca $2,5\text{ dB}$.

2.8. Antene hibride

Antenele hibride sunt combinații de bucle și dipoli. Bucile dă zgomot mai mic la recepție (important în unde scurte) iar dipoli sunt mai simpli construcțiv.

2.8.1 Antena dublu Quad hibrid DL7KM 144MHz

Antena (Fig. 2.8.1) are un vibrator dublu Quad diamond și trei reflectori liniari. Ea se fixează cu tige și placute izolante

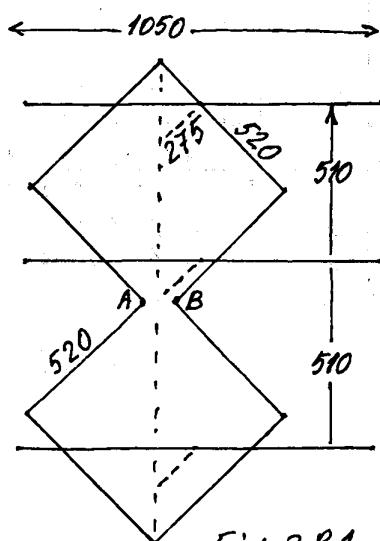


Fig. 2.8.1

pe un pilon figurat punctat.

Dimensiunile sunt în mm.

Reflectořii sunt din lemnă de aluminiu $\phi 10$ mm. Pătratele se realizează dintr-o șarmă de cupru $\phi 4$, lungă de 4,16m. Pentru banda de 70 cm dimensiunile se măsoară de 3 ori. Căstigul este cca 8dB iar raportul F/S cca 28dB.

Antena a fost dezvoltată ulterior, primind două etaje cu câte 8 directori. Astfel căstigul devine cca 14dB.

[B17]

2.8.2 Antena Quagi pentru 144MHz K6YNB

Antena (Fig. 2.8.2) e formată din două pătrate și 6 direc-

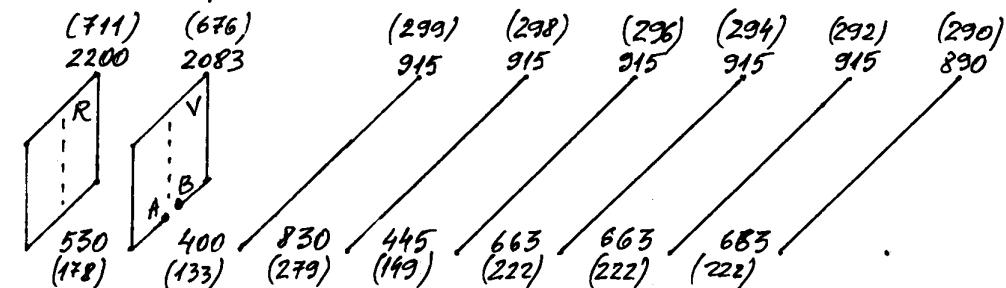


Fig. 2.8.2

Perimetrele reflectořului, vibratorului și lungimile directorilor sunt notate la partea de sus, iar distanțele la partea de jos și schifei. Bumul, lung de 4025mm este din lemn sau metal. Elementele sunt $\phi 3$ - $\phi 6$ mm. Pătratele se fixează pe bum cu rigle din stejar sau textolit. Căstigul este cca 12dB. În paranteze sunt dimensiuni pentru 432MHz. Impedanța este cca 50ohm. Coaxialul se face „codac” cu diametrul de 5cm, 3 spire, lungă bornele AB pentru a preveni radiatia laterală a vibratorului.

[B18]

2.8.3 Antena Parabeam pentru 432 MHz

Antena (Fig. 2.8.3) este formată din 2 bucle „dublu dreptunghi” și 16 direcțori liniari. Vibratorul este frânt la unghi de 158° .



Fig. 2.8.3

Toți direcțorii au lungimea 275 mm. și $\phi 8$ mm. Distanțele sunt:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
140	98	122	122	122	146	146	146	158	158	158	171	171	171	183	183	183

Bumul are 37λ . Căștiugul este 14-15 dB. Bumul este din lemn sau plastic. Impedanța este 240 Ohmi [Ea poate scădea la 200 Ohmi măsurând distanțele 1 și 2]. Dimensiunile se pot tripla pentru banda de 2m.

[B12]

2.8.4 Antena Yagi cu 9 elemente 904 MM 144 MHz

Antena (Fig. 2.8.4) este formată dintr-un vibrator buclă Yagi și direcțori liniari.

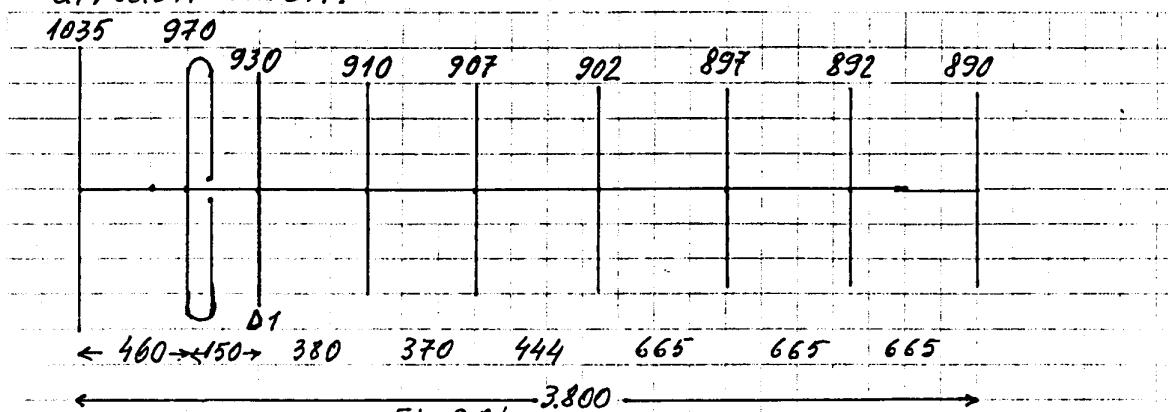


Fig. 2.8.4

Elementii sunt din aluminiu $\phi 6-10$ mm, fixați direct pe bum sau prin el. Bumul este o feavă din otel $\phi 20$. Coaxialul se adaptează la vibrator cu o buclă în $\lambda/2$ din același coaxial. Căștiugul antenei este cca 11 dBd. RUS=0 se obține deplasând D1 câțiva centimetri pe bum.

2.9. Antene bucle mici (antene magnetice)

Antene buclă mici sunt acelea cu perimetru $0,22\text{--}0,085\lambda$ pentru ca faza curentului să nu se modifice de-a lungul conductorului. La un perimetru de $0,25\lambda$ faza se modifică cu 90° , ceea ce este mult. Când perimetruul este sub $0,2\lambda$, bucla (cerc, patrat, triunghi), radiază în planul ei, diagrama arând formă de 8.

Antena buclă mică folosită la emisie este un circuit oscilant și căruia bobină de dimensiuni consistente, radiază unde electro-magnetice. Primul model pentru radioamatori a fost publicat de W1ICP Lew Mc.Coy în 1968 și avea formă de octagon.

Excitarea buclei se face prin divizor capacitive, dispozitiv de tip Gama sau cu buclă separată, de cca 5 ori mai mică decât bucla care emite. Rezistența de radiatie a buclei este foarte mică, de ordinul câteva miimi de Ohmi (miliohmi). De aceea, rezistența de pierderi trebuie redusă cât mai mult. Dacă rezistența de pierderi este egală cu rezistența de radiatie, randamentul antenei este doar 50%.

Antena se realizează din fieră de cupru ϕ minim 20mm.

La puterea de 100W în circuit apar curenți de zeci de amperi și pe condensator tensiuni de peste 10.000V. Se folosesc conduce-toare de conexiune foarte groase, sau deloc, și șuruburi sau suduri.

Deoarece antena are Q mare, banda de trecere este îngustă și trebuie acordată $1/2$ o decalare cu $5\text{--}10\text{ kHz}$. Q este circa 400-1000.

Randamentul buclei mici de emisie scade rapid dacă circumferinta lui scade sub $\lambda/8$ ($0,125\lambda$).

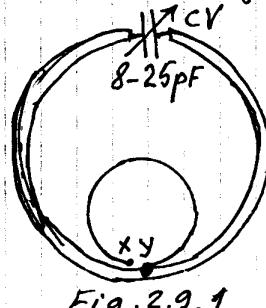
Antena buclă mică montată vertical (uzual la înălțimea de 2-3 m deasupra solului) are diagrama de radiatie în plan orizontal de forma cifrei 8, cu maximele în planul antenei. Dacă se folosește fieră de cupru cu diametrul mai mare de 25mm, pierderile ohmice scad, dar Q creste, tensiunea pe condensator crește iar banda de trecere se îngustează mai mult.

Dacă bucla este montată în apropierea unor conductoare, pieșe sau construcții metalice, pierderile cresc și randamentul scade.

Condensatorul variabil pentru acordul antenei buclă mică trebuie să fie cu vid sau cu aer tip split-stator (fluture), fără contacte făcute de lamele arcuite.

La înălțime mică față de sol, antena magnetică este mai eficientă decât dipolul în $\lambda/2$ orizontal. Datorită factorului de calitate mare, armonicile emittorului sunt mult atenuate. Recepția este mai linistită deoarece este atenuată componenta electrică a parazitilor. Dacă perimetruul buclei este $0,25\lambda$, randamentul este maxim (90%), dar lucrează doar monoband, folosind un condensator mic.

Antena magnetică AL6RAL



Antena are diametrul 68cm, din fieră de cupru ϕ 22mm. Bucla de excitare, din conductor ϕ 2,2mm, are diametrul 136mm, are capătul Y conectat cu un surub la antenă, împreună cu tresa coaxialului RG58U. Înțima coaxialului se leagă la X. La 100W, CV are distanță de 3mm între plăci. Antena lucrează în 14 și 21 MHz (Fig. 2.9.1)

Antena magnetica iWQR pentru 50 MHz

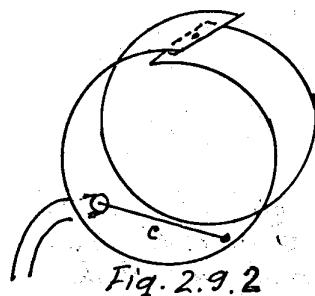


Fig. 2.9.2

Antena este dată în Fig. 2.9.2.

Antena se realizează din bandă de cupru și are diametrul de cca 50 cm. Un surub din plastic, cu piuliță fluture din plastic, montat la capetele suprapuse de sus, permite apropierea lor, deci reglarea capacității dintre ele. Coaxialul pătrunde printr-o gaură în banda de cupru și acolo tresa lui se cosită rește. Conductorul central c se prelungeste și se cosită rește la interiorul benzii de cupru, la o distanță aleasă experimental pentru SWR minim.

Bogate informații și calculuri sunt date de YO4UQ în [B19]:

Rezistența de radiatie a antenei magnetice cu formă circulară se determină cu formula: $R_r = 2,41 \cdot 10^{-6} (F \cdot D)^4$, unde:

R_r rezistă în Ohmi;

F = frecvență în MHz;

D = diametrul cercului, în metri.

Pentru 14 MHz, cercul realizat din feară de cupru ϕ 19 mm are $R_r \approx 0,1$ Ohmi și rezistența de pierderi cca 0,01 Ohmi. În acest caz rândamentul este cca 90%, iar inductanță 2,52 μ H. Inductanța crește dacă diametrul ferii scade și invers.

Pentru benzile de 21 și 28 MHz antena magnetica (totdeauna circulară, din feară de cupru ϕ 19 mm) are diametrul 0,7 m și condensatorul de acord de 36 respectiv 20 pF, Q este 842 respectiv 382, lărgimea de bandă 25 kHz respectiv 73 kHz, tensiunea pe condensator (la 100 W) 4238 V respectiv 3297 V și rândamentul 88,8 respectiv 95,6%.

Pentru a acoperi benzile 14-21-28 MHz, diametrul optim este 0,8 m, condensatorul are 68-30-17 pF, Q este 1674-610-270, lărgimea de bandă: 8-34-104 kHz, tensiunea pe condensator este: 5310-3925-3014 V (la 100 W) și rândamentul: 75,4%-92,7%-97,2%.

Pentru a acoperi benzile de 14 și 21 MHz, YO4UQ dă datele calculate pentru diametre ale cercului, clevi 0,9 m, 1 m și 1,1 m.

Pentru banda de 19 MHz datele sunt pentru diametre de 1,2-1,3-1,4-1,5 m.

Pentru banda de 7 MHz, datele sunt pentru diametre între 1,7 și 2,9 m.

Pentru a acoperi 3,5-7 MHz, datele sunt pentru diametrul optim de 3 m.

Antena magnetică pentru banda de 6 m

In Fig. 2.9.3 antena magnetică are condensatorul realizat cu discuri.

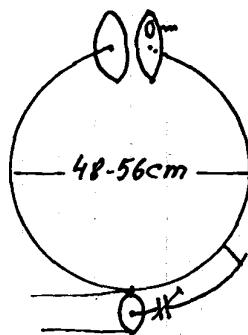


Fig. 2.9.3

Discurile au 13 cm diametru. Intre ele se fixează cu trei șuruburi din plastic. Pe unul din discuri există un disc mic cu diametru de 37 mm, cu șurub pentru reglajul fin al capacității.

Dispozitivul de adaptare Gama este cu condensator variabil de cca 25 pF sau o țeavă de cupru \varnothing 9,5 mm lungă de 356 mm în care se introduce o bucată de coaxial RG-8 lungă de 380 mm, de pe care se scos fresa.

Perimetru antenei fiind $\lambda/4$, randamentul este 88%, factorul de calitate $Q \approx 280$ și banda de trecere cca 200 KHz.

La antenele magnetice cu perimetru $0,1\lambda$, factorul Q este cca 700 și randamentul mai mic.

Comparatie intre diagramele de radiatie in plan vertical

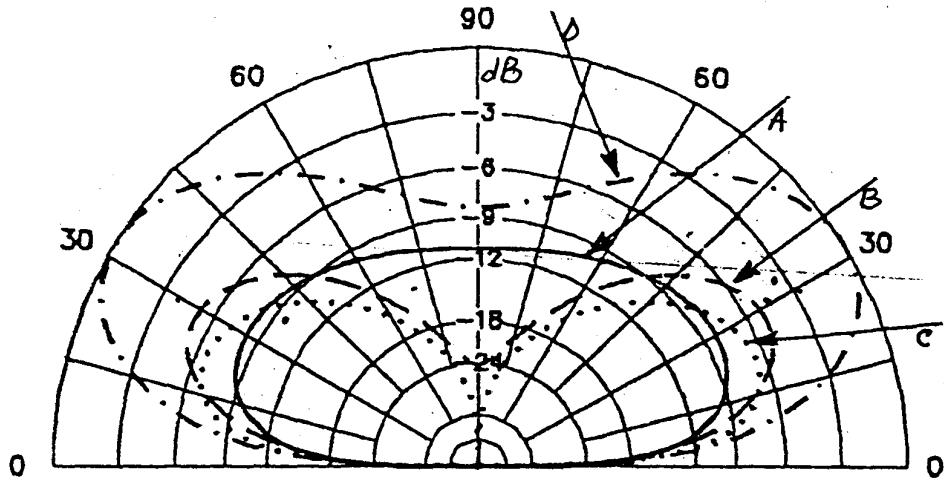


Fig. 2.9.4.

In Fig. 2.9.4 diagrama A este a antenei magnetice asezată vertical la înălțimea de 2,4 m, par B tăseazată orizontal la înălțimea de 9 m (radiind omnidirectional). Curba C este pentru antena Ground Plane cubată la înălțimea de 2,4 m iar curba D este pentru un dipol orizontal la înălțimea de 9 m. Antenele sunt pentru frecvență de 14,2 MHz.

CAP. III ANTENE DIPOLE

3.1. Introducere

Din linii cu aer având capătul în gol, prin îndepărțarea conducețoarelor, se obțin antene numite în general „dipoli”. Pentru a înțelege funcționarea lor, să revedem funcționarea liniiei cu capătul în gol, considerată ca circuit oscilant (Fig. 3.1.1)

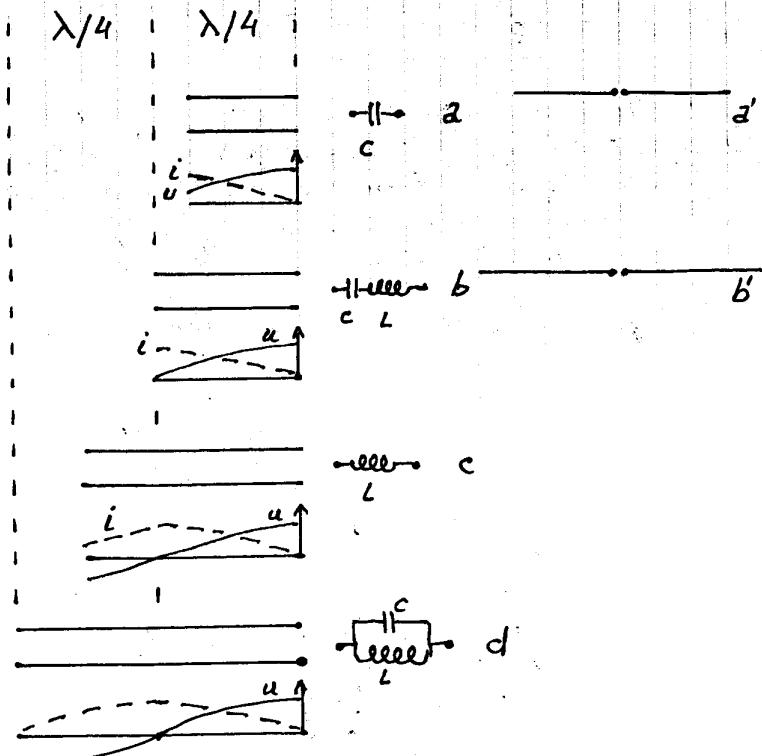


Fig. 3.1.1.

In Fig. 3.1.1.a avem o linie paralela cu capătul din dreapta în gol, marscură decât $\lambda/4$. Sub ea este graficul distribuției tensiunii și al curentului i , pe linie. Evident că la capătul din dreapta, deschis, al liniei, u este maxim și i minim, impedanță fiind infinită. La capătul din stânga al liniei, unde se aplică puterea, tensiunea și curentul au valori clar sunt defazate, de parcă acolo ar exista un condensator. Desfăcând laturile liniei (Fig. 3.1.1.b), linia începe să radreze, devine o antenă dipol mai scurt decât $\lambda/2$ și are impedanță $Z = R + X_C$.

R este rezistență de radiatie iar X_C este reactanță condensatorului C care nu există fizic ci este un efect al defazajului dintre u și i .

In Fig. 3.1.1.c linia are exact lungimea $\lambda/4$. Currentul 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. Desfăcând laturile liniei (Fig. 3.1.1. b') ea devine dipol în $\lambda/2$, care radiază. Impedanța lui este egală cu rezistența de radiatie $Z=R$.

Impedanță este pur ohmică, lipsind defazajul între u și i .

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

In Fig. 3.1.1.d linia are exact lungimea $\lambda/2$, tensiunea la intrare este maximă iar curentul minim. Linia și antena în $\lambda/2$ care se obține prin îndepărțarea conductorelor - are impedanță mare și se comportă ca un circuit oscilant derivativ. Impedanța dipolului nu este infinită, cum ar da raportul U/I , ci este câteva mii de Ohmi, deoarece antena radiază energie, adică este 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 pozitiei 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.

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

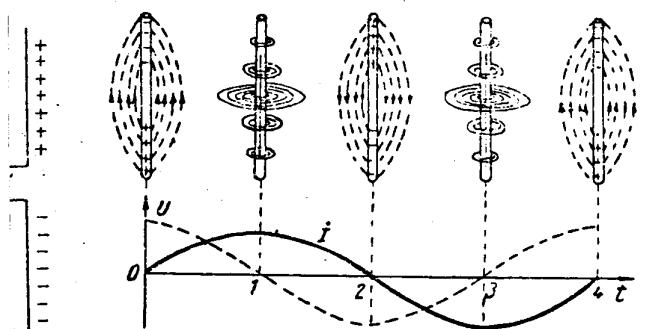


Fig. 3.1.2

In momentul zero (pe sinusoială) o latură a dipolului este la maxim încărcată cu sarcini + și cealaltă - cu sarcini -. Energia este concentrată sub formă de câmp electric, cu liniile de forță indicate. Sinusoala 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 mare. In momentul 1 pe scara timpului acest curent este maxim, câmpul magnetic produs de el este maxim și are liniile de forță cîrcuite 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. Prin deplasare rapidă de sarcini electrice generează unde electromagnetice: de ex. fulgerul.

In momentul 2 astăsinuoidei 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 închide o perioadă și situația e ca la început.

Dipolii au obligatoriu două laturi între care circulația sarcinile electrice. În practică una din laturi poate fi înlocuită electric cu o rețea de conductoare (antena ground plane) sau chiar cu rământul (antena Marconi). Doar o latură a dipolului se vede, de unde a apărut și denumirea (încorrectă) 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 radiatie.

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 asymmetric (de fapt alimentat asymmetric), 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 „ăsterne” deobicei o jumătate ($\lambda/2$) din sinusoidă, corespunzătoare unei frecvențe F_0 curentului, dar se poate ăsternă și o undă întreagă produsă de un curent cu frecvență de două ori mai mare ($2F_0$), și chiar unde cu frecvență $3F_0$, $4F_0$, etc. Dipolul poate rezona și pe armonicele frecvenței de bază.

Antenele dipol au diverse parametri precum: impedanță de intrare, bandă de trecere, căștiig, randament, polarizare, diagramă de radiatie etc., care trebuie menționati în descrierea lor.

3.2. Dipoli simetrici

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

3.2.1.1. Generalități

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

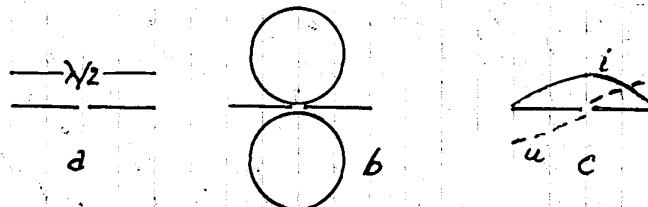


Fig. 3.2.1

Dacă dipolul este realizat din conductor infinit de subțire, neizolat și se află în spațiul liber, el are următorii parametri:

- Impedanță de intrare la rezonanță $\sim 73 \text{ Ohmi}$
- Diagrama de directivitate (Fig. 3.2.1b): un tor cu diametrul interior O .
- Căstig față de radiatorul izotrop: $2,15 \text{ dB}$ (sau o putere de 1,64 ori mai mare) pe direcțiile de radiatie maximă
- Bandă de trecere îngustă, deoarece conductorul foarte subțire are inductanță „distribuită” pe metru de lungime mare și capacitatea distribuită relativ mică. Dacă diametrul conductorului este $2,5 \text{ mm}$, să fie $\sim 1,5 \mu\text{H}$ și $\sim 5 \text{ pF}$. Raportul L/C mare înseamnă un factor de calitate mare, deci o bandă de trecere îngustă.
- Polarizarea (direcția vectorului electric al undei electromagnetice radiate) are direcția conductorului antenei.
- Rendamentul 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 peliculă (skin), pierderi în dielectricii și 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 conductorurile antenelor filare folosite în unde scurte scurtarea este 2-5%, iar în uvs - 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 sărme 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 aștergării pământului, clădirilor și conductorilor 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 statioare minim la frecvența aleasă.

Dipolul montat ca V intors trebuie scurtat mai mult.

Distribuția curentului și tensiunii pe dipolul în $\lambda/2$ se dă 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 λ , $3\lambda/2$, 2λ etc. Parametrii lui se modifică cu ordinul armonicilor, ceea ce complica 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 initial. Cei doi curenti 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 radiatie nouă.

Variatia impedantei dipolului în $\lambda/2$ și λ cu înălțimea față de un pământ perfect se dă în Fig. 3.2.2 a și respectiv b.

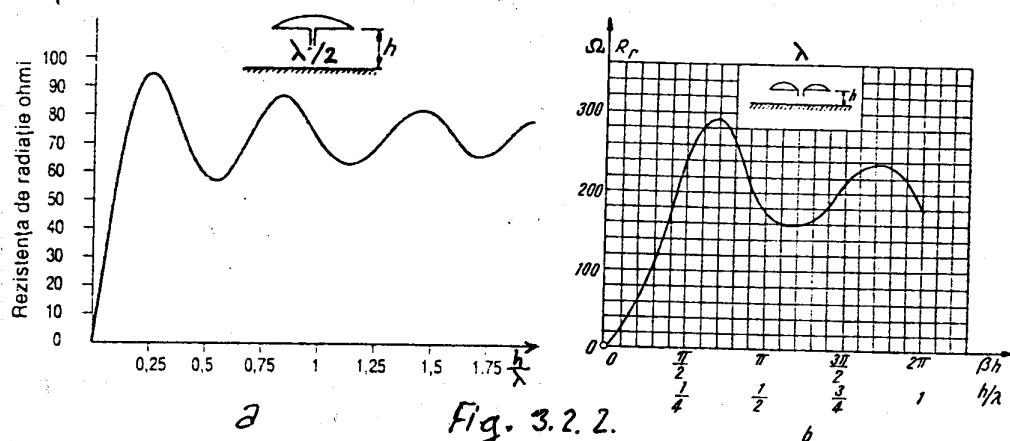


Fig. 3.2.2.

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

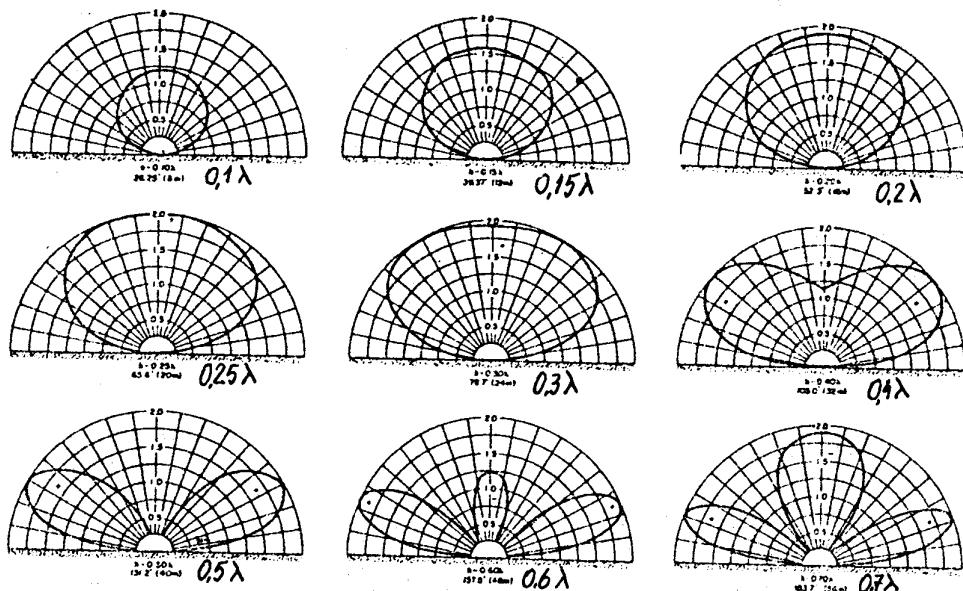


Fig. 3.2.3

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

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

La înălțimea λ dipolul orizontal are căstig 6 dB, doi lobii cu unghi de plecare $\approx 15^\circ$ buni la ΔX în banda de 15 m și doi lobii cu unghi de plecare $\approx 47^\circ$ 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 impedanță caracteristică Z_0 egală cu rezistența de radiatie a antenei. Deoarece în general ele diferă, între linie și antenă se introduce un dispozitiv de adaptare a impedanțelor.

Distribuția sinusoidală a 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.

In această situație, la capătul dinspre emițător, curentul este defazat față de tensiune în urmă sau înainte și impedanța are o componentă inductivă sau capacativă. Pentru anularea ei se poate crea un circuit numit transmaczi. După anularea componentei reactive (adică a defazării dintre U_S și I), transmacziul transformă impedanța pur activă (Ohmică), care are o valoare oarecare, în 50 Ohmi .

In acest fel puterea debitată de emițător este complet trimisă spre antenă, dar călătoresc prin fider sub formă de undă staționară, care mărește pierderile, nu sub formă de unde progresivă. 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 cera pierderi, se poate lucra cu R_{US} 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 conductoarele fiderului se induc curenți egali și contrari, care se anulează reciproc.

Fiderul bifilar (scărită), adaptat la antenă, are pierderi de numai $0,1\text{ dB}$ la 30 MHz . La $R_{US}=5$ pierderile sunt tot neglijabile, $0,3\text{ dB}$.

La $R_{US}=20$ pierderile sunt sub 1 dB .

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

La un $R_{US}=1,5$, puterea reflectată înapoï decatre antenă (datorită neadaptării cu fiderul) este 4%; la $R_{US}=2$, puterea reflectată este 11% iar la $R_{US}=3$, puterea reflectată este 25%.

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

de radiatie a dipolului in $\lambda/2$ functie de raportul dintre lungimea lui l_0 si diametrul d , se dă în Fig. 3.2.4.

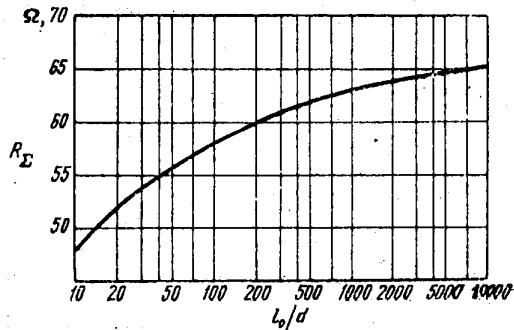


Fig. 3.2.4.

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

Datorită efectului pelicular, rezistența conductoarelor crește mult în curenț de radiofrecvență, față de rezistența în curenț continuu. Astfel, un conductor din cupru cu diametrul de 2 mm are rezistență 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 lățat, căt maigros, sau țeavă de aluminiu.

Se consideră că banda de trecere a antenei este intervalul de frecvențe în care R_{US} 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

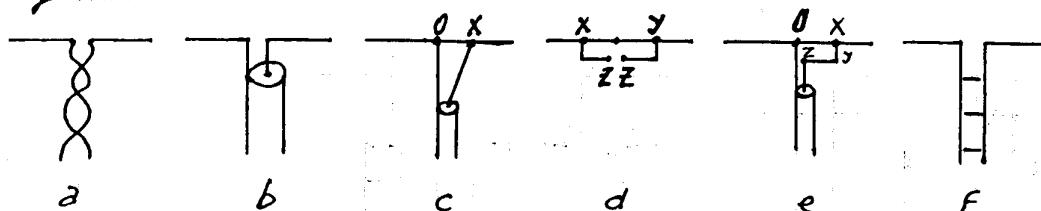


Fig. 3.2.5

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

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

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

- In 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.

- In Fig. 3.2.5 d dispozitivul de adaptare este tip „T”. Distanța între punctele X-Y se reglează astfel încât în punctele Z-Z impedanța să fie 50 Ohmi. Conductorul Z-Y al dispozitivului Gama are oarecare inductanță, care defazează puțin curentul față de tensiune și impedanță 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.

- In Fig. 3.2.5 e dispozitivul de adaptare este tip „Gama”. Distanța O-X se reglează astfel încât în punctul Z impedanța să fie 50 Ohmi. Conductorul Z-Y al dispozitivului Gama are oarecare inductanță, care defazează puțin curentul față de tensiune și impedanță 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.

- In Fig. 3.2.5 f alimentarea se face cu linie bifilară cu aer (scărătită) sau în plastic (pamblică de 300 Ohmi sau pamblică cu „Fereastră” de 450 Ohmi). Pe linie există undă stationară, deci energetice de un transmisor la capătul din spate 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 sedau în Fig. 3.2.6

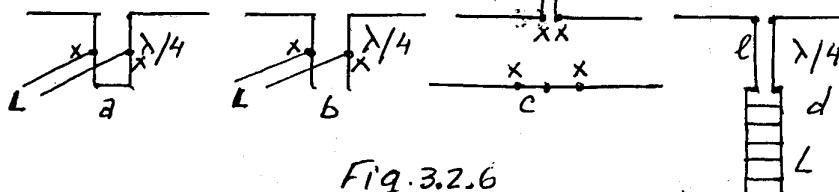


Fig. 3.2.6

- 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 scurte circuit.
- 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_2 prin intermediul unei linii în $\lambda/4$ cu capătul în gol.
- În Fig. 3.2.6 c se vede dispozitivul de adaptare Beta (hairpin), sus. Pe dipolul în $\lambda/2$ initial se găsesc două puncte XX între care impedanța este 50 Ohmi. Se îndoaie porțiunea XX în formă de U (ansă), cu care se acționează dipolul (jos) se scurtează. În punctele XX se conectează coaxialul de 50 Ohmi, direct sau prin balun 1:1. Practic țevile scurte ale dipolului, fixate pe o placă izolațiantă, se unesc cu o ansă (hairpin) făcută dintr-un conector gros, cu lungime reglabilă. Punctul 0 al ansei se poate conecta la 'bumul' (teava-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 trija Z_y a dispozitivului are un diametru de cca 3 ori mai mic decât vibratorul antenei. În banda de 14 MHz ea are cca 1,22 m și este la distanță 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 trijei este cca 40 cm și distanța cca 35 mm. Condensatorul variabil cu aer inseriat în punctul Z are ~ 140 pF în 14 MHz, 80 pF în 21 MHz, ~ 50 pF în 28 MHz și ~ 25 pF în 50 MHz. Acest condensator se poate realiza simplu dacă trija este de fapt o teavă și în ea se introduce o bucată de coaxial de pe care s-a îndepărtat tresa, 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 se dau în Fig. 3.2.7

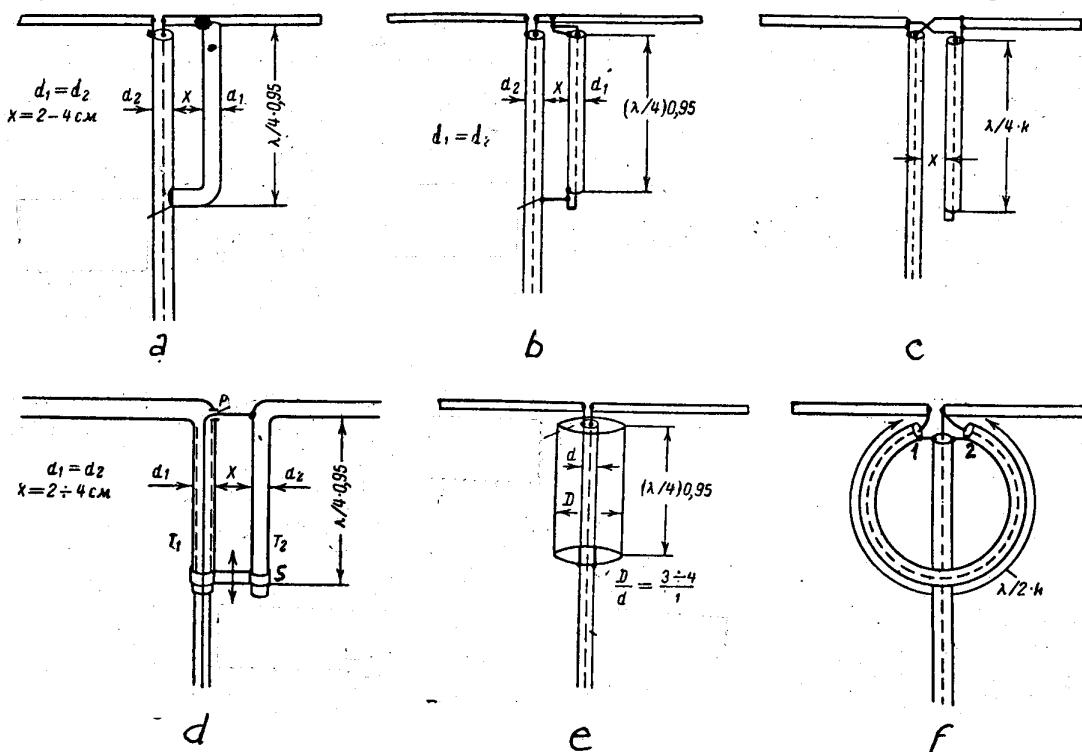


Fig. 3.2.7

- În Fig. 3.2.7 a (și în următoarele), alimentarea dipolului simetric cu coaxial duce la stricarea simetriei lui, deplasarea laterală și diagrama de radiatie în formă de 8 și apariția curentului pe exteriorul tresei coaxiale. Dispozitivul cu care se combată acest efect este o linie bifilară paralelă cu $\lambda/4$ 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 „inima”. 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 distanță de cca 5 cm, iar tresa și „inima” să se conectează 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 polietilenă de protecție, este introdus prin țeava T_1 , tresa făcând contact cu ea. „Inima” coaxialului ieșe 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 tresă coaxialului și un cilindru metalic prindere trece coaxialul. Cilindrul este închis jos cu un capac metalic, cu gaură. Tresă coaxialului este cosită de marginile găurii. Cilindrul este astupat sus cu o șaibă izolantă, prin care ieșe 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 „buclă în U”. Bucla are lungimea $\kappa \cdot \lambda/2$, unde κ este coeficientul de scurtare al coaxialului. Se știe că dacă lînia are lungimea electrică $\lambda/2$ ea transferă impedanță neschimbată.

Dacă o antenă are impedanță 200 Ohmi (de ex. o antenă dipol Yagi), fără 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 și modificată 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 firierul de 50 Ohmi.

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

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

Lungimea coaxialului și numărul de spire ale socului este:

Soc monoband

Banda MHz	RG-8, RG 213		RG-58	
	m	spire	m	spire
3,5	6,7	8	6,1	6-8
7	6,7	10	4,57	6
10	3,66	10	3,05	7
14	3,05	4	2,44	8
21	2,44	6-8	1,83	8
28	1,83	6-8	1,22	6-8

Soc multi-band

Gama	RG8,8X,5859,213	
MHz	m	spire
3,5-30	3,05	7
1,8-28	5,5-6,3	
3,5-10	5,49	9-10
14-30	2,44	6-7

- Socul RF poate fi realizat și bobinând 2,5m de cablu bifilar „de velozitate”, cu plastic de bună calitate, spiră lîngă spiră, pe o carcasa cu diametrul de 4-7cm. Socul 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. 3.2.8), cu raport 1:1.

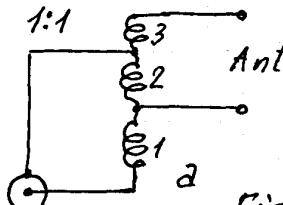
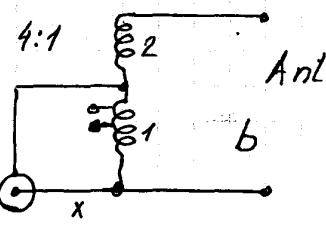


Fig. 3.2.8



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 ocașă cu diametrul de $2,5\text{cm}$, 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 cū lac sau scoci transparent. Pentru gama $14\text{-}28\text{MHz}$ bobinele au căte 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 impedanță 200Ω sau în transmisi, pentru a area și borne de ieșire simetrică.

Aceste atenuatoare și transformatoare au atenuare mică, $0,5\text{dB}$, transferă puteri de $1\text{-}2\text{KW}$ și nu ajung la saturare 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 area 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 lungă, conductorul antenei trebuie să aibă raportul L/D mai mic. Aceasta înseamnă un conductor cu inductanță mai mică și capacitate distribuită mare (Fig. 3.2.9)

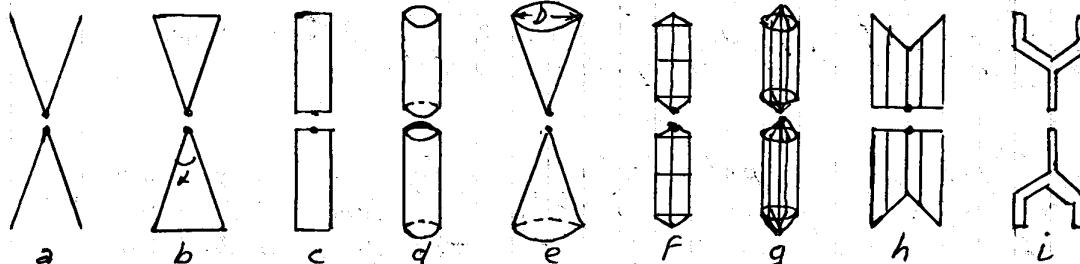


Fig. 3.2.9

- In Fig. 3.2.9 a dipolul are în loc de un conductor, două conductoare erazate.

- In 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. In Fig. 3.2.10 se dă o astfel de antenă scurtată, pentru 28 MHz.

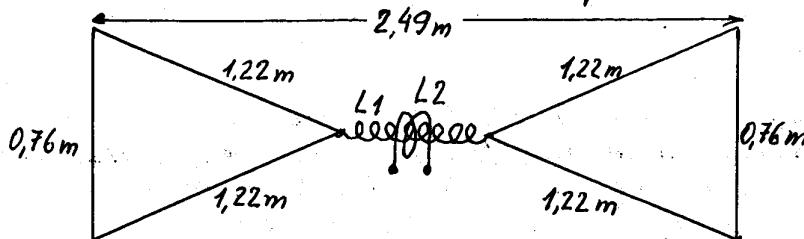


Fig. 3.2.10

Bobiina 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 $d = 30^\circ$, lungimea $l = 0,73\lambda$ și impedanță 240 Ω .

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

- In Fig. 3.2.9 d dipolul are diametrul relativ mare. Dacă raportul dintre lungime și diametru L/D este 276, impedanță 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_t , la care puterea radiată de dipol scade cu 3dB (50%), și între care se consideră banda de trecere.

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

Raportul mare L/D și banda largă de trecere se obțin folosind fieră de aluminiu în unde ultrashurte sau duraluminiu în unde scurte.

- În 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.^{nu} 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 $1/2 \lambda$ și diametrul D la 14λ , se obține o antenă de mare căstig (92dBd), impedanță 2000 și banda de trecere 25%.
- În Fig. 3.2.9 f dipolul este realizat din 3 conductoare paralele, tinute la distanță cu sprideri metalici

- În 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 căte 13m și diametrul 0,92m are frecvența de rezonanță $\sim 5\text{MHz}$, și acoperă banda 3-7MHz.
- În Fig. 3.2.9 h dipolul este realizat din panouri cu ferii sudate, care asigură o bandă largă și facilitătă de montare la emițătoare de televiziune.
- În Fig. 3.2.9 i dipolul este realizat din tablă stăncată, formând un "X", pentru antene de recepție de receptie TV de bandă largă(UHF).

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

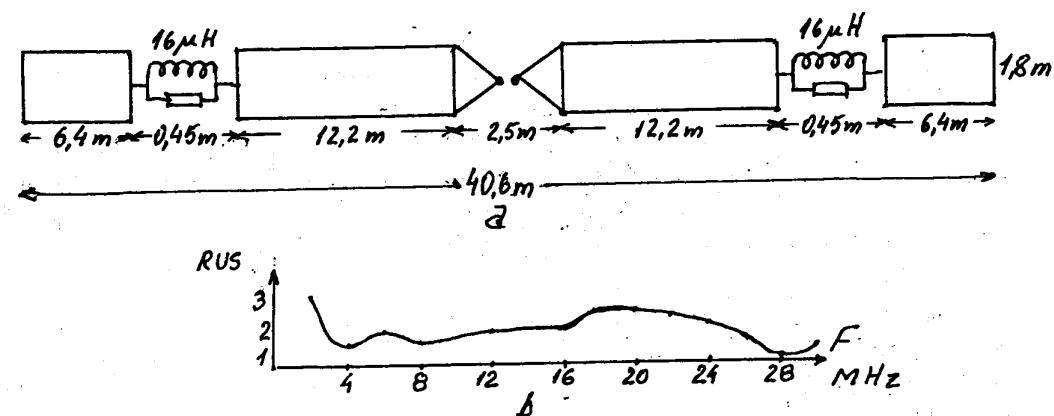


Fig. 3.2.11
Distanța dintre conductoare este menținută cu feri din aluminiu. În b este diagramea RUS între 2 și 30MHz.

3.2.1.4.2. Dipoli deformati

Dipolul în formă de V orizontal

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

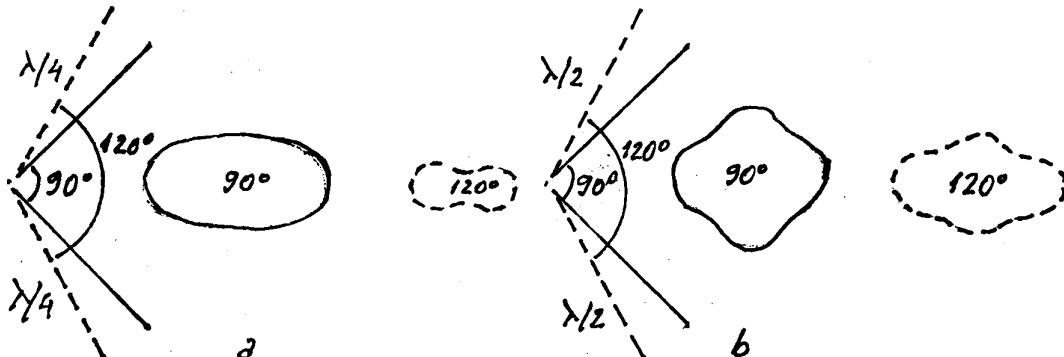


Fig. 3.2.12

In 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 său "umflat" la mijloc, luând forma de fistic (linieă întreruptă). Continuând frângerea, la unghiul de 90° diagrama de radiație devine ovală.

In Fig. 3.2.12, b dipolul are lungimea λ . Frânt la un unghi de 120° (linieă întreruptă), diagrama se schimbă de la un 8 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 impedanță de cca 60 Ohmi iar dipolul în λ , cca 160 Ohmi și un căstig de cca 2dBd, pe direcția bisectoarei unghiului de 120° .

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

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

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

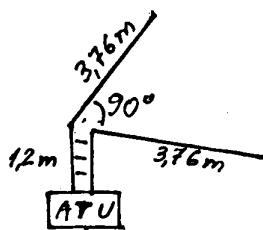


Fig. 3.2.13

Antena se realizează din teavă de aluminiu $\varnothing 12-13$ mm. Ea se continuă până la transmisiu în linie triplă "scărătă" de 400-600 Ohmi, lungă de 1,2 m.

În banda de 20m căstigul este apropiat de al dipolului în $\lambda/2$. În 17m antena este aproape în $\lambda/2$.

În 15m antena este puțin mai lungă decât $\lambda/2$ și căstigul cca 1dBd. În 12m căstigul este cca 2dB, în 10m cca 3dB, în 6m cca 3dBd. Căstigurile cresc cu 3dB la înălțimea $\lambda/2$ și 6dB la înălțimea λ .

Dipolul în formă de V intors (Inverted V)

In Fig. 3.2.14 se dau forma dipolului V intors și diagramele lui.

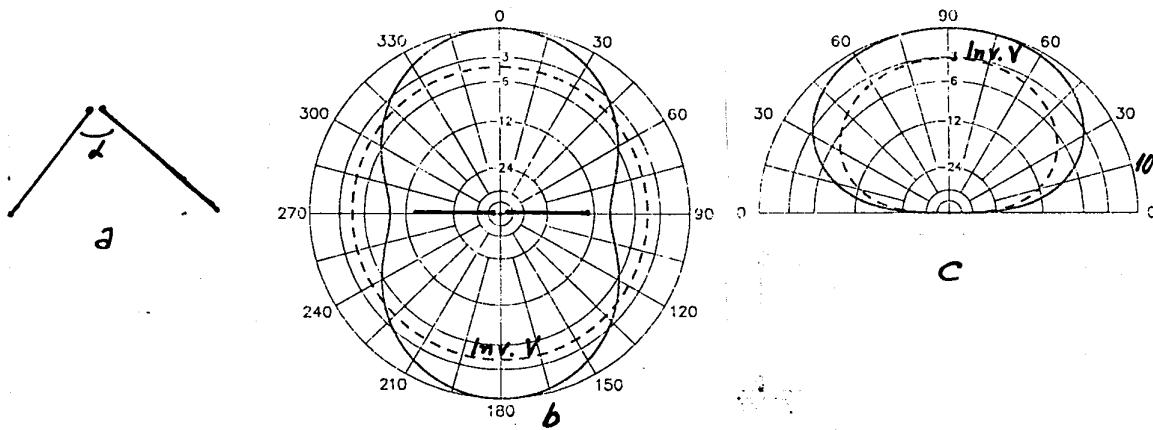


Fig. 3.2.14

Antena necesită un singur pilon cărui înălțime să asigure un unghi la vârf $\alpha = 120^\circ$ ($h \approx \lambda/7$). Pentru banda de 3,5 MHz înălțimea pilonului este ~ 12 m iar pentru 7 MHz, cca 7 m. Deoarece capetele dipolului, care au tensiuni RF mari, trebuie ridicate cel puțin 2m, înălțimile calculate (10m respectiv 5m) au fost majorate cu 2m. De aceea și punctele de ancorare la sol (42 m respectiv 21 m), sau se folosesc doi stâlpi cu înălțimea de 2m la distanță de 36m, respectiv 18m.

Impedanța dipolului V intors în $\lambda/2$ este 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 soc RF.

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

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

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

Pentru lucru multi-band antena V intors se poate alimenta și cu linie simetrică (scărificată sau conductoare izolate răsucite) și un transformator cu ieșire simetrică. In acest caz brațele antenei au cca 199m.

Dipolul în formă de "C" RUBARJ

In Fig. 3.2.15 se dă acest dipol, montat în poziție verticală.

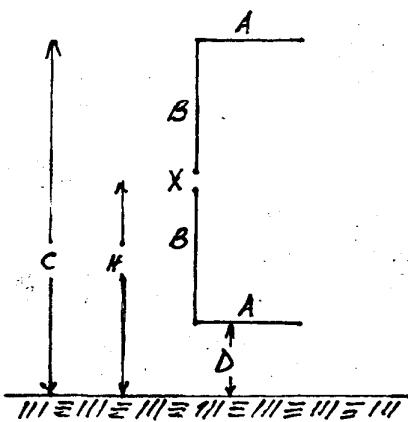


Fig. 3.2.15

Antena este realizată din conductor de cupru ϕ 1-2 mm eventual izdat. 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°

Fidereul coaxial pleacă de la dipol înclinat la un unghie de 45° și are balun la bornele X.

La 14,150 MHz impedanță este $Z = 56,6 - 1,89 \text{ Ohmi} \Rightarrow RUS = 1,14$.
(Dipolul se poate monta și orizontal)

Dipolul în formă de cerc

In Fig. 3.2.16 se dă dipolul în $\lambda/2$ răsărit în formă de cerc.

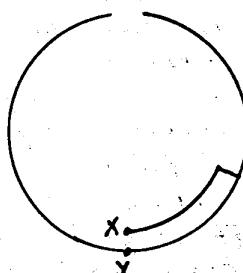


Fig. 3.2.16

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 și adaptorul; Gama și punctul Y. În punctul X se inseriază un mic condensator variabil. Antena se folosește în UVS și nu are căstig.

Dipol orizontal în V „DL7FAB modificat”

Dipolul DL7FAB, lung de 40m, cu bobină la 2m distanță de capăt și alimentat la capăt cu „scărăță” a fost modificat de autor (Fig.3.2.17)

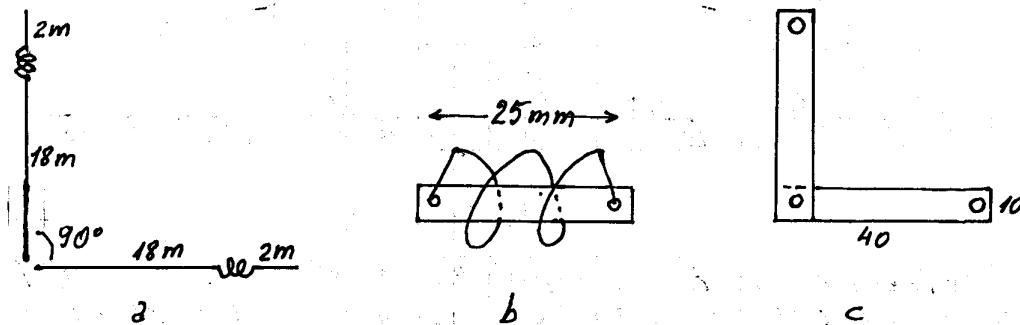


Fig.3.2.17

Dipolul și bobina DL7FAB 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 $\varnothing 2\text{mm}$, 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 omnidirectional. Bobinele corectează automat lungimea dipolului în 5 benzi clasice.

Antena se alimentează cu coaxial de 50Ω și transmisi.

Dipolul Fluture diédru

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

Cu dimensiunile date antena acoperă o gamă foarte largă și are căstig 7dB la 60MHz , 6dB la 90MHz , 16dB la 144MHz , 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 stînghiile S, nemetalice. Impedanța între vîrfurile XX variază între 300Ω la 60MHz și 380Ω la 300MHz . Adaptarea cu linia paralelă de 300Ω 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 scurt circuit, și de-alungul ei se caută punctele de conectare a coaxialului care dau RUS minim. Pentru 1296MHz laturile triunghiurilor echilaterale au câte $457,2\text{mm}$.

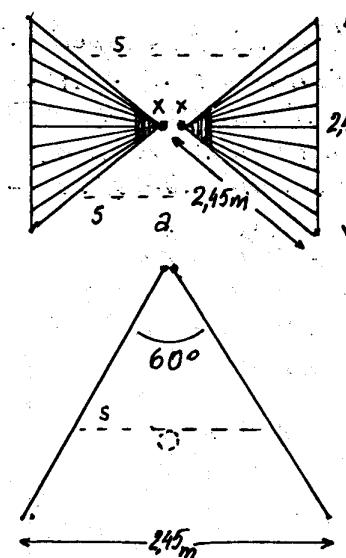


Fig.3.2.17'

3.2.1.4.3 Dipoli scurtați:

Deoarece lungul unui dipol în $\lambda/2$ se aşterne o jumătate ($\lambda/2$) de sinusoidală (180°) de undă staționară de curent, deci 180° (Fig. 3.2.18)

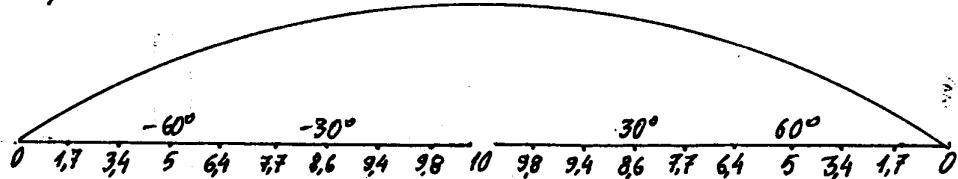


Fig. 3.2.18

Pentru fiecare jumătate a dipolului se aşterne un sfert ($\lambda/4$) de sinusoidală (90°) care au fost marcate pe antenă din 10° în 10° .

Presupunând că la mijlocul dipolului curentul are $10A$, spre capetele el scade sinusoidal, arând valurile notate.

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

Potem 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 răndamentul de radiatie (Fig. 3.2.19).

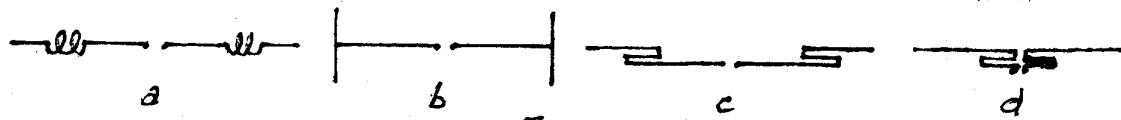


Fig. 3.2.19

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

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

În Fig. 3.2.19 c două porțiuni ale antenei sunt pliate și formeză liniile paralele. Presupunând că este vorba de porțiuni 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 $5,7A$.

Între 60° și 70° curentul are în medie $4,2A$ dar sensul lui este contrar și vectorii câmpului radiati sunt contrari celor radiati de porțiunea $50^\circ-60^\circ$, se scad și rămâne un câmp corespunzător diferenței de $1,5A$. Metoda a fost creată de C.S. Franklin în 1922.

Între 70° și 80° curentul are în medie $2,5A$, sensul lui este același cu sensul curentului din porțiunea $50^\circ-60^\circ$, și radiatia este produsă de suma $1,5A + 2,5A = 4A$. Deci 300° din fiecare latură a dipolului (în total 60° , adică $1/3$ din lungimea fizică) au fost pliate, și aceste porțiuni scurte radiază, dar cu răndament mai mic.

În Fig. 3.2.19 d această metodă, numită "linear loading",

fost aplicată la centrul dipolului, unde curentul este mare și variază mai lent. Făcând bilanțul rezultă un curent echivalent (care produce radiatie) de $9,3A$, 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 cisd din Fig (3.2.19) se face exact numai cu matematici superioare, deoarece curba curentului din Fig (3.2.18) nu este cu adevărat sinusoidală. Antena este denumita „Omega”.

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

Dipoli scurtați cu bobine

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

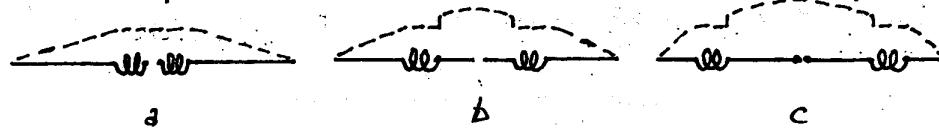


Fig. 3.2.20

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

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

Un dipol scurtaț la jumătate (cu lungimea fizică = $\lambda/4$) are rezistență de radiatie $R_{rad} \approx 13$ Ohmi și reactanță capacitive $X_C \approx -j \cdot 1100$ 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 $X_L \approx j \cdot 1.100$ Ohmi, pentru a compensa reactanța capacitive. Fiecare bobină are $X_L \approx 550$ Ohm. Inductanța se calculează în funcție de frecvență.

Dacă bobinile 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: $\frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_p} = \frac{13}{13 + 3,66} = 78\%$. Rezistența 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 câteva 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 nevoie unui transmisi.

La puteri mari bobina se realizează din conductor gros, cu „pas”.

- Un dipol scurtat cu bobine plasate mai departe de centrul (Fig. 3.2.20. b) are rezistență de radiatie mai mare, ceea ce mărește randamentul, dar bobinile fiind mai mari, au pierderi mai mari, care reduc randamentul.

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

Undipol scurtat la $1/2$ ($l=20,5\text{m}$), pentru $3,6\text{ MHz}$, rezonază cu o bobină la centru care are $X_L=1.000\text{ Ohmi}$, sau două bobine plasate la mijlocul laturilor fiecare cu $X_L=1.000\text{ Ohmi}$. În primul caz bobina are $4,9\mu\text{H}$, iar în al doilea, fiecare bobină are $43,2\mu\text{H}$. Rezonanța exactă se obține scurțând căte puțin capetele dipolului.

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

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

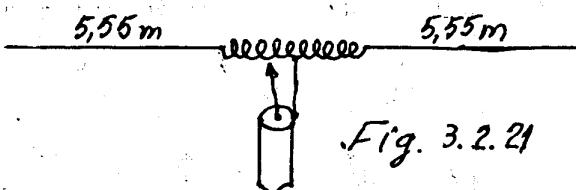


Fig. 3.2.21

Bobina are 30 spire din conductor $\phi 2\text{mm}$ pe lungimea de 127mm , pe carcasa cu diametrul $63,5\text{mm}$, bobinată cu pas. Tresa coaxială lui se conectează la centrul bobinei iar firul central la aceeași spire care dă RUS minim. La $Q=100$, 46% din putere încârcează bobina.

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

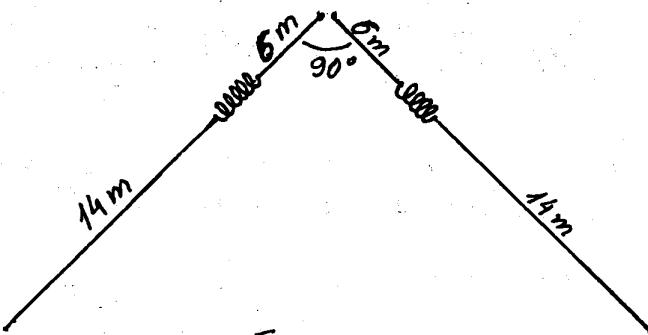


Fig. 3.2.22

Bobinile de compensare (alungire electrică) au căte $70\mu\text{H}$. Pilonul de susținere are $15-17\text{m}$. Pentru a evita inductanțe mari, bobinile sunt plasate mai aproape de centrul dipolului.

Scurtarea fizică a dipolului rezonază în banda de 80m .

- Scurtarea fizică a dipolului se poate face disponând 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 dă în Fig. 3.2.23

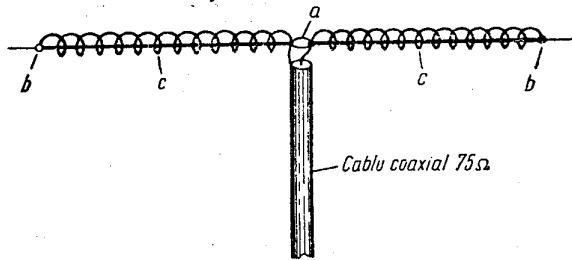


Fig. 3.2.23

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

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

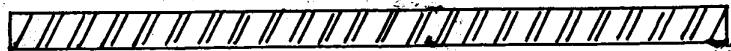


Fig. 3.2.24

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 rezonează pe 29 MHz. Tresa coaxialului se conectează la mijloc iar firul central la spira adoua, 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)

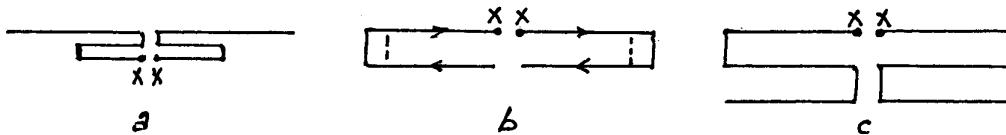


Fig. 3.2.25

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

In Fig. 3.2.25 b dipolul liniar în $\lambda/2$ a fost scurtaț $\lambda/2$ și $\lambda/4$ 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 măsoarează lungimea, uneori cu „scurtecircuitori” figurați cu linie întreruptă.

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

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

O asemenea antenă, realizată de W4JOT, denumită „Cobra” are lungimea 42,67m și rezonanță în banda de 1,8 MHz. Alimentarea se face cu linie parabolică în plastic de 450 Ω și transmaci.

(Scurtecircuînd punctele XX, aceste antene se pot alimenta cu dispozitiv T sau Gama.)

Dipolul scurtat cu capacitate terminală

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

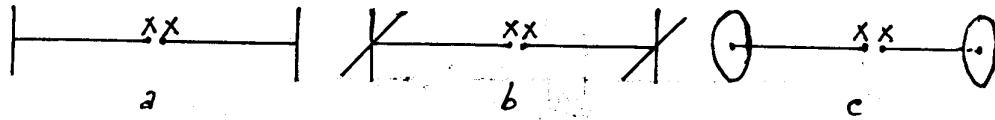


Fig. 3.2.26.a

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 capacitate terminală are cea mai mare rezistență de radiatie, deci cel mai bun randament.

La capetele dipolului se montează căte o fijă (a), 4 spite (b) care dă o capacitate mai mare dacă sunt unite cu un cerc din sârmă, sau căte un disc (c). Cercul cu 4 spite are o capacitate aproape egală cu discul. (Scurt circuitând punctele XX, aceste antene se pot alimenta cu dispozitiv T sau Gama).

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

Antena „dublu bazuka”

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

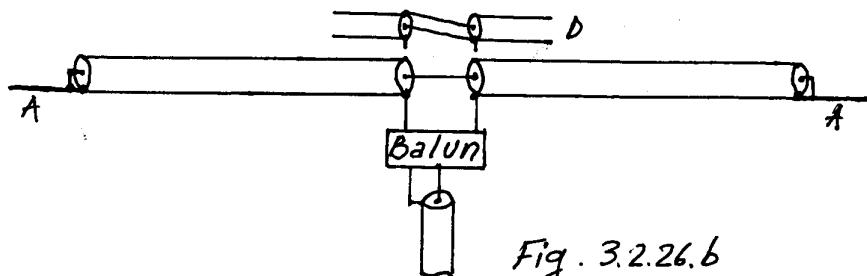


Fig. 3.2.26.b

Pentru frecvență centrală 3.750 KHz laturile coaxiale au căte 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 scurte circuit, pentru a acoperi o bandă mai largă. Cu conexiune tip Δ, impedanța este de 4 ori mai mică. [Pentru 1.830 MHz dimensiunile sunt de cca 2 ori mai mari, cca 57 m, iar pentru 7,1 MHz se înmulțesc cu 0,536]

3.2.1.5 Dipoli multiband alimentati la mijloc

Dipol liniar alimentat cu linie paralela

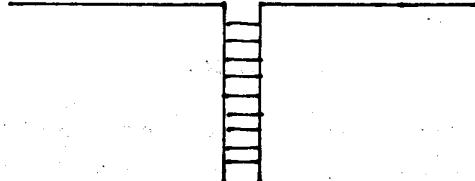


Fig. 3.2.27

Dipolul are 40,5m iar linia paralela de 450 m 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 emittorul 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 răndamentul lui de radiatie se reduce.^{în 8pm} Unda staționară de curent începe de la capete cu valoarea zero și se continuă pe linie, cupierendu-mici.

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

În banda de 40m dipolul este în λ și are căstig 1,6dB. Lungind dipolul la $1,28\lambda$ (cca 54m) căstigul său crește la 3dB (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”, doar conductoare cu izolație de bună calitate răsucite, „parabolică” TV de 300 Ohmi sau cablul coaxial, dar pierderile cresc și puterea suportată este limitată.

Antena G5RV

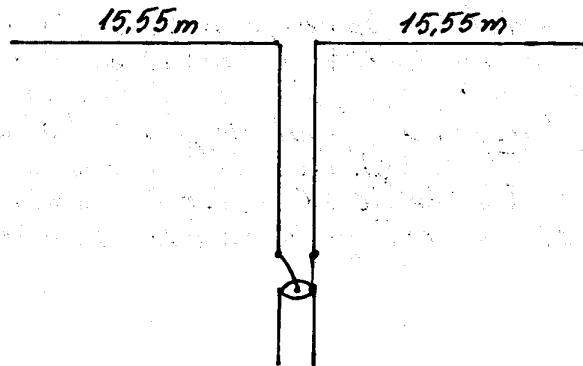


Fig. 3.2.28

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

Antena se poate monta și ca V în tors. Există variante la care fiderul este în întregime pamblică TV iar transmisiul are ieșirea electrică. Nu se folosește balun. O variantă comercială are $9,45\text{m}$ de "pamblică" de 300Ω și 21m de coaxial RG8X. Altă variantă are doar $10,2\text{m}$ de linie bifilară de 75Ω .

Dipol pentru 5 benzi UA4PA-UY5JY

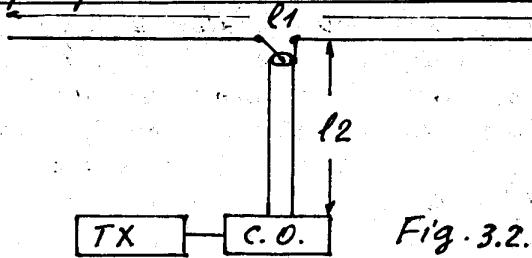


Fig. 3.2.29

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

Else montează în carcasa proprie sau chiar în etajul final. Bobina L_1 are cca $1\mu\text{H}$ și se montează perpendicular pe bobina L_2 . Bobina L_2 are cca $23\mu\text{H}$. Condensatorul variabil este cu plăci distanțate. Prizile pe bobine se aleg experimental, pentru RUS minim în fiecare bandă.

In cele 5 benzi armonice, peansamblul antenă + coaxial, care are lungimea electrică $42,5\text{m}$, se astern un număr întreg de semiunde de curent.

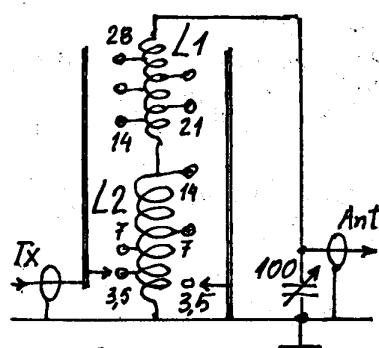


Fig. 3.2.30

Folosirea dipolului de 40m în 5benzi

Dipolul de 40m aflat în cosmos, din conductor infinit subțire, are impedanță 73Ω în $3,5\text{MHz}$. În benzile de $7,14,21,28\text{MHz}$ 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 cca 200Ω , în banda de 20m are cca 260Ω ,

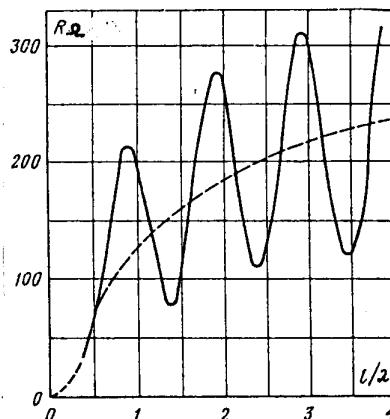


Fig. 3.2.31

în banda de 15m are cca 300Ω iar în banda de 10m - cca 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 2-3 mm, impedanța în cosmos este cca 65Ω (nu 73Ω), iar la 12m înălțime sunt cu 8x mai mici, adică respectiv 27Ω , $\sim 193\Omega$, 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 $9\lambda/4$ în 15m.

Se știe că o linie care are lungimea electrică un număr impar de $\lambda/4$ transformă impedanța conform formulei

$Z_c = \sqrt{Z_a \cdot Z_s}$. Z_c este impedanța caracteristică a liniei (50Ω), Z_a este impedanța antenei iar Z_s - impedanța sursei (emitterului). 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

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

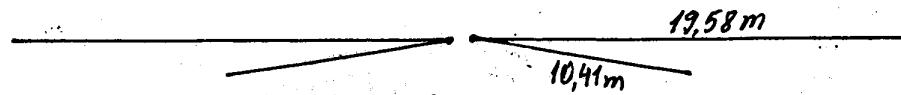


Fig.3.2.32

Capetele dipolului pentru 7MHz se îndepărtează cel puțin 50 cm 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 dispun ca Vintors, 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

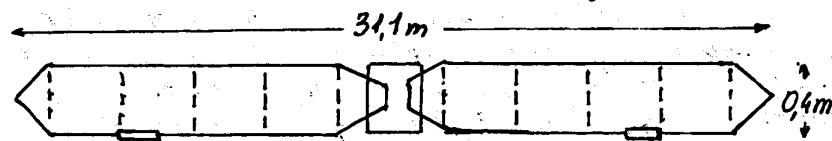


Fig. 3.2.33

Dipolul pentru 3,5MHz are capetele pliate, legate la izolatori „riglă” din plastic. Dipolii sunt menținuți paraleli cu distanțe din plastic. La centru, capetele dipolilor se fixează pe o placă izolantă, împreună cu balonul 1:1. Dipolii au 9,48m și respectiv 20,68m. Dipolul pentru 7MHz lucrează și în 21MHz. Antena se poate monta și ca Vintors.

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



Fig. 3.2.34

In 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 Vintors.

Patru dipoli pentru 5 benzi

In 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 scăzută de pe fir, pusă în cuporul cu microonde, se încălzește foarte puțin dacă este de bună calitate.

Dipolul pentru 35 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 în tors, fixând laturile în patru direcții, ceea ce reduce influențele.

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

Dipolul pentru 35 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 carcă să 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

In 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 3m de coaxial pe o carcă să 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 derivative care în principiu permit două frecvențe de rezonanță.

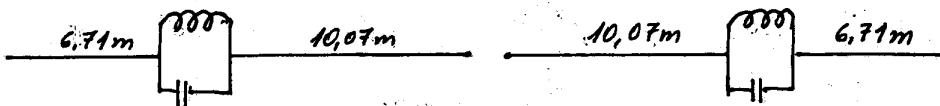


Fig. 3.2.37

Trapurile rezonă pe 7,050 KHz, bobinile având căte $8,3 \mu\text{H}$, iar condensatoarele căte 60pF . Cu aceste valori antena rezonă pe $3,7 - 7,05 - 14,1 - 21,2$ și $28,4\text{ MHz}$, având maximul de curent la centru și impedanță între $50 - 120\Omega$ în funcție de bandă. Alimentarea se face cu linie bifilară răsuportată sau coaxial. Fiderul trebuie să fie perpendicular pe antenă cel puțin 6 m .

Bobinile au căte 19 spire din cupru $\phi 2\text{ mm}$ argintat, bobinate cu pas pe lungimea de 8 cm , pe carcăsă cu diametrul 5 cm .

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

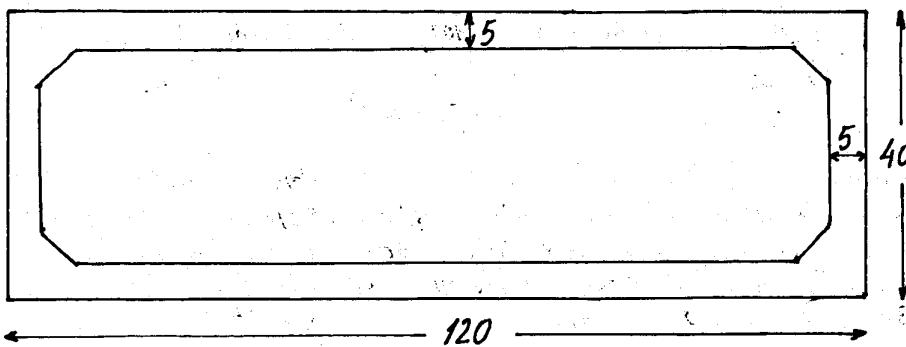


Fig. 3.2.38

Capacitatea se aduce la 60pF răzuind căte puțin culturile placătului. Cu condensatorul montat în bobină și conectat, se regleză pe $7,050\text{ KHz}$ deplasând spirele bobinei, AIP-metru fiind asistat de frecventmetru. Se recomandă alimentarea cu coaxial lung de $24,5\text{ m}$, $31,5\text{ m}$ sau $38,5\text{ m}$ ($K = 0,66$).

Trapurile se protejează cu pet-uri din plastic. Antena are lungimea cca 34 m . O variantă de realizare a bobinei este cu 25 spire pe lungimea de 60 mm , pe carcăsă cu diametrul 30 mm . Condensatorii pot fi bucăți din coaxial RG213/U lungi de cca 62 cm , fixate paralel cu acea latură a dipolului la care este conectată tresa.

Dimensiunile din Fig. 3.2.37 sunt stabilite de BM2ABK. Dimensiunile originale W3DZZ sunt $9,76\text{ m}$ și $6,71\text{ m}$ 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.

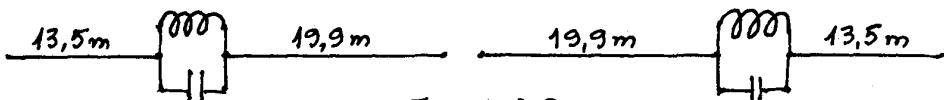


Fig. 3.2.39

Bobinele au căte 38 spire adiacente din conductor $\phi 1\text{mm}$ pe carcasa cu diametrul 25mm, sau 17 spire Cu de 2,5mm, cupas, lungimea 107mm pe carcasa 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 Vintors, lungimea conductoarelor trebuie ajustată pentru RVS minim în 1,8 și 3,5 MHz. Alimentarea se face cu coaxial de 50Ω.

Dipol cu trapuri 21-28MHz YO4MM

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

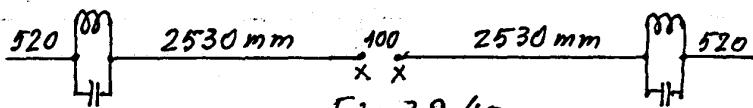


Fig. 3.2.40

Conductorul folosit este Cu $\phi 2\text{mm}$. Bobinele sunt realizate direct pe unditele din fibră de sticlă și au 19 spire pe lungimea de 35mm. Capetele lor sunt fixate cu „șoricei” din plastic.

Condensatoarele sunt realizate din sticlotextolit dublu placat, gros de 2,3mm și au $39 \times 29\text{mm}$, pentru o capacitate de 24pF.

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

Capetele XX ale dipolului, eștorite, depășesc cu 2cm bazele unditelor. Bazele unditelor se fixează pe oțelă de oțel lungă de 30cm, care intră căte 10cm în undite. Intervalul de 100mm servește la fixarea pe pilon.

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

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

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

Dipol multiband cu linii în $\lambda/4$ ca trapuri W4JRW
 „Latkin 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.

In 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 300 Ω.

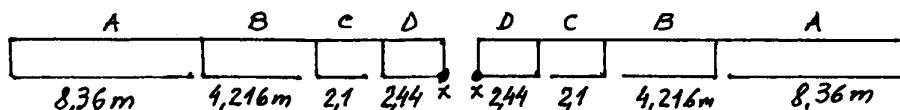


Fig. 3.2.41

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

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

Antena se alimentează în punctele XX cu coaxial de 50 Ohmi și balun 1:1 sau coaxialul se face „colac”, ca soc REF.

Dipol cu trapuri pentru 40, 80 și 160 m W8NX

Această antenă se dă în Fig. 3.2.42

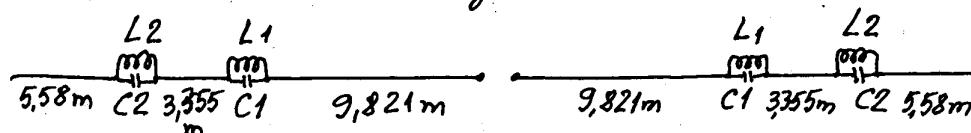


Fig. 3.2.42.

Antena lucrează în portiunile SSB ale benzilor. Trapurile sunt realizate din coaxial RG-58, sau clasic. L1 are $33\mu H$ iar C1 are 15 pF , pentru a rezona pe 7,2 MHz. L2 are $74\mu H$, C2 are 24 pF pentru a rezona pe 3,8 MHz. [Frecvențele pot fi coborate măriind condensatoarele, apoi ajustând lungimile conductoarelor antenei]. Lungimea totală este în 37,5m. Datorită acestui fapt și trapurilor banda de trecere este 65 kHz în 160 m, 75 kHz în 80 m și 200 kHz în 40 m (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 se dă dipolul în $\lambda/2$ orizontal Hertz.

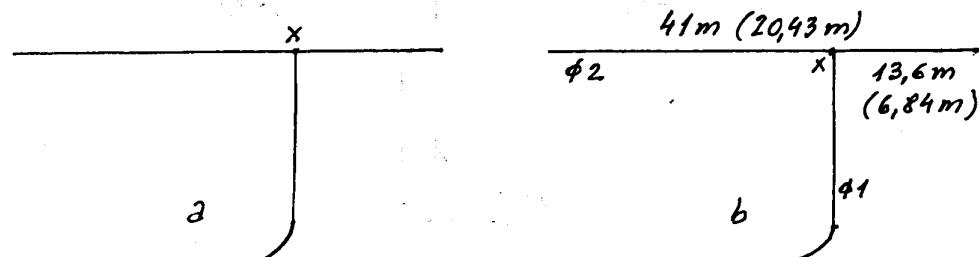


Fig.3.3.1

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 impedanță 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 perfectionată în 1929 de Windom Lorenz. Lungimea se calculează cu formula $l[m] = 142,5/F[\text{MHz}] \cdot \lambda/14,76\text{m}$ de capăt.

Antena VS1AA (1936)

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

În paranteze sunt dimensiuni pentru varianta redusă, care funcționează ca dipol în 7-14-21-28 MHz, și ca antenă verticală cu capacitate terminală în 3,5 MHz. 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 80 m. Pe armonici există RUS și linia radiată moderat.

Reducând de 4 ori dimensiunile, antena va funcționa ca dipol în 14-21-28 MHz și ca antenă verticală în 7 MHz. 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 obună priză de pământ. Având în vedere că în prezent impedanța de ieșire a stațiilor s-a generat la 50Ω, se folosește un transmisor.

UV5SA 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 etalonare de curenț și tensiune pe dipolul lung de 41,45m, în diverse benzi, este în astă fel. Înălțat 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 „pămâlică TV” de 300Ω (Fig. 3.3.2)

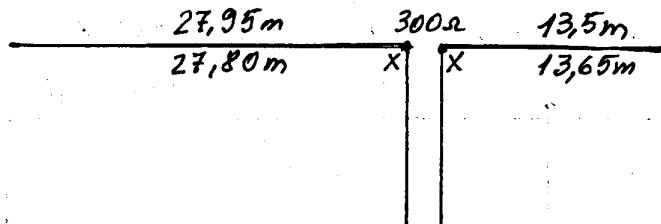


Fig. 3.3.2

Dimensiunile la varianta ALTAU sunt scrise deasupra antenei iar ale variantei WFOWO - dedesubt. La varianta WFOWO, alimentarea antenei este deplasată 15cm mai spre centru, ceea ce îmbunătățește adaptarea în 40, 20 și 10m și o înrăutățește puțin în 80m. La ambele variante, linia de 300Ω se cuplăză la emittor prin balun 1:6. Lipsescă 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 3800 KHz). Conductorul este lițat și acoperit cu PVC.

O variantă mai avansată a antenei OCF, publicată în revista HA Radiotehnică 5/1983 și prezentată de Y06AJI în revista „Radio comuni catii 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 autotransformatörului, unde impedanța este în raportul 7:1, și unde se conectează coaxialul de 50Ω. (Fig. 3.3.3).

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

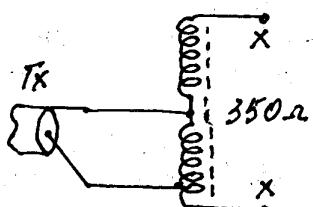
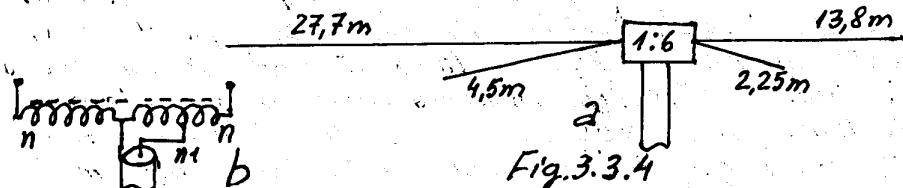


Fig. 3.3.3.

Antena OJ2KY

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



Antena se alimentează cu coaxial de 50Ω și RUS este sub 2 în benzi 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.

În 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 undei staționare de tensiune și minime de curent, deci impedanță mare.

La fel este situația și la capătul unei linii parallele de transmisie, cu capătul în gol. Deoarece linia paralelă cu capătul în gol 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 linie cu aer (scăriță) sunt neglijabile iar pe linia în plastic puțin mari.

Antena Zeppelin

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

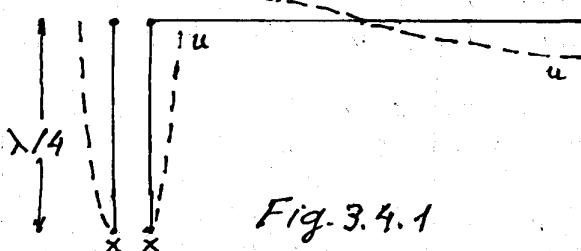


Fig. 3.4.1

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. Impedanță în punctele XX este mică. Această situație există dacă linia are $3\lambda/4$, $5\lambda/4$, $7\lambda/4$ etc.

În cazul general, linia are o lungime oricare și la capătul ei impedanță are o valoare oricare, dar complexă: $Z = R + jX$.

Partea reactivă a impedanței poate avea caracter inductiv sau capacativ, după defazarea 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, impedanță este mare dar nu are o parte reactivă.

Tensiunea la capătul antenei este maximă doar la frecvență de rezonanță și permite funcționarea corectă a liniei cu capătul în gol.

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 3 rezonanțe 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 (scăriță) lungă de 13,75m. Adaptarea se face la emițător, cu un transmisiu 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 rezonanță antenei, linia nu radiază. Diagrama de radiatie difere pe benzi.

Antena DL7AB

In Fig. 3.4.2 se dă antena Zeppelin modificată de DL7AB.

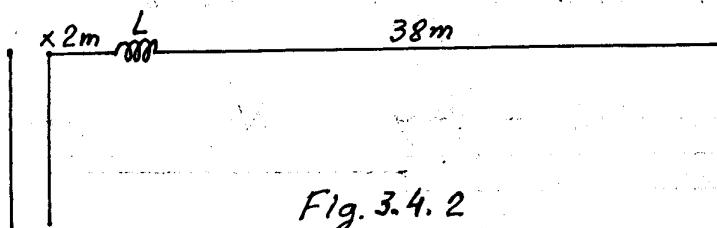


Fig. 3.4.2

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 scăză aproape de capătul X unde sinusoida semiundei de curent are minim, și alungeste antena cu 71 cm - exact cât trebuie să fie 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 stationar la 2 m de capăt este mai mare, și alungirea este mai mare. În banda de 10 m, maximul sinusoidei de curent este la circa 2,5 m de capăt. Bobina alungă "antena (electric) cu 2,6 m, exact cât trebuie pentru a fi la rezonanță.

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

Antena J-pole

In Fig. 3.4.3 se dă antena denumită J-pole (datorită semănării cu litera J) folosită mai mult în UUS, în poziție verticală

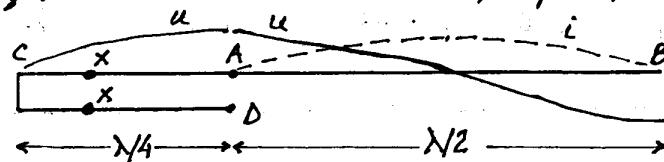


Fig. 3.4.3

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

Portiunea AC este o linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit care are maxim de tensiune la bornele AD, deci porțe injectă energie în dipol. Impedanța de-alungul liniei este zero la capătul C și crește treptat până la capătul AD, unde porțe fiind de Ohmi. Coaxialul se conectează la punctele XX, găsite experimental prin deplasarea unor coliere, unde impedanță este 50 Ω.

În poziție verticală antena radiază omnidirectional, la unghi mic.

Antena este monoband. Portiunea 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 ≈ 109 cm, AC ≈ 51 cm, AD ≈ 4 cm.

Dipolul RFD
Resonant feed-line dipole

In Fig.3.4.4 se dă dipolul conceput de W20ZH.

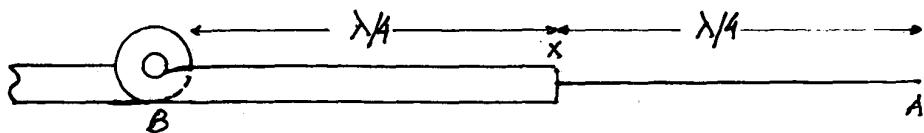


Fig. 3.4.4

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

În punctul B se fac câteva spire din coaxial, care constituie un soc RF, care funcționează ca un izolator pentru curentul de pe exteriorul fresei. Doar exteriorul porțiunii XB a fresei radiată, formând un dipol în $\lambda/2$ împreună cu latura XA. Dipolul se instalează cât mai degajat. Dimensiunea socului 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) rezonante.

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

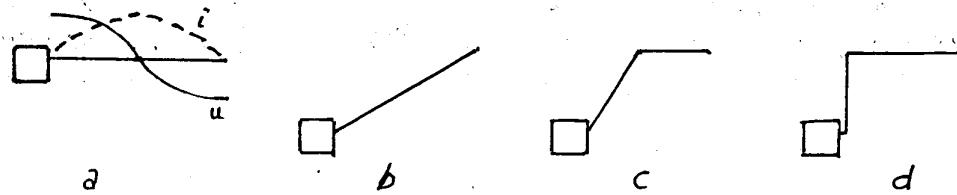


Fig. 3.4.5

În Fig. 3.4.5. a, stația fiind la înălțime mare față de pământ, antena este orizontală și intră într-un izolator montat în locul ferestrei. În b antena este montată ca „fir înclinat” și radiază unde cu polarizare verticală (convenabilă la DX) și cu polarizare orizontală, proporția depinzând de inclinare. 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 spate emittor există în general maxim de tensiune (periculoasă). Dacă 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 carcasa se conectează conduce-toare izolate cu lungimea $\lambda/4$ pentru fiecare bandă, care se pozează pe lângă pereti, jos, sau se întind în curbe 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 42,2 m, lungime de compromis.

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

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

În 80 m 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, ca și la antena Zeppelin, dar lobii din partea dreaptă

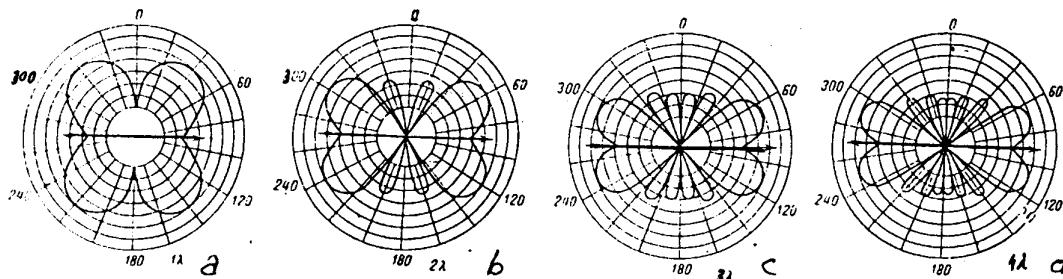


Fig. 3.4.6

A diagramelor sunt alungiti spre dreapta, spre capătul exterior al antenei.

Dreagramele de radiatie in plan vertical, la orice antena orizontală, depind de înălțimea față de pământ (sau de terasa blocului) exprimată în λ . În funcție de această înălțime, lobii de radiatie au diferite unghiuri de inclinare față de pământ. Pentru lucrul la 8λ , unghiul optim este cca 60° în $80m$, 30° în $40m$, 15° în $20m$, 12° în $15m$ și 9° în $10m$. Unghiul depinde de anotimp, deactivitatea 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, lobii coboară și apar lobii noi, care preiau o parte din putere (Fig. 3.4.7)

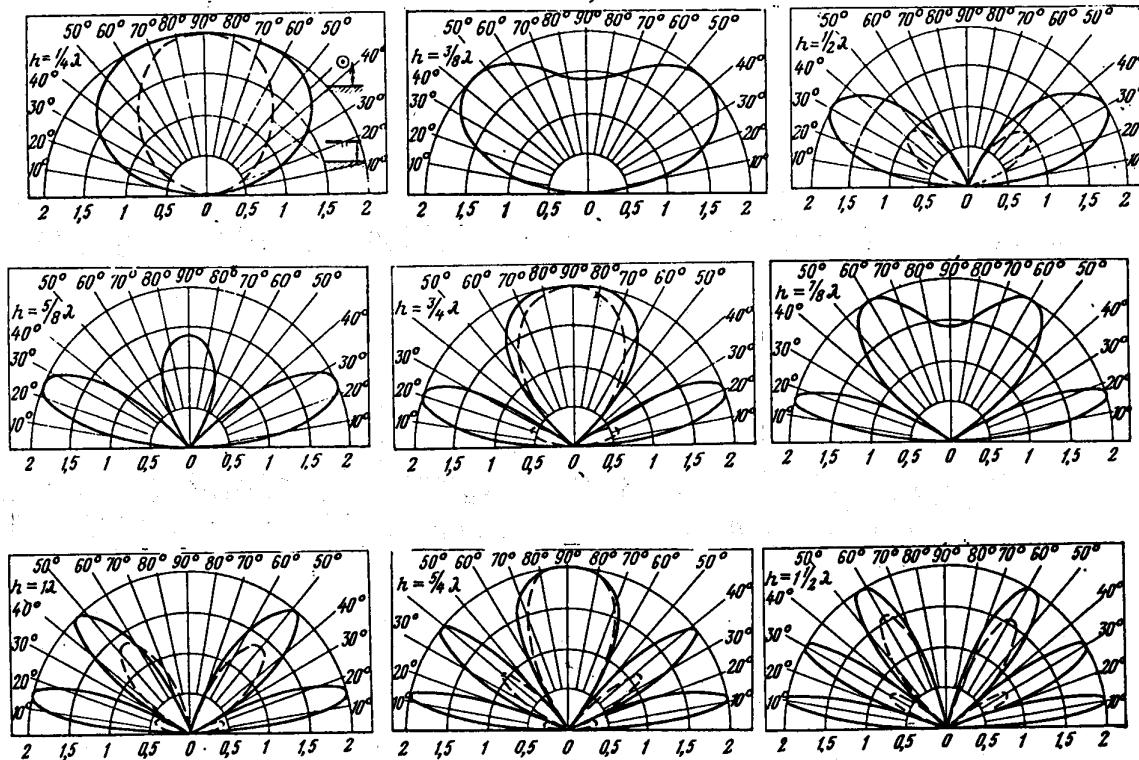


Fig. 3.4.7

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

Antena "fir lung" orizontală are în fiecare bandă altă înălțime exprimată în λ , deci altă diagrame de radiatie, conform Fig. 3.4.6 și Fig. 3.4.7. Dacă antena este "fir" înclinat la 360° , lung de λ , doi dintre lobii 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 căști și directivitate mare.

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

Antene „fir lung” nerezonante

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

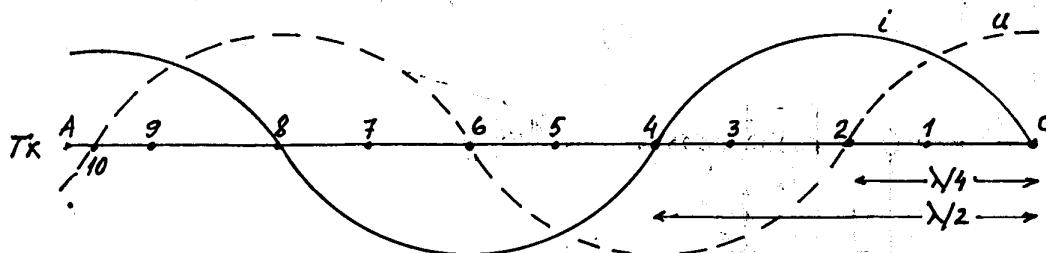


Fig. 3.4.8

Pozitia undelor de tensiune u (linia intreruptă) și a undelor de curent i (linia continuă), este fixă (stationară), dar amplitudinea lor variază în timp. Pe figură este surprins momentul când u și i sunt maxime. În timp de $1/4$ din perioadă valoările scad treptat (curbele se turtesc) până ajung la zero; apoi, în timp de $1/4$ perioadă cresc, dar în partea opusă a liniei orizontale, adică tensiunea are polaritate inversă și 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 îndepărțarea 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 capacativ: $Z = R - jX_c$.

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 compensă 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 o „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 statie” dă probleme. Renunțând la principiul rezonanței, se poată lungi și scurta 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 transmaci simplu ca în Fig. 3.4.9

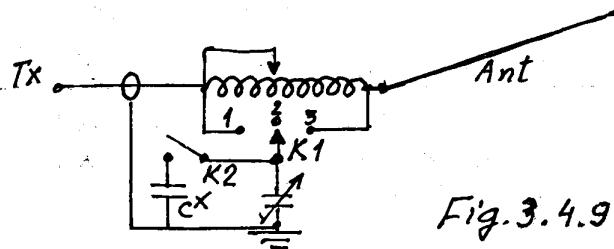


Fig. 3.4.9

Bobina este variabilă (cu roată, sau comutator și prize pe benzi) și are $20-25 \mu\text{H}$. De ex. ea poate avea 30 spire (cu $\varnothing 2\text{mm}$, 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 K_1 la capătul din stânga al bobinei (dacă antena are impedanță sub 50Ω) sau la capătul din dreapta (dacă antena are peste 50Ω).

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

Antena poate avea diverse forme și poziții, dar trebuie să fie degajată. Cu comutatorul K_2 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 inclinat de vârful unui pilon (Fig. 3.5.1.)

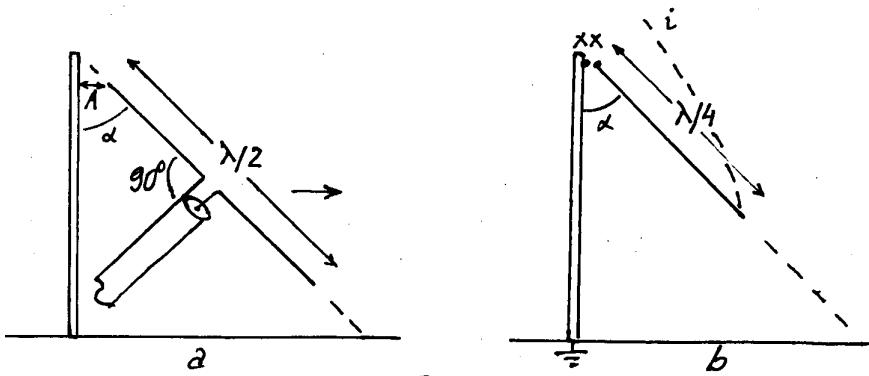


Fig. 3.5.1

In Fig. 3.5.1. a se dă dipolul în $\lambda/2$ sloper. Unghiul dintre pilon și antenă este 30° - 45° . Distanța dintre vârful dipolului și pilon (A) este $0,036\lambda$. Dacă pilonul este metalic, dipolul radiază mai intens în direcția inclinării (săgeata). Dacă pilonul este nemetalic, radierea este omnidirectională. Pilonul poate fi nmetalizat fixând de-alungul lui un conductor.

Micșorând unghiul de la 45° , radierea devine practic omnidirectională, dar concentrată la unghi mic (15°) față de pămînt.

Polarizarea undelor este verticală. Rezistența de radiere 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 3,5 MHz).

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

K1 WA 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 căte 10,97m, vin de la dipoli și sunt fixate pe pilon, de unde pleacă un singur coaxial la stație. Releele conectează doar un dipol la stație. Celelalte coaxiale de 10,97m rămân îngoli și „alungesc” electric dipolii, astfel că ei se comportă ca reflectori pentru dipolul activ, în 7 MHz. Astfel se obține câștigul de 4dB.

In Fig. 3.5.1. b se dă antena sloper în $\lambda/4$, care necesită pilot metalic. Tresa coaxialului se conectează la pilon și firul central - la antenă. Răndamentul este apropiat de cel al sloperului în $\lambda/2$. Unghiul α se regleză între 40° - 60° , iar lungimea sloperului se ajustează pornind de la $l = 0,24\lambda$, pentru a obține RUS minim în coaxial. Câștigul antenei este 3-6 dB.

Ancorele pilonului se intrerup cu izolatori din 4 în 4m.

Curentul i (dintr-o intreruptă) 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 bloc, mărind eventual înălțimea cu ajutorul unui pilon.

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

Acet sloper folosește principiul antenei W3DZZ (Fig. 3.5.2)

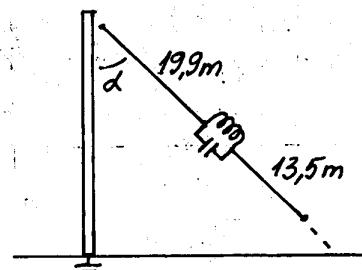


Fig. 3.5.2

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

Bobina are 17 spire din Cu $\varnothing 2,5\text{mm}$, pe lungimea de 107mm, cu pas de 6mm pe o carcăză cu diametrul 90mm. Condensatorul are 117pF , fiind format din trei condensatoare de cîte 39pF , de emisie, legate în paralel și montate în bobină.

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

Capătul de jos al antenei se scurtează, și unghiuil să se regleză pentru RUS minim pe 1.840 KHz. Apropierea capătului de jos de pămînt face dificil acordul. Pilonul se tezgă la obună priză de pămînt.

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 rabatere se obține dipolul în λ (Fig. 3.6.1.b)



Fig. 3.6.1

Curentii în laturile dipolului în λ au același sens, radiatiile lor se insumează și rezultă un câștig de 1,6 dB d. 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 $\lambda/2$ colinéari.

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

La frecvențe armonice 2F, 3F, 4F etc. lungimea dipolului în λ devine 2λ , 3λ , 4λ și el are deasemeni 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 diagramea de radiatie în plan orizontal are patru lobi, ca un trifoi cu 4 foi.

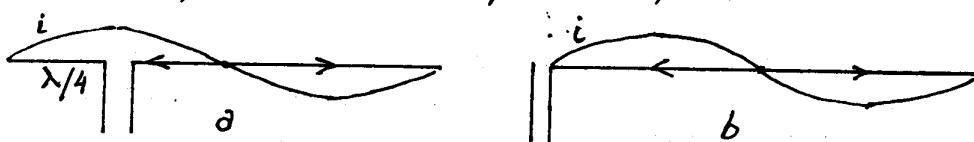


Fig. 3.6.2.

La dipolul în λ coeficientul de surtare k și rezistența de radiatie 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)

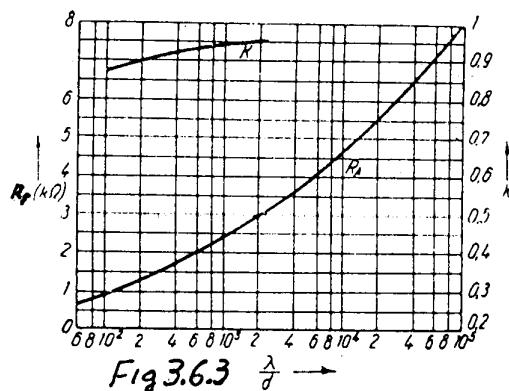


Fig. 3.6.3

Antena în λ alimentată excentric la distanță $\lambda/4$ 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 transmisi, nu doar în λ , dar și în $1/2\lambda$, 2λ , 3λ , 4λ , deci în 5 benzi clasice de radioamatori.

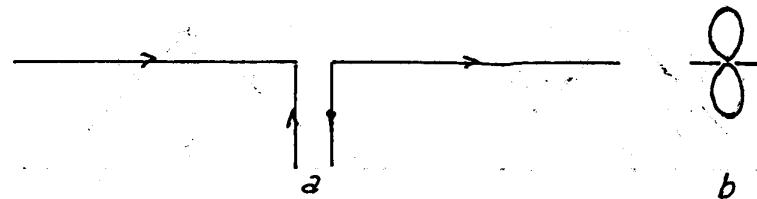


Fig. 3.6.4

Antena are o lungime rezonantă, de compromis: 41,15m. Fiderul este cu aer (scărătă) sau în plastic. Diagrama de radiatie pe direcție benză 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 radiatie 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 asterne mai corect pe conductor, în diverse benzi.

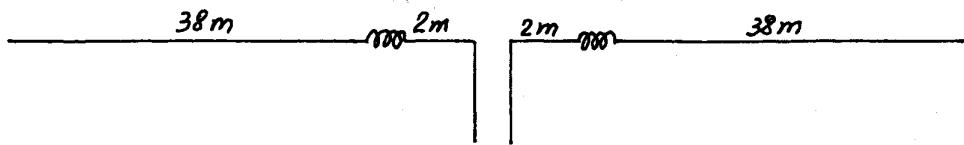


Fig. 3.6.5

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

Antena „V în tors în λ ” YO4MM

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

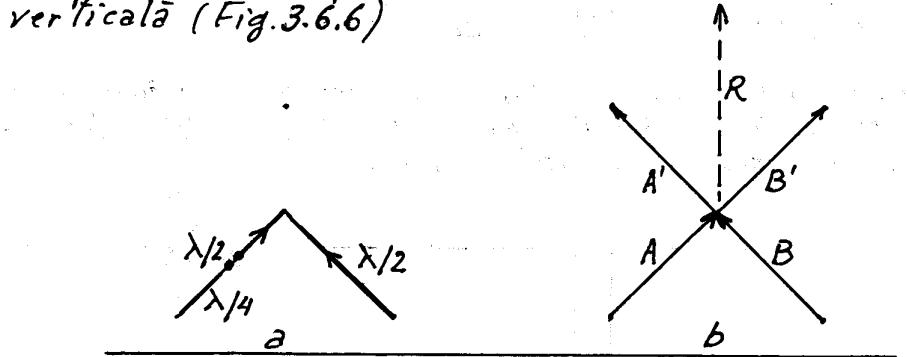


Fig. 3.6.6.

Antena este în λ , montată ca „V în tors” 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 reprezentati 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 (scărătă) ~~cu aer sau în plastic~~, și transmisiune simetrică.

Antena este monobandă 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 $0,64\lambda$, căstigul crește de la $1,6\text{dBd}$ la 3dBd . (Fig. 3.6.7 a)

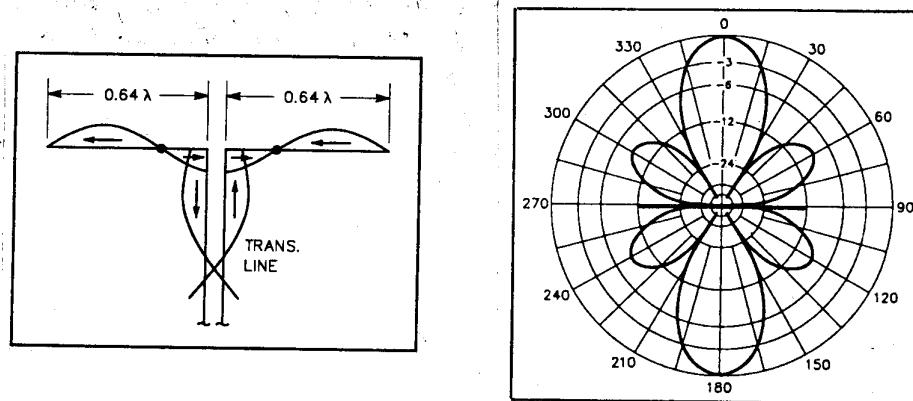


Fig. 3.6.7.

Unda staționară de curent se continuă pe fider și trece prin maxim la distanță $0,11\lambda$ 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 emitorul se face cu un transmaci simetric.

Lungimea antenei rezultă din relația: $l_{\text{m}} = 383,8 / f_{\text{MHz}}$. Diagrama de radiatii (Fig. 3.6.7.b) și căstigul de 3dBd , care înseamnă mărirea de două ori a puterii, recomandă antena în US și UVS, respectând forma liniară.

Antena EDZ pentru banda de 40m, cu lungimea de 54m, alimentată cu linie paralelă cu aer (scărită) 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

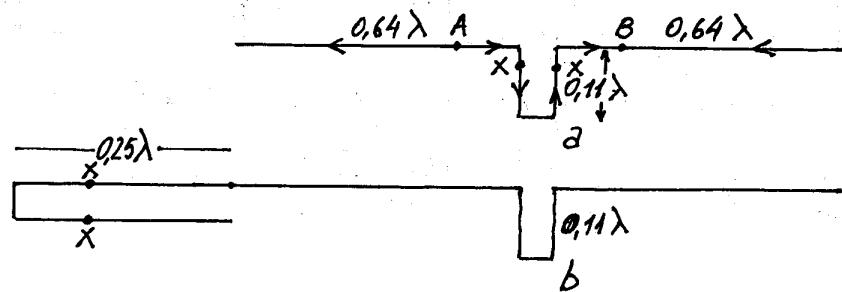


Fig. 3.6.8

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 ultrasecure alimentarea se face la capăt cu

o linie în $\lambda/4$ în scurtcircuit (Fig. 3.6.8 b), în punctele XX unde impedanță este 50 Ω, iar antena se montează vertical, pentru a rădia omnidiirectional. 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 curenț.

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 \varnothing 3-5mm lung de 309cm. Dacă antena se realizează din țeară, dimensiunile scad când diametrul crește.

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

Antena „dublu triunghi” 804MM

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.

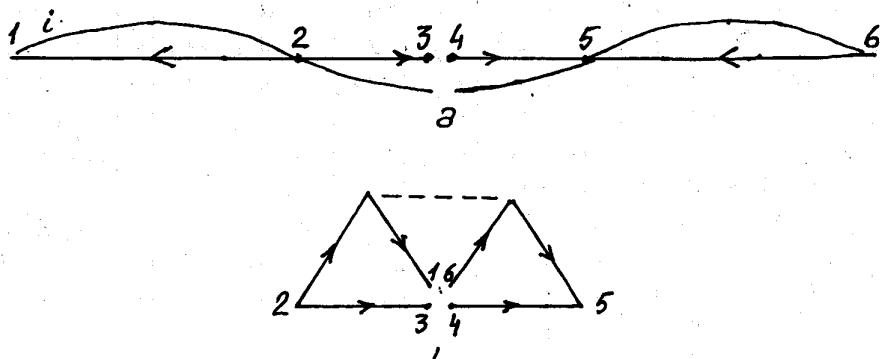


Fig. 3.6.9

Curențul în porțiunea 2-5 este contrar curentilor din porțiunile 1-2 și 5-6, ceea ce micșorează radiatia totală. Replind 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.

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

3.7. Dipoli asimetrici (monopoli)

La un dipol asimetric doar o jumătate radiază și este vizibilă, de unde și denumirea „discutabilă” monopol! Ceaală jumătate este deobicei pământul, sau un pământ artificiul, creat cu conductoare.

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

Antena Marconi

In Fig. 3.7.1 se dă principiul antenei folosită de Marconi în 1905.

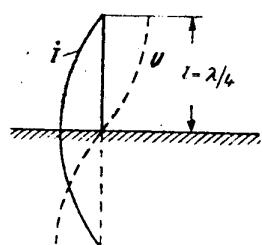


Fig. 3.7.1

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

Pentru a introduce energie se întrerupe legătura antenei la pământ, sau se inseră 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.

In timp ce la dipolul în $\lambda/2$ diagrama de radiatie este un tor, la monopolel în $\lambda/4$ diagrama de radiatie este jumătate din tor (fig. 3.7.2). Această jumătate conține și energia radiată de cealaltă jumătate a torului, deci antena are câștig $3dBd$. Linia continuă este diagrama în cazul unui pământ perfect conductor. Din cauza pierderilor în pământul real, diagrama are forma liniei întrerupte, cu radiatii slabă la unghiuri mici.

In plan orizontal, diagrama de radiatie este circulară, omnidirectională. Pământul râu 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 îngropă $5-10\text{ cm}$ în sol, sau pe sol sau, mult mai eficient, se pot înălța de la sol $0,5-3\text{ m}$. Rezistența de pierderi în sol 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 puține.

Metalizarea solului îmbunătățește doar randamentul, nu și diagrama de radiatie 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.

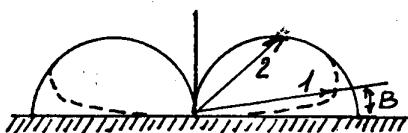


Fig. 3.7.2.

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

Numărul radialelor	Rândamentul %	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 puțin, atenuate la nivelul solului, maximul diagramei fiind la un unghi de 5° deasupra mării și la $\sim 150^\circ$ deasupra unui sol „slab”.

Deoarece majoritatea parazișilor atmosferici și industriali au polarizare verticală, antena verticală este mai zigomotoasă 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 capacitive și antena mai lungă decât $\lambda/4$, reactanță inductive. 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.

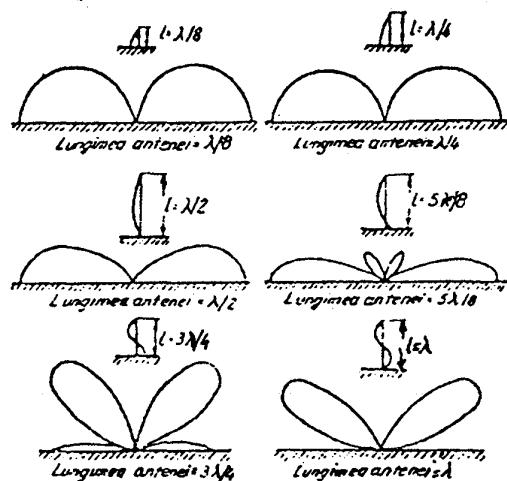


Fig. 3.7.3

In Fig. 3.7.3 se dau diagramele de radiație în plan vertical ale antenelor verticale cu înălțimi crescând de la $\lambda/8$ la 1λ , 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 UUS. Căstigul este cca 5 dBd.

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

In 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 diferență 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 undeide tensiune.

La lungimi ale antenei de până la $0,377\lambda$, raportul dintre lungime și diametru nu influențează practic rezistența de radiatie 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 $30-52$.

In Fig. 3.7.4. se dă distribuția curentului pe antena în $\lambda/4$, din 10° în 10° , la o putere de $36W = 36\Omega \cdot 1A^2$, pământ fiind considerat perfect conductor. Însprij baza antenei, curentul și radiatia undelor sunt maxime.

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

Radialele antenei se „adună” la o placă metalică, sau un inel metallic, 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 $10MHz$ antena împreună cu 4-3-2 radiale se înălță la cel mult $0,25\lambda$ și capătă denumirea „Ground plan”, adică plan ele pământ artificial.

Între baza antenei și priza de pământ se conectează un edator și un șoc de radiofrecvență pentru deschiderea 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. In cazul apelui mării acest unghi este sub 1° la orice frecvență. In cazul apelii nesărate unghiul Brewster este 7° la orice frecvență. In cazul pământului „bun”, mediu, slab, foarte slab conductor, unghiul este: $3^\circ, 8^\circ, 12^\circ, 16^\circ$ la $1,8MHz$ și $5^\circ, 12^\circ, 14^\circ, 21^\circ$ la $3,5MHz$.

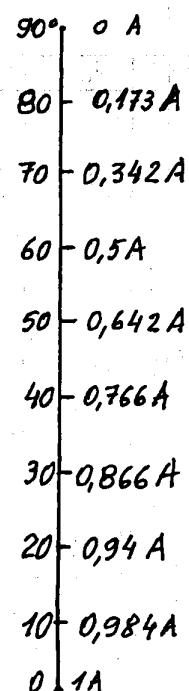


Fig. 3.7.4

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

Dacă randamentul antenei verticale în $\lambda/4$ crește datorită radiatelor, "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 median și -37dB cu sol foarte sărac (nisișos, pietros). Situația nu se îmbunătățește simțitor mărind numărul radiateelor la 120 sau dublând lungimea lor.

Adâncimea de pătrundere a curentilor 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 radiateelor de la sol reduce pierderile.

Unind cu un conductor capetele radiateelor, performanțele cresc.

Dacă radiatele sunt înălțate de la pământ, ele nu se conectează la priza de pământ. Odată cu înălțarea lor numărul radiatelor se poate reduce. În Fig. 3.7.5 se dă diagrama de radiatii 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 .

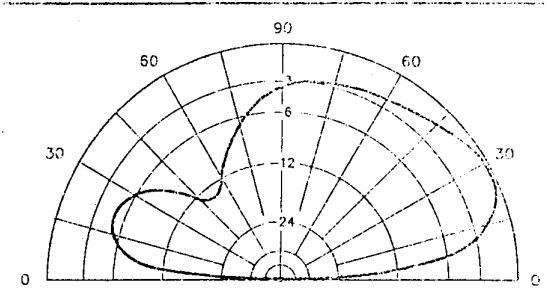


Fig. 3.7.5

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

Totuși radiatia la unghi mic o hotărăște calitatea solului, aflat la distanțe de peste 2λ de antena verticală în $\lambda/4$.

Radiatele "înălțate" trebuie să aibă lungimea $\lambda/4$.

Radiatele scurte din lipsă de spațiu se pot compensa cu bobine calculate ca la dipoli scurtați, dar bandade

trecere a antenei se îngustează și apar pierderi în bobine.

Dacă pe teren există obiecte, radiatele 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 radiatii 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, ceea ce sunt calculate datele din tabel:

φ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
R_{rm}	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 rezistență peliculară a conductorului și a pierderilor în dielectrici, totalizând 5-30 Ω . Dipolul în $\lambda/2$ are randament mai mare, având R_{rm} mare și R_p mic.

Pentru a realiza comunicatii 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 cind 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 înălțată de $\lambda/4$ și realizată din conductor rigid, lungimea ei se calculează cu formula: $l = 71,3 / F \text{MHz}$ iar radiile cu formula $l = 71,9 / F \text{MHz}$. În cazul tevilor sau pilonilor se aplică un coeficient de descurtare mai mare.

În Fig. 3.7.6 se dă variația rezistenței active (curba continuă) și a reactantei (curba din „c”) antenei verticale funcție de înălțimea fizică, pentru un sol ideal. O antenă înălțată de numai $0,1\lambda$ (16,5 m la 1,8 MHz) are o rezistență de radiatie de cca 55 Ω. Folosind suficiente radiile pe sol sau înălțate, rezistența de pierderi se reduce la 5 Ω și răndamentul este cca 50%.

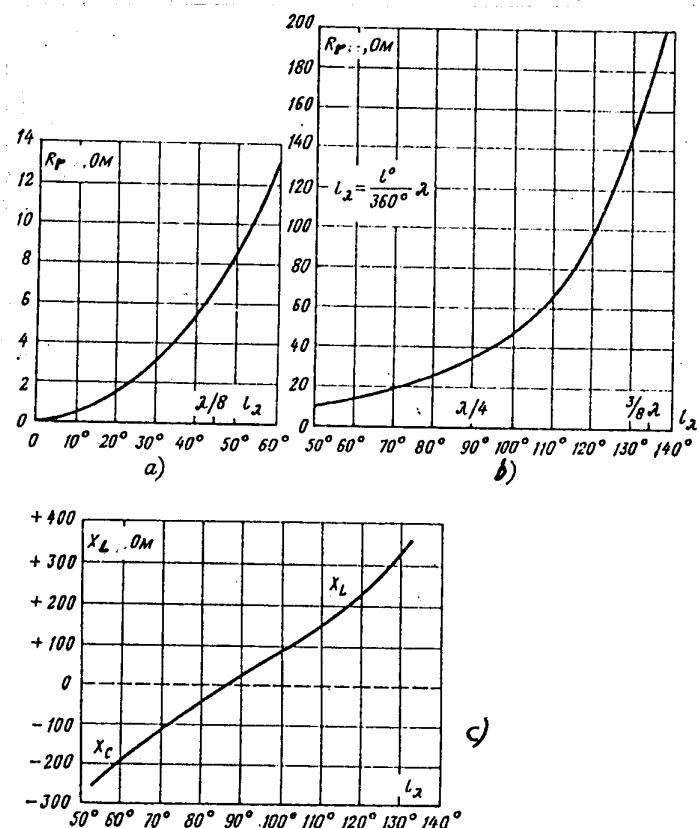


Fig. 3.7.6

Alimentarea antenelor verticale

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

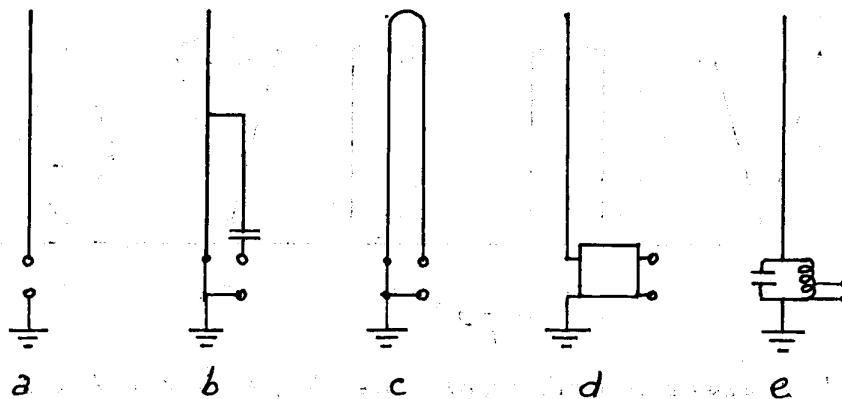


Fig. 3.7.7

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

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

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

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

$$\begin{array}{c}
 \text{Ant} \quad R_c \\
 \text{R}_r \quad L \quad 50\Omega \\
 \text{C} \quad < 50\Omega
 \end{array}
 \quad Q = \sqrt{\frac{R_c}{R_r} - 1} \quad X_L = Q \cdot R_r \quad X_C = \frac{R_c}{Q}$$

Fig. 3.7.8

Aflând reactantele bobinei și condensatorului, se poate afla inductanța și capacitatea la frecvență 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 .

In 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 derivativ. 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.

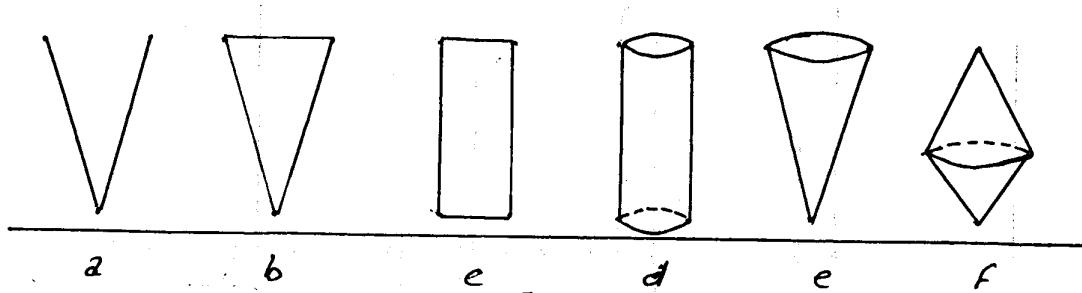


Fig. 3.7.9

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 pilot înalt de 26,5m, diametrul cercului desus 40m și acoperă gama 2-30 MHz cu RUS sub 2.

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

Antena verticală 14-30 MHz UW4HW

In Fig. 3.7.10 se dă antena de bandă largă „exponentială”.

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

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

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

Dimensiunile din paranteze sunt pentru gama 7-30 MHz.

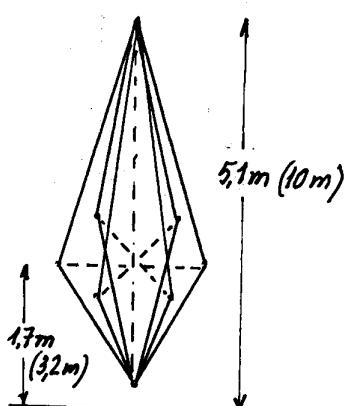


Fig. 3.7.10

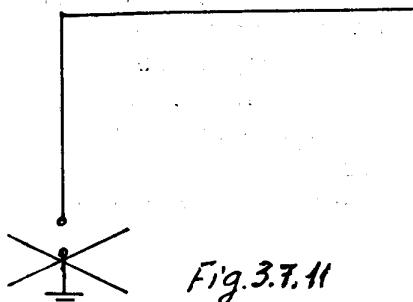
Antena „L culcat” pentru 1,8 MHz.

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 lucru la distanțe mari. Partea orizontală permite lucru la distanțe mici.

Antena se alimentează cu coaxial și transmaci, 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 relee.



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 rădamentul rămâne destul de bun. În urma scurării antena are un Q mai mare și o bandă de trecere mai îngustă. O antenă verticală înălțată de $\lambda/8$ ($0,125\lambda$) în banda de 80m are rădamentul 82%, rezistența de radiatie $6,8\Omega$, lungimea 10,64m și o reactanță capacitive de 298Ω care trebuie compensată.

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

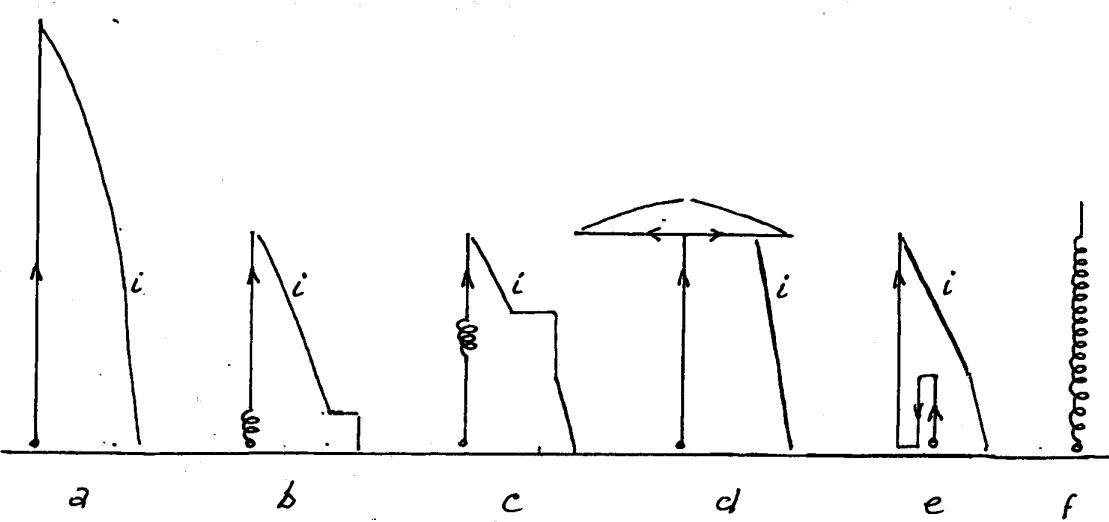


Fig.3.7.12

In 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.

In Fig. 3.7.12.b din antenă se folosește doar jumătatea superioară. În bobină curentul este mare și constant, darea nu radiată și introduce pierderi mărești Q-ului antenei, dar asigură rezonanță.

In 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.

In 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 rabatit orizontal. Prin fiecare curge jumătate din curentul existent la vârf, dar arând sensuri contrare, radiatia lor se anulează în mare parte. Despicarea vârfului antenei se poate face în 4-6-8-12-n conducțoare din cele mai scurte, dispuse radial, care au același efect. Vârfurile lor se pot uni cu un conductor, mărinind 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 rădăție (și randamentul) are valori mai mari decât folosind bobină la baza antenei (Fig. 3.7.13)

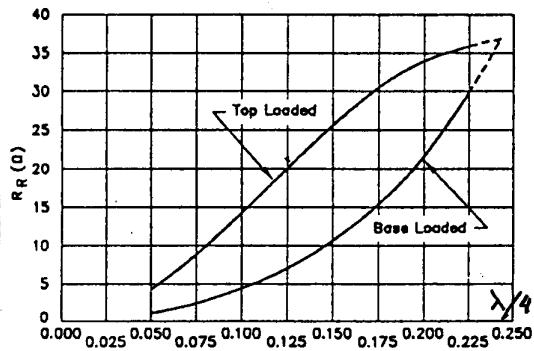


Fig. 3.7.13

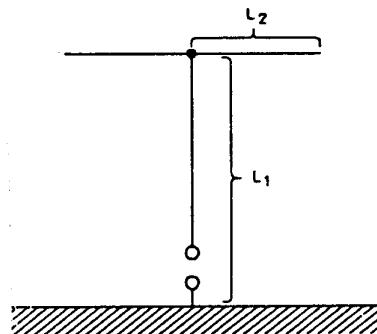


Fig. 3.7.14

Pe Fig. 3.7.14 lungimile L_1 și L_2 sunt ale celei mai simple antene verticale scurțate, 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 $\lambda/4$ MM este o țeară $\phi 30\text{mm}$, înălță de $8,5\text{m}$ cu conductor orizontal de $2 \times 10,5\text{m}$ și 12 radiale de $21,2\text{m}$ înălță $0,5\text{m}$ de terasa blocului. Antena rezonă pe 3550KHz dar funcționează și în 160m și 40m cu ajutorul unui transmisi.

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

Tragând de firul de nylon antena rămâne verticală de $8,5\text{m}$.

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

Pentru banda de 40m o antenă verticală scurțată se poate realiza dintr-o țeară înălță de $7,14\text{m}$ în vârful căreia se fixează 6 „spite” lungi de 50cm , unite la vârfuri cu un conductor.

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

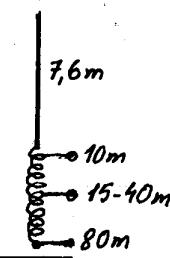


Fig. 3.7.15

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

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 $4,57\text{m}$ și 5 au $7,62\text{m}$.

O antenă verticală pentru banda de 80 m, din fieră $\phi 30\text{mm}$, lungă de 10,15 m, cu bobină de $16,6 \mu\text{H}$ la bază ($\Omega = 200$), 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 varianțele s-a considerat o rezistență de pierderi de $15\text{S}\Omega$, care poate fi redusă îmbogățind sistemul de radiale și înălțându-l deasupra solului.

In 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 $3-25\text{ cm}$ în unde scurte. Antena are bandă foarte îngustă. Suportul are cel puțin 4 m în 80m , 2 m în 40m iar numărul de spire se poate 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 40m pentru banda de 80m și cca 80m pentru 160m . Rezistență de radiatie este mică, $3-10\text{S}\Omega$ și impune un circuit de adaptare și sistem de radiale.

Antenă verticală pentru 3,5-28 MHz.

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

Bobina are 30 spire Cu $\phi 2\text{ mm}$ bobinate pe o carcășă cu diametrul 63 mm , cu pas de 2 mm (cca $25\mu\text{H}$). Bobina are prize la fiecare spiră. Prin comutare se aleg prizele optime pentru RDS minim, în fiecare bandă. Conductorul de înțepătire nu trebuie să depășească $1,5\text{m}$.

Condensatorul variabil are $100-150\text{pF}$ și se folosește doar dacă este nevoie.

Bobina și condensatorul se montează la baza antenei (de ex. la marginea balconului).

Se folosește un sistem de radiale, armătura blocului sau un conductor lung de $7,6\text{ m}$, izolat, drept „contragreutate”)

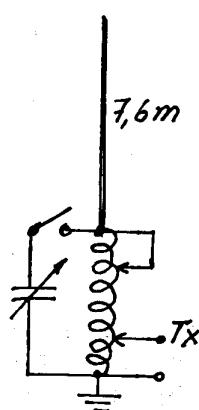


Fig. 3.7.16

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

Dacă rezistența de pierderi este cca 10s₂, randamentul antenei scurtate la lungimea l° exprimată în grade are valori mai mari la antena cu capacitate la vîrf decât la antena cu bobină la bază:

θ°	90°	75°	50°	35°	25°	15°	10°
T	76%	75%	65%	51%	37°	18%	8,3%
E	76%	65%	42%	24%	21,4%	5,3%	2,4%

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

Rezistența de radiatii a antenei scurtate la $\lambda/8$ (Fig. 3.7.12.b) este 6,28s₂, a antenei scurtate la $\lambda/8$ din Fig. 3.7.12.d este 18,3s₂, iar a antenei scurtate cu linie din Fig. 3.7.12.e este 16,4s₂. Diferența dintre ultimele două este cca 10%, și alegerea e o problemă constructivă.

Capacitatea terminală și linia măresc rezistența de radiatii 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 (radiile puține).

La antena verticală în T realizată din conductor $\phi 2\text{ mm}$ pentru banda de 80m, lungimea partii verticale V și a celei orizontale O se dau în tabelul de mai jos. Pentru 160m lungimile se înmulțesc cu 1,9. Variatiile 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 lucru 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 aibă inducție de două ori mai mare decât bobina montată la bază. Inducția bobinei montată la bază are 345 μH în 160m, 77 μH în 80m, 20 μH în 40m, 4,5 μH în 20m și 1,25 μH în 15m.

Rezonanța pe frecvență dorită se reglează din vîrful telescopic 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 căte 30 cm. Conductorul cu $\text{E} \phi 0,9\text{ mm}$ se bobinează fără pas (spire alăturăte) pe segmentul de la bază și cu pas de 3, 6, 12, 25 și 50 mm pe segmentele următoare. Frecvența de rezonanță se ajustează eliminând spire de la vîrf. 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 rădăție crește, rândurile cresc și impedanța capătă o componentă inductivă, care trebuie compensată cu un condensator inserat la bază (Fig 3.7.17)

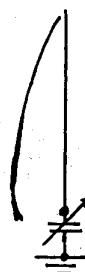


Fig.3.7.17

Rădățile 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 50Ω, antena pentru banda de 40m este o ţeară $\phi 40\text{ mm}$ înălță de 11,6m iar rădățile au căte 10,4m. Pentru banda de 20m ţeara are 5,8m $\phi 34\text{ mm}$, iar rădățile căte 5,2m. Pentru benzile de 15m și 10m ţeara este $\phi 20\text{ mm}$, lungă de 3,85m respectiv 2,85m iar rădățile, 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 ţeară $\phi 10\text{ mm}$ iar rădățile, 4 bucati de căte 1,66m $\phi 2\text{ mm}$.

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

In Fig. 3.7.18 se vede antena parțială verticală pentru 160m.

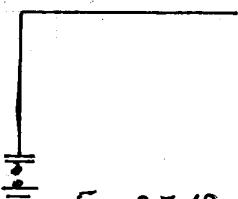


Fig. 3.7.18

Lungimea totală este 50,3m. Partea verticală trebuie să fie cât mai înălță, 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 rădățile.

Ajustând valoarea condensatorului și lungimea antenei se poate obține

RUS sub 1,5. Cu ajutorul unui transmisiu antena se poate folosi în toate benzile. Pentru banda de 80m antena are 25,7m iar condensatorul, cca 550pF. Antena rădăță și unde polarizate orizontal. Antena lucrează bine și cu un singur radial de 50,3m în 160m sau 25,7m în 80m, sub antena.

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

Antena verticală în $\lambda/2$

În Fig. 3.7.19 se dă diagrama de radiatie în plan vertical a antenei verticale în $\lambda/2$, prevăzută cu 60 radiale în $\lambda/4$. Se constată că unghiul lobului de radiatie are 21° , față de 26° la antena verticală în $\lambda/4$.

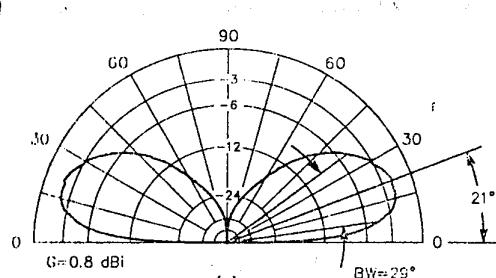


Fig. 3.7.19

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

ceea cea curentii radiali care circulă prin sol (și prin radiale) sunt minimi 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 maximul 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 40 m.

Antena verticală în $\lambda/2$ se alimentează la bază cu circuit oscilant derivativ 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 radiatie în plan vertical ale antenei în $5\lambda/8$ ($0,625\lambda$), cu 60 de radiale aflate pe diferite soluri.

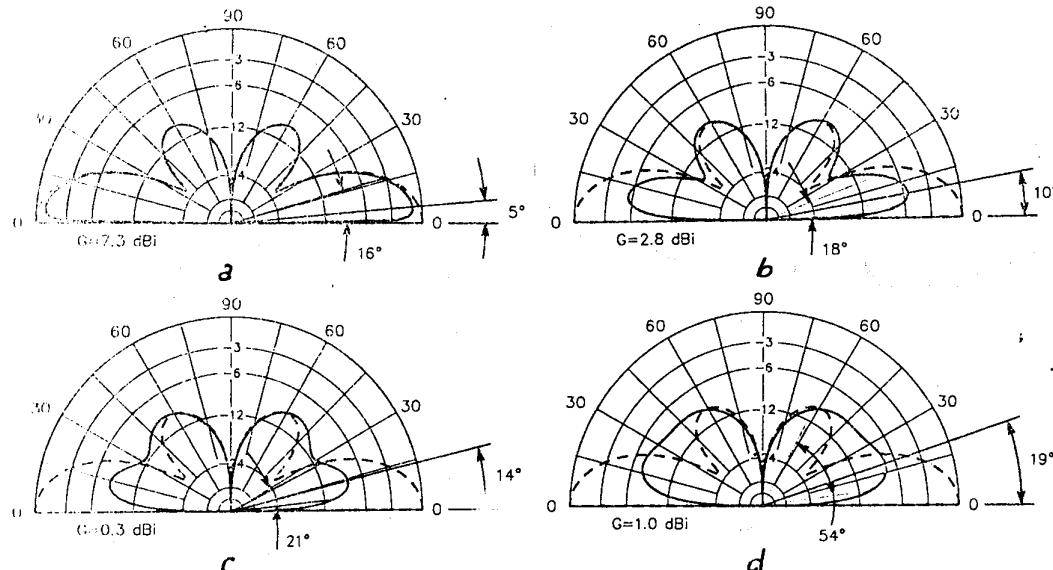


Fig. 3.7.20

In Fig. 3.7.20.a este diagrama de radiatie 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 comunicatiile la mari distanțe în unde scurte și ultrascurte. Oricare ar fi calitatea solului, antena verticală în $5\lambda/8$ radiază la unghiuri mai mici decât antena în $\lambda/4$ sau $\lambda/2$. Radiatia este omnidirectională.

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 radiatie maximă este foarte îngust; în unghiul de 16° puterea scade cu 3dB.

In 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 foarte sărac (Fig. 3.7.20.d) diagrama de radiatie se modifică dramatic, câștigul derenind 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 simulațat cu 4 radiale lungi de $\lambda/4$, înălțate mult de la sol, odată cu antena. Antenele GP sunt deobicei în $\lambda/4$ sau $5\lambda/8$. Înclinând radialele antenei GP înălță de $\lambda/4$, impedanța ei crește de la 36Ω la 50Ω când înclinarea este cca 45° față de pilon. În unde scurte, comparând radiatia 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
Yagi 2 elemente la $h = \lambda/2$	2	5	15

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

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

Antena Ground Plane în $\lambda/4$

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

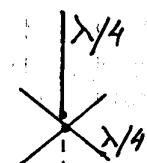


Fig. 3.7.21

Înclinarea radialelor la 45° și chiar reducerea lor la trei (HB9OP) mărește impedanța antenei la cca 50 Ω și îmbunătățește adaptarea cu coaxialul de 50 Ω . Lungimea antenei se calculează cu formula $l[m] = 71,5 / f[\text{MHz}]$. Antena se înalță cât mai mult pentru a evita absorbtia energiei în sol și clădiri.

Antena este monobandă. Pentru 50MHz antena are 1,38m $\phi 15\text{ mm}$ iar radialele, căte 1,44m. Pentru 145MHz antena are 48cm $\phi 10\text{ mm}$ iar radialele căte 50cm $\phi 5\text{ mm}$, inclinate la 45° .

Antena Ground Plane 7-14-21-28MHz W6CVW

In Fig. 3.7.22 se dă antena GP realizată în 1957 de W6CVW.

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

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

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

In Fig. 3.7.22.b se dă varianta recalculate pentru 14-21-28MHz, la care fiecare antenă are lungimea $0,28\lambda$, impedanță de 50 Ω 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.

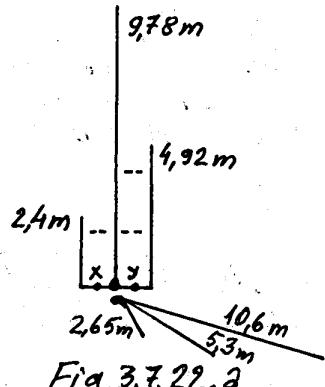


Fig. 3.7.22.a

Pentru 28MHz se lungeste la 2,97m și în punctul X se inseriază un condensator variabil de 50pF iar antena pentru 20m se lungeste la 6,1m și în punctul Y se inseriază un condensator variabil de 100pF. Lungimea radialelor se reglează în poziția reală.

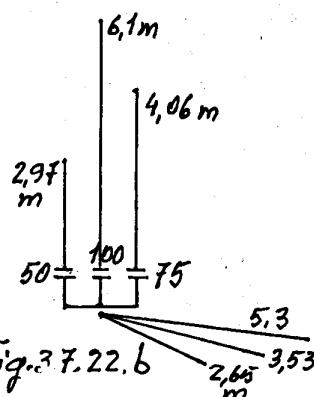


Fig. 3.7.22.b

Antena Ground Plane 14-21-28 MHz JO2C

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, distanță dintre ele fiind minim 30 mm .

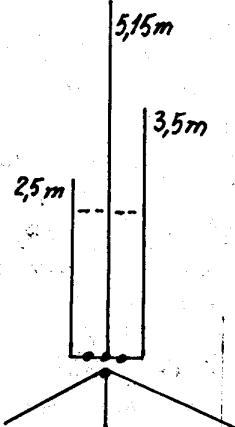


Fig. 3.7.23

Radialele, căte două pentru fiecare bandă, inclinate, au lungimile de $5,2 - 3,46 - 2,55\text{ m}$. Radialele nu fac contact cu vârful pilonului metallic.

Antena se alimentează cu coaxial de 50 Ω .

Pentru a lucra în 5 benzi ($14-18-21-24-28\text{ MHz}$) se folosesc 3 țevi, lungi de $4,05\text{ m}$ și $2,95\text{ m}$, și căte două radiale lungi de $4,15\text{ m}$ și $3,07\text{ m}$, iar distanța dintre țevi se mărește la 100 mm . Antena pentru 20 m are baza legată la radiale și se alimentează cu dispozitiv gama lung de $1,6\text{ m}$, cu condensator variabil de 150 pF în serie.

Pilon folosit ca antenă Ground Plane

In Fig. 3.7.24 se dă o antenă GP în $\lambda/4$ realizată pe un pilon legat la pămînt, 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:

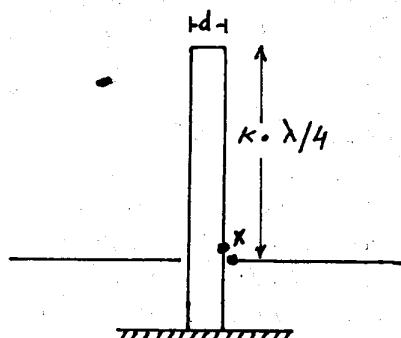


Fig. 3.7.24

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 inclinate, intersecția lor fiind în exteriorul pilonului, fixată cu un izolator de pilon. Dacă în vârful pilonului există o antenă Yagi, coaxialul acesteia și cablul de comandă al rotorului se pozează prin interiorul pilonului, sau pe exterior, conectând ecraanele acestor cabluri din metru în metru la pilonul metallic, și mai ales în dreptul punctului X. În acest caz poziția punctului X semnată experimental mai sus, odată cu radiale.

În până se obține RUS minim pe frecvență dorită. Dacă RUS nu scade sub 1,5, adaptarea se realizează cu circuit L-C (Fig. 3.7.8).

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

Antena Ground Plane monopolfindor

Această antenă se vede în Fig. 3.7.25. Ea provine din dipolul Yagi, de la care se folosește o latură, cealaltă fiind înlocuită cu un plan de pământ, cu rol de oglindă electrică. La diametre egale ale conductorelor d_1 și d_2 , impedanța antenei este cca 140Ω . Pentru a obține impedanță 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.

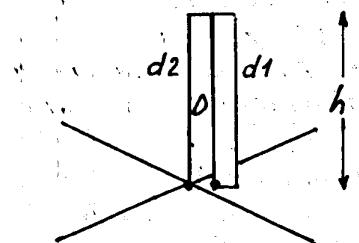


Fig. 3.7.25

F MHz	h m	d_1 mm	d_2 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 conductorile 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 vede în Fig. 3.7.26. Ea aplică principiul antenei W3DZZ. Circuitul oscilant derivativ (trap) rezonă 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 rezistență mare, contează doar bobina, care împreună cu latura de sus alungează antena la lungimea $\lambda/4$ pentru 21 MHz.

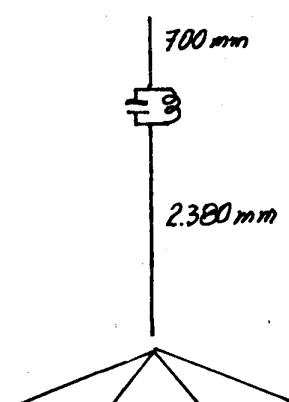


Fig. 3.7.26

În partea superioară a antenei sunt fixate la teava $\phi 20$ mm. La bază antena este fixată pe o placă izolantă montată în vârful unui pilon. Antena are două radiale inclinate la 45° pentru 21 MHz (3,5 m) și două pentru 28 MHz de către 2,65 m. Între secțiunile antenei se introduce forțat o bară de teflon, întărită cu o interval de 60 mm. Bobina are 2 spire din Cu $\phi 3$ 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 YO3BZ

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

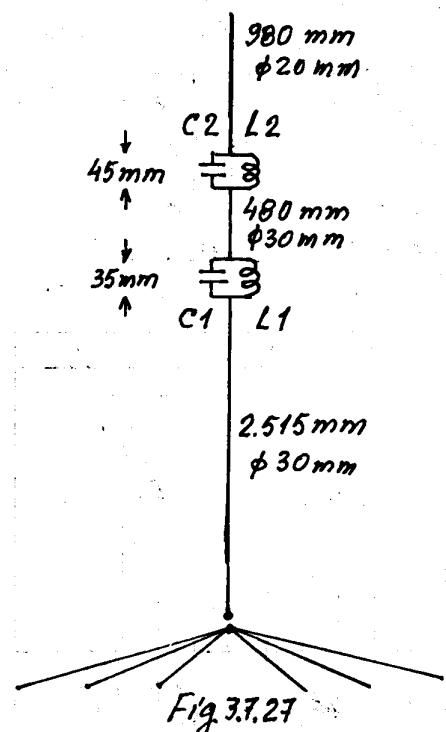


Fig. 3.7.27

Secțiunile din teavă se întăresc cu bare de textolit sau teflon. Trapul L1-C1 pentru 28 MHz are un condensator de $25\text{pF}/3\text{kV}$. Bobina are 4 spire din sârmă de cupru izolat cu plastic, alăturate, cu diameetrul 65 mm. La trapul pentru 21 MHz, $C2 = 25\text{pF}/3\text{kV}$ iar bobina este la fel cu L1, dar are 6 spire.

Trapurile se regleză „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.

Radiile, cătedouă pe fiecare bandă, au lungimile de 5,25 m, 3,55 m și 2,6 m și sunt inclinate 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 înalță de 8,6 m.

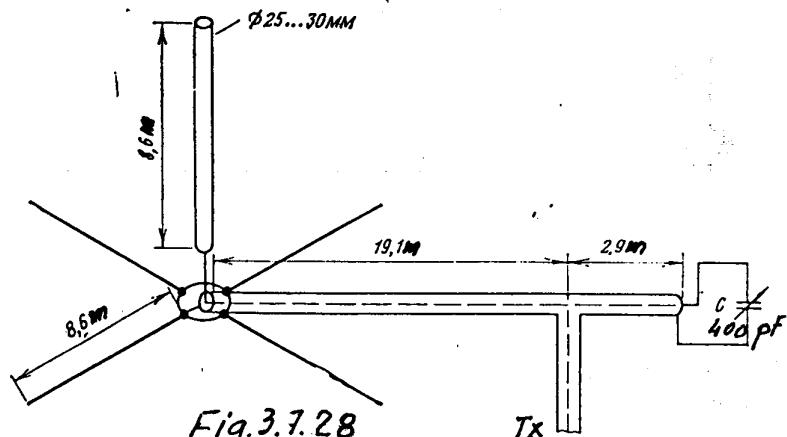
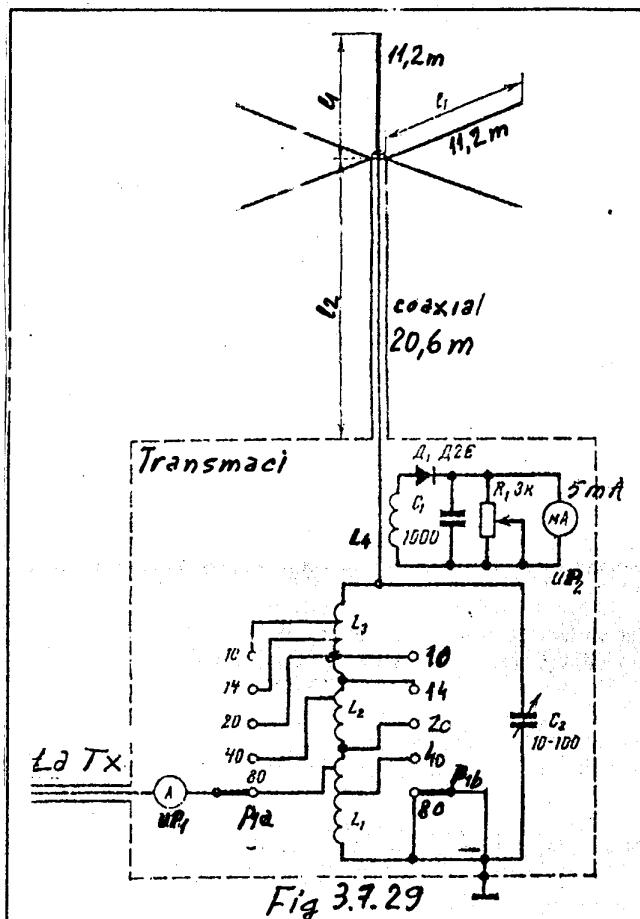


Fig. 3.7.28

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

Antena verticală GP pentru 5 benzi UA4PA



Antena este o teză $\varnothing 45$ mm înaltă de 11,2m. Radiile sunt din conductor $\varnothing 1,5$ mm. Transmaciul este un circuit oscilant derivativ.

L_1 are împreună cu L_2 cca 23 μ H iar L_3 , cca 1 μ H. Prizete pentru comutatorul dublu se aleg experimental, pentru RUS minim în fiecare bandă. Condensatorul variabil este cu distanță mare între plăci. Ampermetrul UP1 poate lipsi, acordul făcându-se după maximul indicat de UP2.

Transmaciul 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 YO4NM

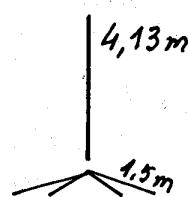


Fig. 3.7.30

In Fig. 3.7.30 se dă antena GP realizată din platbandă de cupru lată de 25mm, fixată cu scoici de-alungul unei undite din fibră de sticlă. Radiile sunt inclinate la cca 45° , din conductor CuE $\varnothing 1,5$ 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 10m Y07DJ

Această antenă se dă în Fig. 3.7.31. Partea verticală este o țeavă $\phi 35\text{mm}$ cu ancore din nylon. Radialele au, câte două, lungimiile: 8,4m, 5m, 2,5m, 1,6m și 1,2m. Alimentarea se face cu coaxial lung de 8,4m sau 16,2m sau 25,2m. și transmaci.

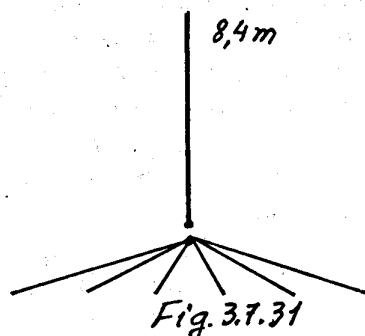


Fig. 3.7.31

Antena verticală GP pentru 14, 21, 28MHz Y04MM

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

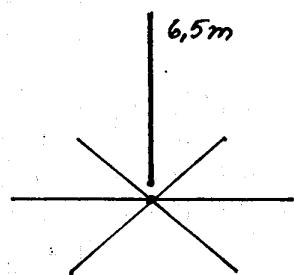


Fig. 3.7.32

Antena discon

În Fig. 3.7.33 se dă antena de bandă foarte largă discon, în secțiune.

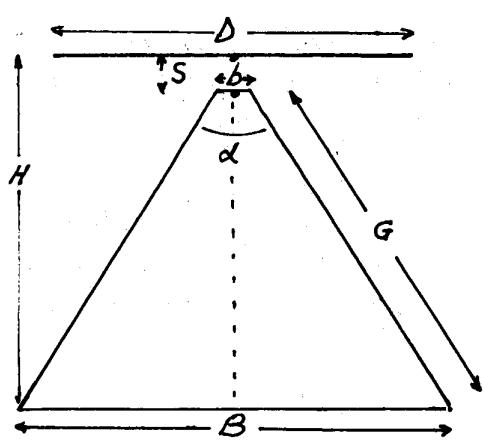


Fig. 3.7.33

Impedanța ei, între disc și vârful „tăiat” al conului (b) este cca 50Ω . Antena are „câstig” -3dB și o diagramă de radiatie omnidi directională, la unghi mic. Calculul se face cu relațiiile:

$$S = 0,3 \cdot b \quad D = 0,7 \cdot B \quad \alpha = 60^\circ \\ G \geq 22 \cdot b \quad H[\text{m}] = 72 / F[\text{MHz}]$$

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

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

C coaxialul se introduce prin pilonul de susținere, are tresa colectată la vârful conului și firul central, la disc.

Pentru a acoperi gama 7-30 MHz antena se realizează din conductoare $\varnothing 2-3$ mm și feri de duraluminiu $\varnothing 22$ (pentru „spitele” discului) dimensiunile fiind: $H = 9,75\text{m}$, $G = 11,58\text{m}$, $d = 60^\circ$, $D = 81\text{m}$.

Pilonul are 14 m, astfel ca baza conului să fie la 1,2 m înălțime față de pămînt. La bază generațoarele conului (16 sau chiar 32 conductoare) se unesc cu un conductor și se prelungesc cu corzi de nylon până la tărusi. Vârfurile spitelelor discului se unesc cu un conductor, iar cel puțin 4 dintre ele se fixează de tărusi cu corzi de nylon.

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

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

Antenă discon pentru UUS

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

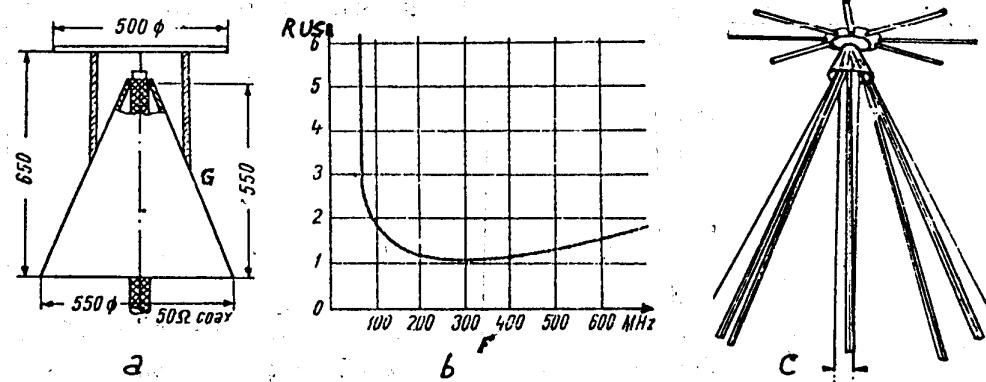


Fig.3.7.34

Frecvența de lucru minimă a antenei discon este $f_i = 75/G$ în care G este lungimea generațoarei 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 „alungește” electric antena de la $5\lambda/8$ la $6\lambda/8$, adică la $3\lambda/4$. Astfel la baza bobinei unda stătioreră de curent î are un maxim iar unda stătioreră de tensiune un minim și impedanța este mică.

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

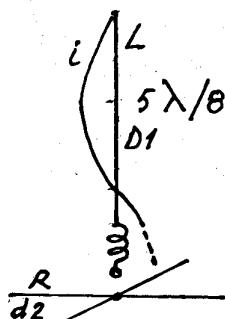


Fig. 3.7.35

	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
-ii- diametru	30 mm	20 mm
-ii- lungime	30 mm	20 mm

Orariană a antenei GP în $5\lambda/8$ pentru banda de 2m are parte verticală lungă de 1,15m, radiilele de căte 49cm și bobina are 11spire 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 și 4MM

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

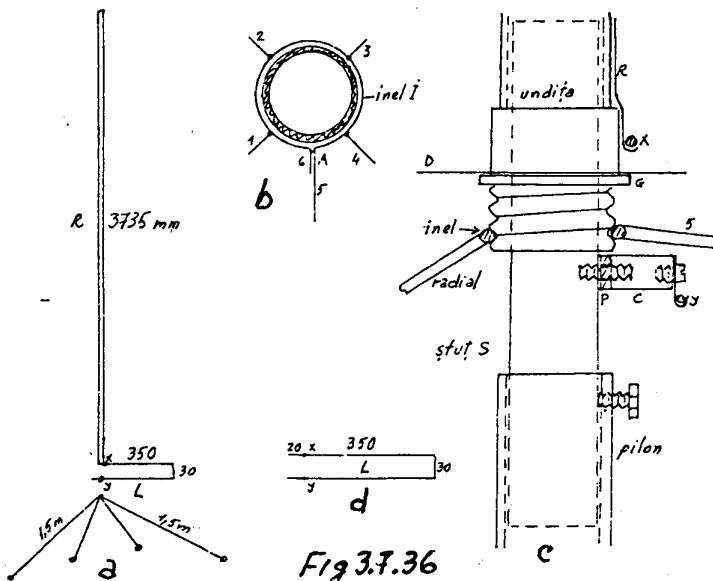


Fig. 3.7.36

Conductorul liniei are aceea lungime pe care se aşterne $\lambda/8$ din undă de curenț și are formă de ansă pentru a nu radi. Linia este mai ușor de realizat și reglat decât bobina.

Antena se realizează pe o undă 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 igheab. Capătul de jos al acestui radiant R se cositorește și se înndoiează în punctul X.

Cele 4 radiale din CuE $\phi 1,5$ mm se cositoresc la un inel și care apoi se strânge în punctul A, la baza filetată a unditei. Pilonul se introduce fest la baza unditei, sau cu un ștuț și intermediar.

Sub inelul radialelor se fixează un cilindru izolant C, lung de 20mm cu $\phi 12$ mm, cu găuri filetate la capete, cu piuliță P și un „papuc” Y. Șaiba din plastic D protejează de ploaie și gheată.

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

Tresa coaxialului se cositoresc la inelul radialelor în punctul A. De capătul 5 al inelului se fixează coaxialul prin matisare.

Conductorul central al coaxialului se curbează în jos și se cositoresc 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 căte 2,6m și trebuie reglate pentru RUS minim.

Pentru banda de 2m antena are 4,95m, linia L are 26cm în total, iar radialele căte 99cm.

3.8. Sisteme de antene dipol colineare

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

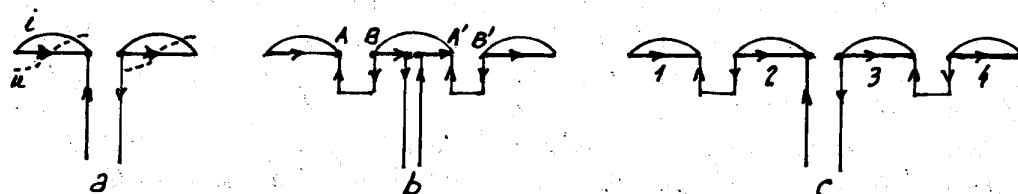


Fig. 3.8.1

In Fig. 3.8.1 a conductoarele de la capătul unei linii paralele în gol, lungi de $\lambda/2$, prin care circulă curenti stationari de sensuri contrare, au fost rabatate cu căte 90° . Ajungând colineare, curentii din conductoare au același sens și radiatiile lor se insumează. S-a obținut antena în λ „dublu Zeppelin” din Fig. 3.6.4a cu diagrama de radiatie un 8 alungit (Fig. 3.6.4 b) și câstig 1,8 dB față de un singur dipol în $\lambda/2$. La bornele antenei unda statioanară de curent trece prin minim iar unda de tensiune (linia întreruptă) trece prin maxime, deci impedanța este cca 95 Ω .

Unda statioanară 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.

In Fig. 3.8.1 b conductoarele unei linii paralele în gol au fost îndepărtate pe o lungime mai mare și rabatate cu căte 90° . Constatând că în porțiunile AB și A'B' lungi de $\lambda/2$ curentul circulă în sens contrar celor lalte 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 câstig de cca 3dBd. La bornele antenei este maximul undei de curent, și impedanța este relativ mică, cca. 300 Ω , depinzând de înălțimea față de pământ.

In Fig. 3.8.1 c șirul colinear are 4 dipoli cu curenti în fază, uniti prin linii în $\lambda/4$ care ascund porțiunile cu curenti contrari.

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

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

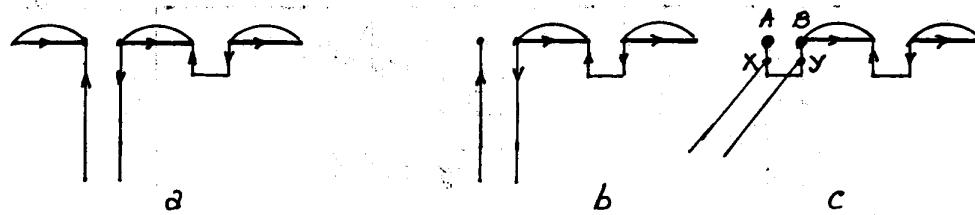


Fig. 3.8.2

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 „pamplifică” 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 sens în prima porțiune de $\lambda/2$, sens contrar în porțiunea următoare și.m.d. și diagrama are mulți lobi. La antenele colineare curenții au același sens și există doi lobi perpendiculare pe antenă.

Antena din Fig. 3.8.2. c se folosește deseori și în poziție verticală, fără radiale, obținând o diagramă de radiatorie omnidirectională, la unghi mic față de plan 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 $\lambda/8$, câstigul 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 $7dB$ câstig (Fig. 3.8.3)

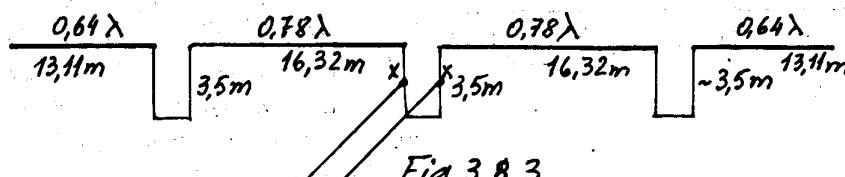


Fig. 3.8.3

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

O variantă a acestei antene se dă în Fig. 3.8.4

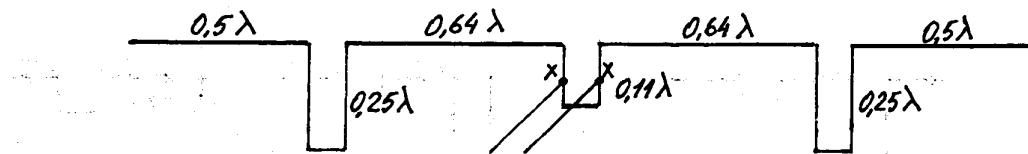


Fig. 3.8.4

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

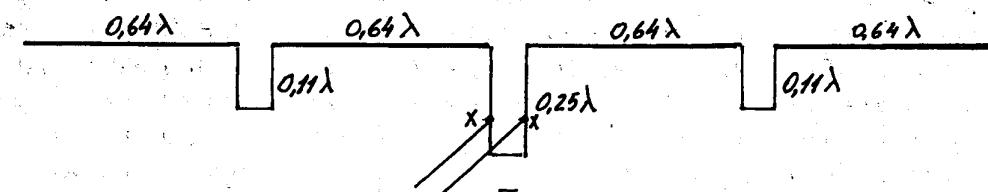


Fig. 3.8.5

Antena are lungimea $\approx 2,58\lambda$ și câștigul cca 6dBD. Liniile în $0,11\lambda$ și $0,25\lambda$ de sincronizare 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 W2OZH-W5GI

La antena colineară cu 3 segmente în $\lambda/2$ (Fig. 3.8.6 a), W5GI a realizat liniile de sincronizare din cablu coaxial (Fig. 3.8.6 b)

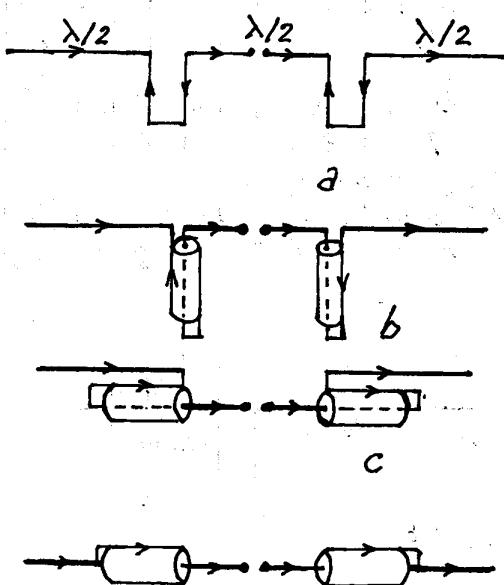


Fig. 3.8.6 d.

În c, liniile coaxiale sunt rabătite și aduse alături de conductoarele exterioare ale antenei. Săgețile arată sensurile curentilor prin conductoare și pe tresa.

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

Antenă verticală colineară pentru 145 MHz M3FVB

In Fig.3.8.7 se dă o antenă verticală colineară cu 4 secțiuni în $\lambda/2$ și fazate cu liniile în $\lambda/4$ în scurtcircuit. Liniile în $\lambda/4$ au perimetru de 984,2 mm, inclusiv cea de la bază ("J") la care se conducează coaxialul.

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

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

Cele trei liniile 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 sărmă de cupru sau aluminiu $\phi 3-5$ mm lungă de 7,874 m.

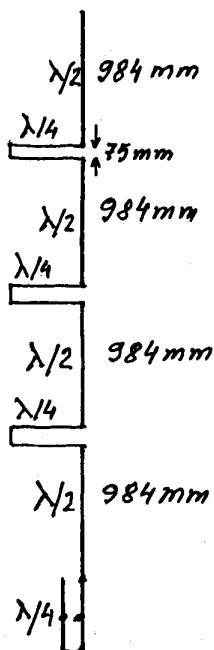
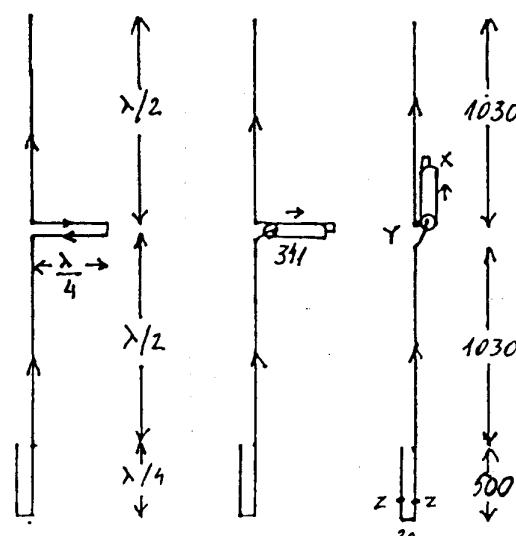


Fig.3.8.7

Antenă verticală colineară pentru 145 MHz Y04MM

In 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 sincronizare 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 rabatit 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 sărmă neizolată de cupru $\phi 2,5$ mm fixați cu scoci sau „sonicei” de-alungul unei undițe din fibră de sticlă. Punctele Z se află lacca 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.



a Fig.3.8.8 b

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 WB4JQH

În Fig. 3.8.9 se dă antena realizată de YO9HG după WB4JQH

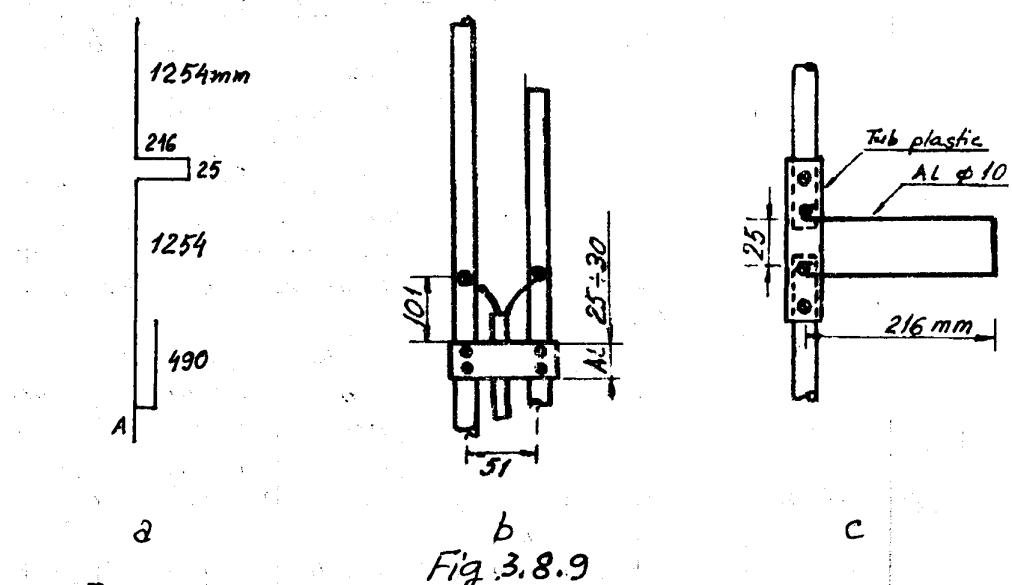


Fig. 3.8.9

Antena se realizează din feavă de aluminiu $\phi 12,5-20$ iar linia de sincronizare din aluminiu $\phi 10$ mm. Capătul A al ferii serrește la fixarea de pilon. Antena este Extended Double Zeppelin de $1,28\lambda$, alimentat în punctele XX de pe linia de adaptare în $\lambda/4$, care asigură RUS minim în coaxialul de 50Ω .

29. Sisteme de dipoli, cu radiatie longitudinala.

In Fig. 3.9.1a se vede ca un sistem de dipoli cu radiatia longitudinala radiaza in planul dipolilor, de-a lungul axeilor, pe cand un sistem cu radiatia transversala radiaza perpendicular pe planul lor. (b).

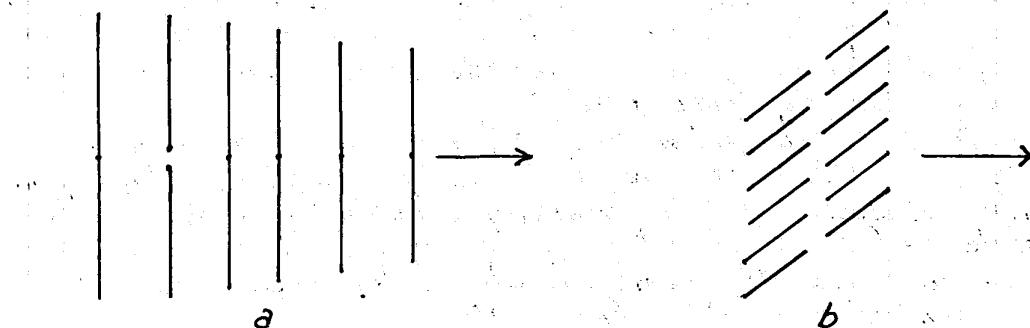


Fig. 3.9.1

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 functionând 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 radiatie maximă (Fig. 3.9.2). Însumarea se face într-o singură direcție (Fig. 3.9.3).

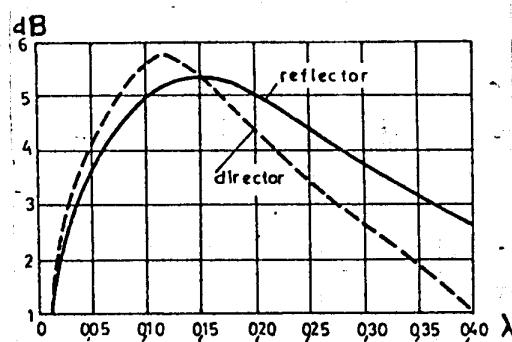


Fig. 3.9.2

Reflectorul, puțin mai lung decât $\lambda/2$ (5%), dă un câstig 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 $72\ \Omega$ la cca $27\ \Omega$. Directorul trebuie să fie puțin mai scurt (4%) decât vibratorul, dă câstig de 5,8 dB la distanță critică de $0,11\lambda$ și scade impedanța vibratorului la cca $14\ \Omega$.

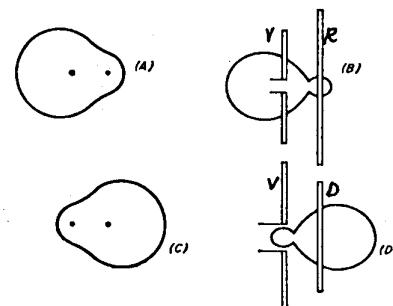


Fig. 3.9.3

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 căstigul scade la $4,4\text{dB}$, dar impedanța vibratorului este 37Ω .

Antena cu elemente passive a fost concepută de Yagi și Uda în 1926.

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

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

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 leara-suport (bum), adaptarea se face cu dispozitiv gama iar elementele au dimensiunile din tabel, pentru diferite frecvențe.

$F \text{ KHz}$	$l_v \text{ m}$	$l_r \text{ m}$	$S_r \text{ m}$
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 16dB . Raportul F/S maxim implică un câștig maximic.

Lărgimea 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 ≈ 20 iar la $0,2\lambda$ Q ≈ 5. Aceste valori sunt corecte pentru elemente cu raportul între lungime și diametru între 300 și 400. Un diametru mare asigură o lărgime 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 $2,15\text{dB}$ față de un radiator izotrop(punctual).

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

Apropierea reflectorului de vibrator măsoarează rezistența de radiatie a vibratorului dar și frecvența lui de rezonanță. Directorul are efect opus. Dacă reflectorul se află la distanță $0,15\lambda$ 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 distanță $S_r = 0,2\lambda$, 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.

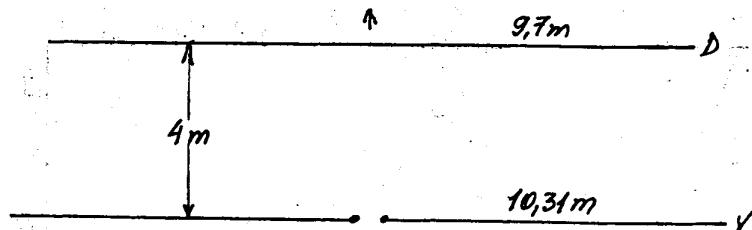


Fig. 3.9.4

Antena, realizată din sârmă de cupru $\phi 2\text{mm}$ se montează la înălțime cît mai mare, pedirecția dorită. Căstigul 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.

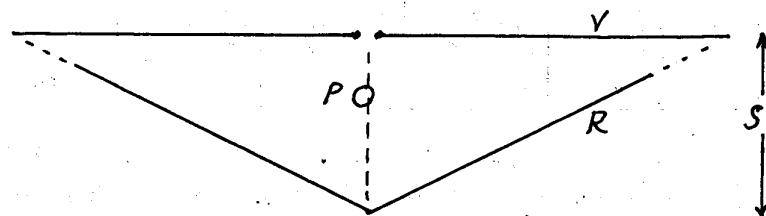


Fig. 3.9.5

Vibratorul V este realizat din sârmă de cupru $\phi 2-3\text{mm}$, fixată de lungul unor undite din fibră de sticlă. Bazele unditelor se introduc pe un ștut de teavă, fixat pe teava suport (linia întreruptă).

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

Reflectorul, inițial puțin mai lung decât vibratorul, se ajustează pentru a obține căstigul maxim. Impedanța este cca 50Ω și căstigul 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	2,85	1,2

Antena Yagi cu două elemente Moxon

In Fig. 3.9.6 se dă antena Yagi cu două elemente cu vârfurile în față la 90° tip Moxon

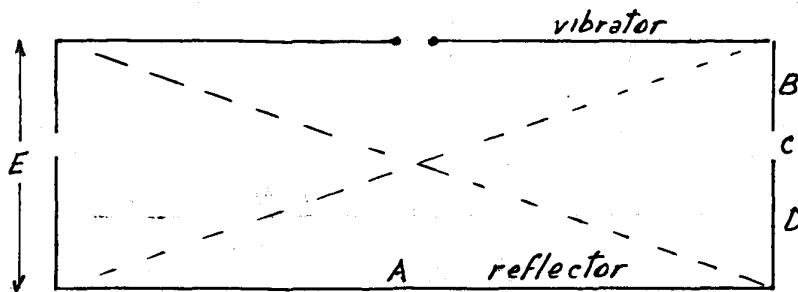


Fig. 3.9.6

Prin rabatarea vârfurilor elementelor antena devine mai mică.

Antena se realizează din conductoare de cupru $\varnothing 1,6\text{-}3\text{ mm}$, susținute de țige izolante (eventual undite) 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, căstig $cca 4\ dB$ 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 are forma patrată; ulterior autorul recomandănd forma dreptunghiulară ca fiind mai eficientă. Antena se montează la o înălțime egală cel puțin cu $\lambda/2$.

Antena Yagi cu două elemente „V întors”

In Fig. 3.9.7 se dă această antenă directivă fixă. Unghiul la vârf este $90\text{-}120^\circ$. Pentru banda de 80m vibratorul are $\sim 39\text{ m}$ iar reflectorul este puțin mai lung. Distanța S este 12m. Pentru banda de 40m $V \approx 21\text{ m}$, $R \approx 22\text{ m}$, $S \approx 6,3\text{ m}$. Eliminând câte 0,5m la capetele reflectorului acesta devine director și radierea are sens invers. În 80m cei doi piloni au minim 16m înălțime, iar în 40m minim 8m. Capetele dipolilor trebuie să fie la cel puțin 2m de sol.

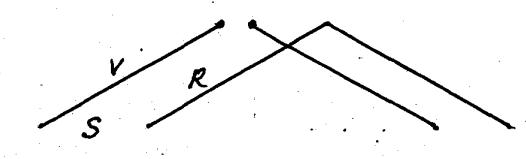
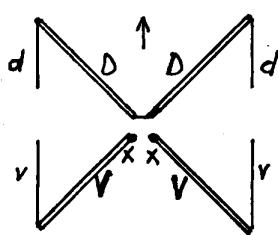


Fig 3.9.7

Antena Yagi 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 frânti în V la mijloc și fixați pe o placă izolantă în vârful unui pilon. Capetele lor d și v sunt din sârmă, susținute cu fir de nylon. Portiunile D și V au aceeași lungime, din fieri 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 15cm.

Antenă Yagi cu două elemente scurte cu linii pentru FM Hz

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

„Linear loading”. Tevile vibratorului au căte 7,4m ⌀ 25 iar tevile directorului, căte 7,07m ⌀ 25. Linia de scurtare a vibratorului este din sârmă de cupru ⌀ 3mm, lungimea E = 3,4m iar la director b = 3,2m. Linile sunt susținute de piese din PVC (c).

Distanța între elemente este 4,6m. Impedanță antenei, cca 20Ω, se adaptează cu coaxialul de 50Ω. Cu ajutorul unei linii intermediare în $\lambda/4$ realizată din două bucăți de coaxial de 60cm legate în paralel sau cu „hairpin”. Jumătățile elementelor sunt fixate pe bare izolante (eventual din stejar).

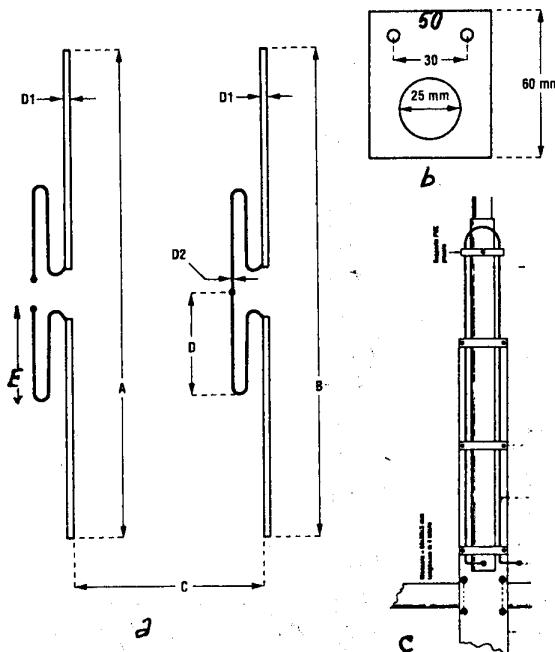


Fig. 3.9.9

Antenă Yagi cu două elemente scurte cu bobine, pentru 20m

Această antenă se dă în Fig. 3.9.10

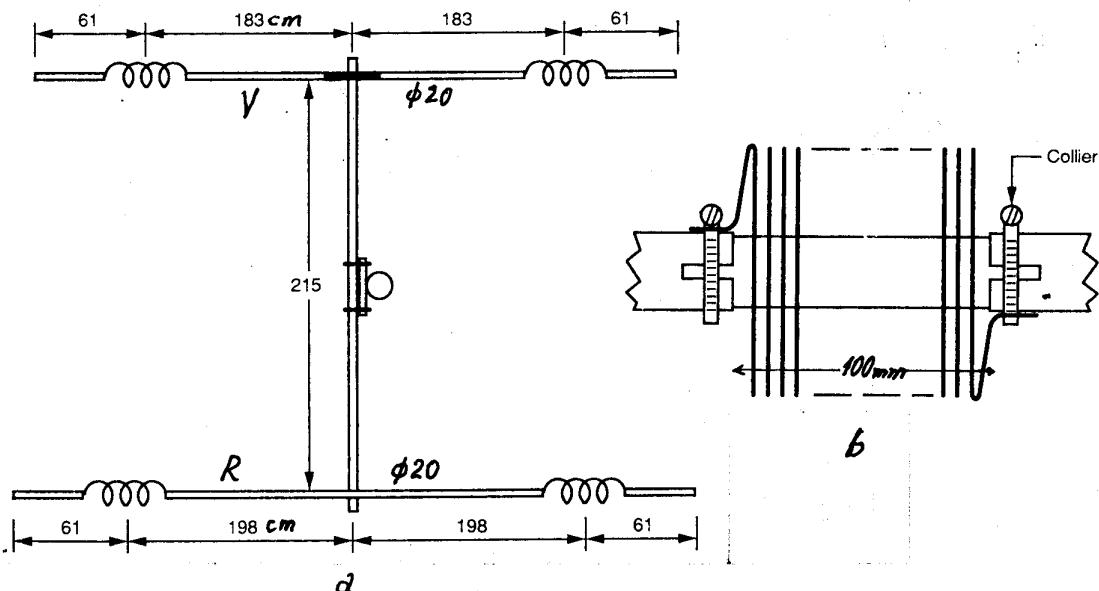


Fig. 3.9.10

Bobinile sunt din sârmă CuAg $\varnothing 2\text{ mm}$, în aer, cu diametrul 6 cm . Fixate cu coliere și au căte 16 spire pentru vibrator și 7 spire pentru reflector. Vibratorul are o bară izolantă la mijloc, fixată pe tăraș suport (bum) cu scoabe. Bumul este inițial lung de 3 m și vibratorul se mută pe el cîntând RUS minim la $14,150\text{ MHz}$. Pentru banda de 10 m dimensiunile și bobinile se reduc la jumătate.

Antenă Yagi cu două elemente spiralate, pentru banda de 10m

Această antenă se dă în Fig. 3.9.11. Conductorile, lungi de $5,1\text{ m}$

$\varnothing 2\text{ mm}$ se bobinază pe tuburi din plastic $\varnothing 20\text{ mm}$, lungi de $2,4\text{ m}$ (vibratorul) și $1,9\text{ m}$ (directorul), cu pas de 12 mm până la 20 cm de capete, unde se răresc.

Ajustarea frecvenței se face întinzând și scurtând căte puțin capetele. Banda de treccere este foarte îngustă, cca 100 KHz , datorită inductanței mari a elementelor.

Ilor. Tresa coaxialului se conectează la mijlocul vibratorului iar conductorul central se conectează la acea spirală care asigură RUS minim.

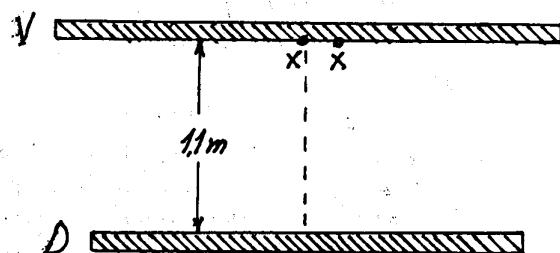


Fig. 3.9.11

Antena cu două elemente „Maria Maluca” PY2BBP.

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

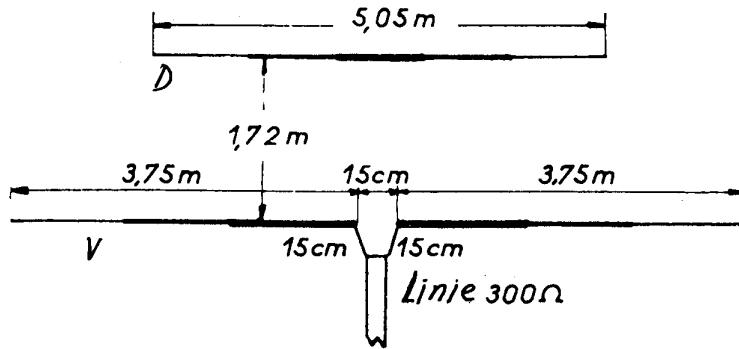


Fig. 3.9.12

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

Antena Yagi cu două elemente pentru 21 și 28 MHz YO4MM

Această antenă se dă în Fig. 3.9.13

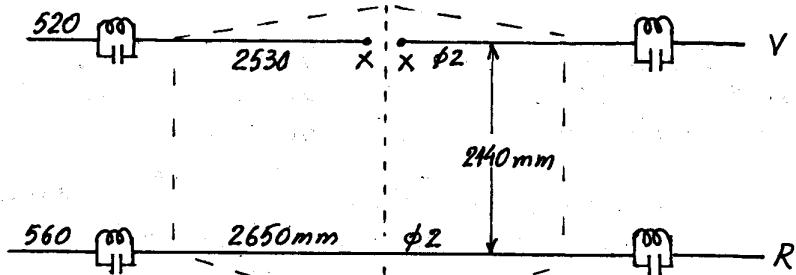


Fig. 3.9.13

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

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

Linia intreruptă este un fir de nylon care măsoară legătarea 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 $\lambda/4$ radiiază la maxim în sus, dacă pământul este bun. Dacă pământul este mediu, maximul radialiei este la unghiul 72° . Singura metodă de reducere a unghiului este adăugarea unui element, la o 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, cuciștiig cu $3,5\text{dB}$ pe direcții opuse, la unghiuri de plecare de 37° (Fig. 3.9.14 a)

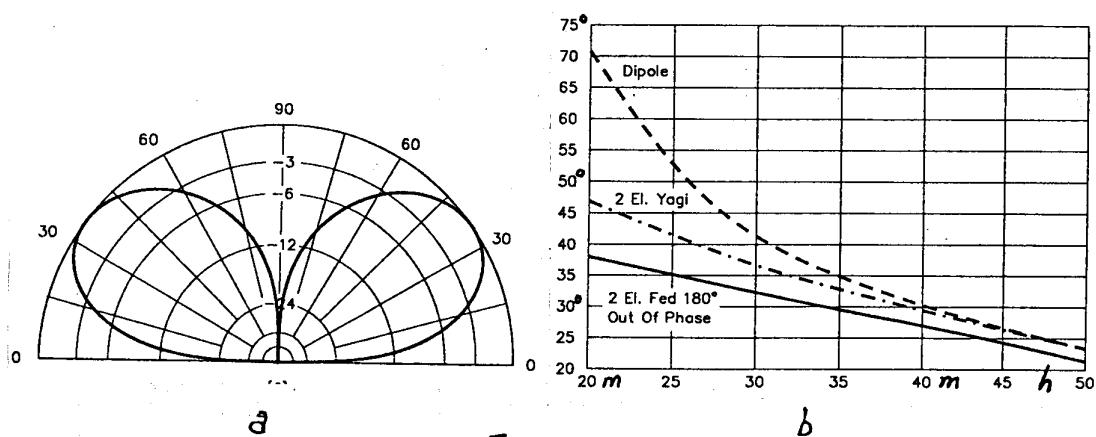


Fig. 3.9.14

La verticală radiatia este nulă, indiferent de calitatea solului; deoarece unda reflectată în sus, provenită de la al doilea dipol, este în contra fază cu unda provenită de la primul dipol și radiatia însumată este zero. Comparația 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 aflatii la distanță $\lambda/8$ alimentati în contrafază.

Ridicate la 40m ($\lambda/2$) antenele au unghiuri de radiatie 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 radioamatorii și numită W8JK., cu alimentare în contrafază.

În Fig. 3.9.15 a se dă diaograma de radiatie a doi dipoli în $\lambda/2$ orizontali A și B (văzuti din lateral) aflatii la distanța $S = \lambda/2$. și alimentati în opozitie de fază. Unda radiată de dipolul A în sprij dipolul B ajunge la dipolul B după o jumătate de perioadă ($T/2$). În acel moment dipolul B începe să emite spre dreapta o undă care este în fază cu unda soșită de la dipolul A, deci ele se vor însuma, dând radiatie maximă spre dreapta. Fenomenul este identic spre stânga. Spre alte direcții (de ex. P) undele au o defazare Δ și rezultantă mai mică.

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

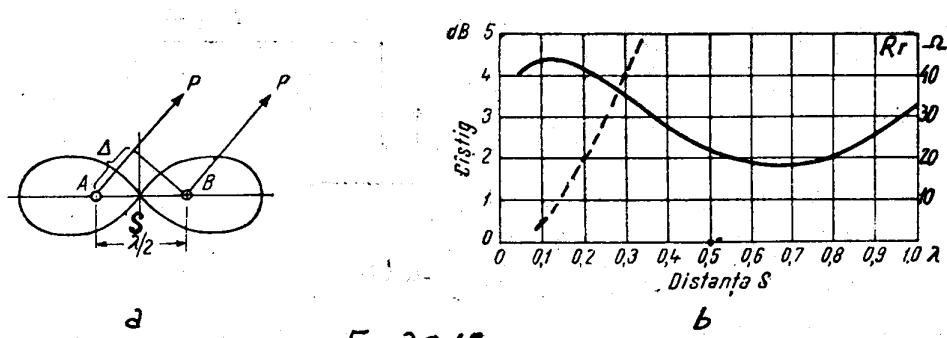


Fig. 3.9.15

Datorită cuplajului mutual, rezistența de radiatie 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.

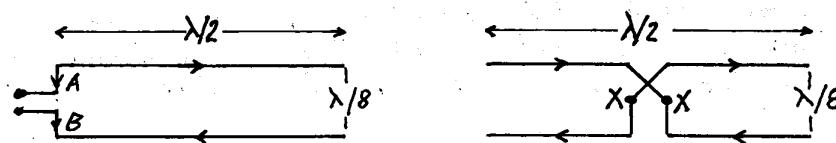


Fig. 3.9.16

În Fig. 3.9.16.a alimentarea se face la capetele dipolilor, cu conductoarele A și B , pe care se continuă unda de curent stationar. Ele radiază puțin, fiind parcuse de curenti mici. Alimentarea la mijlocul dipolilor din Fig. 3.9.16. b păstrează simetria antenei iar linia bifilară este răsucită pentru a aplica unuiu dințre dipoli tensiune cu fază inversă. Impedanța antenei este foarte mică și impune undispozitiv 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 dă și o bandă de trecere mai largă. Antena realizată cu dipoli în $\lambda/2$ are în practică un câștig de $\sim 4\text{ dB}$. În Fig. 3.9.17 se dau diagramele de radiatie a dipolilor în funcție de distanțele S și defazările curentilor din ei. Antena W8JK are $S = 1/8\lambda$ și defazare 180° .

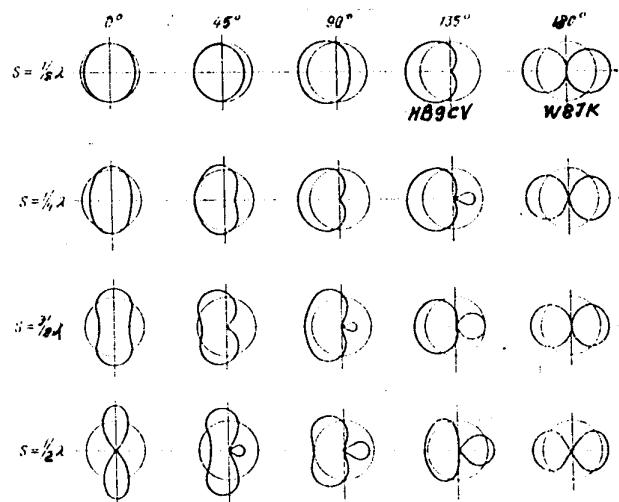


Fig. 3.9.17

Antena cu două elemente active în λ W8JK 1940

Această antenă se dă în Fig. 3.9.18

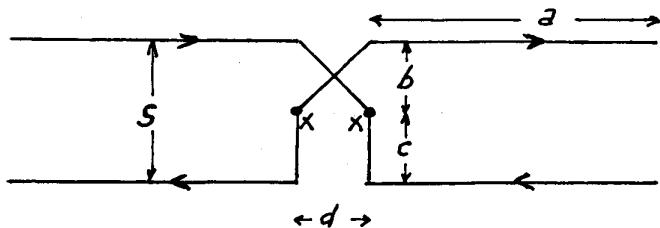


Fig. 3.9.18

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 câstigul este cca 6 dB. Distanța $S = 5,3\text{m}$. Antena radiază bidirecional.

Ea se alimentează cu linie paralelă cu aer sau în plastic și transmici. 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 transmici. Pentru un câstig mai mare se poate alunga antena de la λ la $1,28\lambda$ (EDZ), și $a = 0,64\lambda$.

În UVS dimensiunile antenei fiind mici, se poate conecta în punctele XX o linie în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit, de-alungul cărei se găsesc două puncte cu impedanța necesară adaptării cu fiderul.

Antena cu două elemente active în cruce (Turnstil)

Această antenă se dă în Fig. 3.9.19

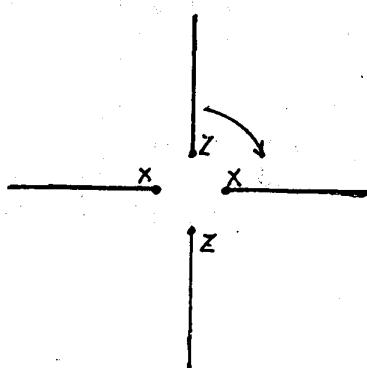


Fig. 3.9.19

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° .

Curentii în cei doi dipoli decalați 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 pulsescă decalat în cei doi dipoli și vectorul rezultant se rotește în planul antenei.

Impedanța antenei este 30Ω . Dacă pentru rezistența antenei se folosesc dipoli „îndoiti” (yagi) impedanța este 120Ω . Polarizarea circulară se folosește la comunicări cu sateliți care se rostogolesc și de către stații de televiziune care emit în toate direcțiile. În acest caz se folosesc mai multe antene turnstill etajate și sincronizate, pentru a obține un câștig mai mare în plan orizontal.

Pentru comunicări cu sateliți cu orbite joase, antena se dotează cu un reflector plan dedesubt.

Antena cu două elemente active liniare HB9CV

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

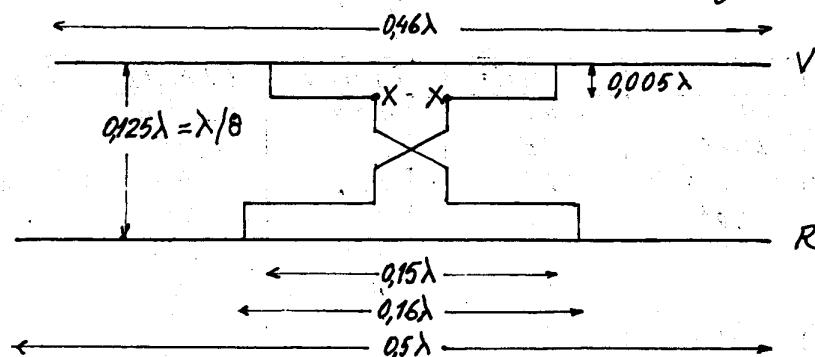


Fig. 3.9.20

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 energie 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 diagrame unidirectională 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 $\approx 3\text{ dB}$. Diametrul elementelor este $0,0025 - 0,0143\lambda$. Distanța între conductoarele liniilor de defazare este oarecare, dar se menține la încrucișare. În Fig. 3.9.21 sunt variante alimentate cu coaxial de 50Ω și dispozitive gama.

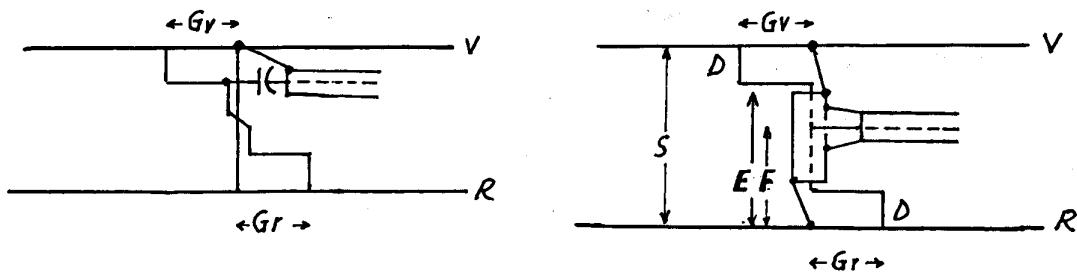


Fig. 3.9.21

In Fig. 3.9.21.a dispozitivul Gama la vibrator $Gv = 0,0585\lambda$ iar la reflector $Gr = 0,0598\lambda$. Linia de defazare este paralela 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-alungul ei una 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 se dă 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
Gv m	1,33	0,89	0,66	0,347	0,132
Gr 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 îndoiti (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 PA3EPS
Această antenă cu 3 elemente active se dă în Fig. 3.9.22.

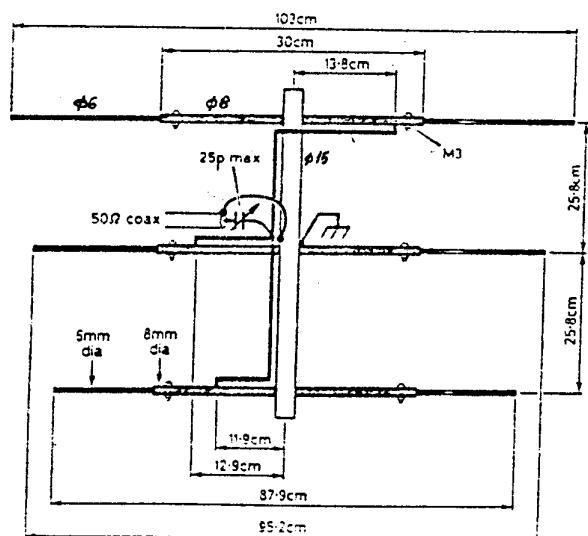


Fig. 3.9.22

Antenă directivă pentru 50 MHz DL9YFE.

In Fig. 3.9.23 se dă această antenă cu două elemente active (tip HB9CV) și trei elemente pasive

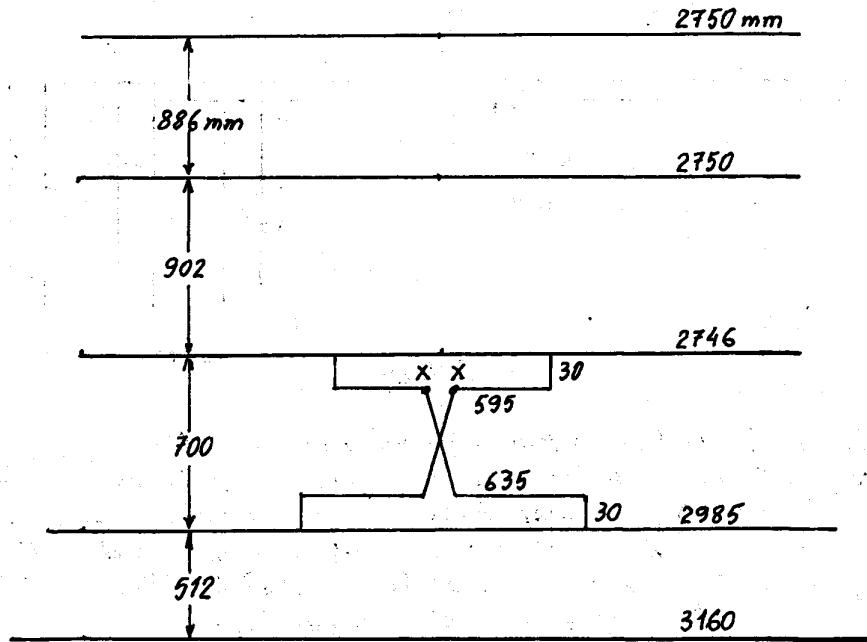


Fig. 3.9.23

Impedanța antenei fiind 200Ω , alimentarea se face în punctele XX cu cablu de 50Ω și buclă $K \cdot \lambda/2$ din același coaxial. Dispozitivul de adaptare în T se realizează din conductor cu diametrul $2-4\text{mm}$.

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 14MHz sunt în partea de jos iar pentru 21MHz , sus.

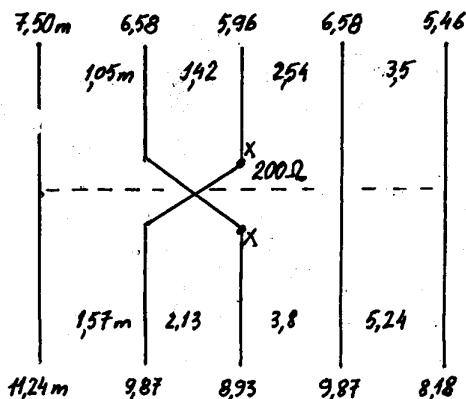


Fig. 3.9.24

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

Antena logperiodică LP

Antena logaritmic periodică a fost concepută de D.E. Isbell în 1958, (Fig. 3.9.25.). Raportul frecvențelor, superioară și inferioară poate fi 10:1.

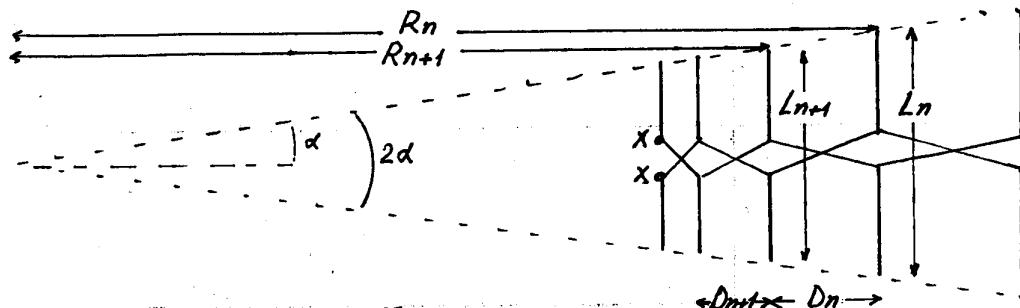


Fig. 3.9.25

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

Antena are impedanță, câstigul și raportul F/S constantă în gamă.

Antena are trei variabile interdependente: d (alfa), γ (tau) și σ (sigma). Unghiul d este între $10^\circ - 45^\circ$. Impedanță este cca 60Ω .

Variabila $\gamma = R_{n+1}/R_n = D_{n+1}/D_n = L_{n+1}/L_n$ arată raportul din- tre 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 σ , va- loarea optimă pentru $\gamma = 0,243\sigma - 0,051$. Pentru $\gamma = 0,80 - 0,98$, σ are valori între 0,143 și 0,187.

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

Dipolul cel mai lung se calculează cu formula $L_i = 150,44 / f_i \text{ MHz}$.

Dipolul cel mai scurt se calculează cu relația $L_m = 109,7 / f_s \text{ MHz}$.

Apliicând antenei energie de la frecvența limită inferioară f_i treptat spre frecvența limită superioară, elementele intră pe rând în rezonanță. Alături de elementul care „vibrează” la maxim mai sunt câteva elemente care vibrează cu amplitudine mai mică, contribuind la radiatia. Zona „activă” se deplasează de la elementele lungi spre cele scurte, o parte din elemente rămânând inac- tive, 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 Yagi. Pentru mărire a câstigului se adaugă direcțori pasivi, ca la antena Yagi. În acest caz antena este „hibridă” și se numește Log-Yagi. Ea a fost expe- rimentată de K4EWG.

Antena Log-Yagi pentru banda de 10m JH1ZGA

Această antenă se dă în Fig. 3.9.26

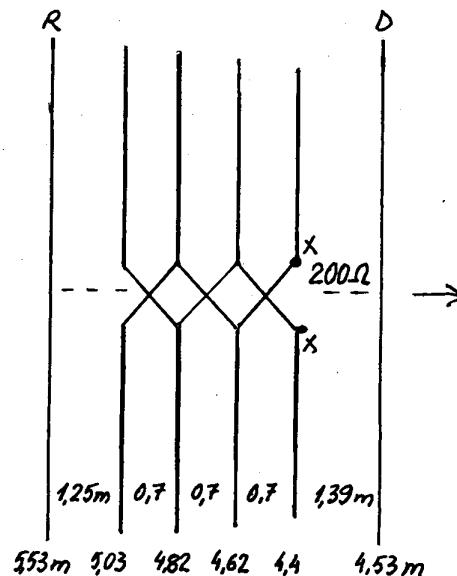


Fig. 3.9.26

Între 28 și 29,7 MHz RUS este sub 1,5. Alimentarea 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.

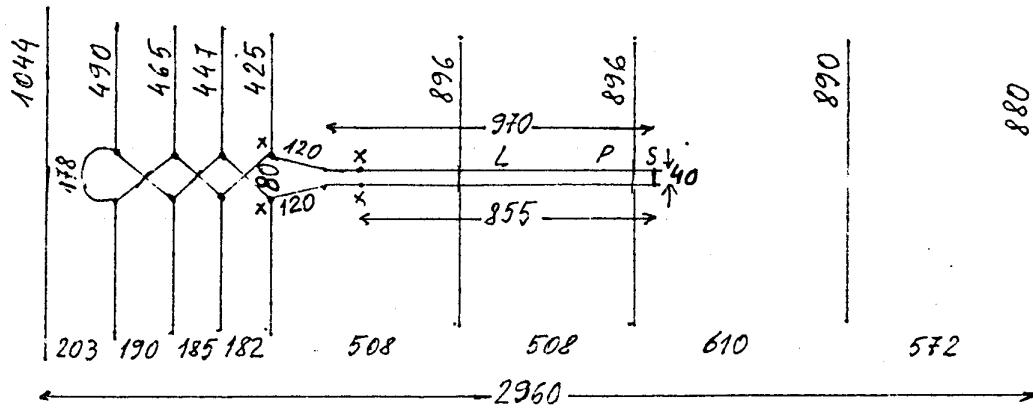


Fig. 3.9.27

La bornele antenei se conectează linia bifilară L reglabilă cu scurtcircuitorul 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 $\varnothing 8\text{mm}$ iar liniile $\varnothing 1-5\text{mm}$. Vibratorii se fixează pe rigle izolante groase de 5-10mm. Conductoarele liniilor răsucite se distanțează la intersecții. Linia L poate fi paralelă cu bumbul, la 10 cm distanță.

Antene Yagi cu trei sau mai multe elemente

La antena Yagi cu trei elemente sunt 8 mărimi variabile: lungimile lor, diametrele lor și distanța dintre ele. Calcularea acestor mărimi cere asigurări parametrii doriti de căstig, impedanță, raport F/S și bandă de frecare se face cu ajutorul diagramelor (Fig. 3.9.28) sau cu programe de computer.

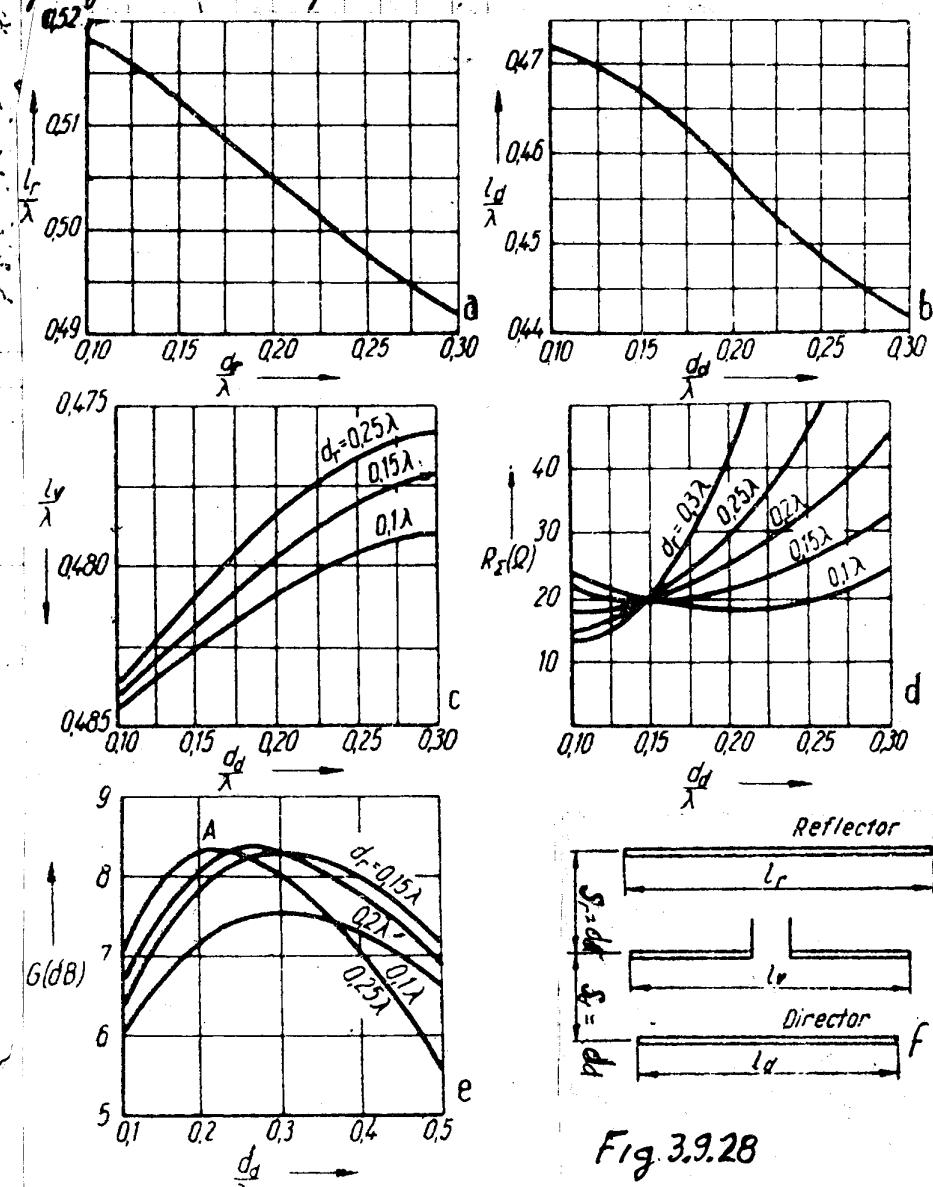


Fig. 3.9.28

Pentru a asigura o bandă suficient de largă, raportul dintre lungimea și diametrul elementelor trebuie să fie 100-400. Pe Fig. 3.9.28 f vibratatorul are lungimea l_v , reflectorul are lungimea l_r , directorul l_d , distanța dintre vibratot și reflector este notată d_r (S_r) și distanța vibratot - director, S_d sau d_d .

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

Lungimea reflectorului, a directorului și a vibratorului pentru valurile deja alese pentru $Sr/\lambda = 0,20$ și $Sd/\lambda = 0,25$ și avem:
 $l_r = 0,505\lambda$, $l_d \approx 0,448\lambda$, $l_v \approx 0,477\lambda$.

Pe diagramă d se determină rezistența de radiatie a antenei R_r în funcție de Sr și Sd alese: cca 32 Ω. Adaptarea cu coaxialul de 50 Ω se face deobicei cu dispozitiv Gama sau T.

Dacă antena are 4 elemente se recomandă $Sr = 0,2\lambda$, $Sd_1 = 0,2\lambda$, $Sd_2 = 0,25\lambda$, $l_r = 0,51\lambda$, $l_v = 0,47\lambda$, $l_{d_1} = 0,45\lambda$, $l_{d_2} = 0,44\lambda$ 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 teavă cu raportul diametru / lungimea = 0,0015 dimensiunile se dau în tabel. Când $Sr = Sd = 0,15\lambda$ câștigul este 7,5 dB. Când $Sr = Sd = 0,18\lambda$ câștigul este 8,5 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
$Sr = Sd$ m	2,12	2,42	2,83	3,32	4,22	5,94

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

Antenă Yagi cu trei elemente pentru 7 sau 10 MHz

Această antenă se dă în Fig. 3.9.29.

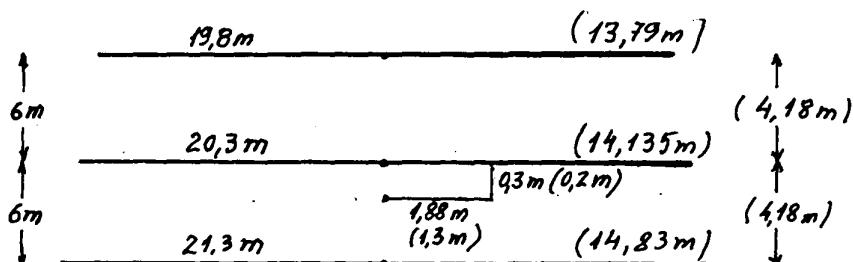


Fig. 3.9.29

Dimensiuni: dim 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 Yagi 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 28MHz , $1,2\text{m}$ în 21MHz și $1,7\text{m}$ în 14MHz .

Antena Yagi cu trei elemente pentru 21 MHz DM2ABK

Această antenă se dă în Fig. 3.9.30 a și b

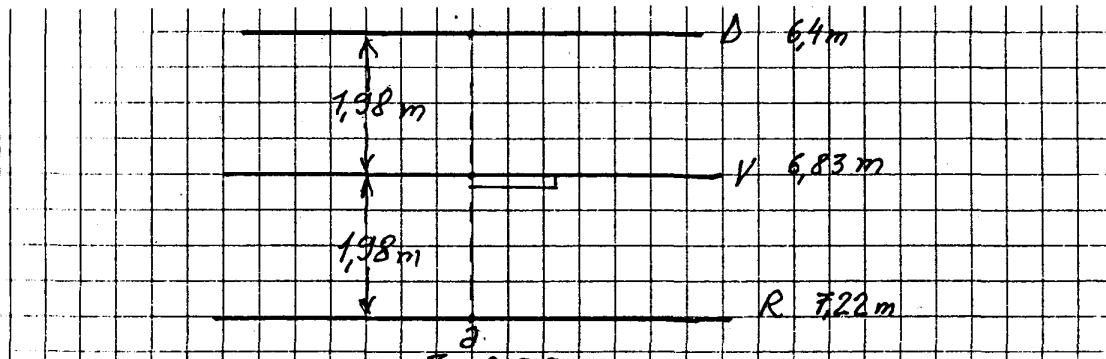


Fig. 3.9.30

Antena se realizează din feri de duraluminiu $\varnothing 25\text{mm}$. Căstigul este $\approx 8\text{dB}$ și raportul F/S $25/8$.

Raportul de unde staționare este 1,4.

Impedanța vibratorului este mică (cca 20 Ohm) și adaptarea cu coaxialul se face cu dispozitiv Gama:

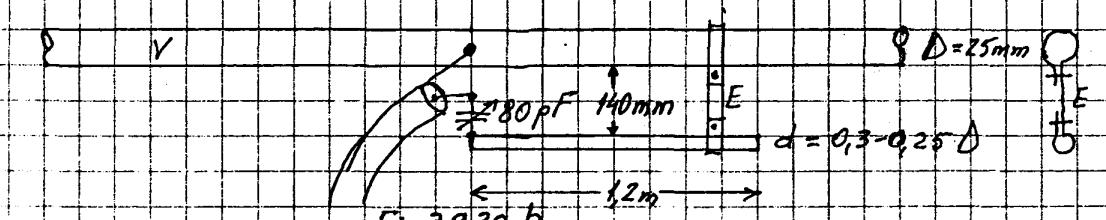


Fig. 3.9.30 b

Condensatorul variabil se poate înlocui cu o bucată de coaxial RG 58 U lungă de 90 cm sau coaxial RG 59 U lungă de 1,2 m, de la care s-a eliminat tresa, introdusă în teava dispozitivului Gama, acăru lungime se ajustează pentru RUS minim. și poziția ecclsei E se ajustează pentru RUS minim. Dacă RUS nu scade sub 1,5, se ajustează lungimea vibratorului.

Antena beam cu 4 elemente pentru banda de 50MHz YO4MM

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

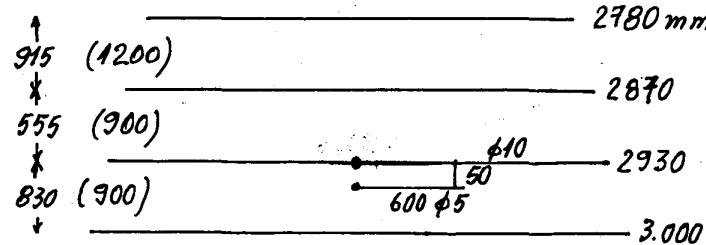


Fig. 3.9.31

Antena este fixată în vârful unui pilon de 4 m înălțime. Coaxialul este dispus „colac” 3 spire cu diametrul 15 cm chiar lângă bornele antenei. RUS este sub 1,5 între 50-50,3 MHz. Bumul este profil de 20×20 mm, din otel. Căstigul crește dacă distanțele sunt ca în paranteze.

Între 50-50,2 MHz RUS este sub 1,2, fără condensator la dispozitivul G.

Antena Yagi tip G4ZU 28MHz

În 1989, Dick Bird (G4ZU) a prezentat o variantă de antenă Yagi cu 3 elemente, convenabilă construcțiv. 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)

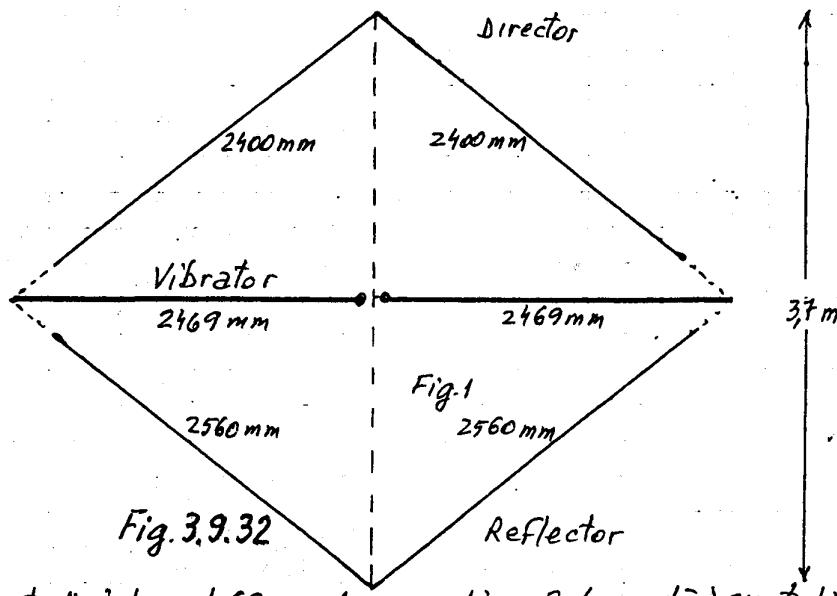


Fig. 3.9.32

Elementul „vibrator” și bumul (figurat cu linie întreruptă) sunt din fibră de sticlă. Dimensiunile sunt pentru banda de 10m. Bumul are cca 3,7m. Elementii sunt din sârmă de cupru ϕ 2mm. Reflectorul și directorul nu ajung până la capătul unditelor care susțin vibratorul cîse prelungesc cu fir de nylon. Antena are impedanță cca 50 Ohmi și se alimentează cu coaxial de 50 Ohmi, lângă bornele antenei realizând un șoc RF-balun [către 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 nuluri laterale. Pe principiul ei, Cornelius Paul DF4SA a proiectat antene „spiderbim” pentru 3 benzi și 5 benzi, de formă pătrată, cu diagonale de 10m din fibră de sticlă și greutate cca 6kg. Toți vibratori sunt alimentați în paralel.

Antena Spaliderbeam 14-21-28 MHz DF4SA

Antena are elemente (câte 3 în 14 și 21 MHz, 4 în 28 MHz) din sârmă de cupru #1 susținute de două diagonale din fibră de sticla [pot fi undite]. Greutatea este cca 5,5 kg. Pilonul are minim 10m, rotativ.

Ideeza de bază (disponerea în V a reflectorului și directorului) a fost publicată de G4ZU în 1989. Cornelius Paul, DF4SA a realizat antena Spaliderbeam pe 3 benzi, cu vibratori în paralel și fierastră unică (Fig. 3.9.33.)

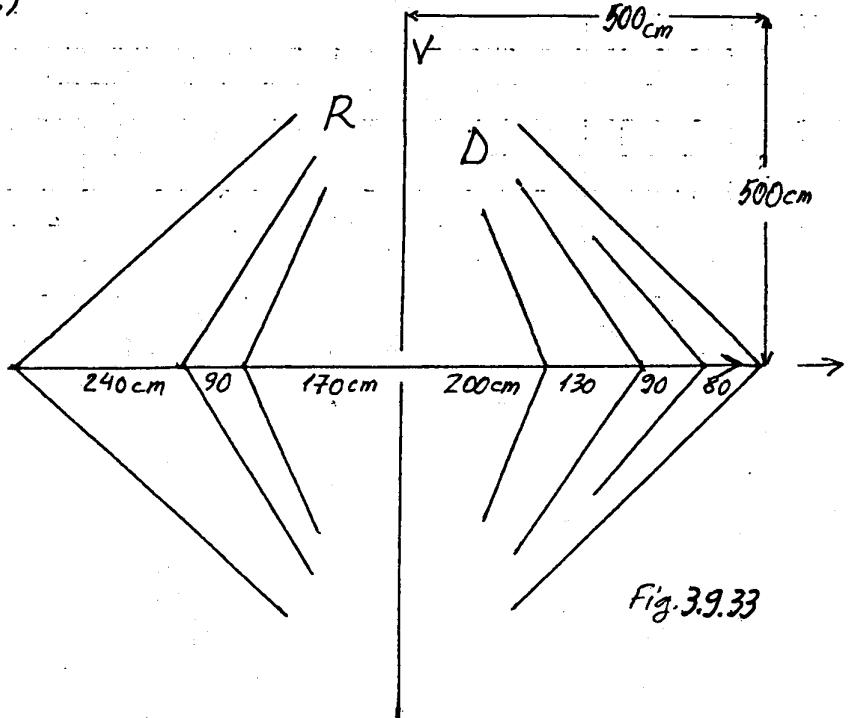


Fig.3.9.33

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		2x497
15m	700	648		2x342
10m	526	488	488	2x261

Pentru a evita întinderea elementelor, se folosește sârmă de cupru tare, rezistă, sau de oțel acoperit cu cupru. Vibratorii se fixează ca în Fig. 3.9.34

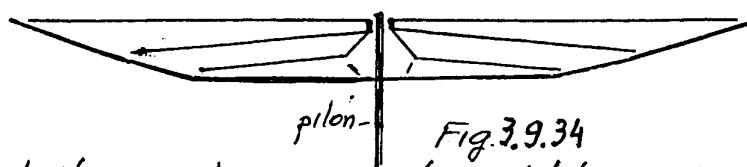


Fig.3.9.34

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

Antene Yagi optimizate pe calculator

Optimizarea pe calculator a antenelor Yagi cu și mai multe elemente doce 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 ferilor. Antenele beam realizate din conductoare subțiri au parametri diferiți de cele realizate din feri.

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

Antenele Yagi cu multe elemente pentru UVS realizate și regulate experimental cu multe forță 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 ultimă având aceeași lungime. Astfel câstigul este constant într-o bandă largă de cca 7%, cu o scădere de 1dB chiar și la antenă lungă de 10λ . Variatia logaritmica 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 a 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. Câstigul antenei Yagi 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 câstig puțin mai mare decât Yagi. Peste 2λ performanțele sunt egale, chiar dacă reflectorul și vibratorul sunt de tip buclă, sau "HB9CR sau Log periodice. Distanța optimă reflector-vibrator este $0,15-0,2\lambda$ pentru o diagramă și o impedanță optimă. În Fig. 3.9.35 se dă variația câstigului cu lungimea antenei în λ .

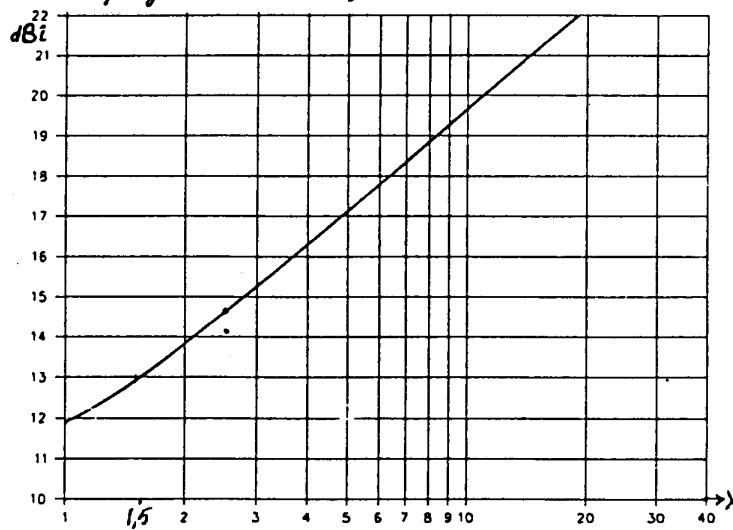


Fig. 3.9.35

Antene Yagi optimizate cu 3 elemente, în trepte

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

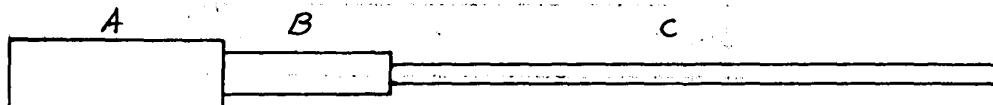


Fig. 3.9.36

	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
Distanță V-R	914,4		
Distanță V-D	457,2		

- Jumătate dintr-un element al antenei pentru 21,9 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.

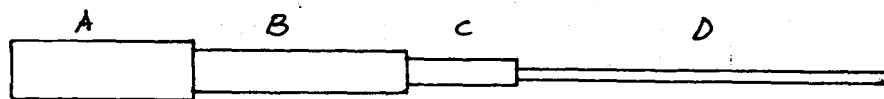


Fig. 3.9.37

	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
Distanță V-R	1219,2			
Distanță V-D	1117,6			

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

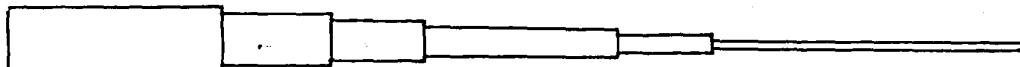


Fig. 3.9.38

	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
Distanță V-R	2032					
Distanță V-D	660,4					

Antene Yagi cu patru elemente pentru 28MHz

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

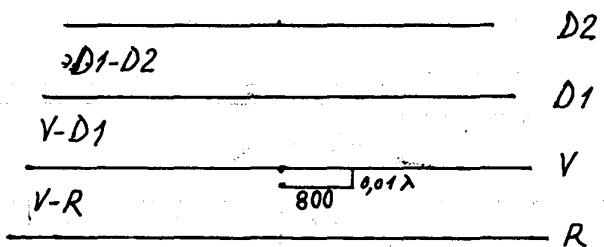


Fig. 3.9.39

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 28MHz

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

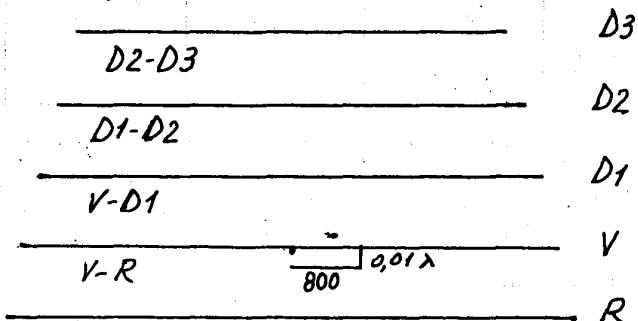


Fig. 3.9.40

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 fracții de λ sunt în tabel.

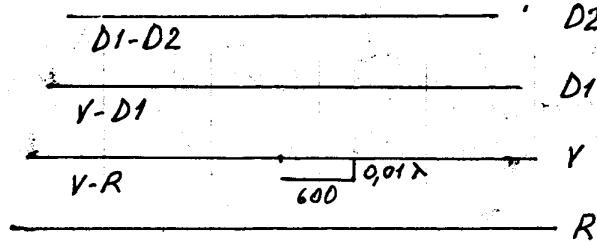


Fig. 3.9.41

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		
3,03	2,838	2,779	2,677	0,738	1,195	1,487	9	25
0,51\lambda	0,47\lambda	0,45\lambda	0,44\lambda	0,2\lambda	0,2\lambda	0,25\lambda		
0,5\lambda	0,475\lambda	0,456\lambda	0,438\lambda	0,15\lambda	0,1\lambda	0,1\lambda		

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 fracții de λ sunt în tabel.

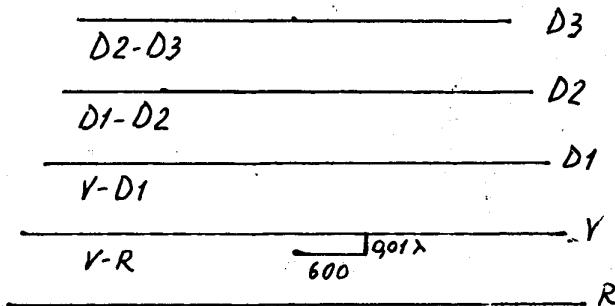


Fig. 3.9.42

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		
2,78	2,95	2,54	2,66	2,59	1,493	1,494	1,493	1,494	10	21
2,838	2,976	2,761	2,737	2,606	1,276	0,811	1,395	1,395	10	28
2,819	3,029	2,813	2,757	2,611	0,609	0,305	1,117	1,473	10	26
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

In Fig.3.9.43 se dă schița unei antene Yagi cu 6 elemente. Dimensiunile unor variante publicate, în metri sau fracții 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

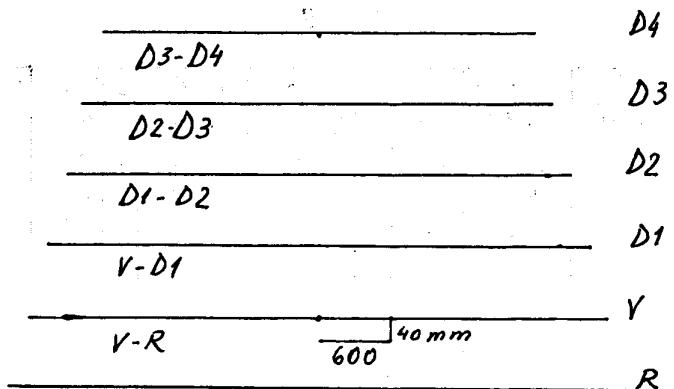


Fig.3.9.43

Antena Yagi cu șase elemente în 28 MHz

Schița acestei antene se dă în Fig.3.9.44

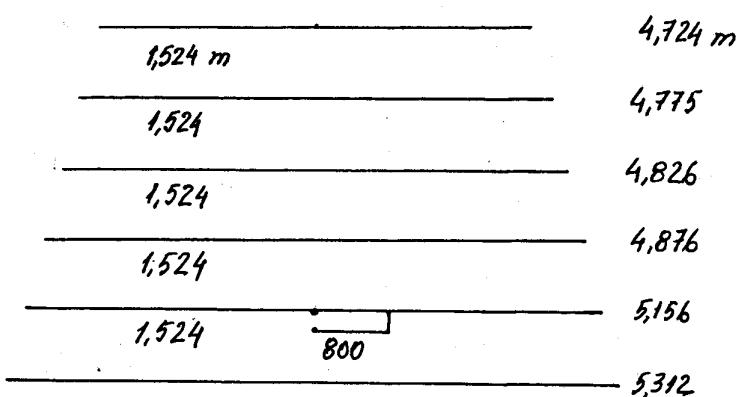


Fig. 3.9.44

Antene Yagi cu patru sau cinci elemente în 21 MHz

Dimensiunile acestor antene sunt date 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 Yagi cu 4,5 sau 6 elemente pentru 14 MHz

Dimensiunile acestor antene sunt date 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			
10,77	10,16	9,73	9,53	9,49	9,47	3,05	2,44	2,75	2,90	2,90	

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

Dimensiunile acestor antene, în metri, sunt date în tabel, pentru teritoriul României.

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
0,5λ	0,47λ	0,45λ	0,44λ		0,2λ	0,2λ	0,2λ			

Trecerea de la impedanță 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 Yagi de mare performanță pentru 144 MHz K1FO

Aceste antene optimizate pe calculator au lungimile elementelor și distanțele dintre ele variabile logaritmic. Ele au câstig maxim, diagramă de radiatie 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)	Câstig (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.	Distanță 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 bumb-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 3 mm iar dacă au $\phi 9,5\text{mm}$, se fac mai scurte cu 6 mm.

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

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 bumbul pentru a evita parazitii produsi de sarcinile statice. Dispozitivul T se realizează ca în Fig. 3.9.45 A și B, iar aspectul antenei, în (c).

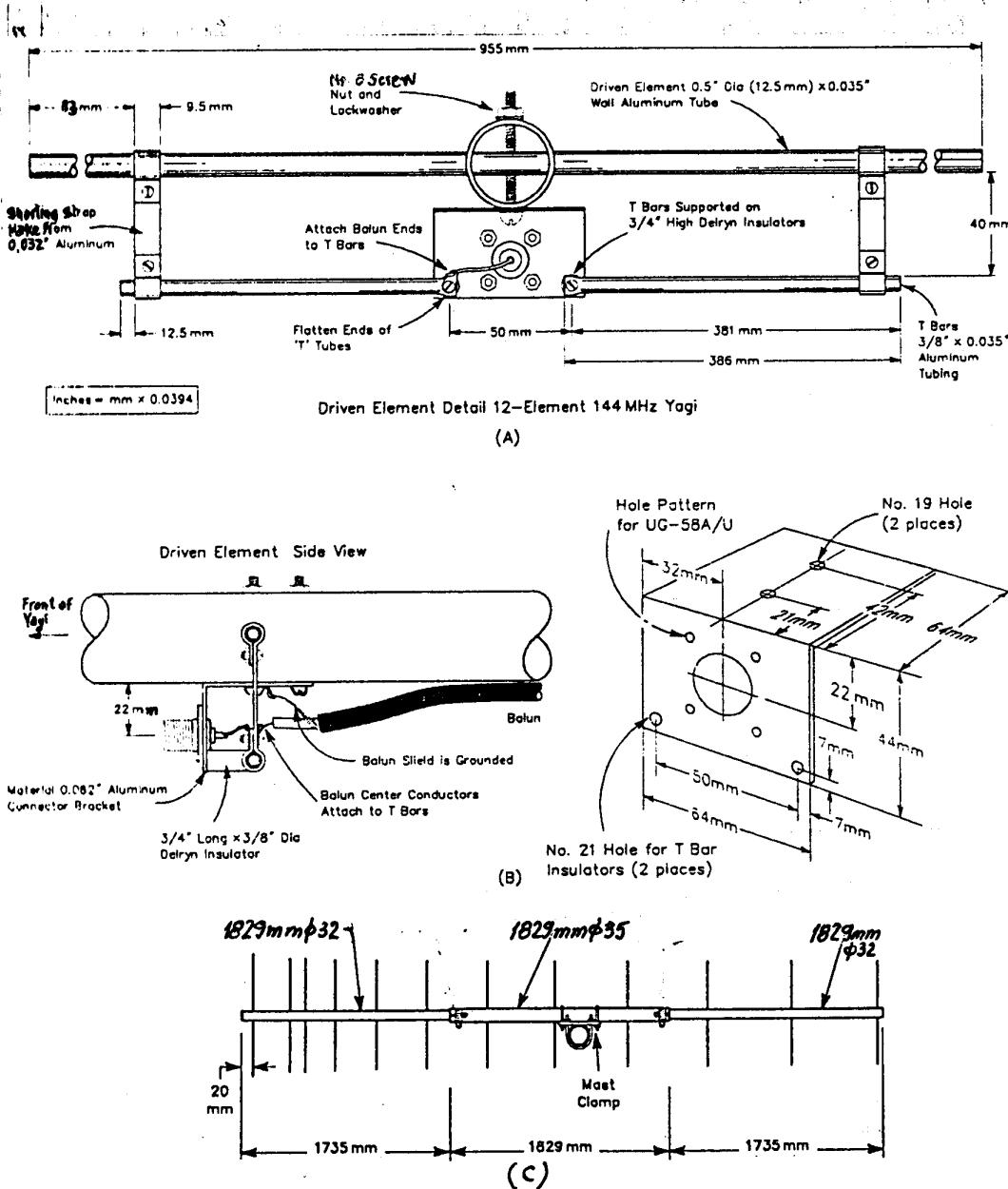


Fig. 3.9.45

Antenă Yagi de mare performanță pentru 432 MHz K1FO

Antena are 17 elemente montate pe un bum realizat din profil de aluminiu (20×20 mm) lung de 3m. Ea are un câștig de cca $14,3\text{ dB}$, un raport F/S de 20 dB și un unghi de deschidere a diagramei de radiatie de cca 30° .

Elementele sunt realizate din țeară de aluminiu $\phi 8\text{ mm}$ și au lungimile din tabel. Fixarea lor pe bum se face cu mici platbande din tablă de aluminiu îndoită în formă literei omega și suruburi autofiletante de 4 mm.

Vibratorul are dispozitiv de adaptare în T (Fig. 3.9.46a și b) care permite găsirea punctelor între care impedanța este $200\text{ }\Omega$. Adaptarea cu coaxialul de 50Ω se face cu o buclă în $\lambda/2$ din coaxial, care are 229 mm 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 scoci. Fiderul are mușă-fată și se fixează de bum cu scoci.

Tabel cu lungimile elementelor și distanțele dintre ele

R	L [mm]	D [mm]	R	L [mm]	D [mm]	R	L [mm]	D [mm]
R	345	0	D5	296	622	D11	284	1879
V	339	104	D6	294	798	D12	283	2122
D1	320	146	D7	292	990	D13	282	2373
D2	311	224	D8	290	1196	D14	281	2629
D3	304	322	D9	288	1414	D15	280	2890
D4	300	466	D10	286	1642			

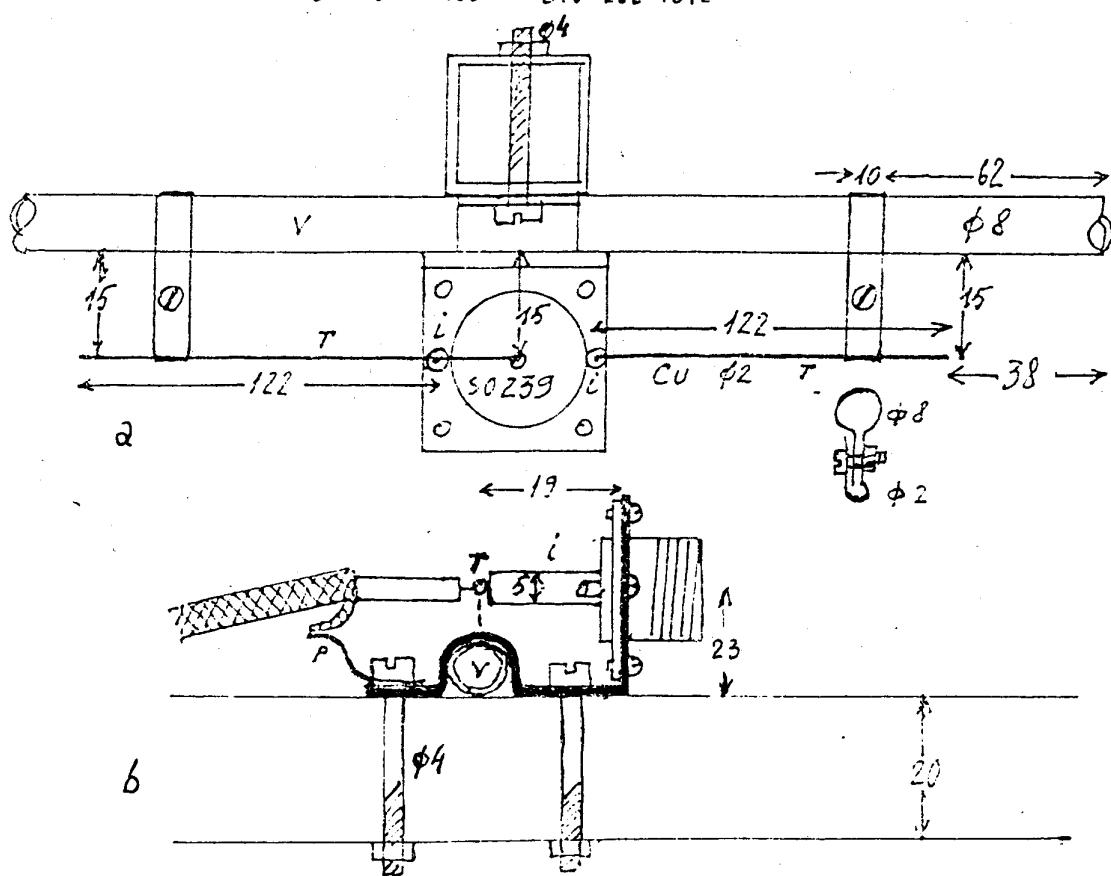


Fig. 3.9.46
178

Antena Yagi cu 3 elemente scurte, pentru 14 MHz WA1LNQ

Antena se realizează din țevi de aluminiu $\phi 30\text{ mm}$. Bobinile se realizează pe cilindri de plexiglas sau textolit $\phi 28,6\text{ mm}$ (Fig. a). Capetele țevilor se despică "cu bon falser" pentru a fi strânse cu coliere. Sârmă de bobinelor este Cu E $\phi 1,6\text{ mm}$. Sarcinile capacitive în formă de cruce sunt formate din câte două corniere de $20 \times 20\text{ mm}$, lungi de 61 cm , prinse de elementi cu suruburi. La cele 4 extremități se năstoiesc "papuci" la care se cositorește sârmă de cupru $\phi 1,6-2\text{ mm}$, pentru a forma pătrate.

Bumul se fixează de pilon prin intermediul unei plăci metalice patrate de $220 \times 220\text{ mm}$ și scoabe. Pilonul este mai înalt, de vîrful 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 mușa.

Dispozitivul Gama este o tija $\phi 10\text{ mm}$ din aluminiu lungă de 1.016 mm fixată de teava vibratoanelui cu un "scurtcircuitor" S din plat-band de aluminiu și un distanțier D din plexi. De la condensatorul variabil la tija dispozitivului Gama legătura se face cu o sârmă de aluminiu $\phi 3-4\text{ mm}$ lungă de $152,4\text{ mm}$. Cu dimensiunile din Fig. 3.947b 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 cca 18 dB.

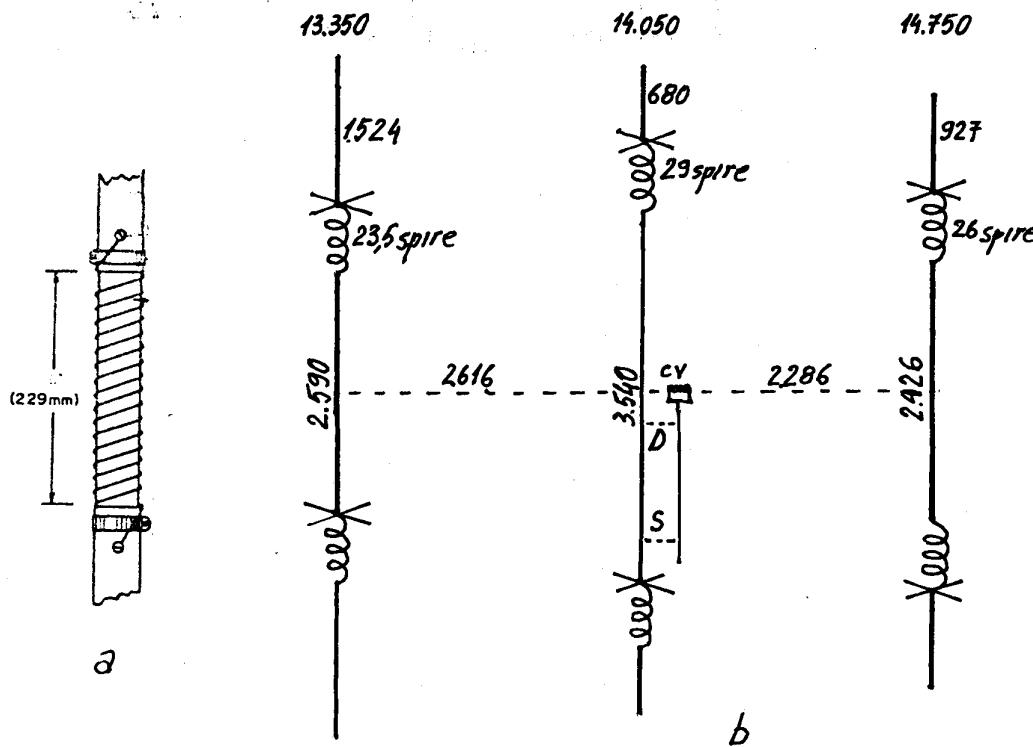


Fig. 3.947

Antena Yagi pentru banda de 1296 MHz DL6WU.

Antena scoperă banda 1270-1.350 MHz cu o scădere a căstigului de 1dB și RUS sub 1,2:1. Datele din tabelele T1 și T2 sunt pentru boom ϕ 15mm și elemente ϕ 4mm. Vibratorul și bucla U se dă în Fig. 3.9.48

T1

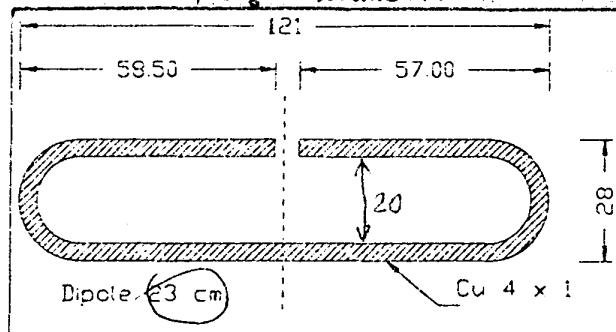
Length [mm]	Length [λ]	Gain [dBD]	3dB Angle ϕ_E	3dB Angle ϕ_H	Stack-Hori [mm]	Stack-Verti [mm]
1.945	16.4	16.6	21.2	21.6	625	615
2.497	11	17.5	20.5	20.8	650	640
2.957	13	18.1	19.3	19.6	690	680
4.061	17	19.1	17.0	17.3	780	770
5.993	26	20.3	14.7	14.9	900	890

T2

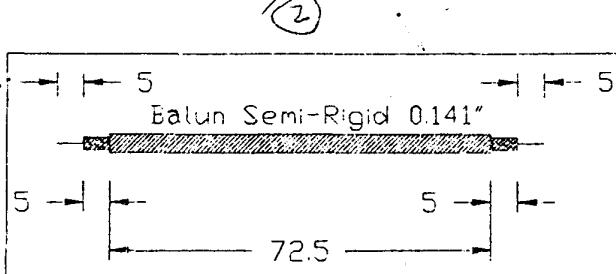
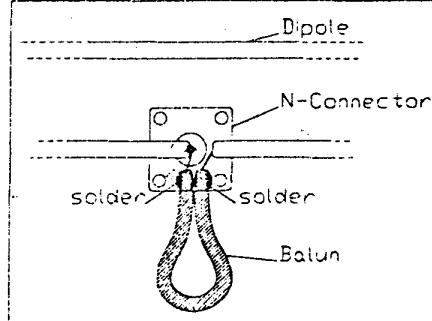
Element	Position ¹ [mm]	Length ² [mm] for 4mm El. & 15mm Boom
R	0	120
DE	50	120
D1	68	106
D2	110	104.5
D3	160	103
D4	218	101.5
D5	283	100
D6	353	99
D7	426	98
D8	502	97
D9-10	582, 665	96
D11-12	751, 841	95
D13-15	933, 1025, 1117	94
D16-18	1209, 1301, 1393	93
D19-21	1485, 1572, 1669	92
D22-24	1761, 1853, 1945 (8.41)	91
D25-28	2037, 2129, 2221, 2313	90
D29-32	2405, 2497 (11λ), 2589, 2681	89
D33-37	2773, 2865, 2957 (13λ), 3049, 3141	88
D38-43	3233, 3325, 3417, 3509, 3501, 3693	87
D44-50	3785, 3877, 3969, 4061 (17λ), 4153, 4245, 4337	86
D51-D58	4429, 4521, 4613, 4705, 4797, 4889, 4981, 5073	85
D59-D65	5165, 5257, 5349, 5441, 5533, 5625, 5717, 5809, 5901, 5993	84

¹ Positions must be accurate to ± 0.5 mm

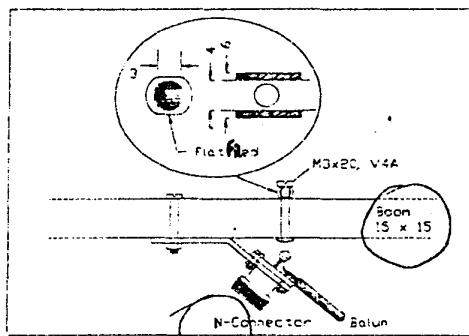
² Length must be accurate to ± 0.3 mm



Figure/Abb. 4/Balun Assembly



Figure/Abb. 3/Semirigid Balun



Figure/Abb. 2/Dipole Assembly

Fig. 3.9.48

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

Această antenă se dă în Fig. 3.9.49.

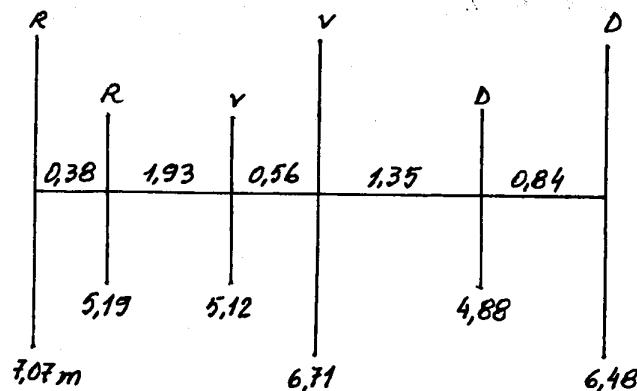
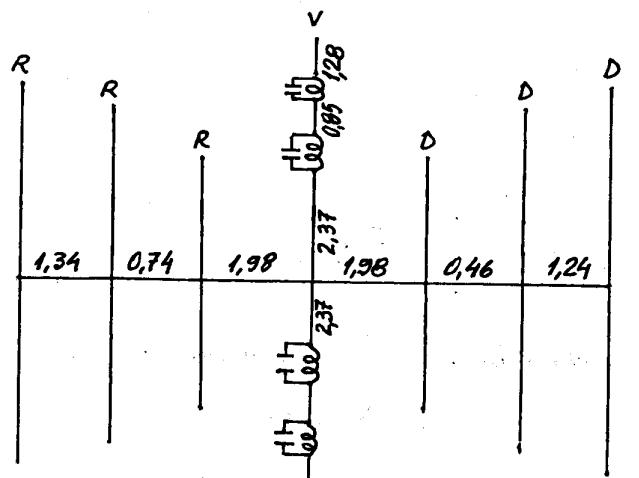


Fig. 3.9.49

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

Această antenă realizată de W1FBY se dă 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 0,71 m, la distanță de 15-13-13 cm de vibrator.

Bobinele au lungimea 5 cm, diametrul 76 mm, 3 spire la trapul de 10m, 5 spire la trapul de 15m. Condensatorul are 72 pF pentru 10m (sau o bucată de coaxial de cca 0,81 m) și 66 pF pentru 15m (sau o bucată de coaxial de cca 0,71 m). 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 20m intercalată cu Yagi 3 el. în 15m.

Această antenă și dispozitivele ei Gama sedă în Fig. 3.9.51. Ea a fost realizată de KH6 OR.

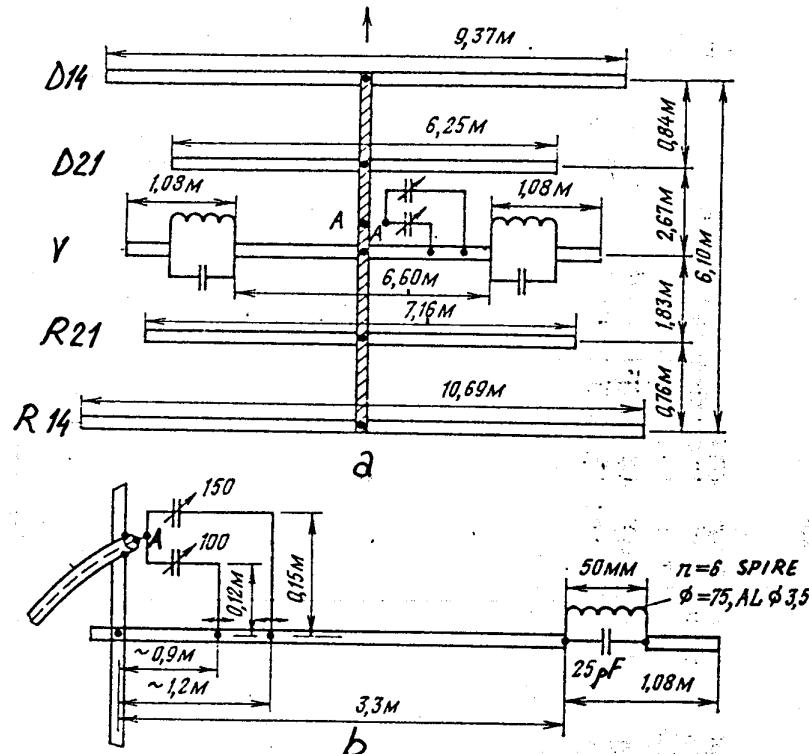


Fig. 3.9.51

Antenă Yagi compactă cu căte 3 elemente în 10 și 15m W8FYR

Această antenă sedă în Fig. 3.9.52

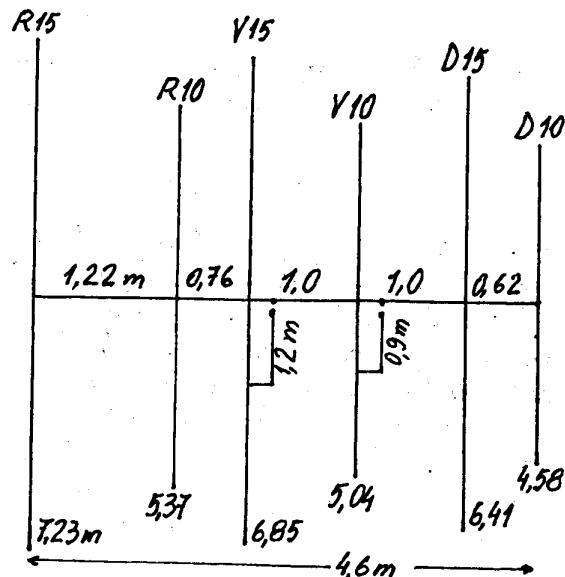


Fig. 3.9.52

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)

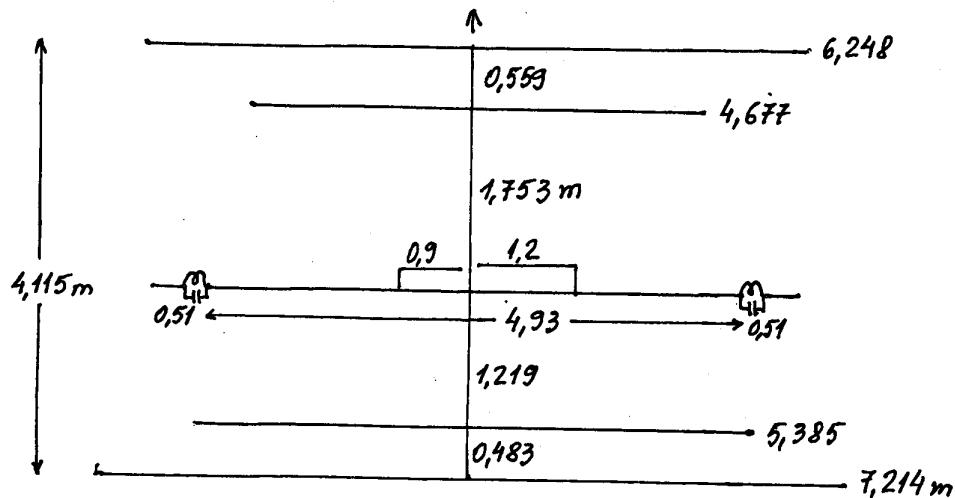


Fig. 3.9.53

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 acordăază pe $27,9\text{MHz}$, individual. Ele au căte 5spire cu diametrul 76mm și lungimea 76mm . Condensatoarele au căte 25pF .

Antene Yagi suprapuse

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

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

Distanța între antenele Yagi cu bum mai lung decât λ este cca 1λ . Rezultatele scad la distanță $5\lambda/8$, și mai scad dacă distanța este $\lambda/2$, deși diagrama de radiatie 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. Câstigul 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, impedantele lor sunt pur rezistiv și relativ ușor de adaptat și în fază.

Deseori se montează suprapus două antene Yagi pentru benzi diferențite: 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 paramăt fata 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 căt jumătate din lungimea bumbului antenei de sus.

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

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

Două antene Yagi etajate, identice, în fază, la distanță $0,67\lambda$, se influențează și și micsorează impedanța cu cca 35%. Dacă sunt la distanță 1λ , impedantele lor cresc cu 4%.

Adaptarea celor două antene, aflate la distanță λ sau mai mare, se face ca în Fig. 3.9.53. Impedantele 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 impedanță de 37Ω , realizată din două bucati de coaxial C, de 75Ω , care transformă impedanța din X (25Ω) în aproximativ 50Ω în punctul Y, de unde pleacă fiderul.

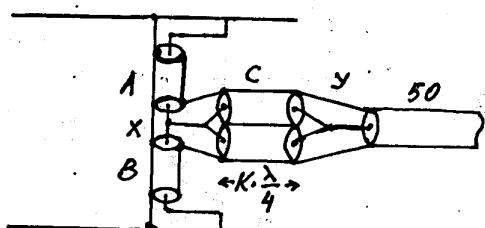


Fig. 3.9.53

3.10 Sisteme de dipoli cu radiație transversală

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

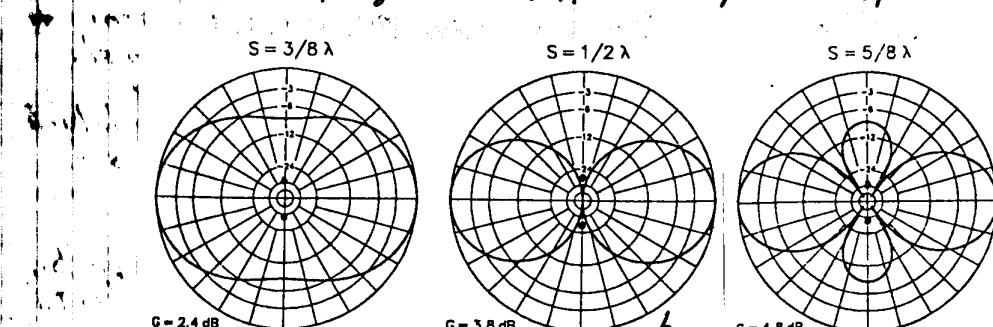


Fig. 3.10.1

In această figură dipolii în $\lambda/2$ sunt răzuți din profil și apar ca puncte (secțiuni ale conductoarelor), în spațiul liber. Apropiind antena de pământ, conductoarele pot fi orizontale, unul deasupra celuilalt sau pot fi verticale. În ambele cazuri diagraama 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 $\lambda/2$ înălțimea $\lambda/2$ față de cel inferior, diagraama de radiație în plan vertical este ca în Fig. 3.10.2.d

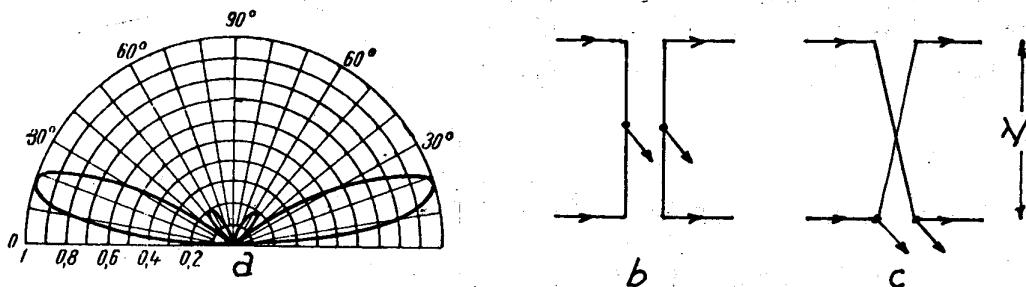


Fig 3.10.2

In Fig. 3.10.1 b și c distanța între dipolii în $\lambda/2$ sinfazați aflată în spațiul liber s-a mărit la $5/8\lambda$ respectiv $3/4\lambda$, căstigul a devenit $4,8\text{ dB}$ respectiv $4,6\text{ dB}$ iar diagraama a capătat lobii secundari care se măresc cu distanța. Acești lobii 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 $\lambda/4$.

In 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).

In cazul a 3 dipoli în $\lambda/2$ aflată la distanțe de $\lambda/2$ căstigul 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 $3\lambda/4$ căstigurile sunt corespunzătoare: $7-8,5-10-11\text{ dB}$, dar sinfazarea se complică. In UUS se pot realiza sisteme de dipoli „etajați” în λ , sinfazați, care pentru mărire căstigului într-o singură direcție, au și reflectori liniari sau plani. Reflectorul plan aflat la distanța $0,15\lambda$ dă un căstig de $5-6\text{ dB}$.

Antena Bisquare pentru banda de 10 sau 6m

Această antenă se dă în Fig. 3.10.3. Ea este formă de patrat neinchis, susținut în plan vertical de un pilon (preferabil metalic) și ancore de nylon. Laturile din stânga și dreapta sunt de lungime λ . Pe fiecare latură a patrului există o semivundă de curent staționar, cu sensul arătat de săgeți. Considerând săgețile vectori, suma lor este o rezultantă orizontală de două ori mai lungă decât diagonala patrului. Antena radiază bidirecțional, perpendicular pe planul său și are un căștig 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 olinie bifilară de impedanță intermedie și balun. Se poate conecta la bornele XX un circuit oscilant derizat 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 radiatăre transversală Sterba

Această antenă se dă în Fig. 3.10.4

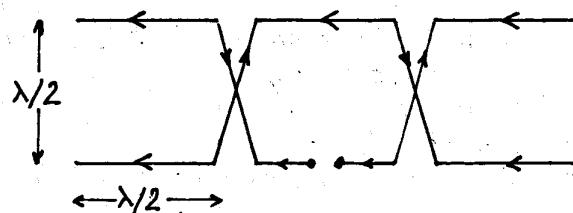


Fig. 3.10.4

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

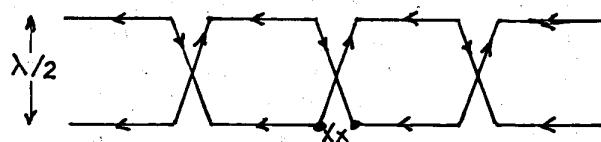


Fig. 3.10.5

3.11. Sisteme de antene monopol

Antenele monopol (semidipol) pot fi grupate în sisteme radiante cu directivitate, căstig, și diagrame îmbunătățite. Deobicei 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 rezistență de intrare (în maximul 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 stationară de curent și cea de tensiune sunt mai lunghi sau mai scurți decât $\lambda/4$ și defazajul 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 rezistență 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, rezistență de intrare și creează inductanțe sau capacitații (de fapt defazări), în serie cu rezistențele lor de intrare.

Dacă în cazul a două bobine apropriate cuplate există inductanță „mutuală”, iar între două circuite oscilante cuplate există impedanță mutuală, în cazul antenelor apropriate există impedanță 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 distanță $0,15\lambda$, $Z_m = (30,2 + j3,6)\Omega$; la $0,25\lambda$ $Z_m = (20,4 - j44,2)\Omega$; 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 capacativă.

Cunoscând impedanță mutuală și măsurând defazarea dintre curentii din cele două antene se poate calcula impedanța indușă de o antenă în celalătă și apoi impedanța fiecărei antene.

Cunoscând impedanțele, mărimele 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 WIFC).

În Fig. 3.11.6 sunt două antene verticale în $\lambda/4$ la distanță $\lambda/8$, alimentate cu defazaj de 135° (ca antena HB9CV). Sistemul radiat unidirecțional și are căstig $4,4\text{dB}$. 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 dău o rezultantă $Z_t = (47,1 + j1,075)\Omega$, foarte apropiată de 50Ω . Energia se aduce în punctul A cu coaxial de 50Ω .

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

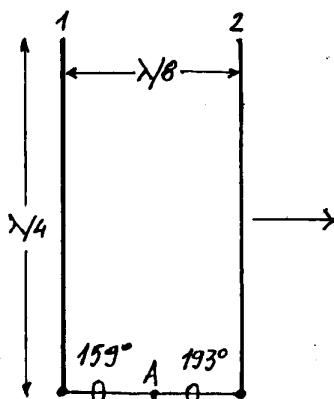


Fig. 3.11.6

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 scăde de la 3dB la linia de 193° frecvență să aibă 156° iar linia de 159° se scurtează la 88° (electrică). În acest caz impedanța în punctul A devine $(238 + j124)\Omega$ și este nevoie de un circuit LC de adaptare.

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

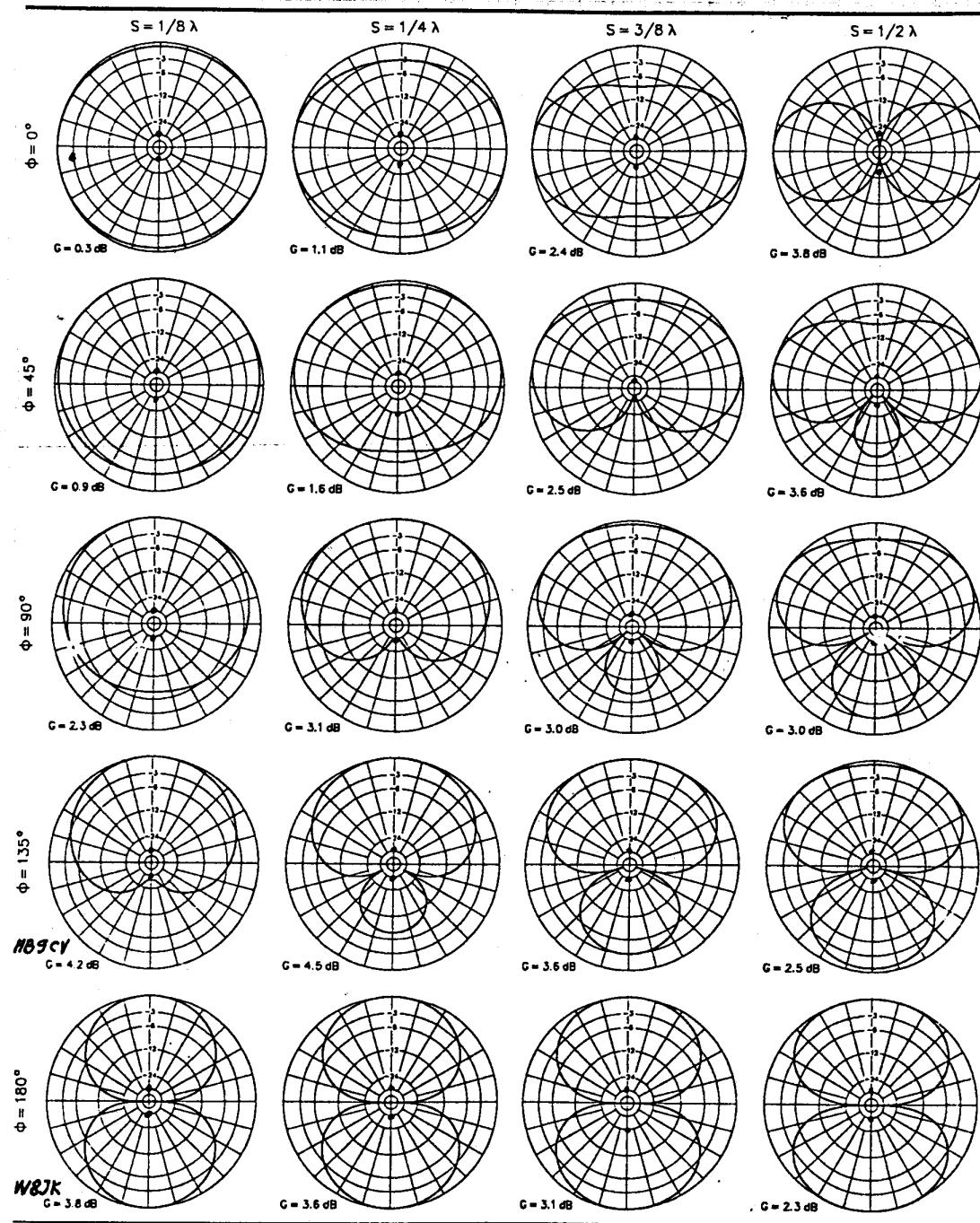


Fig.3.11.7

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

În Fig. 3.11.8 se vede această antenă cu radiatăie longitudinală (în planul antenelor), bidirectional. Impedanța rezultantă în punctul A este $(25,45 + j7,28)\Omega$. Ea este transformată în 50Ω cu ajutorul unui circuit L-C. Valorile L și C sunt pentru banda de 80m. Căștiul antenei conform Fig. 3.11.7 este 2,3dB. Curenții în antene sunt în anti-fază (180°):

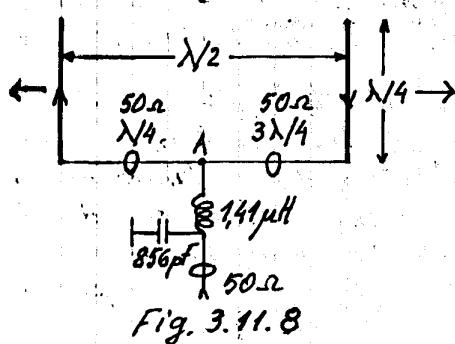


Fig. 3.11.8

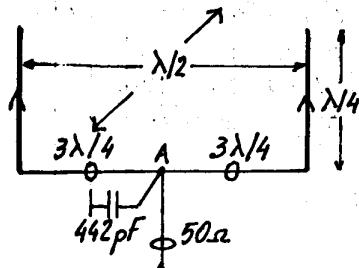


Fig. 3.11.9

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

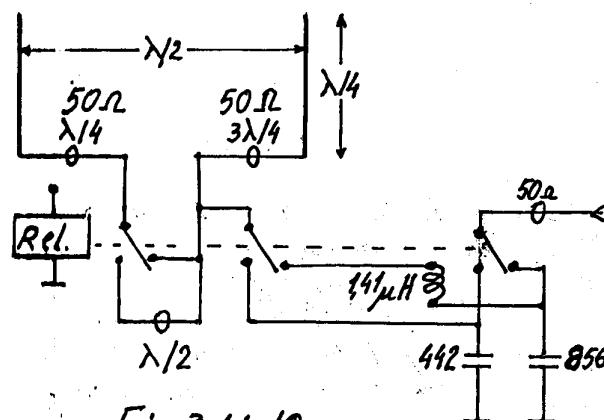


Fig. 3.11.10

Antena „Half-Square”

Această antenă se dă în Fig. 3.11.11. Înținzând în linie dreaptă

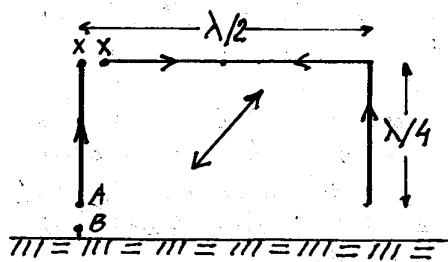


Fig. 3.11.11

conductorul, se constată că are lungimea λ iar punctele de alimentare XX se află în maximul undei staționare de curent, unde impedanța este mică, cca 50Ω .

Curenții în laturile verticale sunt în fază deci radiatia este transversală și câștigul este $3,8\text{dB}$. În latura orizontală sunt curenți contrari și radiatia 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 derivativ.

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.

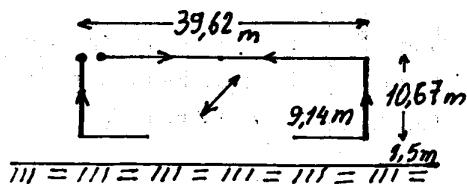


Fig. 3.11.12

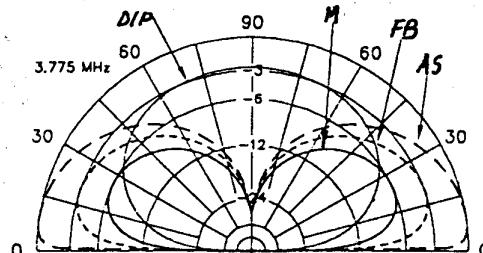


Fig. 3.11.13

In Fig. 3.11.13 se compară diagramele de radiatie 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 înfot de avu una superioară dipolului, indiferent de calitatea solului. Solul mediu (curba M) are conductivitatea $G = 5\text{mS/m}$, și constanta dielectrică $\epsilon = 13$; solul foarte bun (curba FB) are $G = 30\text{mS/m}$ și $\epsilon = 20$; apa sărată (AS) are $G = 5.000\text{mS/m}$ și $\epsilon = 80$.

Arănd 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.

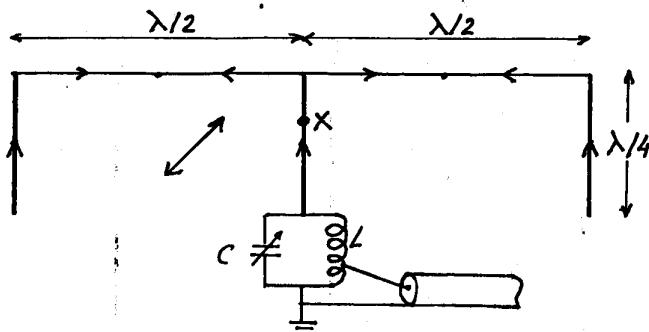


Fig. 3.11.14

Radiatia este transversala, cu un castig de 5,1dB fata de o singura verticala in $\lambda/4$. Currentul in antena centrala se divide in doi curenti de doua ori mai mici in antenele laterale. Conducatorul orizontal radiaza doar putin, curenti stationari fiind in antifaza. Alimentarea se face la baza elementului central, unde impedanta este mare, cu ajutorul unui circuit oscilant derivatie.

Segmentele „ $\lambda/2$ ” se calculeaza cu formula: $l_m = 150/FMHz$ iar cele in $\lambda/4$ cu formula: $l_m = 71,323/FMHz$. Condensatorul C care eca 100-150pF, la tensiune mare; $L \approx 25\mu H$, in 80m.

In punctul X aflat la cca 64% din inaltimea elementului central impedanta este 50Ω .

Antena are banda ingusta si C trebuie ajustat dupa 50 KHz.

In 40m, $C=40pF$, $L=13\mu H$. In 30m $C=30pF$, $L=8,3\mu H$.

In Fig. 3.11.15 se da o varianta mai putin cunosuta a acestei antene (Y04MM). Currentii in cele 3 antene verticale in $\lambda/4$

sunt in fază si dau o radiatie transversala, cu un castig de cca 4,5dB.

Distributia undei stationare de current pe elementul central este cu maximul la baza (curba i), unde impedanta este mica.

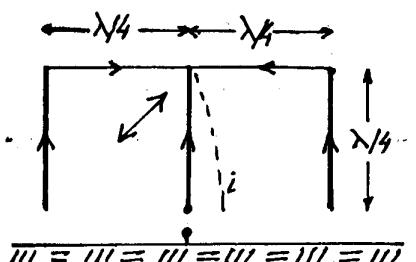


Fig. 3.11.15

Antenă directivă cu 3 elemente verticale

Antena este formată din 3 antene Ground Plane aliniate pe direcția preferată (Fig. 3.11.16)

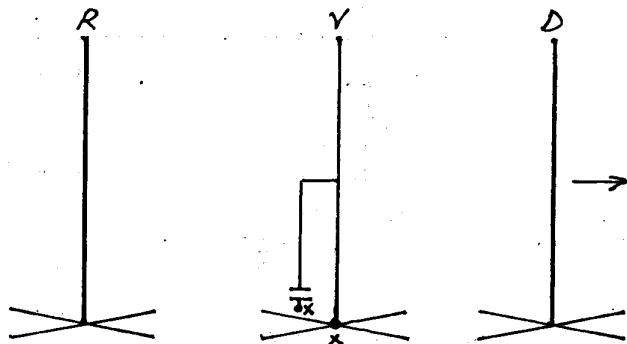


Fig. 3.11.16

Este o jumătate de antenă Yagi cu 3 elemente. Vibratorul se aliniază cu dispozitivul Gama. Cele 3 elemente sunt conectate la radiale, la bază. Antena are căștig cca 6,5dB. Reflectoarul are lungimea $0,27\lambda$ și se află la distanța $0,18\lambda$ de vibrator. Directorul are lungimea $0,24\lambda$ și se află la distanța $0,15\lambda$ de vibrator. Radialele 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 reflectoarului, a directorului și dispozitivul Gama se regleză 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, răzut de sus, se dă în Fig. 3.11.18. Antena hașurată primește un curent de două ori mai mare decât celelalte două, care au curenti defazați. În urmă "

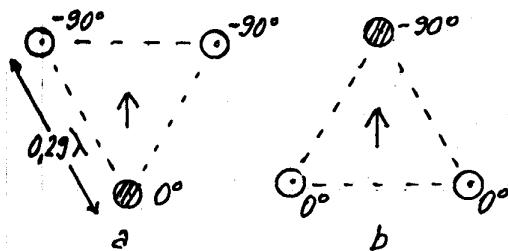


Fig. 3.11.18

celelalte două, care au curenti defazați. În urmă " -90° (a), respectiv înainte (b). Căstigul sistemului este 3,9 dB față de o singură antenă verticală, dar mărinind 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° , căstigul 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 radiatice.

Sistem de 4 antene verticale în $\lambda/4$ dispuse în patrat

În Fig. 3.11.19 se dă sistemul de 4 antene optimizat de J. Breckall, WABFET. În antenele 2 și 4 curentul are fază zero (0°) și amplitudinea 1 A (ca exemplu). În antena 1, curentul are $0,969\text{A}$ și fază -107° (față de antenele 2 și 4). În antena 3 curentul are $1,11\text{A}$ și fază $+111^\circ$. Astfel radiatia este înspre antena 1, căstigul este 6,2 dB față de o singură antenă verticală, iar raportul F/S este maxim.

Adaptarea și defazarea se face cu circuite LC (J. Beroldere ON4UN). Diagrama de radiatie în plan vertical are maximul la un unghi de 17° .

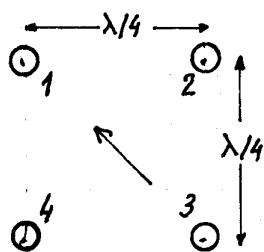


Fig. 3.11.19

3.12. Antene cu suprafețe reflectoare

Antene cu reflector plan

Reflectorii liniari, alimentați sau pasivi, sunt parcursi de curenti cu anumite amplitudini și faze, care împreună cu vibratoare și directorii, dă anumite diagrame de radiație.

În cazul unei suprafețe reflectoare, unda sferică emisă de vibrator este întoarsă de reflector sub formă 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 optica.

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 apropriate, paralele cu vibratorul, și cu vectorul de cîmp electric. Dacă polarizarea este circulară, reflectorul poate fi o placă de conductoare perpendiculară. Randamentul reflexiei depinde de natura conductoarelor, diametrul lor și distanța dintre ele.

Pentru un diametru de 3 mm al conductoarelor paralele, distanța dintre ele trebuie să fie 56 mm în 144 MHz, 30 mm în 432 MHz, și 17 mm în 1300 MHz.

Reflectorul plan se folosește peste 200 MHz. Admitând pierderi de reflexie mai mari, distanța dintre conductoarele lui, se poate mări la 0,05-0,1 λ. Căstigul maxim produs de reflector, de cca 6 dB, se obține plasând vibratorul la distanță 0,15 λ de el. Dacă antena are mai mulți vibratori sincronizați, care încadrează un dreptunghi, reflectorul are dimensiuni mai mari cu cel puțin 50%.

Reflectorul plan largeste banda de frecvență a antenei, raportul F/F_s , și dă un căstig mai mare decât reflectorul liniar.

Deobicei vibratorul sau sistemul de vibratori sincronizați se află într-un singur plan, paralel cu reflectorul plan.

In Fig.3.12.1. se dă un mod mai puțin folosit de utilizare

a reflectorului. Este vorba de o antenă Yagi cu distanțe de 0,3 λ între elemente, care cu ajutorul panoului reflector ajunge la căstiguri de 15-30 dB, apropiat de cel al antenelor parabolice.

Dacă antena Yagi are doar vibrator și reflector liniar, căstigul este cca 12 dB, iar lobul de radiație este mai larg decât la antena Yagi de același căstig.

Lungimea antenei Yagi 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:

$$t = 0,57 \sqrt{d \cdot \lambda} \quad \text{unde } d \text{ este lungimea antenei.}$$

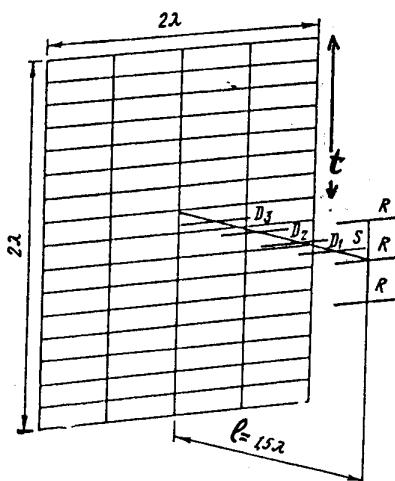


Fig.3.12.1

Antenă de mare căstig cu reflector plan înrers.

Antena din Fig. 3.12.2 are un căstig de $21,4 \text{ dBd}$ (poterea crește de 126 ori).

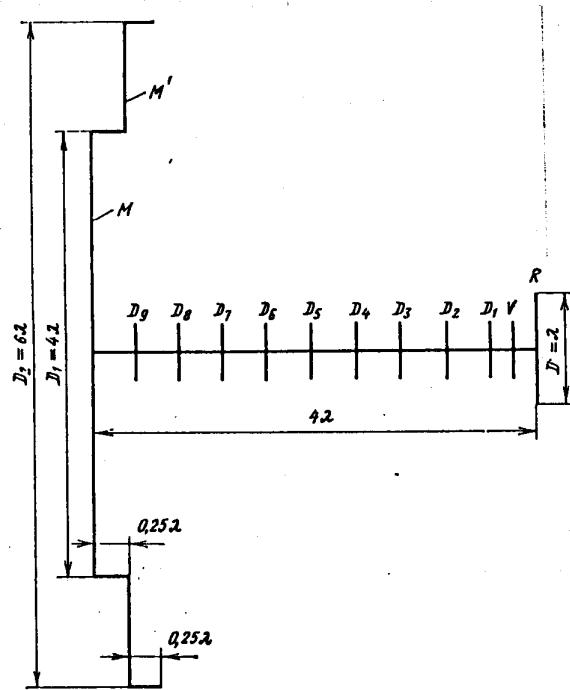


Fig. 3.12.2

Reflectorul R este un disc cu diametrul λ . Vibratorul are lungimea $\lambda/2$, distanța dintre vibratorul V și primul director D_1 este $0,2\lambda$.

Între ceilalți direcțori distanțele sunt de $0,4\lambda$. Toți direcțorii au aceeași lungime. Panoul reflector este format din discul M cu diametrul 4λ , și „șarba” M' cu diametrul 6λ , montată decalat cu $0,25\lambda$.

Antena are căstig mai mare cu 8dB decât o antenă Yagi cu lungimea 8λ .

Antena cu reflector diédru

Această antenă se dă în Fig. 3.12.3

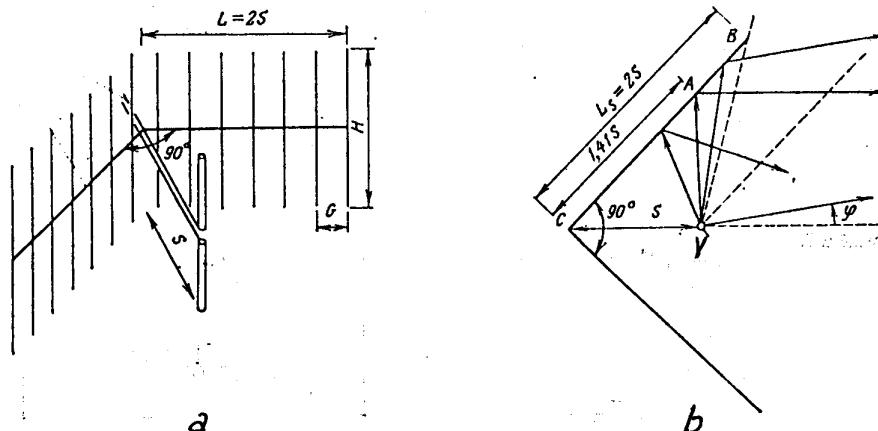


Fig. 3.12.3

Reflectorul este format din bare pentru o rezistență mai mică la rânt. 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 $13,5\text{ dB}$ și impedanță $40\text{ }\Omega$. Pentru câștig maxim, $H = \lambda/2 + S$ iar $L = 4S$. Distanța dintre barele panoului diédru este cel mult $0,1\lambda$ iar lungimea lor, minim $0,6\lambda$.

In Fig. 3.12.3 b se vede cum are loc reflexia undelor plecate de la vibratorul V. Undele reflectate în punctul A, unde $V_A = S$ au direcția orizontală.

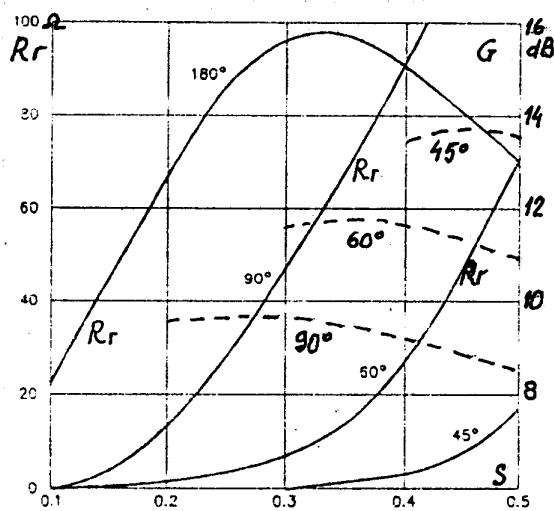


Fig. 3.12.4

In Fig. 3.12.4 se vede cum depinde câștigul G (curbele între rupte) și rezistență de radiație Rr de distanță 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 diédru cu câștig $14,5\text{ dB}$ pentru 432 MHz are: $\alpha = 45^\circ$, $L = 830\text{ mm}$, $H = 420\text{ mm}$, $S = 414\text{ mm}$, vibratorul $\ell = 320\text{ mm}$, $G = 40\text{ mm}$, $Rr = 50\text{ }\Omega$.

Vibratorul poate fi un dipol îndoit. Adaptarea se ajustează reglând distanța S, ceea ce la re-

flexorul parabolic nu e posibil. La muchia diédruului se pot monta bârlamale, pentru închiderea "antenei" la transport și experimentarea differitelor unghiiuri α . In reflectorul pentru 432 MHz se poate monta și un dipol pentru 1296 MHz .

Antena Ground Plane cu reflector diédru

Această antenă se dă în Fig.3.12.5

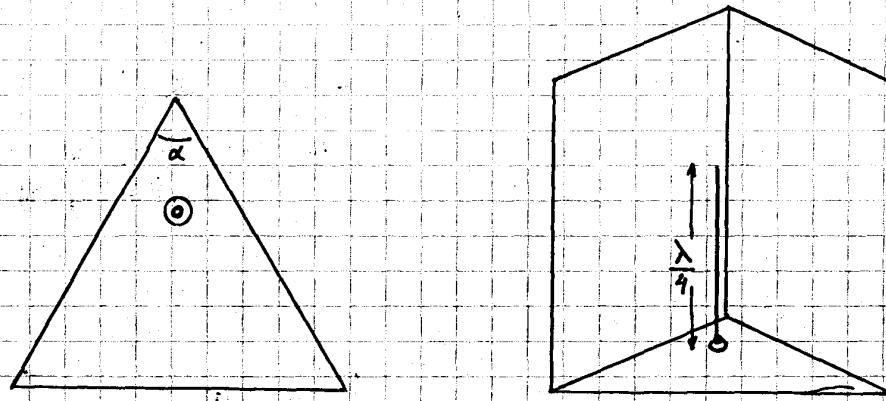


Fig.3.12.5

Antena are aceeași teorie ca reflectorul diédru, dar dipolul în $\lambda/2$ este înlocuit cu o antenă GP în $\lambda/4$ fixată pe un izolator sau chiar pe o mușă coaxială.

Antena cu reflector „igheab”

Reflectorul diédru poate fi modificat prin „taierea” vârfului, Fig.3.12.6.

Dimensiunile și câștigul pentru difuzoare unghiuri să se dă în tabel, pentru maxim de câștig

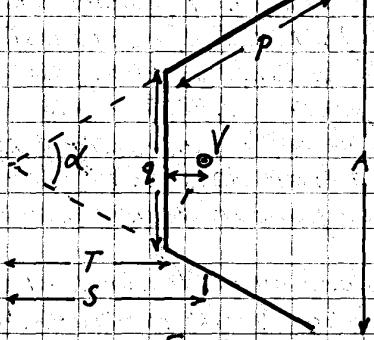


Fig.3.12.6

d	S	T	G	dB
90°	1,5λ	1-1,25 λ	13	
60°	1,75λ	1 λ	15	
45°	2 λ	1,9 λ	17	

Antena se montează mai ușor pe un pilon decât reflectorul diédru. Pentru un câștig mai mare se pot monta două antene „igheab” și în fază. Dimensiunile pentru 432 și 1296 MHz sunt în tabel

F MHz	A mm	p mm	g mm	r mm	Lungime igheab mm	G dB
432	3.048	2.540	1.270	190,5	1524	17
1296	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.

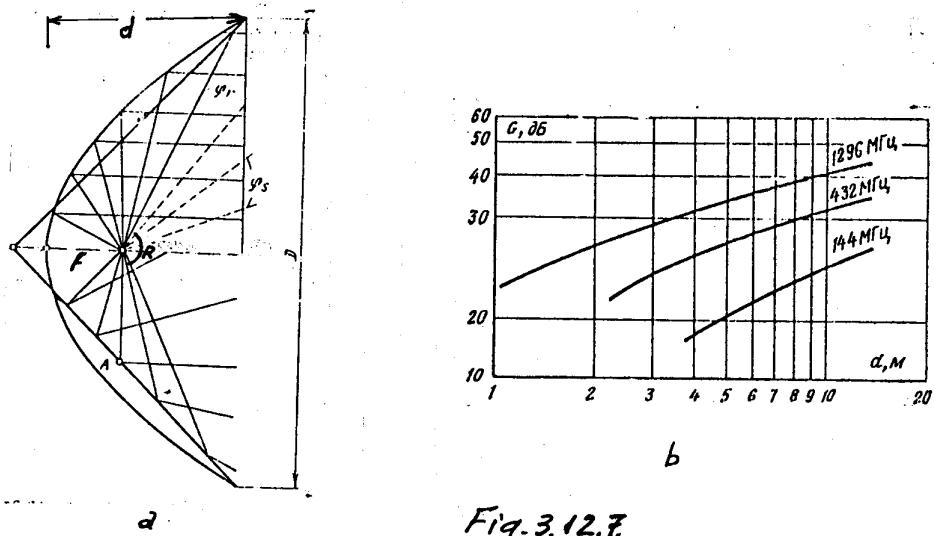


Fig. 3.12.7.

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, creând 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 semi-sferic R, sau discoidal. Vibratorul se află în focalul antenei parabolice și la frecvențe ultraînalte 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: $f = D^2/16 \cdot d$, 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

Acet tip de antenă se dă în Fig. 3.13.1

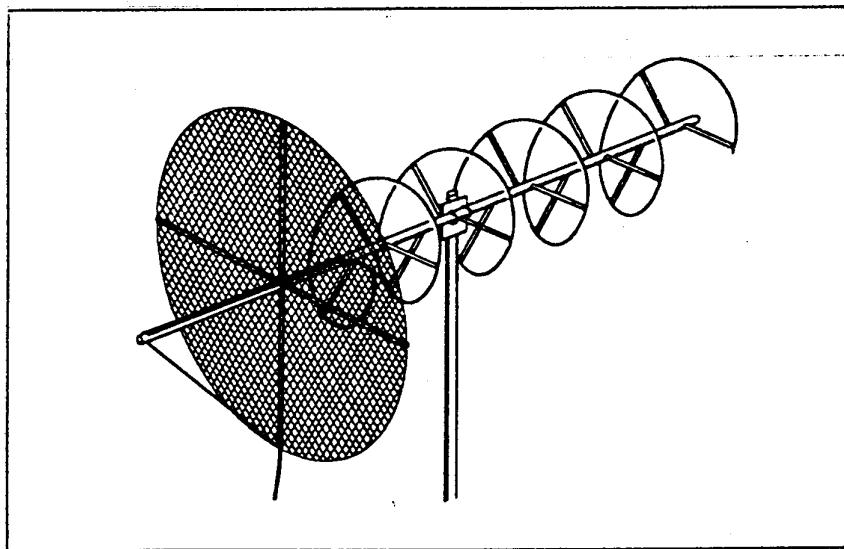


Fig. 3.13.1

Antena are bandă largă: $0,75 - 1,3\lambda$ și polarizare circulară la emisie. La recepție ea recepționează (cu rendament mic) și polarizarea orizontală, verticală sau eliptică. Căstigul este mare, $13-18\text{ dB}$, funcție de numărul de spire (Fig. 3.13.2B). Ochiburile planei reflectorului trebure să fie mai mici decât $0,01\lambda$. Căstigul este maxim dacă la recepție există tot o antenă spirală. Dimensiunile se calculează cu formulele (Fig. 3.13.2A): $D = 0,31\lambda$, $S = 0,24\lambda$, $E = 0,13\lambda$, $A = n \cdot S$ (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 căstigul $G = 10 \lg 34 \cdot n = 14,8\text{ dB}$.

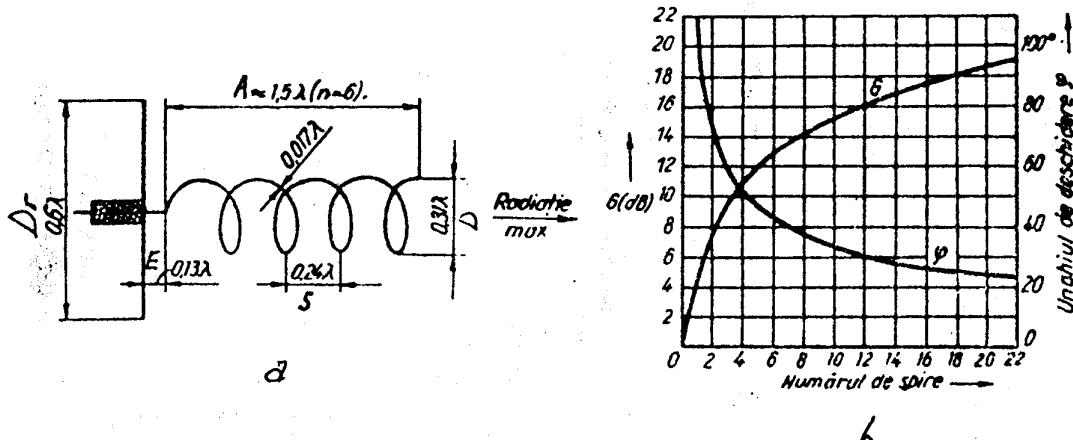


Fig. 3.13.2

Antena horn

Antena horn se folosește în microonde (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 a ghidului 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 h , căstigul variază între 20 și 70 dB. Pentru a obține o radiere omnidirectională se folosește hornul biconic (Fig. 3.13.4). Căstigul lui este de 16-50 dB, în cazul construcției optimale. Distanța dintre vârfurile conurilor trebuie să fie mult mai mică decât o semiundă.

Antena horn piramidal pentru 10 GHz KA1 GT are căstig 16,5 dB și dimensiunile:

$L = 128 \text{ mm}$, $l = 163 \text{ mm}$, $H = 103,6 \text{ mm}$,

$a = 22,86 \text{ mm}$, $h = 10,16 \text{ mm}$.

La vârful "tăiat" al piramidei se cositorește o flanșă pătrată de $41,3 \times 41,3 \text{ mm}^2$, cu decupare la mijloc: $a = 22,86 \text{ mm}$, $h = 10,16 \text{ mm}$. Cositorirea se face la exteriorul hornului.

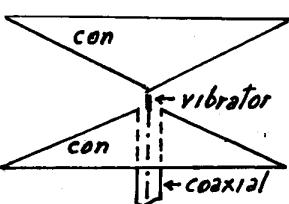


Fig. 3.13.4

Antena în formă de fântă

Fântă 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).

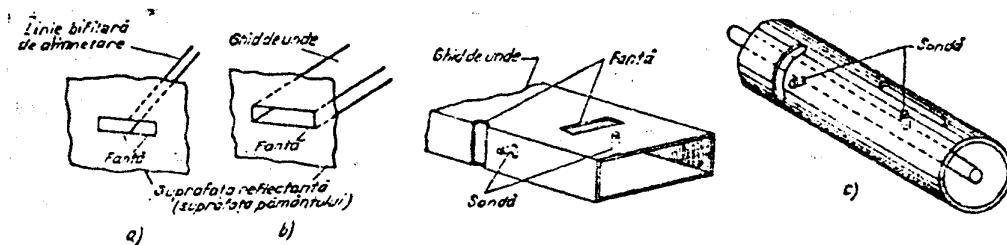


Fig. 3.13.5

Câmpul din ghid sau din linia coaxială este creat cu o sondă. Fântă se comportă ca un dipol de aceleasi dimensiuni, dar polarizarea este perpendiculară pe lungimea ei. Fântă funcționează și dacă este obturată cu o placă dielectrică. Lățimea fântei este aproximativ $\lambda/2$.

Antene în formă de lentilă

Antenele horn de mare căstig au lungimi și deschideri mari.

Pentru a evita dimensiunile mari, în deschiderea hornului se introduce o „lentilă” care transformă undele sferice în undeplane (Fig. 3.13.6). Lentila este formată din plăci conductoare de dimensiuni variabile, paralele, la distanța a unele de altele, ceea ce mai mare decât $\lambda/2$, care 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 să satisfacă relația:

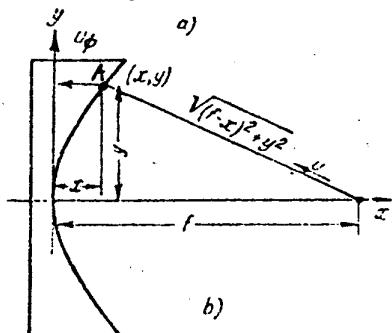
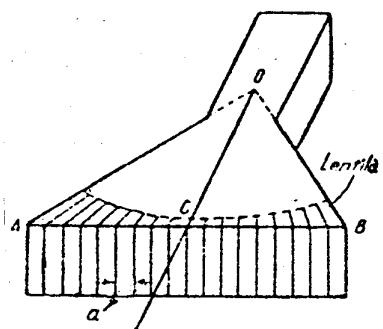


Fig. 3.13.6
este lungimea de undă în spațiul liber.

$$(1-n^2)x^2 - 2(1-n)fx + y^2 = 0 \text{ unde}$$

n este indicele de refracție, f este distanța focală, iar x și y - coordinatele 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 și λ

Antene dielectric

O piesă din material dielectric de anumită formă (Fig. 3.13.7) poate concentra micrownde. Piesa este o bară cilindrică conică.

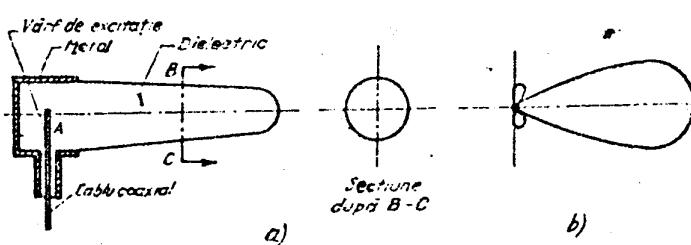


Fig. 3.13.7

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 polistirool efectul este maxim când raportul între diametrul barei și λ este 0,75-1,2. Pentru mărire căstigului se pot sînifica cîteva antene dielectrice.

Antena spirală plană

Această antenă se dă în Fig. 3.13.8a.

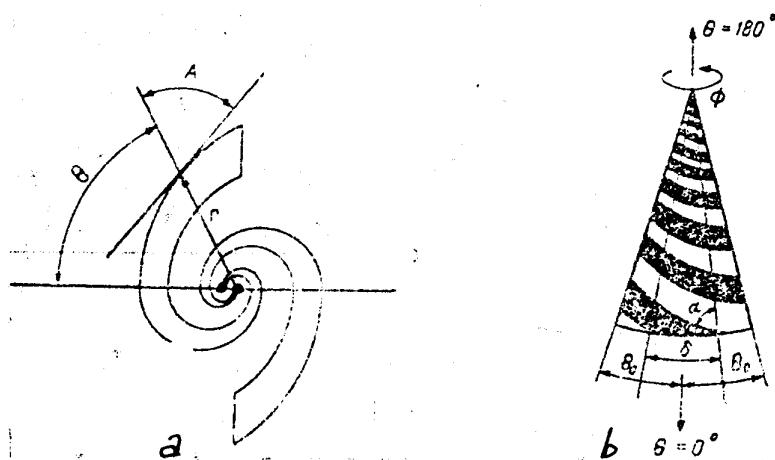


Fig. 3.13.8

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 A . Impedanța de intrare a antenei este cca 180 Ω în toată gama. Polarizarea este circulară.

Un tip special de antenă spirală este spirala conică (Fig. 3.13.8.b). La această antenă radierea este în direcția vârfului conului. Câmpul electromagnetic este circular în toate direcțiile. Valori optimale sunt $\theta_0 = 10^\circ$ și $d = 70^\circ$. Impedanță este cca 190 Ω , și variază în funcție de unghiul δ între 70 Ω și 330 Ω .

Antene cu unde de suprafață

Aceste antene arată ca în Fig. 3.13.9

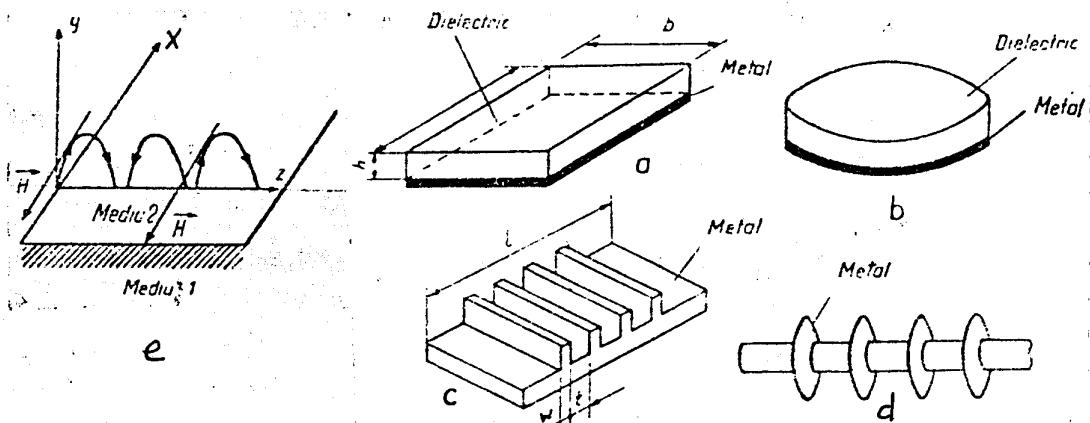


Fig. 3.13.9

Undele de suprafață apar la interfața a două medii: dielectric sau metal și aer. Dacă mediul 1 este undielectric ideal, unda de suprafață se propagă ca undă plană în aer, la un unghi fără de suprafață 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 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 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 componentă electrică a câmpului, cu 30dB mai intensă decât componentă magnetică. La antenele „magnetice” este invers.

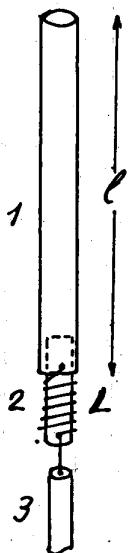


Fig. 3.13.10

Bobina poate avea un factor de calitate modest. Rolul radialului („contragreutății”) îl joacă tresa coaxialului. Bobina L compensează capacitatea proprie Ca antenei la frecvență de rezonanță, dar pentru a se obține impedanță de 50Ω , raportul L/C trebuie să aibă anumite valori. (reziz tabelul). Se consideră inductanță 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 $l_{\text{mm}} = \frac{4.700}{F_{\text{MHz}}}$. 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 $3,5\text{MHz}$, 25 în 7MHz , 20 în 10MHz , 15 în 14MHz , 12 în 18MHz , 10 în 21MHz , 10 în 24MHz și 9 în 28MHz .

Capacitatea proprie a țearii antenei se calculează cu formula:

$$C_{\text{pF}} = \frac{19,1 \cdot l[\text{m}]}{\log 0,575 \frac{l[\text{cm}]}{d[\text{m}]}} \quad \text{iar bobina: } L_{\mu\text{H}} = \frac{\left(\frac{159}{F_{\text{MHz}}}\right)^2}{C_{\text{pF}}}$$

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 spiră se găsește cu ajutorul formulelor sau abacerelor.

Pentru ca tresa coaxialului să lucreze ca radial, lungimea coaxialului trebuie ajustată. Pentru coaxial RG58 lungimea se determină cu aproximativă 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 soc RF chiar din coaxial, disponindu-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. Sosul se poate realiza și „bobinând” coaxialul pe un tor de ferită. DL7PE a realizat antene lungi de $1,6\text{m}$ 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 alimentati prin circuit L-C de defazare (Fig. 3.13.11). Lungimea antenei este 0,5-1% din lungimea de undă.

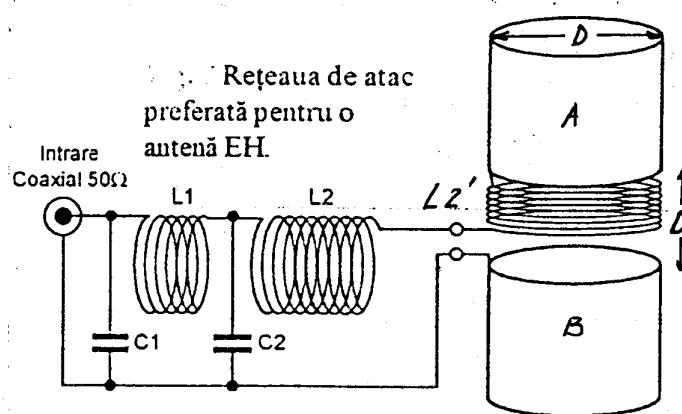


Fig. 3.13.11

Rețeaua de atac preferată pentru o antenă EH.
din sârmă CuE $\phi 1,3\text{ mm}$. L_1 are 2,5 spire pe lungimea cca 20mm
 L_2 are 21 spire adiacente iar L_2' - 4 spire bobinate între ele-
mentele dipolului. Se reglează distanța dintre spirele bobin-
elor și C_2 pentru RUS minim. La 100W tensiunea RF între
cilindrii antenei este 3200V. Există o radiatie a coaxialului.

Pentru banda de 20m antena are lungimea $193\text{ mm} \times 2$ pe tub din plastic $\phi 25\text{ mm}$, $C_1 = 225\text{ pF}$, $C_2 = 291\text{ pF}$, $L_1 = 0,92\text{ } \mu\text{H}$, $L_2 = 136\text{ } \mu\text{H}$. 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

Antene fractale

In matematică funcțiile fractale au fost studiate de Cantor (1872), Peano (1890), Hilbert, H.v. Koch, Sierpinski, G. Julia și alții. Pornind de la acestea B. Mandelbrot (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. În Fig. 3.13.13 se dă „monopolelul Sierpinski”.

El rezonă pe 440 MHz, 1,75-3,51-7,01 și 13,89 GHz, având impedanță de intrare 50 Ω. Cercurile delimită triunghiurile care determină cele 5 frecvențe de rezonanță. În Fig. 3.13.14 este un dipol FRACTENT pentru 145 MHz studiat de W. Hödlmayr DL6NBJ. Cele două laturi se inscriu în patrate de 15x15 cm.

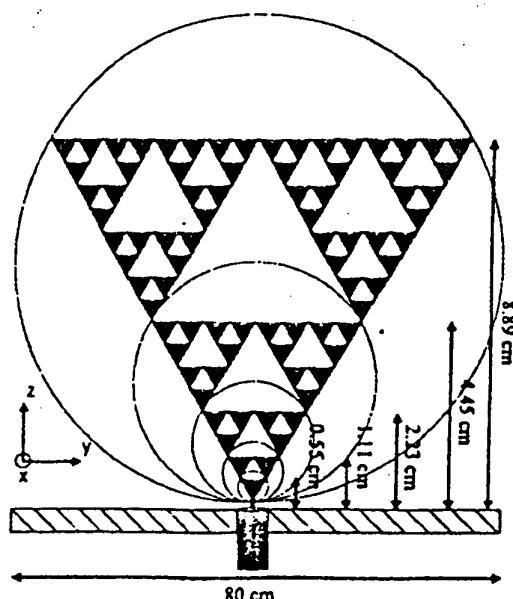


Fig. 3.13.13

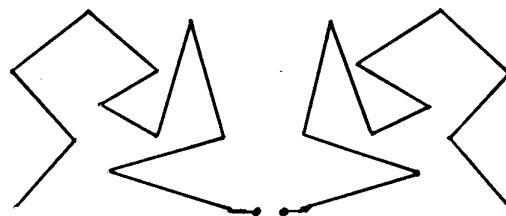


Fig. 3.13.14

Măsurarea antenelor

Teorema reciprocității a lui Rayleigh-Carson permite să se considere că antena are aceeași proprietăți la receptie ca și la emisie (impedanță, diagramă de directivitate etc).

Măsurarea intensității câmpului radiat de o antenă și comparaerea lui cu câmpul radiat de o antenă de referință (deobicei un dipol în $\lambda/2$) se face cu un măsurător de câmp (Fig. 3.13.15)

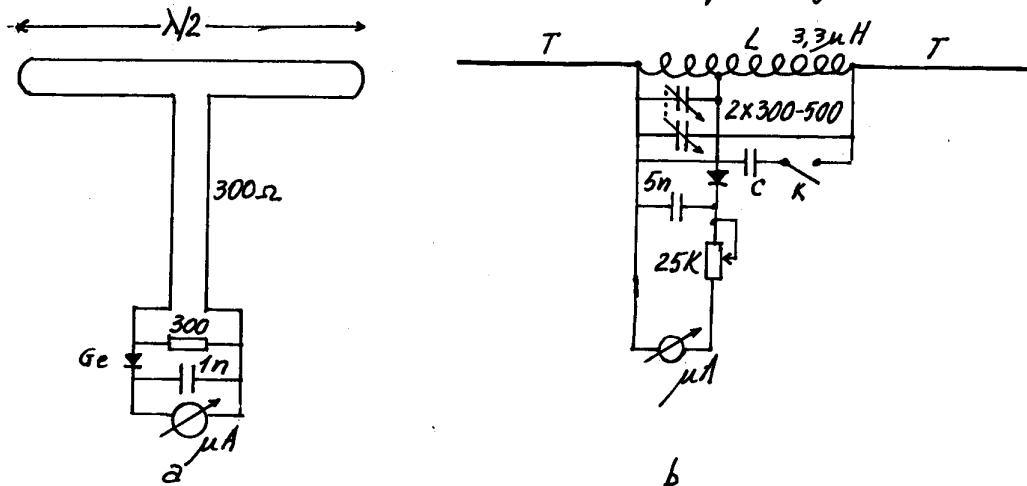


Fig. 3.13.15

Câmpul se măsoară la distanța $3-10\lambda$ de antenă, preferabil la înălțimea antenei. În ușă dipolul măsurătorului de câmp, fixat în vîrful unei șipci trimite semnalul captat la instrumentul de măsură printr-un cablu bifilar (pamblică) Fig. 3.13.15 a. Antena de verificat este rotată 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 clădiri 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 3-30 MHz. Pentru frecvențe mai joase se conectază condensatorul suplimentar C.

Pentru a măsura câștigul unei antene directivă față de dipolul în $\lambda/2$, se măsoară câmpul produs de un dipol montat în locul antenei directivă, 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 fidelul la ieșirea de bandă largă a unui transiver, prin intermediul unui reflectometru. Se emite o pulsătoare continuă de putere mică plimbând frecvența în jurul celei estimate și urmărind mărimea unei reflectante sau RUS. La frecvența de rezonanță a antenei, RUS este minim.

Impedanța antenei se măsoară cu impedanțmetru specializat, conectat la antenă cu un fidel cu lungimea electrică $\lambda/2, 2\lambda/2, 3\lambda/2$ etc.

3.14. Antene de receptie

Desi orice antenă are aceleași proprietăți la emisie și la recepție, practic există diferențe.

Antena de receptie este echivalentă cu un generator de semnal care livră 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 receptie o forță electromotoare distribuită de-a lungul lui proporțională cu intensitatea câmpului și cu cosinusul unghiului dintre vectorul polarizării undei și antenă. Curentul mic induș în antena de receptie produce o mică radiatăie de u.e.m. care se insumează cu undele initiale, provocând o absorbție și o deformare a câmpului initial.

Antenele „bucă” și în special cele tip „cadru” receptionează mai slab „paraziții” electrici decât dipoli. 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 receptie 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 progresivе (Beverage, Fishbone, etc.). În unde scurte și ultrascurte antena de emisie se folosește și la receptie.

Paraziții electrici actionează îndeosebi prin componenta electrică a câmpului, în general polarizată vertical. De aceea sunt de preferat antenele buclă și dipoli orizontali simetrici, cu fider coaxial sau bifilar răscuțit. Curenții induși în cele două conductoare răscuțite, 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 îndepărtați de rețeaua electrică, cabluri de telefon, televiziune, etc. În zonele industriale paraziții ajung la înălțimea de 30-40 m de sol. Paraziții patrunz și în receptor din rețeaua electrică se combat cu filtre de rețea (Fig. 3.14.16). Bobinele au multe spire în „galeti” sau sunt realizate

pe bare sau toruri de ferită.

Paraziții se propagă prin orice conductori, fieri, armături de fier beton. Ei trebuie combătuți cu filtre în primul rând la „surse”. Tuburile fluorescente și lămpile cu vaporii de mercur generează paraziți, ca și bujiile, intrerupătoarele, releele.

Antena cadru (cerc sau patrat) cu aer, de mici dimensiuni folosită uneori la receptie, are rezistență 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 insumează cu cea livrată de o antenă. Astfel diagrama de directivitate are formă de cardioïdă.

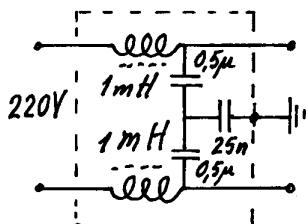


Fig. 3.14.16

Antena directivă de recepție pentru 160 și 80m K9AY

Această antenă este o buclă în plan vertical, cu perimetru de $0,155\lambda$ în 160m și $0,3\lambda$ în 80m. Cu dimensiunile date și o rezistență neinductivă de 390-560Ω, aleasă în funcție de natura solului, antena oferă o recepție bună și directivă în ceea ceva benzii.

Pilonul, nemetalic, înalt de cca 8m nu este figurat. Maximumul de recepție este în planul antenei, în direcția transformatorului T de adaptare cu coaxialul. Semnalele venite din direcția rezistenței R sunt atenuate cu 20-40 dB. Înversând pozițiile transformatorului și rezistenței cu ajutorul unor relee (Fig. 3.14.17.b) direcția de recepție se înversează. 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 trimet la relee 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 relee, ambele fiind atrase. Transformatorul are 5 spire trifilar pe un tur de ferită cu diametrul cca 19mm.

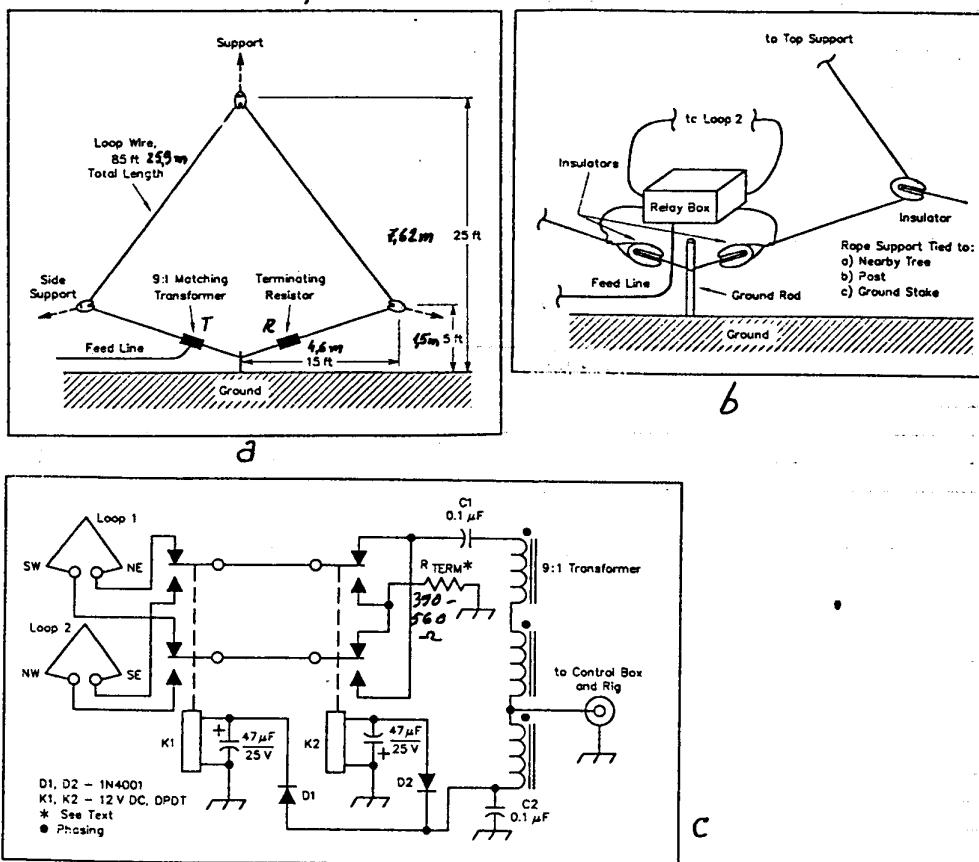
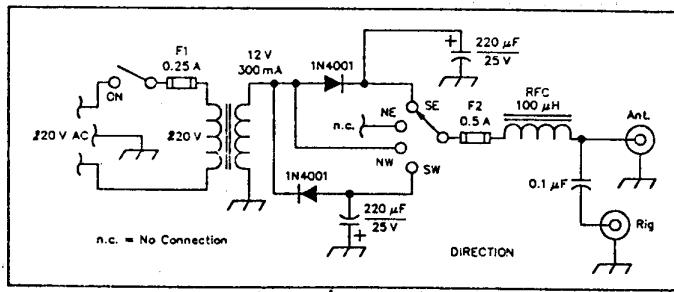
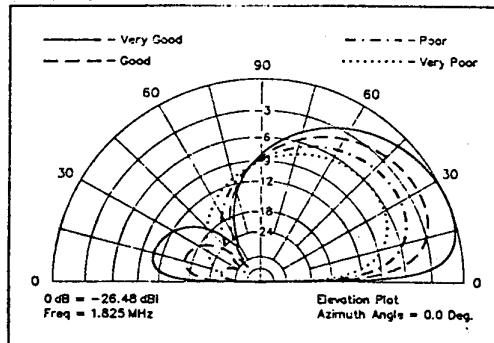


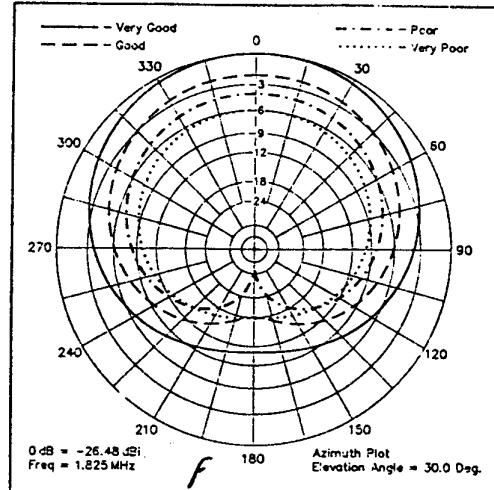
Fig. 3.14.17



d



e



f

Fig. 3.14.17

Antena Delta Loop de receptie în 1,8 MHz

In Fig. 3.14.18 se redă această antenă realizată de W2UP și FO8AAA.

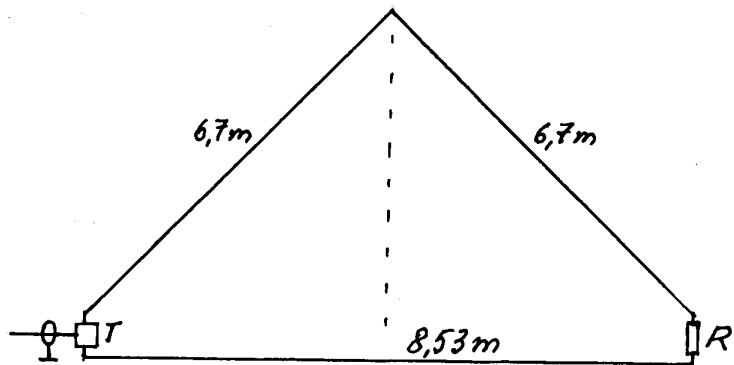


Fig. 3.14.18

Antena este susținută de un pilon nemetalic. Ea are receptia maximă în spate 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 neroză de un preamplificator.

Antena de receptie EWE pentru 80 și 160m WA2WVL

Această antenă se dă în Fig. 3.14.19

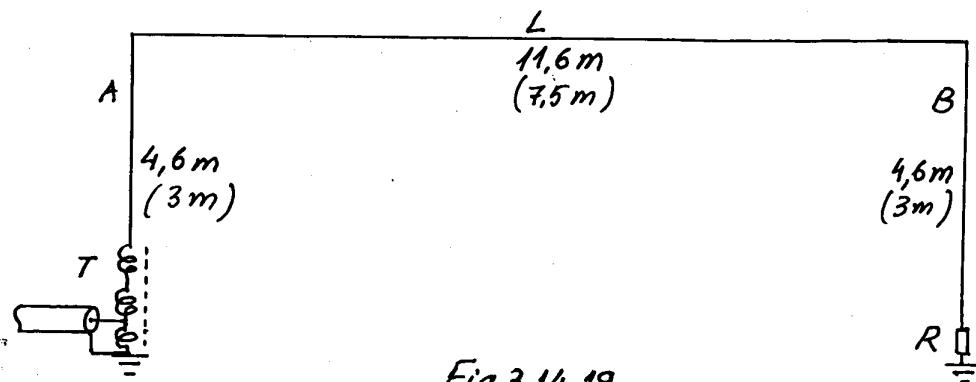


Fig. 3.14.19

Antena are diagramă tip „cardioïdă” cu maximul receptiei spre transformatorul toroidal de adaptare T. Câștigul „antenei fiind -22 dBi în 1,8 MHz și -12,3 dBi în 3,5 MHz” este neroză de un preamplificator. Latura L se poate lunge până la 20m, mărind și rezistența R de la 840Ω la 1300Ω . Distanța optimă între laturile verticale A și B este cca $\lambda/8$. Cu dimensiunile din figură receptia este bună în cele două benzi. Dimensiunile din paranteze sunt la DL6CNG, numai în 80 m.

Antena cadru de receptie pentru banda de 80m SM&VPO

Aceasta antena sedă în Fig.3.14.20

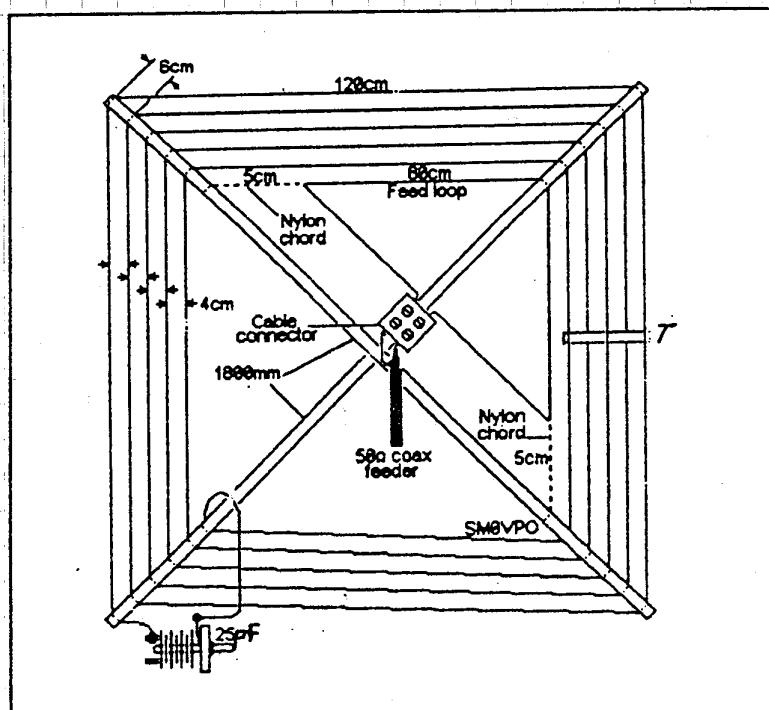


Fig.3.14.20

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 spiralele sunt îndepărtate unele de altele cu ajutorul unei tijă din plastic T. Antena funcționează și la emisie, cu putere mică.

Antena buclă ecranată de receptie pentru 1,8 MHz KC2TX

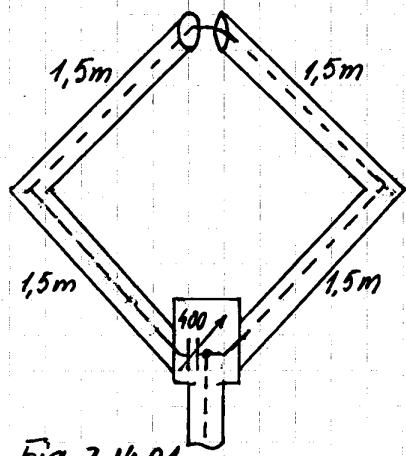


Fig.3.14.21

Antena (Fig.3.14.21) se realizează din coaxial care are maxim 30 pF pe 30 cm lungime (RG59). Ea este susținută de o cruce din șipci sau tuburi de plastic.

Condensatorul variabil în serial cu conductorul central al coaxialului este montat într-o cutie metalică la care se conectează cele trei trese.

Antena îrrează semnale fără zgomote, 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 receptie pentru banda de 160m VK58R

In locații unde nu sunt paraziți locali, se foloseste la receptie o antenă buclă neecranată. (Fig. 3.14.21)

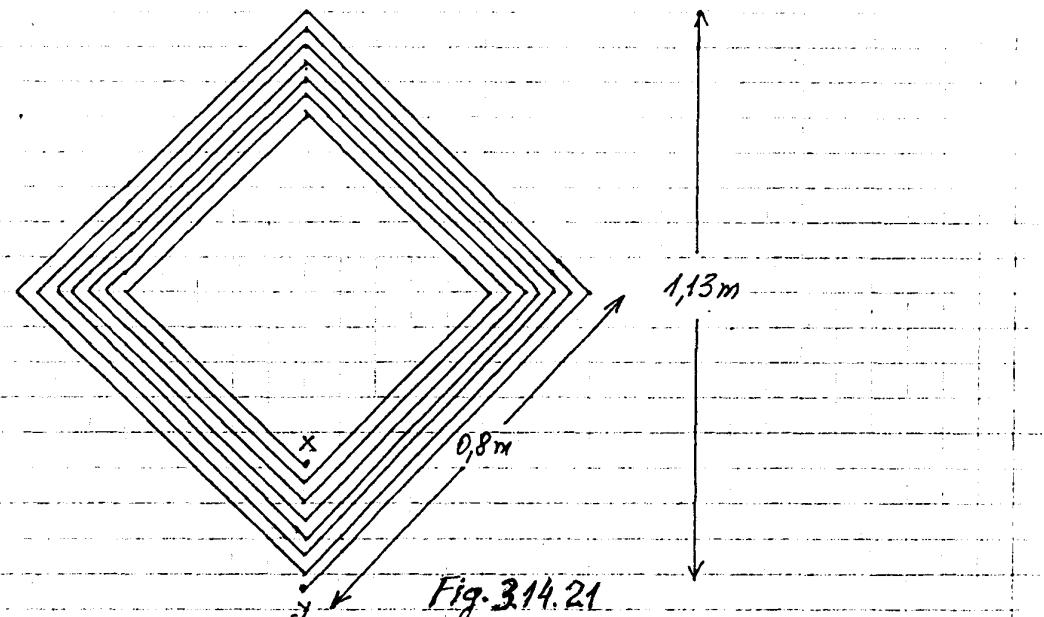


Fig. 3.14.21

Antena are 7 spire distanțate la 10 mm, din sârmă Cu E ϕ 1 mm, realizate în spirală pe o cruce din șipci de lemn răpsit sau tuburi de plastic. Între bornele X și Y se conectează un trimmer de 20 pF sau un mic condensator variabil, cu care se acordează în banda de 160m. Tot la bornele X și Y se conectează un mic transformator coborător pentru adaptarea cu coaxialul, dacă are dezavantajul că micsorează 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 receptie us

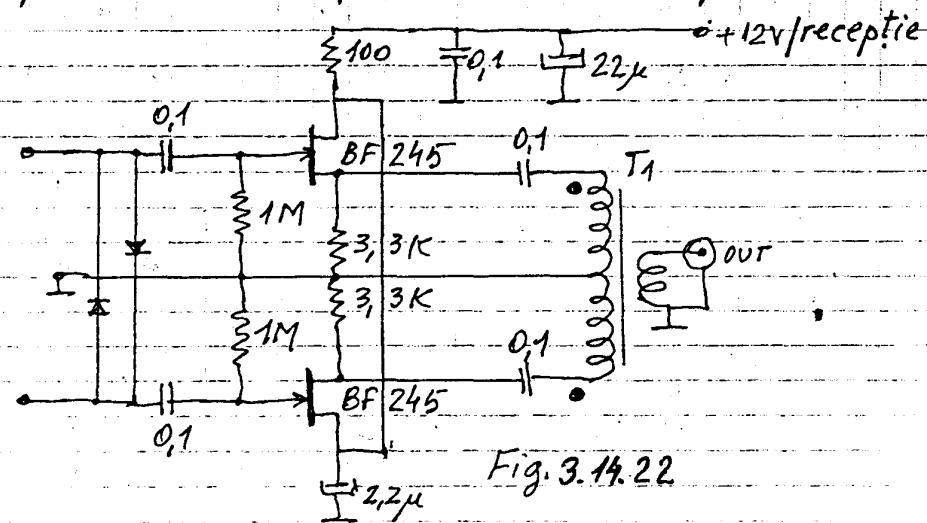


Fig. 3.14.22

Antena de receptie cu unde progresive H. Beverage W2BML

Această antenă se vede în Fig. 3.14.23

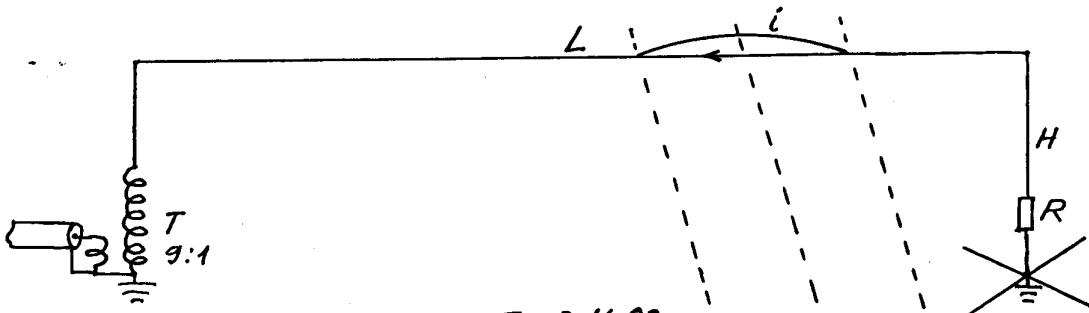


Fig. 3.14.23

Antena este un conductor lung de $0,5\text{-}10\lambda$ susținut deasupra pământului de niște pari înalți de $0,3\text{-}3\text{ m}$ și îndreptat cu rezistența R în spate 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.

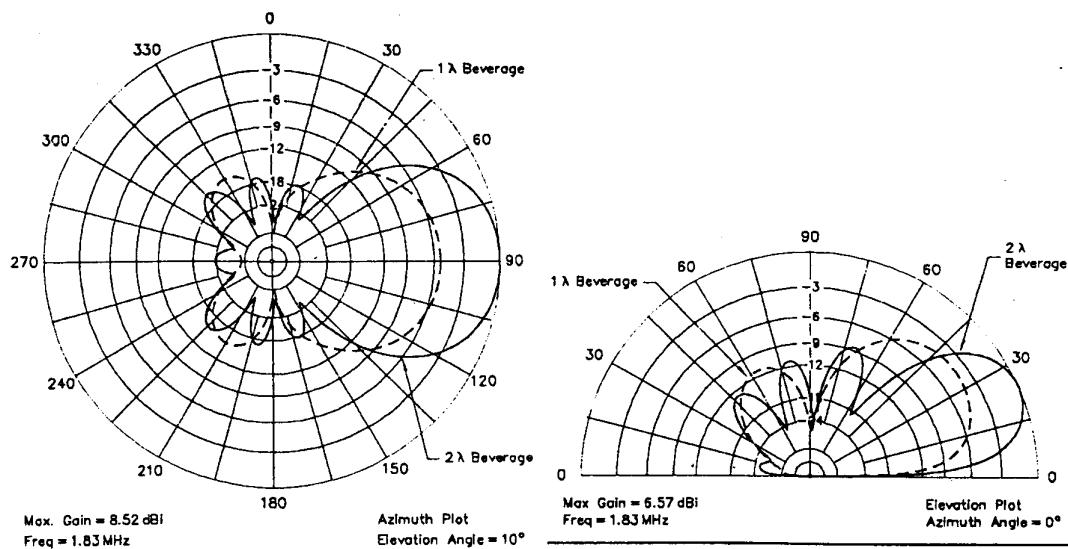
Antena este nerezonantă și eficientă la frecvențe joase, până la 7 MHz . Directivitatea și semnalul captat crește cu lungimea.

Undele radio cu polarizare verticală ce vin de la corespondent suferă o inclinare (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 $100\text{-}600\Omega$ 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 .



3.15 Iсторie

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. Aceeași importanță concluzie era existența undelor electromagneticice, 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 receptie și emisie a U.e.m. A.Righi și E. Branly au creat coheratorul.

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. Poincaré au presupus că se produce o difracție a undelor la suprafața sferică a Pământului.

O. Heaviside și Kennelly au emis ipoteza unei pături ionizate în atmosfera înaltă a Pământului, care reflectă undele radio.

După perioada emițătoarelor cu scânteii radiotehnica să 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 1915 N. Vasilescu Karpen instalează primul post poternic de radiotelegrafie din România (150 kW) pe frecvență 27 KHz.

În 1917 Lucien Lery patentează receptorul superheterodină.

În 1921 se realizează prima legătură radio în unde scurte între radioamatori american și englezi.

În 1923 V.K. Zworykin patentează un sistem de televiziune.

În 1925 se înfîntă 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 modulația 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 Tanasescu (1901-1961) face studii privind antenele directive.

În 1946, J. Bardeen, W. Brattain și W. Shokley inventează tranzistorul bipolar. În 1952 W. Shokley 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.

In 1966 în SUA încep cercetări privind comunicații prin fibra optică. În 1978 USA lansează primul satelit geostaționar 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 8 kW.

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 Radiotelefoniiei".

În septembrie 1926, dr. Savopol (președintele Radioclubului Craiova) și l.t. Ion Băjenescu realizează prima emisie de telefonie de amatori, pe 631 kHz. La 1.11.1928 s-a inaugurat Postul Național de Radio Bucuresti.

Ing. Mihai Konteschweller (1898-1947) a contribuit mult la răspândirea radiotehnicii în România și la creaarea de specialiști.

În 1938 se pune în funcțiune la Băd-Brașov postul de radio "Radio-România" de 150 kW, pe 160 kHz, cu antenă de 250 m, 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 Tanasescu (1901-1961) afară de activitatea didactică a scris manuale de înalt nivel (Manual de tuburi și circuite electronice, Introducere în electronica industria, 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", "Sinteză în domeniul frecvență și primele emițătoare și radiorele 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 transmisii" (1972), sisteme de modulație, comprimarea spectrului de frecvențe al semnalelor S.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 St. Nicolaescu publică studii privind antenele cu fântă. În 1969: C. Boerescu: „Antene directive”, 1980: D. Zaharia: „Sinteză 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 domeniul antenelor au avut și Emil Geles, Ion Constantinescu, Remus Rădulescu, R.S. Ionescu, M. Bragoman, V. Poplăceanu, M. Samoilă

După 1900 au venit și studiate de specialisti din toată lumea:
G.Z. Aizenberg, J. Aharoni, I.L. Alpert, A. Alford, B.P. Afanaser, A.G. Arenberg, N.I. Åbel, 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. Banerjee, W.S. Bachman, H. Born, H.H. Beverage, A. Bailey, H. Buchatz, W.L. Barrow, R. Brendel, R. Bromel, W. Bach, Braun, P. Baudoux, J.F. Byrne, F.D. Benett, L. Brillouin, E.A. Blake jr.

P.S. Carter, F.M. Colebrook, I.G. Cleatkin, C. Choudhury, V.I. Corakencor, I.M. Cravet, J.R. Carson, F. Cotting, C.R. Cox, A.W. Cronshay, V.J. Cooper, H. Cafferata, H. Chiherix, L.J. Chu, M.K. Chakravarty, W.L. Carsten, P.D. Coleman, A.B. Chamberlain.

H. Dellinger, I.A. Dombrorski, M.P. Doluhanov, S.W. Dean, R. Darbord, A.K. Datta, W.S. Buttera, J. Belmonte,

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, J.J. Fruin,

D. Graffi, H.E. Gihring, J. Grosskopf, E. Green, L.V. Gruzinski, L.M. Gurevici, 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. Jacknow, H. Jasik, J.J. Jansen,

R. King, D. King, V.N. Kessenich, S.R. Khastgir, H.W. Kochler, W. Kelvin, V.D. Kräjanovski, Kandoian, E.W. Kellogg, W.E. Kock, S.R. Kastgin, F.E. Kierman, J.D. Kraus,

G. Latmiral, S.A. Lewin, N.E. Lindenblad, L. Lapaz, M.A. Leontowici, F.D. Lewis, N.B. Lodge, J.W. Labus, H. Larson, A.G. Lee, R.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. Nadenenko, C.C. Noegi, P. Nicolas, Rüdenberg, P.A. Reazin, G.S. Ramm, P.N. Ramlau, J.G. Rountree, D.H. Roth, A.B. Ring, D. Richtmeyer, G. Ratelli, F.X. Rettenmeyer, B.L. Rozing, C.W. Rice,

F. Oberhettinger, A. Ortusi, F. Ollendorf, A.A. Pistolkors, W.L. Mc Pherson, J. Patriy, 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. Sherman, L. Sacco, S. Sonoda, C. Shulman, A. Staal, A.E. Suzant, N.I. Stern, 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, N.T. Thompson, J.P. Taylor, W.A. Turell, W.C. Tinus, S. Uda; Volman, Vogt, Wilmote, Walmsley, Wheeler, Woodyard, Wolff, Witt, Wilson, Young, Yagi,

Bibliografie [B]

1. Antene pentru radioamatori - P. Biro 1958
2. Antene - K. Rothammel DM2ABK 1959
3. Antene pentru traficul de radioamatori - Gh. Stănciulescu 1977
4. Antene pentru radioamatori - I. Remete z vol. YO2CJ 1979
5. CQ Antenna Roundup - Art Seidman K2BUS 1963
6. Antene - Eberhard Spindler 1983
7. Costruim o le antenne - R. Briatta și N. Neri I4NE 1994
8. Antenne linee e propagazione - N. Neri I4NE 1982
9. Les antennes - R. Brault și R. Piat F3XY 1997
10. Cubical Quad Antennas - W. Orr W6SAI și S. Cowan N2DX 1972
11. KV Antenă - I.L. Zeldin UB5LCV și V.V. Rusinov UB5LGM 1971-72-74 3 vol.
12. The Radio Amateur Handbook ed.18 1978, 1995 1981
13. Antene de unde scurte pentru radioamatori - I. Remete YO2CJ 1994
14. Antene pentru UVS și TV-DX - I. Remete YO2CJ 2000
15. Reviste "Radio" URSS 1965-1989
16. Reviste "Sport și Tehnică", 1962-1973
17. Antennenbuch - K. Rothammel DM2ABK 1976 1976
18. Reviste "QST"
19. Revista "Radiocomunicații și radioamatorism" nr 6/1997
20. Recepția emisiunilor de TV la mare distanță - E. Statnic 1963
21. Antene de radio și televiziune - C. Serbu 1966
22. The ARRL Antenna Book 1991 ; Ed.18
23. Manual de radiotehnică - B.A. Smirenin 1954
24. Manualul inginerului electronist - E. Nicolau 1987
25. Antennas and techniques for LOW-BAND DX-ing - J. Devoldere 1994
26. Amatorskie anteny KFi UKF - Z. Bienkowski - E. Lipinski 1978
27. Dictionar de Tehnică Radio și televizoare - V. Văcăru 1975
28. Reviste "Radio" 1955
29. Reviste "Radioamatorul" 1956-1958
30. Reviste "Pentru apărarea patriei" 1956 - 1961
31. Reviste "Tehnium" 1970-1976
32. Reviste .. Radioamator YO" 1990 - 1992
33. Reviste "Radioamatorul" 1993-1994
34. Reviste "Radiocomunicații și radioamatorism" 1999 - 2010
35. "Istoria electroniciei și radiocomunicațiilor" A. Ciortu, L. Moislin, S. Naiocu, V. Ciobăniță 1998

Anexa 1 Raportul tensiunilor și al puterilor transformat în dB

dB	U_1/U_2	P_1/P_2	dB	U_1/U_2	P_1/P_2
0,0	1,00	1,00	22	12,60	158,5
0,1	1,01	1,02	23	14,10	199,5
0,2	1,02	1,05	24	15,90	251,2
0,3	1,04	1,07	25	17,78	316,2
0,4	1,05	1,10	26	20,00	398,1
0,5	1,06	1,12	27	22,40	501,2
0,6	1,07	1,15	28	25,10	631,0
0,7	1,08	1,18	29	28,40	794,3
0,8	1,10	1,10	30	31,62	1000
0,9	1,11	1,23	31	35,5	1259
1,0	1,12	1,26	32	39,8	1585
1,5	1,19	1,41	33	44,7	1995
2,0	1,26	1,59	34	50,1	2512
2,5	1,33	1,78	35	56,2	3162
3,0	1,41	2,00	36	63,1	3981
3,5	1,50	2,24	37	71,0	5012
4,0	1,59	2,51	38	79,4	6310
4,5	1,68	2,82	39	89	7943
5,0	1,78	3,16	40	100	10000
5,5	1,88	3,55	41	113	12590
6,0	2,00	3,98	42	125,9	15850
6,5	2,11	4,47	43	141	19950
7,0	2,24	5,01	44	158,5	25120
7,5	2,37	5,62	45	177,8	31620
8,0	2,51	6,31	46	199,5	39810
8,5	2,66	7,08	47	224	50120
9,0	2,82	7,94	48	251,2	63100
9,5	2,99	8,91	49	284	79430
10	3,16	10,00	50	316,2	10^5
11	3,55	12,59	55	562,3	$3,16 \cdot 10^5$
12	3,98	15,85	60	1000	10^6
13	4,47	19,95	70	3162,3	10^7
14	5,01	25,11	80	10^8	10^8
15	5,62	31,62	90	31623	10^9
16	6,31	39,81	100	10^{10}	10^{10}
17	7,08	50,12	110	$3,16 \cdot 10^5$	10^{11}
18	7,94	63,10	120	10^6	10^{12}
19	8,91	79,43	130	$3,16 \cdot 10^6$	10^{13}
20	10,00	100,00			
21	11,20	125,9			

Anexa 2 Lungimi de undă

F KHz	λ m	$\lambda/2$ m	$\lambda/4$ m	$5\lambda/8$ m
1.8 1 0	165,74	82,87	41,43	
1.8 3 0	163,93	81,97	40,98	
1.8 5 0	162,16	81,08	40,54	
3.5 0 0	85,71	42,86	21,43	
3.6 5 0	82,19	41,09	20,55	
3.8 0 0	78,95	39,47	19,74	
7.0 0 0	42,86	21,43	10,71	
7.0 5 0	42,55	21,28	10,64	
7.1 0 0	42,25	21,12	10,56	
10.1 0 0	29,70	14,85	7,42	
10.1 5 0	29,56	14,78	7,39	
14.0 0 0	21,43	10,71	5,36	
14.1 7 5	21,16	10,58	5,29	13,23
14.3 5 0	20,90	10,45	5,22	
18.0 6 8	16,60	8,30	4,15	
18.1 1 8	16,56	8,28	4,14	10,35
18.1 6 8	16,51	8,26	4,13	
21.0 0 0	14,29	7,14	3,57	
21.2 2 5	14,13	7,07	3,53	8,83
21.4 5 0	13,99			
24.8 9 0	12,05	6,03	3,01	
24.9 4 0	12,03	6,01	3,00	7,52
24.9 9 0	12,00	6,00	3,0	
28.0 0 0	10,71	5,36	2,68	
28.5 0 0	10,53	5,26	2,63	6,58
29.7 0 0	10,10	5,05	2,52	
50.0 0 0	6,00	3,00	1,50	
51.0 0 0	5,88	2,94	1,47	3,67
52.0 0 0	5,77	2,88	1,44	
144.000				
145.000	2,069	1,034	0,517	1,29
146.000				
432.000	0,694	0,347	0,1736	0,434
433.000	0,6928	0,3464	0,1732	0,433
434.000	0,6912	0,3456	0,1728	0,432
1.296.000	0,23148	0,11574	0,05787	

Anexa 3. Rezistivități relative

Cupru	1
Cupru tare	1,03
Argint	0,94
Aur	1,4
Aluminiu	1,6
Crom	1,8
Bronz Fosforos	2,8-5,4
Zinc	3,4
Alamă	3,7-4,9
Cadmiu	4,4
Nichel	5,1
Fier	5,7
Staniu	6,7
Otel	7,6-12,7
Plumb	12,8

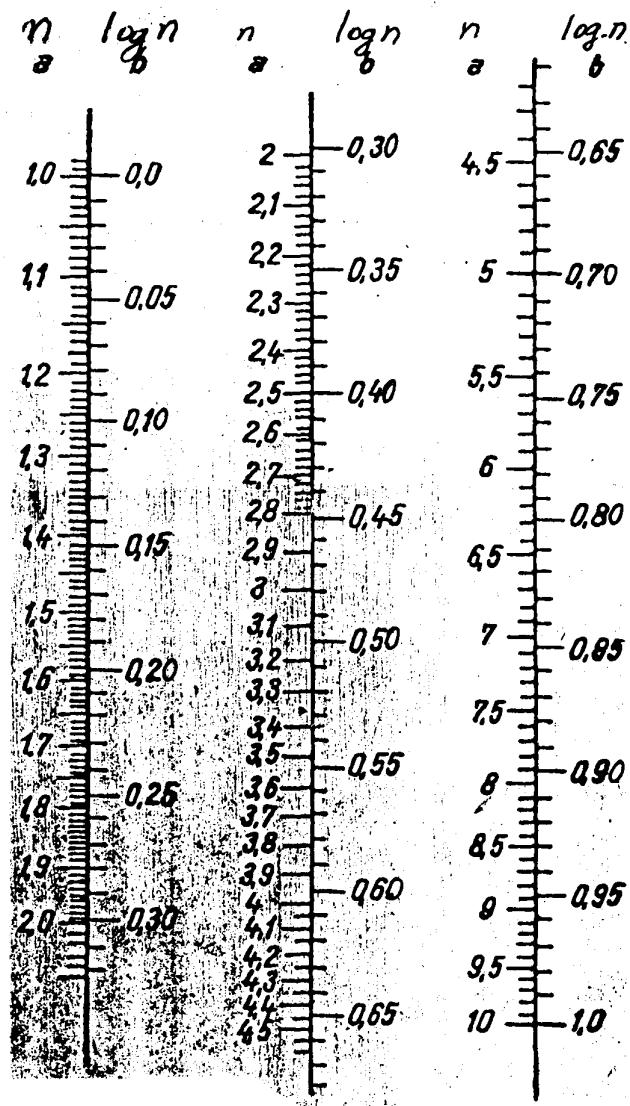
Anexa 4. Constantă dielectrică (la 1 MHz)

Aer	1
Teflon	2,1
Polietilenă	2,3
Ulei de transformator	2,2-2,5
Polistiren	2,4-2,6
Parafină	1,9-2,3
Plexiglas	2,8
Hartie	3
Cuarț	3,8
Sticlotextolit	4,6
Sticlă Pyrex	4,8
Bachelită	4,4-5,4
Sticla	3,4-8
Porfelan	5,1-5,9
Sfealit	5,8
Mica	5,4
Micalex	7,4
Apa distilată	81
Metatitanat de Bariu	1000-1500

Anexa 5. Calitatea solurilor

Tip	Constanta dielectrică ϵ	Conductivitatea S/m	Calitatea
Apă dulce	80	0,001	
Apă sărată	81	5	
Sol foarte bogat	20	0,03	F. bun
Sol bogat	14	0,01	
Sol mediu	13	0,005	bun
Sol sărac, pietros	12-14	0,002	slab
Nisip uscat	10	0,002	
Oras	5	0,001	f. slab
Zonă industrială	3	0,001	f.f. slab

Anexa 6. Logaritmi zecimali



Logaritmul zecimal al unui număr $n = 1-10$ se ia din abacă.
 Logaritmul lui $10^2 = 2$, al lui $10^3 = 3$, al lui $10^4 = 4$ etc.
 Logaritmul unui număr mai mare decât 10: exemplu: $n = 170$
 $\log 170 = \log(1.7 \cdot 10^2) = \log 1.7 + \log 10^2 = 0.23 + 2 = 2.23$.

Erață

Pagina

72. Rândul 15 de jos: ... în T sau Gama (antena lucrând monoband)
78. Se adaugă: Balunul cu impedanțe neadaptate se încălzește.
79. Rândul 2 de jos: Raportul mic L/D
91. Rândul 8 de jos: „conducărele A, lungi de cca 7m”
- 135 La mijloc: În Fig. 3.7.22a se dă antena GP.
- 137 Pe Fig. 3.7.26 : 2.580 mm , nu 2380mm
158. La W8JK se adaugă: Dacă $a=3,75m$, $b=1,23m$, $c=1,26m$, cu fidură simetrică și transmisiunea antenei lucrează între 14-28MHz, câștigul fiind 4-5dB
163. Pe Fig. 3.9.26 : distanța între Director și primul vibrатор este 1,59 m.